

WALLACE AFFONSO ALVES

**CONSTRUÇÃO DA CAPACIDADE TECNOLÓGICA E DE
INOVAÇÃO EM SISTEMAS NÃO-TRIPULADOS NA
SEGUNDA GUERRA ENTRE ARMÊNIA E AZERBAIJÃO,
PELO CONTROLE DE NAGORNO-KARABAKH, E NA
OPERAÇÃO ESPECIAL DA FEDERAÇÃO RUSSA NA
UCRÂNIA:**

lições para o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz)

Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia -
apresentada ao Departamento de Estudos da
Escola Superior de Guerra como requisito à
obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de
Política e Estratégia.

Orientador: CMG (RM1-FN) Carlos Antonio Raposo
de Vasconcellos

Rio de Janeiro

2023

Este trabalho, nos termos de legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa. Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e não expressam qualquer orientação institucional da ESG.

WALLACE AFFONSO ALVES

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A474c Alves, Wallace Affonso

Construção da capacidade tecnológica de inovação em sistemas não-tripulados na segunda guerra entre Armênia e Azerbaijão, pelo controle de Nagorno-Karabakh, e na operação especial da Federação Russa na Ucrânia: lições para o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) / CMG (EN) Wallace Affonso Alves. – Rio de Janeiro: ESG, 2023.

66 f.: il.

Orientador: CMG (RM1-FN) Carlos Antonio Raposo de Vasconcellos.

Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia (CAEPE), 2023.

1. Inovação tecnológica. 2. Drone. 3. Guerra moderna. 4. Engenharia militar. 5. Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz). I. Título.

CDD – 623.7469

À minha Marta, amada esposa,
companheira de todas as horas,
conselheira, primeira amiga, namorada e
mãe dedicada dos nossos filhos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus ex-comandantes, chefes e professores de todas as épocas por terem sido responsáveis por parte considerável da minha formação e do meu aprendizado.

Ao meu orientador, CMG (RM1-FN) Raposo, profissional a quem aprendi a admirar pela fidalguia, competência, dedicação e comprometimento com os valores da nossa Marinha do Brasil. Agradeço a leitura cuidadosa e sugestões de melhorias nas várias versões deste TCC – *Adsumus!*

À chefe da biblioteca, CMG (RM1-T) Patricia Imbroizi Ajus, agradeço por ter pacientemente revisado esse trabalho acadêmico e iluminado o caminho das normas para sua elaboração.

Aos palestrantes e aos conferencistas que dividiram seus conhecimentos e mostraram caminhos para um Brasil que dá certo. Em particular, agradeço ao Corpo Permanente da ESG que, ao longo do ano, soube transformar indivíduos das mais diversas instituições, civis e militares, nacionais e estrangeiros, na turma CEL INT Eudson BEZERRIL de Melo Soares – a melhor de todas – unida em verdadeira confraria que seguirá trabalhando em cooperação pelo bem comum e construindo um destino de segurança, desenvolvimento e defesa para o Brasil.

“Prediction is very hard to do. Especially about the future.”

Niels Bohr

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo dos sistemas não-tripulados que têm se destacado no ambiente operacional, além de apresentar o potencial de embarcar ou arrastar, direta ou indiretamente, várias das novas tecnologias, tais como inteligência artificial, guerra cibernética, armas de energia direta, *internet* das coisas, cadeia de blocos (*block chain*), *big data*, fabricação aditiva, realidade virtual e aumentada, robótica avançada, nanotecnologia etc., a partir do processo de domínio tecnológico, incluindo as instalações físicas, os produtos e serviços (nacionais e internacionais), a capacitação dos operadores, mantenedores e desenvolvedores de soluções, além dos aspectos organizacionais, num contexto de mudanças aceleradas e disruptivas. As Guerras da Ucrânia, em 2022, e por Nagorno-Karabakh, em 2020, apresentam efetivo e decisivo emprego integrado de novas tecnologias com destaque para os sistemas não-tripulados, remotamente pilotados ou com inteligência artificial embarcada, maximizando a consciência situacional e a letalidade dos sistemas de armas. O estudo desses conflitos recentes oferece a oportunidade de vislumbrar as tendências para o futuro e, com isso, entender o papel dos sistemas não-tripulados na guerra moderna, com a finalidade de estabelecer referências para a sua implantação na defesa proativa da Amazônia Azul, aperfeiçoando o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz).

Palavras-chave: inovação tecnológica; drone; guerra moderna; engenharia militar; Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz).

ABSTRACT

This paper presents a study of unmanned systems that have stood out in the operational environment, as well as the potential to incorporate or indirectly leverage several new technologies such as artificial intelligence, cyber warfare, directed energy weapons, Internet of Things, blockchain, big data, additive manufacturing, virtual and augmented reality, advanced robotics, nanotechnology etc., through the process of technological mastery, including physical facilities, products and services (national and international), training of operators, maintainers, and solution developers, as well as organizational aspects, in a context of accelerated and disruptive changes. The Wars in Ukraine in 2022 and Nagorno-Karabakh in 2020 demonstrated the effective and decisive integrated use of new technologies, particularly unmanned systems, remotely piloted or with embedded artificial intelligence, maximizing situational awareness and the lethality of weapon systems. The study of these recent conflicts offers an opportunity to glimpse future trends and, consequently, understand the role of unmanned systems in modern warfare, aiming to establish references for their implementation in the proactive defence of the Blue Amazon, enhancing the Blue Amazon Management System (SisGAAz).

Keywords: *technological Innovation; drone; modern warfare; military engineering; brazilian blue amazon management system (SisGAAz).*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Graus de maturidade tecnológica.	19
Figura 2 - Escada de acumulação de capacidade tecnológica.	20
Figura 3 - Construção de capacidade tecnológica.....	22
Figura 4 - Comparação das trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas.	23
Figura 5 - Efeitos territoriais da 2ª Guerra de Nagorno-Karabakh.	31
Figura 6 - Comparativo dos gastos militares em % do PIB.....	33
Figura 7 - Comparativo dos gastos militares em dólares.	34
Figura 8 - Comparativo dos gastos militares em % do PIB.....	42
Figura 9 - Comparativo dos gastos militares em dólares.	42
Figura 10 - Idioma russo falado na Ucrânia.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Problema	11
1.2	Objetivo Final	11
1.3	Objetivos Intermediários	11
1.4	Delimitação do Estudo	11
1.5	Documentos condicionantes e alinhamento estratégico	12
1.6	Relevância e Justificativa do Estudo	14
1.7	Definição dos Termos	14
1.8	Metodologia	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO PARA OBTENÇÃO DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA E DE INOVAÇÃO	17
2.1	Ciência, Tecnologia e Inovação	17
2.2	Maturidade Tecnológica	18
2.3	Capacidade Tecnológica e Inovação	19
2.4	Comparativo do processo de construção da capacidade tecnológica entre países em desenvolvimento e países desenvolvidos	21
2.5	Revolução Militar, Revolução dos Assuntos Militares e os modelos corporativos de Gestão da Inovação	25
3	ESTUDOS DE CASO	29
3.1	Guerra de Nagorno-Karabakh	29
3.2	Guerra da Ucrânia	41
3.3	Análise conjunta dos conflitos	46
4	LIÇÕES PARA O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA AMAZÔNIA AZUL	50
4.1	Entorno estratégico e Amazônia Azul	50
4.2	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul - SISGAAZ	51
4.3	Análise das tecnologias adotadas nos conflitos e identificação de oportunidades de aperfeiçoamento do SisGAAz	52
4.4	A importância da adoção de sistemas não-tripulados	54
4.5	O impacto dos embargos tecnológicos e a importância da produção local para o sucesso das operações de combate	55
4.6	As janelas de oportunidades para a Base Industrial de Defesa	56
5	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

No século XXI, há muitas tecnologias com potencial de mudar radicalmente a arte da guerra, tais como emprego de inteligência artificial, guerra cibernética, armas de energia direta, *internet* das coisas, cadeia de blocos (*block chain*), *big data*, fabricação aditiva, realidade virtual e aumentada, robótica avançada, nanotecnologia, hipersônica, sistemas não-tripulados etc..

No cenário atual de mudanças aceleradas e disruptivas das tecnologias, os sistemas não-tripulados têm se destacado no ambiente operacional, além de apresentar o potencial de embarcar ou arrastar, direta ou indiretamente, várias das novas tecnologias citadas. O processo de construção da capacidade tecnológica e de inovação para fabricar, operar, manter os sistemas não-tripulados e a análise dos efeitos do seu emprego nas operações militares em dois conflitos recentes, Guerra da Ucrânia e Guerra de Nagorno-Karabakh¹, representam oportunidades de vislumbrar o futuro e dedicar esforço e recursos ao que, de fato, se mostra mais efetivo e/ou mais promissor.

O trabalho faz a avaliação do emprego dos sistemas não-tripulados a partir de suas características técnicas e aborda o processo de domínio tecnológico, incluindo as instalações físicas, os produtos e serviços (nacionais e internacionais), a capacitação dos operadores, mantenedores e desenvolvedores de soluções, além dos aspectos organizacionais, a partir de uma abordagem corporativa.

Complementando essa introdução, são apresentados o problema, o objetivo final, os objetivos intermediários, a delimitação do estudo, documentos condicionantes e alinhamento estratégico, a relevância e justificativa do estudo, definição de termos e a metodologia, segundo conceitos apresentados em Vergara (2016). A seguir, no capítulo 2, é apresentado o referencial teórico com os conceitos atuais para a obtenção de capacidade tecnológica. No capítulo 3, são realizados os estudos de casos dos conflitos. No capítulo 4, são apresentadas as lições aplicáveis ao Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz).

¹ Região montanhosa e coberta de florestas disputada por Armênia e Azerbaijão, tendo sido causa de duas Guerras. A primeira, iniciada em 1988, foi favorável à Armênia, após cerca de 6 anos de combates. A segunda, iniciada em 27 de setembro de 2020, em meio à pandemia do COVID-19, reverteu o resultado em favor ao Azerbaijão em apenas 44 dias.

1.1 Problema

Como o **processo de obtenção de capacidade tecnológica e de inovação** em sistemas não-tripulados afeta o desempenho das operações militares a partir das observações na Segunda Guerra entre Armênia e Azerbaijão por Nagorno-Karabakh e nas Operações Especiais Russas na Ucrânia (Guerra da Ucrânia 2022)?

1.2 Objetivo Final

Analisar o processo prático de obtenção da capacidade tecnológica e inovação na guerra moderna, seus aspectos doutrinários e o seu impacto em dois conflitos recentes.

1.3 Objetivos Intermediários

- a) analisar as tecnologias adotadas nos conflitos e identificar oportunidades de aperfeiçoamento do Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz);
- b) avaliar a importância da adoção de Sistemas não-tripulados nos conflitos atuais e futuros e apontar a sua tendência de evolução;
- c) verificar a ocorrência e eventual impacto do cerceamento de tecnologias;
- d) verificar a importância da produção local para o sucesso das operações de combate; e
- e) identificar oportunidades/janelas tecnológicas, dentro do apresentado, para que a Base Industrial de Defesa assuma posição de relevância no cenário atual e futuro.

1.4 Delimitação do Estudo

Não serão aprofundadas questões sobre as causas e consequências dos conflitos. A partir de uma breve revisão da doutrina militar, serão identificados os parâmetros que melhor reflitam os aspectos relevantes dos conflitos, especificamente, para melhor descrever o processo de construção de capacidade tecnológica, prévio e ao longo do desenvolvimento das ações, e seu efeito no desempenho global das

partes beligerantes, considerados como estudos de caso de aprendizado tecnológico, segundo doutrina corporativa da gestão de inovação.

1.5 Documentos condicionantes e alinhamento estratégico

A Constituição da República Federativa do Brasil recebeu a Emenda nº 85, de 2015, para atualizar especificamente o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação e elevar ao patamar constitucional o Objetivo Nacional de organizar o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) em regime de colaboração entre entes, tanto públicos quanto privados, com vistas a promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação, conforme artigo 219-B (BRASIL, 2022).

O desenvolvimento tecnológico autóctone é também um Objetivo Nacional, incluído na Política Nacional de Defesa (BRASIL, 2020a), a ser realizado pela Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2020a), devendo o Brasil reduzir a defasagem tecnológica pela busca de mais investimentos e eficiência em Ciência, Tecnologia e Inovação para incrementar a qualificação do capital humano e a implantação da infraestrutura, num processo complexo que envolve toda a sociedade e que tem no Livro Branco de Defesa Nacional (BRASIL, 2020b) um instrumento útil de comunicação. Destaca-se o Objetivo Nacional de Defesa III:

Promover a autonomia tecnológica e produtiva na área de defesa. Significa manter e estimular a pesquisa e buscar o desenvolvimento de tecnologias autóctones, sobretudo as mais críticas na área de Defesa, bem como o intercâmbio com outras nações detentoras de conhecimentos de interesse do País. Refere-se, adicionalmente, à qualificação do capital humano, assim como ao desenvolvimento da BID e de produtos de emprego dual (civil e militar), além da geração de empregos e renda. (BRASIL, 2020a, p.24)

O Plano Estratégico da Marinha do Brasil – PEM 2040 (BRASIL, 2020c) é um documento de alto nível que a partir de uma visão de futuro, com horizonte até 2040, orienta o planejamento de médio e longo prazos por meio de objetivos navais (OBNAV) organizados em uma cadeia de valores. O mapa estratégico pode ser resumido em 12 objetivos navais alinhados para o cumprimento da missão² e a

² Missão: “Preparar e empregar o Poder Naval, a fim de contribuir para a Defesa da Pátria; para a garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem; para o cumprimento das atribuições subsidiárias previstas em Lei; e para o apoio à Política Externa”

concretização da visão³ da Marinha. Na sua elaboração, foi estabelecido como ação estratégica naval a necessidade de mapear as capacidades que devem ser adquiridas e mantidas, segundo sistemática própria de planejamento de força, denominado SISFORÇA, no âmbito da Marinha do Brasil (MB) e com a participação dos demais órgãos governamentais e da sociedade como um todo, devidamente balizada pela realidade orçamentária. Assim, busca-se continuamente alcançar e manter novos patamares de capacitação tecnológica, além de aperfeiçoar seu Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação, trabalhando em estreita cooperação com Universidades, Instituição Científico-Tecnológica (ICT) e empresas da Base Industrial da Defesa.

A Estratégia de Ciência Tecnologia e Inovação da MB (BRASIL, 2021) é instrumento de informação dos atores da Marinha e extra-Marinha, militares e civis, públicos e privados, que participam, direta ou indiretamente, do Sistema de Ciência Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (SCTMB). Como tal, ela pretende obter três efeitos desejados principais: a) O direcionamento coordenado do SCTMB, primordialmente para o atendimento das necessidades da Marinha do Amanhã e do Futuro; b) A apresentação da Visão e da Estratégia do Setor de CT&I da MB a decisores, principais atores, parceiros, clientes e executores; e c) A otimização da aplicação de recursos financeiros administrados pelo setor de CT&I para execução de sua carteira de projetos que atendam aos Programas Estratégicos de interesse da Força. Numa visão de planejamento e controle da ação planejada, estabelece sete áreas temáticas (BRASIL, 2021, p. 5-3) para que os recursos humanos, materiais e financeiros sejam empregados com foco na construção da capacidade científico-tecnológica – alicerces para a autonomia: a) Sistemas de Comando, Controle, Comunicações, Computadores, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento - C4ISR; b) Defesa e Segurança Cibernéticas; c) Meio Ambiente Operacional; d) Nuclear e Energia; e) Plataformas Navais, Aeronavais e de Fuzileiros Navais; f) Desempenho do Combatente; e g) Defesa Nuclear, Biológica, Química, Radiológica e Artefatos Explosivos (DefNBQRe).

Com isso, é feito o alinhamento dos objetivos desse trabalho, partindo dos documentos condicionantes de alto nível apresentados e chegando à demanda de

³ Visão: “A Marinha do Brasil será uma Força moderna, aprestada e motivada, **com alto grau de independência tecnológica**, de dimensão compatível com a estatura político-estratégica do Brasil no cenário internacional, capaz de contribuir para a defesa da Pátria e salvaguarda dos interesses nacionais, no mar e em águas interiores, em sintonia com os anseios da sociedade”

construção de capacidade tecnológica em sistemas não-tripulados (aéreos, superfície e submarino), uma subárea de interesse da área temática plataformas navais, aeronavais e de fuzileiros navais (BRASIL, 2021, p.C-9), com a finalidade, segundo o PEM 2040 (BRASIL, 2020c, p.64) de implantar a defesa proativa da Amazônia Azul, a ser melhor conceituada no capítulo 5.

1.6 Relevância e Justificativa do Estudo

O mundo não é um lugar pacífico. O *Global Conflict Tracker 4*, acompanha cerca de 30 conflitos em curso atualmente. Nesse contexto, é importante explicar a seleção dos dois conflitos eleitos objetos deste estudo.

Se na essência as Guerras da Ucrânia e por Nagorno-Karabakh apresentam princípios que as fazem semelhantes a outros conflitos armados, sua individualização está no efetivo e decisivo emprego integrado de novas tecnologias (AMIRKHANYAN, 2022). Destaca-se o emprego de sistemas não-tripulados, remotamente pilotados ou com inteligência artificial embarcada, maximizando a consciência situacional e a letalidade dos sistemas de armas.

Assim, esse trabalho justifica-se pela oportunidade de avaliar os aspectos teóricos e doutrinários, além de resultados práticos para a construção de capacidade tecnológica e de inovação autóctone⁵ relevante no contexto atual e futuro nas tecnologias para a Defesa e Segurança, com enfoque em sistemas não-tripulados, preferencialmente, aplicáveis ao Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul.

1.7 Definição dos Termos

No âmbito deste estudo, o termo sistema não-tripulado refere-se a todas as plataformas remotamente pilotadas ou que embarquem inteligência artificial para

⁴ O Centro de Ação Preventiva (CPA) visa auxiliar os formuladores de políticas a elaborarem estratégias oportunas e práticas para prevenir e mitigar conflitos armados em todo o mundo, especialmente em locais que representam o maior risco aos interesses dos EUA. O Rastreador de Conflitos Globais do centro informa ao público em geral sobre as ameaças à paz e à segurança internacionais, fornecendo uma fonte online confiável e atualizada regularmente de informações sobre conflitos em andamento (tradução nossa). Disponível em: <https://www.cfr.org/global-conflict-tracker>. Acesso em: 25 mar. 2023.

⁵ Autóctone – nativo; nacional; produzido no país; “que ou quem é natural do país ou da região em que habita [...]” Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/autoctone>. Acesso em: 25 mar.2023.

alcançar algum nível de autonomia, incluindo drones, veículos aéreos não-tripulados (VANT), sistemas aéreos não tripulados (SARP), veículo submarino autônomo (VSA), veículos de superfície não-tripulados, robôs expedicionários e de ataque etc.. Para a adequada classificação dos drones, vide legislação pertinente e normas regulamentadoras do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Os demais termos seguirão o Glossário das Forças Armadas (BRASIL, 2015).

1.8 Metodologia

Empregando o ferramental teórico e a métrica adotada no ambiente corporativo, busca-se descrever como o processo de construção ou acúmulo da capacidade tecnológica e de inovação, com enfoque nos sistemas não-tripulados, que ocorre nos países beligerantes, afeta o desempenho nas operações militares da Guerra pela região de Nagorno-Karabakh, entre Armênia e Azerbaijão; e na Guerra entre Rússia e Ucrânia (Operação Especial da Federação Russa na Ucrânia).

Nesse trabalho, os conflitos são estudados como casos múltiplos, buscando-se um conjunto único de conclusões (YIN, 2015), segundo a abordagem corporativa de gestão de inovação (FIGUEIREDO, 2005; 2010; 2015; e 2023). Também, busca-se identificar, no ambiente militar, as eventuais evidências das diferenças marcantes no processo de construção da capacidade tecnológica e de inovação quando se compara casos de países desenvolvidos (na fronteira tecnológica) com casos de países em desenvolvimento (desenvolvedores seguidores), no ambiente corporativo (KIM, 1997;1998).

Em geral, no desenrolar dos conflitos armados costuma haver uma guerra de propaganda e de narrativas. Os assuntos militares sensíveis costumam receber a proteção do sigilo. Por outro lado, há versões pelos lados opostos que visa tirar proveito da divulgação de informações falsas ou exageradas (ex.: subestimar suas baixas, enquanto sobrestima as perdas do adversário; contestar causas de perdas materiais; exagerar o estado de prontidão dos meios disponíveis; inverter os papéis de agressor e agredido etc.). Apesar disso, há vasta literatura e diversas fontes abertas de informações divulgadas por instituições governamentais e não-governamentais que poderão ser exploradas com a devida cautela.

O estudo está baseado na consulta, pesquisa e análise de documentos ostensivos (artigos científicos, livros, teses, dissertações, artigos de congresso,

revistas, blogs, sites, jornais, relatórios etc.), legislação, videoaulas e demais recursos de mídia disponíveis na rede internacional – *internet*, disponibilizadas em sites especializados e nas fontes disponíveis na Escola Superior de Guerra.

Por se tratar de conflitos que ainda se encontram em curso ao longo do desenvolvimento deste estudo, adotou-se o limite temporal de julho de 2023.

2 REFERENCIAL TEÓRICO PARA OBTENÇÃO DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA E DE INOVAÇÃO

A capacitação em ciência e tecnologia é expressão do poder nacional, segundo doutrina da Escola Superior de Guerra, ao lado da expressão política, militar, psicossocial e econômica, englobando como fundamentos os recursos humanos, recursos naturais e materiais, instituições científicas e tecnológicas, além dos recursos financeiros em todas as atividades relacionadas à geração, disseminação e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Seus fatores dinâmicos são a educação e formação profissional, a comunicação, a pesquisa e desenvolvimento, a dinâmica produtiva, a infraestrutura científica e tecnológica, a biodiversidade, a diversidade mineral, a proteção ambiental e inovação tecnológica. É também fator econômico capaz de produzir variações qualitativas e quantitativas em todos os componentes, podendo modificar o modo de vida da sociedade, seus processos produtivos e o ponto de equilíbrio dos fatores de produção.

Expressão Científica e Tecnológica do Poder Nacional é a manifestação, do conjunto de homens e meios de que a Nação dispõe, nos campos da ciência e da tecnologia, que contribui para alcançar e manter os Objetivos Nacionais. (ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, 2015, p.114)

2.1 Ciência, Tecnologia e Inovação

A Ciência pode ser definida como o conjunto organizado dos conhecimentos do universo objetivo, segundo Longo (1984). Envolve fenômenos naturais, ambientais e comportamentais. A ciência é dita básica, pura ou fundamental, quando se refere a estudo sistemático direcionado para o conhecimento ou compreensão mais aprofundada dos fundamentos de fenômenos e fatos observáveis, sem ter em mente aplicações específicas a processos ou produtos. A pesquisa é aplicada quando o estudo sistemático visa consequências determinadas, buscando os conhecimentos para satisfazer uma necessidade específica e reconhecida. O desenvolvimento tecnológico é o uso sistemático do conhecimento ou compreensão obtidos graças à pesquisa básica e aplicada, dirigido para a produção de materiais, dispositivos e sistemas ou métodos úteis, incluindo desenho e desenvolvimento de protótipos e novos processos.

A tecnologia é o conhecimento de técnicas, métodos e produtos que funcionam de maneiras determinadas e com efeitos também determinados, mesmo

quando não se possa explicar cientificamente o porquê (FIGUEIREDO, 2015, p.11). Não é ciência aplicada porque tecnologia nem sempre advém da ciência. Esse conjunto de conhecimentos pode ter origem empírica ou intuitiva. O conhecimento tecnológico também pode ser tácito (não codificado) ou expresso (codificado). A tecnologia é acumulada nos sistemas físicos (máquinas, laboratórios, equipamentos, banco de dados etc.); no pessoal que lida com tais tecnologias pela sua formação, experiência, tradição, habilidades e talentos; na estrutura organizacional; e nos produtos e serviços correspondentes aos usos dessa tecnologia no tecido social e produtivo.

O novo marco legal de ciência, tecnologia e inovação atualizou a definição de inovação da Lei nº 10.973 (BRASIL, 2004):

Inovação é a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho.

As inovações (FIGUEIREDO, 2015, p.27), classificadas segundo seus níveis, podem ser incrementais, modulares, arquiteturas, de ruptura e radicais.

2.2 Maturidade Tecnológica

Outro conceito relevante para a priorização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento é a escala de 9 graus de maturidade tecnológica (ou Technology Readiness Level - TRL). Foi desenvolvida pela Agência Espacial Americana (NASA) para projetos espaciais e ganhou ampla aplicação na avaliação de projetos das mais diversas áreas de pesquisa e desenvolvimento. Na estratégia de ciência, tecnologia e Inovação da Marinha (BRASIL, 2021, p. 4-2), cabe à Diretoria Geral de Desenvolvimento Nuclear Tecnológico da Marinha (DGDNTM), conforme Figura 1, conduzir os projetos com grau de maturidade 1 a 7, buscando celebrar parcerias com os setores acadêmicos, nos primeiros graus de maturidade, e industriais, nos graus mais avançados.

Figura 1 - Graus de maturidade tecnológica.



Fonte: BRASIL, 2021, p 4-3.

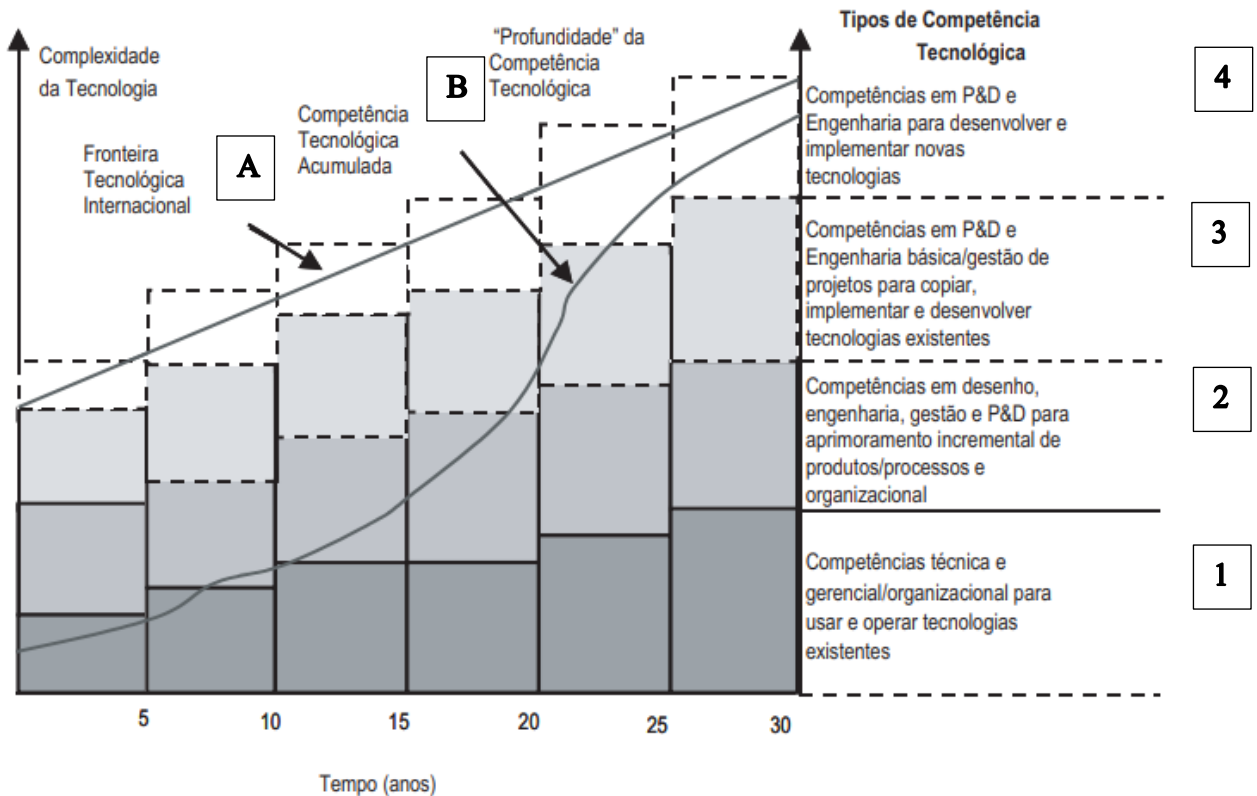
Os Órgãos de Direção Setorial da Marinha, com jurisdição técnica compatível, poderão participar de projetos, assim como os setores operativos, nas fases de produção e emprego em ambiente operacional.

2.3 Capacidade Tecnológica e Inovação

Construir capacidade tecnológica e de inovação é um processo complexo que envolve muitos fatores. Para Paulo N. Figueiredo (2015, p.15) capacidade tecnológica é um estoque de recursos, à base de saber tecnológico, que se armazena nos sistemas técnico-físicos (capital físico), tecido e sistemas organizacionais e gerenciais (capital organizacional), nas pessoas (capital humano) e nos produtos e serviços.

Para sua consecução, demanda investimento em pesquisa e desenvolvimento, educação e treinamento, políticas governamentais, parcerias público-privadas, nacional e internacional, aquisições com transferência de tecnologia etc..

Figura 2 - Escada de acumulação de capacidade tecnológica.



Fonte: FIGUEIREDO, 2015, p. 41.

O gráfico da Figura 2, denomina-se escada tecnológica e representa o tempo decorrido, no eixo das abscissas e o grau crescente da complexidade tecnológica, no eixo das ordenadas, à esquerda. A Capacidade Tecnológica, na ordenada à direita, está representada por retângulos graduados do cinza escuro ao branco, destacando-se: (1) capacidade técnica para usar e operar tecnologias existentes, no nível mais baixo; (2) a capacidade em engenharia para aprimorar produtos e processos; (3) capacidade em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para copiar, implementar e desenvolver tecnologias existentes; e (4) capacidade em P&D para implementar e desenvolver novas tecnologias – no mais alto nível.

As empresas líderes e países com elevado grau de industrialização em inovação tecnológica buscam assumir e manter a posição da curva da fronteira tecnológica internacional (A). Para isso, investem na acumulação de capacidade tecnológica, indicado na curva (B) do gráfico. A curva pode inaugurar uma inovação radical e sair de sua trajetória esperada.

Uma iniciativa para se buscar mitigar os riscos e aumentar os resultados dos investimentos realizados é a efetivação de parcerias entre os governos, as empresas e as instituições acadêmicas - a chamada tríplice hélice - que pode ajudar a acelerar

o desenvolvimento de tecnologias e inovações. Com essa abordagem é enfatizada a importância da interação e colaboração entre esses atores para o sucesso da inovação.

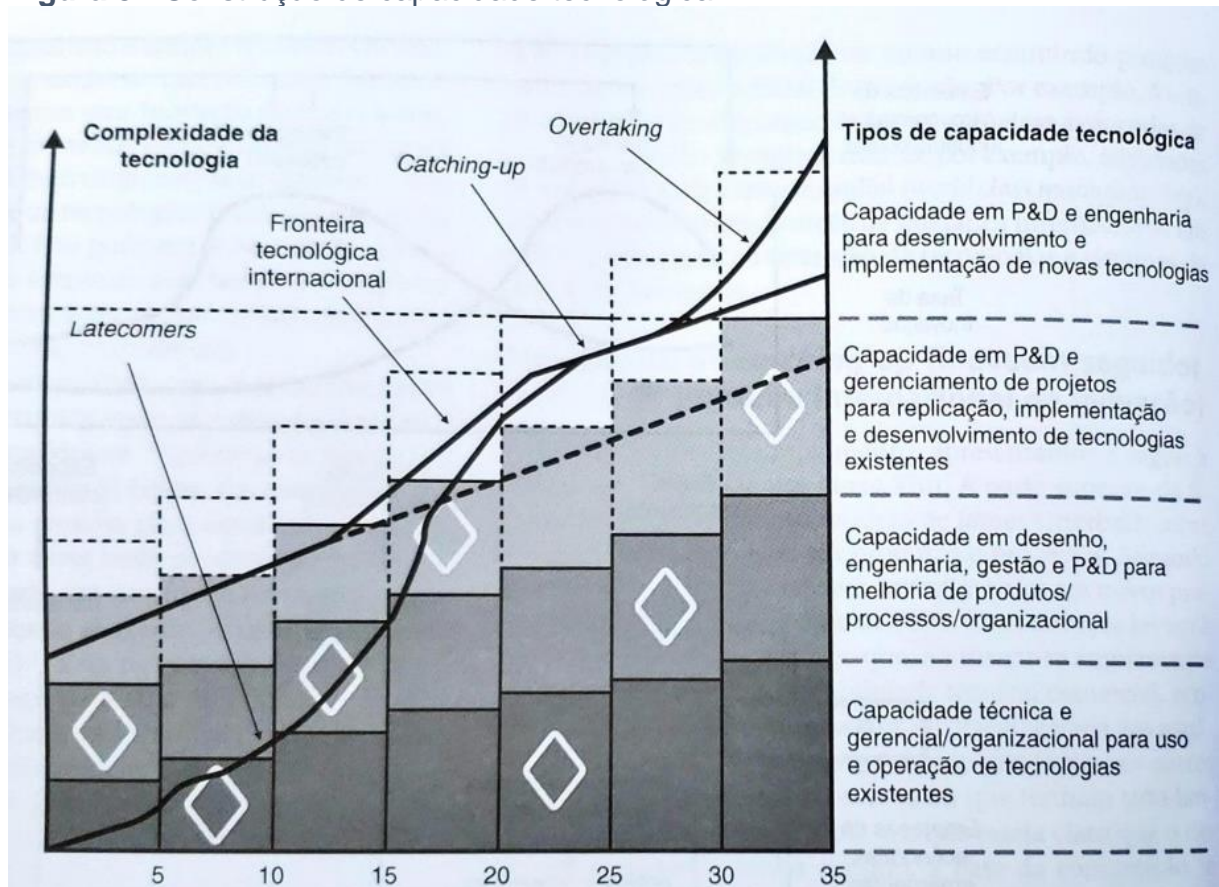
Outra iniciativa refere-se às contratações internacionais com cláusulas de compensação, também chamada de cláusulas ou contratos *offset*, que condicionam as aquisições à transferência de tecnologias de interesse ou sensíveis. A transferência de tecnologia envolve a transferência de conhecimento, habilidades e tecnologias de uma organização para outra. É importante observar que envolve capacidade de transferir, pelo polo ativo, e de receber pelo polo passivo.

A seguir são tratadas as diferenças observadas nos modelos e processos de construção de capacidade tecnológica das economias desenvolvidas (fronteira) em comparação às economias em desenvolvimento (tardios).

2.4 Comparativo do processo de construção da capacidade tecnológica entre países em desenvolvimento e países desenvolvidos

Paulo de Figueiredo (2015, p.44) diferencia as empresas, organizações e/ou economias entre as líderes em inovação (desenvolvidas ou industrializadas) e as seguidoras (em desenvolvimento ou *latecomers*). Enquanto as economias desenvolvidas questionam como realizar atividades tecnológicas mais avançadas de maneira a manter sua posição de liderança na fronteira tecnológica, as economias subdesenvolvidas buscam aprender atividades tecnológicas de maneira a reduzir seu distanciamento da fronteira, também conhecido como *gap* tecnológico. As entidades *latecomers* caracterizam-se por sua entrada tardia em comparação aos líderes da fronteira tecnológica. Normalmente, seus negócios se baseiam em tecnologia absorvidas de organizações mais avançadas e a sua infraestrutura costuma ser aquém das necessidades para ser inovadora. Precisam enfrentar barreiras mercadológicas, falta de credibilidade e rigorosos processos de certificação.

Figura 3 - Construção de capacidade tecnológica.



Fonte: FIGUEIREDO, 2015, p. 44.

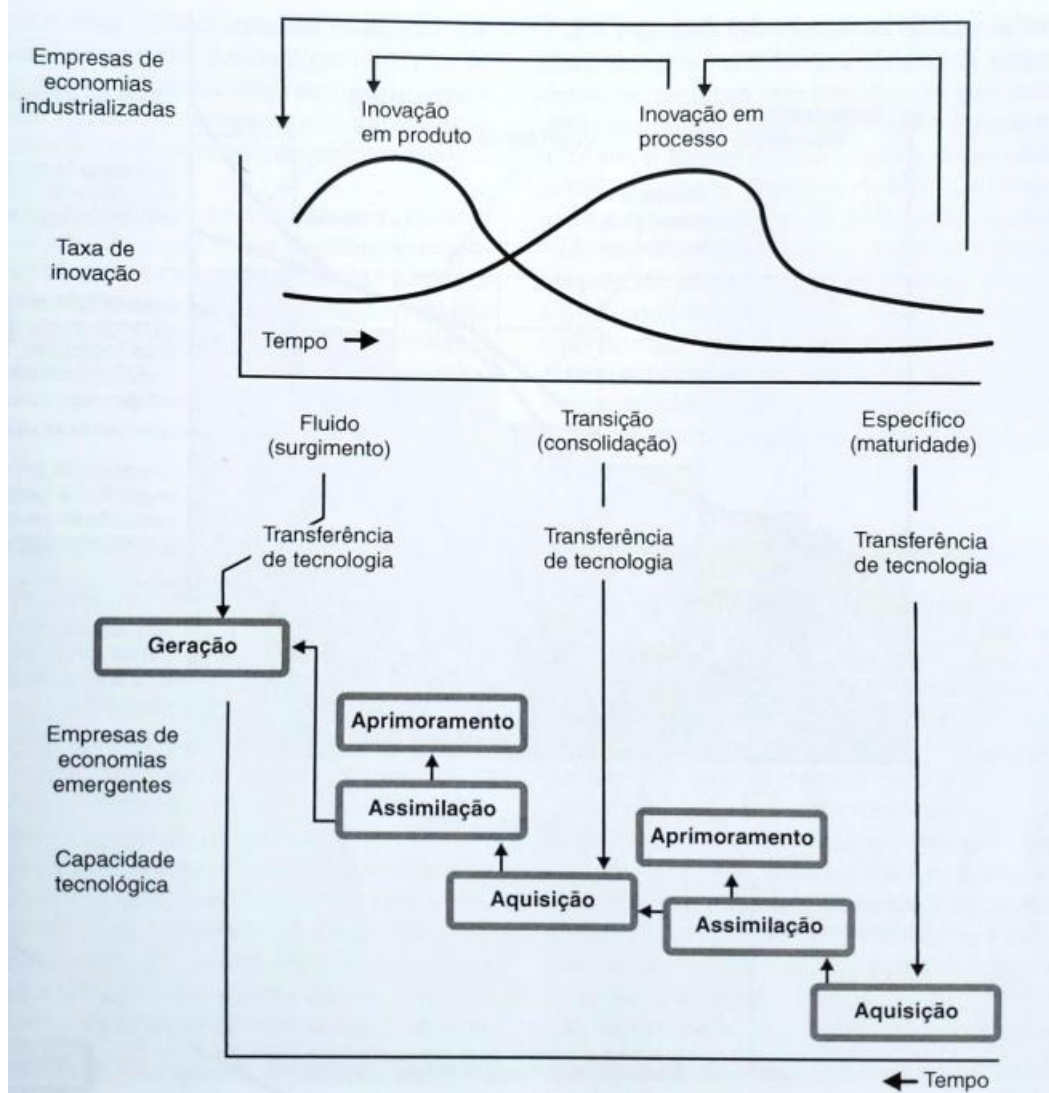
Também indicado na curva de capacidade tecnológica acumulada está representada as estratégias típicas das empresas em economias emergentes, Figura 3. É a curva de quem está a reboque da inovação de terceiros (*latecomers*) e busca alcançar (*catching-up*) os níveis superiores da capacidade tecnológica, e, eventualmente, superando os níveis mais elevados (*overtaking*).

Comparando-se os objetivos da inovação em países desenvolvidos com as pretensões de países em desenvolvimento, observa-se que economias industrializadas buscam permanecer na fronteira tecnológica internacional, investindo numa visão de ciência, tecnologia e desenvolvimento que persiga capacidades com potencial de virar o jogo, vislumbrando oportunidades futuras baseadas, muitas vezes, em pesquisas básicas e percorrendo todas as etapas até a implementação prática da tecnologia, às custas de amplos investimentos em infraestrutura, gestão e pessoal, de modo a se prevenir contra incertezas e melhor se antecipar às surpresas tecnológicas externas.

Já nas economias em desenvolvimento, como no Brasil, predomina a visão de nacionalização dos sistemas, equipamentos e materiais, ou produtos, abordagem

típica de economia emergente, que deseja se mover para próximo da fronteira internacional da inovação. Não quer dizer que não ocorra posição de fronteira tecnológica no país. Podem ser citados os exemplos de empresas como Embraer ou Petrobras, que ocupam lugar de destaque no cenário internacional de inovação, mas o perfil típico é de empresas que buscam acompanhar e/ou copiar as tendências impostas pelo mercado internacional.

Figura 4 - Comparação das trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas.



Fonte: KIM, 1997, p. 89; FIGUEIREDO, 2015, p. 43.

A pesquisa é fundamental para o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações, mas não é a única forma de construir essas capacidades. As aquisições governamentais, ou privadas, podem embarcar tecnologias que transformam a realidade social, conforme Figura 4. Como exemplo hipotético, imagine o impacto da adoção de fogões a gás numa cultura acostumada a cozinhar com lenha. O mero uso

pode trazer novos benefícios à saúde da população, meio ambiente, eficiência energética, qualidade de vida etc., independentemente de dominarem a capacidade industrial para fabricar esses fogões. A reboque poderia vir a implantação de uma infraestrutura de canalização do gás, abrindo novos mercados consumidores não só de gás, mas de implantação e manutenção de toda essa nova infraestrutura. A capacitação de pessoal para realizar novas atividades seria demandada, o sistema normativo precisaria acompanhar essa evolução e a própria estrutura social poderia ser impactada, por exemplo, pela maior disponibilidade das pessoas que antes da adoção dessa tecnologia estariam ocupadas com a demandante operação dos fogões a lenha. A mera importação desse sistema já seria impactante na economia dessa comunidade hipotética, representando inovação local relevante.

Não seria diferente do que se observa na adoção de sistemas de armas ou tecnologias estrangeiras ofertados no mercado interno de países. Claro que sempre que possível, ou estrategicamente considerado um objetivo, pode ser justificado que além de absorver a capacidade para a manutenção, busque-se implantar uma infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento que poderá trazer ajustes resultantes da assimilação da tecnologia pela realidade local. Eventualmente, esses ajustes levam à solução de problemas regionais e até mundiais. A inovação a partir da pesquisa e desenvolvimento, evoluindo da pesquisa básica e aplicada, nível mais elevado de capacidade tecnológica, pode mudar o mercado em nível internacional.

Entretanto, nem sempre é possível ou justificável que governos, empresas e instituições acadêmicas assumam os altos investimentos e riscos da pesquisa básica até o desenvolvimento e lançamento de todos os produtos demandados pelo mercado local. Em geral, é preciso fazer escolhas e a área da defesa não escapa a essa regra resultante do princípio da escassez.

Bell et al (1995) ressalta ainda o menor nível de produtividade na indústria de países em desenvolvimento, quando em comparação com unidades fabris similares instaladas em países desenvolvidos (industrializados). Isso ocorre porque competir no mercado mundial requer não apenas que as empresas alcancem os patamares internacionais de produtividade, mas que ocorram melhorias tecnológicas contínuas ao longo do tempo. As capacidades tecnológicas não são adquiridas como um subproduto automático de atividades de investimento e produção. Eles são acumulados por meio de investimentos conscientes e contínuos das empresas em atividades especializadas e geradoras de mudanças, abrangendo design de produto,

engenharia de produção, controle de qualidade, treinamento e vínculos com fontes estrangeiras de tecnologia e experiência em geração de mudanças.

2.5 Revolução Militar, Revolução dos Assuntos Militares e os modelos corporativos de Gestão da Inovação

Os efeitos do emprego de sistema não-tripulados têm sido determinantes no desempenho das forças beligerantes consideradas. Na segunda guerra entre Armênia e Azerbaijão por Nagorno-Karabakh, a vantagem para a Armênia, obtida na primeira Guerra de Nagorno-Karabakh, que durou 6 anos, foi revertida em apenas 44 dias (ANTAL, 2022; AMIRKHANYAN, 2022). Não é diferente no caso da Guerra da Ucrânia (Operações Especiais da Federação Russa na Ucrânia), onde o emprego de sistemas não-tripulados tem trazido efeitos relevantes tanto para as forças atacantes quanto para as defensivas (ZABRODSKYI et al, 2022).

Há que se diferenciar a eventual mudança na natureza da guerra (*war*) da evolução ou revolução em suas metodologias (*warfare*). É necessário adaptar-se rapidamente a essas mudanças dos métodos e técnicas que Knox e Murray (2022, p. 22) denominam Revolução Militar (RM), que “reformam a sociedade e o Estado tanto quanto as organizações militares. Elas alteram a capacidade estatal de criar e projetar o poder militar, e seus efeitos são cumulativos”, diferenciando-se de seus efeitos doutrinários militares, os quais denomina Revolução dos Assuntos Militares (RAM), que:

[...] concomitante com as grandes revoluções militares e no âmbito delas - de conjuntos de mudanças menos abrangentes. Conforme já descrito, essas transformações menores são mais bem definidas como "revoluções nos assuntos militares. Elas parecem de fato suscetíveis à direção humana e as instituições militares que se mantiverem intelectualmente alertas podem obter significativa vantagem fomentando-a esse novo método de guerra. Organizações militares embarcam em uma RAM imaginando novas formas de destruir seus oponentes. Para tanto, devem esforçar-se para compreender as mudanças fundamentais nas esferas social, política e militar. Em alguns casos, é possível prever tais mudanças. RAM requerem a reunião de um complexo conjunto de inovações táticas, organizacionais, doutrinárias e tecnológicas a fim de se implantar uma nova abordagem conceitual para a condução da guerra ou de um ramo especializado dela. (KNOX e MURRAY, 2022, p. 28)

Ao analisar a evolução da arte da guerra, das guerras medievais aos ataques relâmpagos, Knox e Murray (2022, p. 30) identificam as seguintes Revoluções Militares (RM) e decorrentes Revoluções de Assuntos Militares (RAM):

- a) **RM1 - a criação, no século XVII, do Estado e das instituições militares modernas:** RAM1 - reformas táticas holandesas e suecas; RAM2 - reformas táticas e organizacionais francesas; RAM3 - revolução naval; RAM4 - revolução financeira britânica; RAM5 - reformas militares francesas após a Guerra dos Sete Anos.
- b) **RM2 e RM3 - as Revoluções Francesa e Industrial:** RAM1 - mobilização política e econômica da nação; RAM2 - guerras napoleônicas (aniquilação das forças armadas inimigas no campo de batalha); RAM3 - poder financeiro e econômico baseado na industrialização (Grã-Bretanha); RAM4 - revolução tecnológica na guerra terrestre e nos transportes (telégrafo, ferrovias, navios a vapor, armas portáteis e peças de artilharia com pólvora sem fumaça de combustão rápida, armas automáticas); RAM5 - A revolução na guerra naval promovida por Fisher: encouraçados com enormes canhões e esquadras de batalha (1905-14).
- c) **RM4 - a combinação irreversível das três revoluções anteriores na Primeira Guerra Mundial (cujos efeitos refletiram-se em RAM na Segunda Guerra Mundial):** RAM1 - estratégia-operacional e táticas de armas combinadas; RAM2 - operações de *Blitzkrieg*; RAM3 - bombardeio estratégico; RAM4 - guerra aeronaval; RAM5 - guerra submarina; RAM6 - guerra anfíbia; RAM7 – radar; RAM8 - inteligência de sinais.
- d) **RM5 - armas nucleares e sistemas de lançamento de mísseis balísticos:** RAM1 - reconhecimentos e ataques precisos; RAM2 - tecnologia *stealth*; RAM3 – redes computadorizadas de comando e controle; RAM4 - aumento maciço da letalidade das munições (bombas) “convencionais”.

A inovação tecnológica leva à evolução ou revolução dos assuntos militares, no contexto militar e da guerra, pela criação de novos equipamentos e sistemas, processos e doutrinas. Trazem, também, ameaça às estruturas existentes, principalmente quando as inovações são radicais, provocando, na sua transição, a falência das metodologias obsoletas. Esse processo recorrente de crise, recuperação, estabilidade e expansão parece ocorrer tanto no contexto econômico quanto na arte da guerra. Daí, a divisão do estudo da guerra em suas gerações (LIND,

NIGHTENGALE, SCHMITT, SUTTON e WILSON, 1989, p.22; RAMOS e MATOS, 2019, p. 131), sintetizados abaixo:

1ª Geração - Guerras dessa geração adotaram formações lineares e compactas das tropas, com ênfase em disciplina e obediência rígida às ordens superiores. Com isso, buscava-se superar a precariedade das comunicações e as limitações da visibilidade no terreno que prejudicavam eventuais mudanças táticas de maneira coordenada. O fator tecnológico relevante foi o aumento do poder de fogo pelo emprego dos mosquetes de alma lisa, incluindo formações de linha e coluna, em níveis variados de treinamento dos seus integrantes. Vestígios das táticas da 1ª Geração persistem, especialmente no desejo de linearidade no campo de batalha. Caracterizou o período entre o final da Guerra dos Trinta Anos (1648) até as Guerras Napoleônicas, no contexto pré-industrial.

2ª Geração – Guerras dessa geração são marcadas pela era industrial de meados do século XIX, com o seu reflexo de busca permanente de inovações tecnológica e da produção em larga escala. Taticamente, adotam formação ainda em linha de batalha, mas com flexibilidade de pequenas e rápidas unidades, baseadas em fogo e movimento. A defesa busca evitar qualquer penetração. O aparato tecnológico inclui mosquete de alma raiada, carregadores de culatra, arame farpado, a metralhadora, fogo indireto da artilharia pesada, guerra de trincheira, uniformes com camuflagem, comunicações de rádio, novas técnicas de reconhecimento, aeronaves, ferrovias, telégrafos etc.. São exemplos dessa geração de guerras a defesa francesa em 1940 (Linha Maginot), o ataque às tropas aliadas em Monte Cassino, em 1944, e Guerra Irã-Iraque, em 1980.

3ª Geração – Guerras dessa geração buscam a neutralização do inimigo através da identificação de seus pontos fracos, com o objetivo de anular a sua capacidade operacional, sem que necessariamente ocorra sua destruição física total. Mais do que poder de fogo, caracteriza-se pela velocidade e surpresa. A "guerra relâmpago" (*Blitzkrieg*), realizada pelo exército alemão na Segunda Guerra Mundial, é um exemplo dessa geração.

4ª Geração – Guerras dessa geração caracterizam-se pela mudança de foco da linha de frente do exército inimigo para a sua sociedade. Há perda do monopólio estatal sobre a guerra. É assimétrica e conta com efetivos reduzidos e independentes, com iniciativa e liberdade de ação, combinando táticas terroristas, insurgentes e guerrilheiras que buscam reverter o poder de combate do inimigo contra ele próprio,

priorizando a manipulação para obter objetivos psicológicos em detrimento de objetivos físicos, explorando fragilidades políticas, econômica, sociais e militares. Além do aparato tecnológico disponível nas gerações anteriores, inclui tecnologia da informação e das comunicações globalizadas. Caracteriza diversos conflitos do período pós Guerra-Fria.

5ª Geração – Além das quatro gerações, há discussões quanto a um conceito de quinta geração de guerras, caracterizado como "guerras ilimitadas". Seria uma mistura de guerra cinética (combate) e guerra não cinética (cibernético, psicológico, diplomático, econômico, social e tecnológico) que poderia ser travada por atores estatais e/ou não estatais, principalmente no campo social e do conhecimento. Para seus defensores, essa forma de "guerra híbrida" é uma combinação de táticas tradicionais e irregulares, que provocam conflitos entre comunidades, incluindo guerra de guerrilha, insurreição ou ataques terroristas, tendo evoluído das quatro gerações anteriores de guerras.

Salienta-se que embora ocorra a evolução mais suave da Doutrina ou Arte da Guerra, cujos princípios Sun Tzu (SOUSA e GERHARDT, 1996) sintetizou em sua obra no século IV a.c., a inovação nos seus métodos e processos sempre foi relevante. No século XVI, alertava Maquiavel, em sua obra L'Arte Della Guerra, livro VII, 13º máxima geral para reflexão:

As coisas novas e imprevistas espantam um exército, mas com o tempo e o costume, cessa de temê-las. Deve-se, portanto, quanto se tem pela frente um inimigo novo, acostumar suas tropas por meio de rápidas escaramuças, antes de se empenhar numa ação total. (MIORANZA, 2005, p.169)

Assim, podem ser adquiridos conhecimentos importantes para a promoção da autonomia tecnológica brasileira - sem o envolvimento em escaramuças ou ações militares maiores - da cuidadosa análise do processo de obtenção de capacidade tecnológica inovadora e dos seus efeitos no desempenho operacional dos sistemas não-tripulados empregados nos dois conflitos objetos deste TCC, segundo conceitos e métricas que vêm sendo adotados com sucesso para descrever experiências no ambiente corporativo de gestão de inovação e da evolução da arte da guerra ao longo do tempo.

3 ESTUDOS DE CASO

A guerra é definida no Glossário das Forças Armadas (BRASIL, 2015) como o conflito no seu grau máximo de violência. Classicamente, caracteriza-se pelo emprego das forças armadas de estados soberanos. Embora o Direito Internacional estabeleça a declaração de guerra, os conflitos recentes não têm observado tal preceito, o que se verifica também nos conflitos objetos do presente estudo. A retomada das ações bélicas entre Armênia e Azerbaijão, em setembro de 2020, pelo controle da região de Nagorno-Karabakh e as Operações Especiais Russas de invasão da Ucrânia não foram precedidas de uma declaração formal de guerra.

O foco no estudo de casos de ambos os conflitos é a compreensão dos efeitos da mobilização de todo o Poder Nacional, no aspecto da construção de capacidade tecnológica e de inovação para fazer frente à imposição, por meio militar, da vontade nacional. A análise dos estudos de casos é baseada na avaliação do efeito das expressões política, econômica, psicossocial, científico-tecnológica e militar no estoque de capacidade tecnológica, antes e durante os conflitos, e dos resultados das ações desencadeadas. Não é objetivo desse trabalho aprofundar as causas, origens, efeitos, seja locais, regionais ou internacionais. Para isso, há vasta literatura, principalmente relacionada à crise na Ucrânia. O conflito entre Armênia e Azerbaijão, embora não receba a mesma atenção, apresenta também literatura relevante.

Até serem alcançados os objetivos operativos militares, foi necessário acumular a capacidade tecnológica, avançando na doutrina de emprego, na formação de equipes capacitadas para operar, manter e adaptar os equipamentos; implantar uma infraestrutura física – bases, oficinas, laboratórios etc.. Daí surgiram produtos e processos que permitem perceber os conflitos como representativos/legítimos exemplos da guerra moderna em particular pelo decisivo emprego dos sistemas não-tripulados.

3.1 Guerra de Nagorno-Karabakh

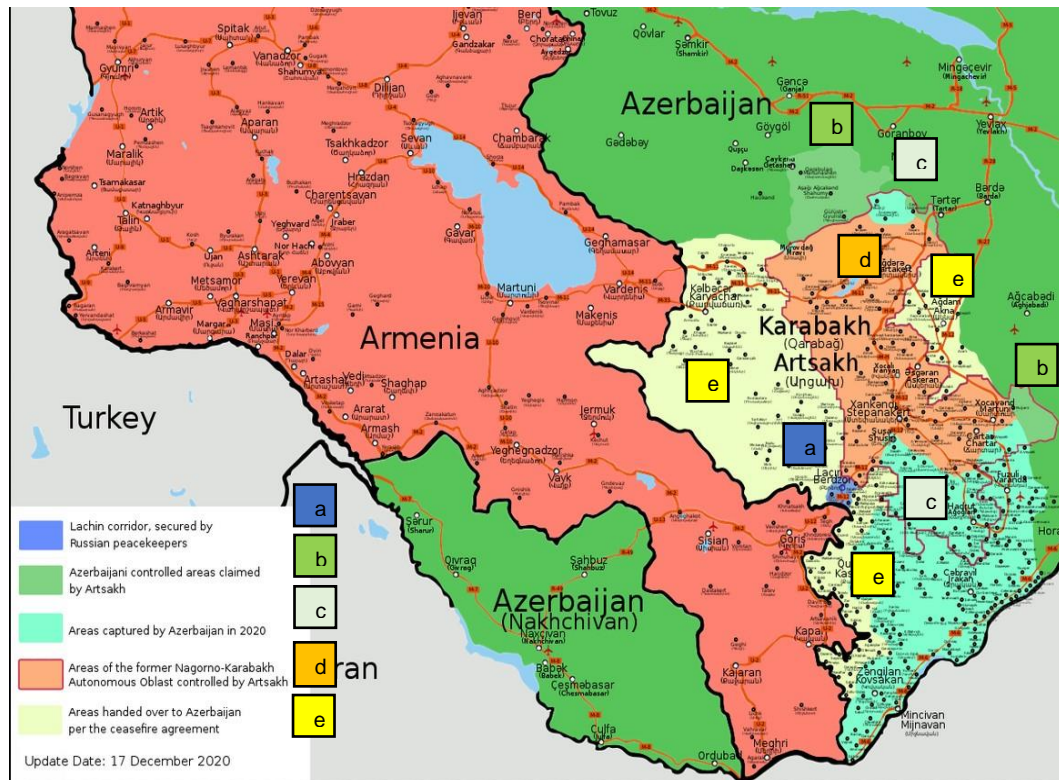
Armênios e azerbaijanos disputam o território, com área de cerca de 4.400 km² de terreno montanhoso, conhecido como Nagorno-Karabakh (ou Alto Carabaque ou República de Artsaque), há mais de 100 anos. A capital desse território é chamada de Estepanaquerte pelos Armenos e Canquendi pelos Azerbaijanos.

A Armênia é um país de maioria cristã, assim como o seu vizinho Georgia, fazendo fronteira com países de maioria muçulmana como o Azerbaijão, a Turquia e o Irã. Já foi invadido e teve questões territoriais com a potência local, a Turquia. A população armena é maioria no território de Karabakh, declarado região autônoma do Azerbaijão por Stalin quando os dois países faziam parte da União Soviética. Com o fim da União Soviética, os conflitos étnicos religiosos e territoriais voltaram a aflorar em diversas das suas ex-repúblicas, levando à primeira guerra de Nagorno Karabakh, vencida pelos armênios e deixando um rastro de mortes, rancor e desabrigados em ambos os países, com balanço mais negativo para o Azerbaijão.

Apesar da relativa equivalência de tropas e de equipamentos herdados por ambas as ex-repúblicas soviéticas, o primeiro conflito cobrou a vida de 26.000 armênios e de 77.000 azerbaijanos. Nessa guerra, que se deu entre 1988 e 1994, a Armênia conquistou posições de defesa mais vantajosas, ocupando também uma área adicional do Azerbaijão no entorno de Karabakh.

Depois de 26 anos da primeira guerra de Nagorno Karabakh, a mais recente escalada do conflito ocorreu em setembro de 2020, quando as forças do Azerbaijão lançaram uma ofensiva militar contra a região de Nagorno-Karabakh, que estava sob controle das forças armenas. A Armênia contava em repetir o sucesso da campanha anterior. Considerava, mesmo, que suas posições defensivas em pontos estratégicos elevados seriam intransponíveis. Investiu seu orçamento na construção e reforço de linhas de trincheiras, casamatas e na minagem terrestre. Antal (2022) faz uma detalhada análise desse conflito, apresentando informações e destacando suas importantes lições.

Figura 5 - Efeitos territoriais da 2ª Guerra de Nagorno-Karabakh



Fonte: GUERRA NO ALTO CARABAQUE, 2023⁶.

Guerras decisivas como a Guerra de Nagorno-Karabakh são raras. Depois de apenas seis semanas de intensos combates, um acordo de cessar-fogo foi assinado em novembro de 2020, com a mediação da Rússia, que estabeleceu uma força de paz no corredor Lachin (a) e devolveu o controle das áreas (e) ao Azerbaijão, conforme Figura 5. Nesses 44 dias, o Azerbaijão subjugou a Armênia, revertendo todos os resultados do primeiro conflito, consolidando o domínio dos territórios (b) e retomando em combate as áreas indicadas em (c), deixando totalmente exposto o território em disputa (d). O diferencial foi a capacidade tecnológica que o Azerbaijão foi capaz de acumular e empregar.

Mitzer e Olieman (2021) alertam que isso não quer dizer que a Armênia tenha sido pega totalmente despreparada, já que havia adquirido de diversos fornecedores modernos sistemas de mísseis antiaéreos, vinha investindo em sistemas de guerra eletrônica russos e equipamentos eletro-ópticos. Com todo esse investimento, Nagorno-Karabakh e seu entorno tornaram-se áreas densamente cobertas por

⁶ GUERRA NO ALTO CARABAQUE. In: Wikipedia, 2023. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_no_Alto_Carabaque_%282020%29#/media/Ficheiro:Nagorno-Karabakh_war_map_\(2020\).svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_no_Alto_Carabaque_%282020%29#/media/Ficheiro:Nagorno-Karabakh_war_map_(2020).svg). Acesso em: 31 mai. 2023.

sistemas de defesa aérea armênios. Embora houvesse fragilidades, operava uma variedade de sistemas antigos e modernos em todas as categorias de alcance, apoiados por modernos sistemas de defesa antiaérea portáteis (*Man-Portable Air Defence System* – MANPADS), canhões antiaéreo autopropulsados (*Self-Propelled Anti-Aircraft Gun* – SPAAG) e canhões antiaéreos. Esperava que seu Sistema de Defesa Aérea fosse suficiente para inibir qualquer iniciativa do inimigo a desafiá-lo. O desdobrar do conflito mostrou que todo esse aparato foi derrotado em poucos dias. Daí a importância em estudar a eficácia dos modernos sistemas de defesa aérea frente às novas tecnologias de drones, guerra eletrônica e munições *kamikazes* (suicidas) de longo alcance, conforme dito pelos autores, em texto original abaixo:

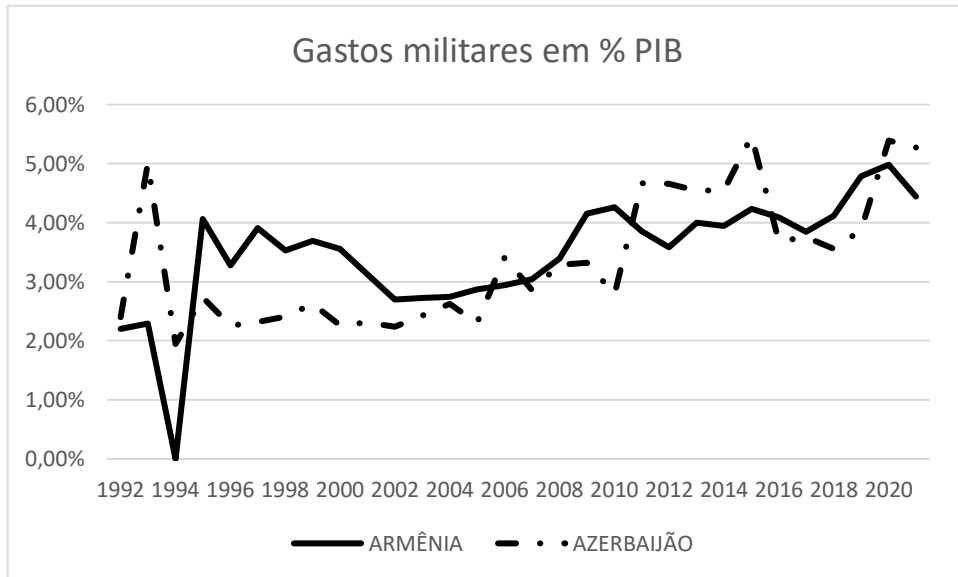
*This is not to say that Armenia was caught fully unprepared, as the recent acquisition of modern SAM systems like the Buk and Tor, and years of investments in a host of Russian electronic warfare systems and electro-optical equipment acquired from various sources had turned Nagorno-Karabakh and the surrounding areas into one of the densest covered areas of air defence in the world (save for North Korea). Although still lacking in some areas, it further operated a plethora of both older and more modern systems in every range category, backed up by modern MANPADS, SPAAGs and anti-aircraft guns. As a result, its Air Defence System (ADS) presented something of a trump card to any foe that was willing to challenge it. **The fact that this trump card was soundly defeated in a matter of days, at the cost of next to no losses is certain to become the subject matter of many a study into the efficacy of modern air defence systems against new developments in areas such as drones, electronic warfare and stand-off munitions.** [grifos nossos] (MITZER; OLIEMANS, 2021).*

Serão descritos brevemente alguns aspectos de como ocorreu esse processo de construção de capacidade tecnológica e seu desdobramento no campo de batalha. O Azerbaijão formalizou uma aliança estratégica militar com a Turquia, aproveitando seus fortes laços históricos, religiosos, culturais, linguísticos e econômicos. Essa aliança começou logo após a derrota do Azerbaijão, na primeira guerra. A Armênia, por outro lado, não teve o apoio que esperava da Federação Russa. Apesar de ser membro do *Collective Security Treaty Organization* (CSTO)⁷, teve seu pedido de ajuda militar recusado pela Rússia, sob alegação de que a República de Artsaque, ou Nagorno-Karabakh, não é uma república reconhecida, sendo considerado um território azerbaijano. Portanto, na prática, a Armênia enfrentou sozinha a aliança entre Azerbaijão e Turquia.

⁷ Membros: Armênia, Cazaquistão, Quirguistão, Rússia, Tadjiquistão e Uzbequistão.

A seguir são apresentados gráficos elaborados com base nas informações da *Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Military Expenditure Database 2022*⁸.

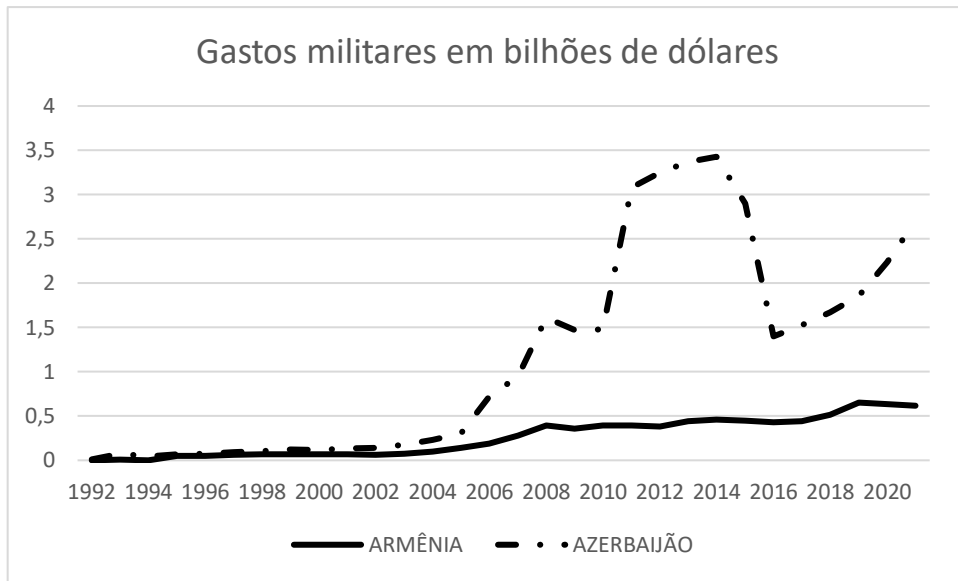
Figura 6 - Comparativo dos gastos militares em % do PIB.



Fonte: O AUTOR, 2023, com base nos dados de SIPRI, 2022.

Embora os esforços nacionais, representado pelo percentual do PIB, não sejam muito diferentes, na média acima de 3% (3,48% pela Armênia e 3,37% pelo Azerbaijão), alternando entre os países, muito superior ao atual patamar brasileiro de cerca de 1,2% e mais elevado do que o patamar de 2% esperado dos países da OTAN. Isso demonstra que ambos os beligerantes estão comprometidos e apresentam grande interesse no assunto Defesa (Figura 6).

⁸SIPRI. Military Expenditure Database, 2022. Disponível em: <https://milex.sipri.org/sipri>.

Figura 7 - Comparativo dos gastos militares em dólares

Fonte: O AUTOR, 2023, com base nos dados de SIPRI, 2022.

Entretanto, em termos absolutos, dado que percentuais similares do PIB correspondem a diferenças tão grandes no comparativo dos gastos militares, fica evidente que a economia do Azerbaijão apresenta um PIB mais elevado (Figura 7). Isso se deve as suas grandes reservas petrolíferas exploradas no Cáucaso. Naturalmente, essa diferença no total de gastos militares se reflete no grau de atualização observado nas forças do Azerbaijão nas áreas de comando e controle, sistemas não-tripulados, artilharia de longo alcance, sistemas de defesa antiaérea, segurança cibernética e comunicação. Destaca-se as munições suicidas (*loitering munition*) Harop israelenses e os SARP de combate turcos TB2. Além do material, seu pessoal passou por treinamento da operação e do seu emprego integrado com os demais sistemas de armas, principalmente de suas forças especiais, nos níveis tático e operacional. No nível estratégico, a aliança com a Turquia trouxe avanços na doutrina de planejamento, preparo e emprego.

A tecnologia trouxe mudanças significativas aos métodos da guerra e a Guerra de Nagorno-Karabakh traz a oportunidade de observar a realidade de uma batalha multidomínio. Permite, também, explorar os efeitos dos sistemas não-tripulados no desfecho do conflito. Um aparente paradoxo é que a Armênia ocupando a 80ª colocação no índice global de inovação⁹, superando o Azerbaijão, na 93ª

⁹ *Global Innovation Index 2022*. Disponível em: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2022/. Acesso em: 17 jul. 2023.

colocação, não foi capaz de levar essa vantagem no caráter inovador de sua economia para o campo de batalha.

Aparentemente, embora menos inovadora, a economia do Azerbaijão conseguiu pagar pela aquisição de soluções tecnológicas mais avançadas. Seu principal país aliado, a Turquia, apresenta-se na 37ª posição, enquanto Israel, fornecedor de munições suicidas, é um dos países mais inovadores, na 16ª colocação. Esse patamar de capacidade tecnológica, foi transferido pelos produtos adquiridos pelo Azerbaijão.

Sua capacidade de operar tais sistemas, revisando aspectos doutrinários do emprego integrado das tecnologias não necessariamente transbordará para a capacidade de manutenção e logística própria, ou num patamar superior, reproduzir tais soluções pela capacidade de absorver, por sua indústria, essa capacidade de desenvolver internamente soluções que já são adotadas em outros países e, finalmente, não parece que a capacidade acumulada permita que novas soluções, mesmo que não disruptivas, mais que atendam características específicas do país, sejam geradas pela capacidade de pesquisa e desenvolvimento nacional.

Antal (2022, p.138) sintetiza em 14 lições para o futuro, resultado da análise das informações de fontes abertas da segunda guerra de Nagorno-Karabakh:

1. **Conheça a si próprio e a seu inimigo e aja a partir desse conhecimento** – o Azerbaijão preveniu o desastre do conflito ocorrido entre 1988 e 1994. Fez parcerias com Turquia e Paquistão para aperfeiçoar e treinar seus militares. O profissionalismo e competência alcançados com essas parcerias, principalmente baseadas em experiências práticas turcas nas guerras da Síria e da Líbia, além do cuidadoso estudo do terreno, dos fatores de força e fraqueza da Armênia, das novas tecnologias, do melhor momento – tirando proveito da pandemia do COVID-19, são apontados como os motivos para o sucesso alcançado.
2. **Preparo** – foram décadas de preparo para que o Azerbaijão lançasse o ataque de setembro de 2020. O vencedor investiu cerca de 6 vezes mais que o seu adversário derrotado em tecnologias turcas e israelenses, incluindo tecnologias de defesa aérea e de míssil balístico. A Turquia não só treinou o Azerbaijão antes do conflito, mas assessorou os seus operadores durante a guerra. A Armênia teve

oportunidade de perceber esse crescimento da capacidade militar do Azerbaijão, mas não teve tempo para reação, seja por letargia institucional, corrupção ou arrogância.

3. **Ataque primeiro** – o primeiro a se mover nos múltiplos domínios, a integrar e sincronizar fogo e manobra num conceito unificado ganha uma tremenda vantagem. Apesar da alegação do Azerbaijão de que a Armênia teria sido responsável pelo início do combate em 27 de setembro de 2020, é indiscutível que estava apenas aguardando essa oportunidade para lançar sua bem-preparada contraofensiva denominada “Punho de Ferro” – por menor que fosse a provocação. Nos primeiros dias, a Armênia perdeu 1021 veículos e sofreu ataques nas seguintes prioridades: defesa aérea, guerra eletrônica, comando e controle, artilharia, tanques, veículos blindados, caminhões e tropas. Esse movimento ocorre integrado, conectado e sincronizado em todos os domínios, como uma partida de xadrez sendo jogada em 5 tabuleiros interconectados. O Azerbaijão fez o primeiro movimento e manteve a iniciativa ao longo do conflito. A guerra moderna emprega armas de alta precisão, guerra de informação, guerra cibernética e eletrônica, enfatizando o valor do primeiro ataque para surpreender. Nesse primeiro ataque, é preciso cegar, destruir e desorganizar redes chave de combate, no polo ofensivo, e sobreviver, no polo defensivo.
4. **A guerra moderna se move em hipervelocidade e é conectada como nunca** – o passo da batalha é extremamente rápido. Tão rápido quanto as máquinas possam captar, identificar e atacar. Os sistemas aéreos não-tripulados permitem aos operadores observar os resultados do ataque aéreo em tempo real, provendo informações de inteligência dos danos causados pelo bombardeio. As munições *kamikazes* e veículos de ataque não tripulados compartilham dados dos alvos, alternando alvos não danificados automaticamente. O uso de sistemas não-tripulados acelerou o encadeamento da morte. Partindo da configuração inicial de participação humana na decisão do ataque, o papel do homem no ciclo do encadeamento da morte se reduz enquanto avança o emprego da inteligência artificial, retirando-o gradativamente do ciclo. Com isso, o combate acelera para além da

cognição humana e a inteligência artificial será necessária para sincronizar a luta. Nos próximos anos, nos campos de batalha que estão rapidamente se transformando em sistemas robóticos, serão empregados, também, sistemas robóticos terrestres, aéreos, marítimos e espaciais para incrementar o poder de combate. Mesmo com 26 anos de preparo de trincheiras e casamatas, as novas tecnologias superaram as vantagens da defesa armena.

5. **Domine tantos domínios quanto possível** – a habilidade de pensar, ver, decidir e lutar em múltiplos domínios, dominando aquele que realmente importar em um determinado tempo, é a essência da guerra no século 21. A complexidade aumenta se forem adicionados os fatores de fundo como espectro eletromagnético e informacional que não são reconhecidos como domínios em si, mas que afetam todos os domínios transversalmente. O Azerbaijão dominou todos os domínios, excetuando-se o marítimo porque a situação geográfica o tornou irrelevante. No domínio espacial, empregou satélites turcos e acessou satélites comerciais nos preparativos para a guerra. Durante o conflito, o Azerbaijão comandou os domínios terrestre, aéreo, espacial e cibernético nos momentos decisivos das duas primeiras semanas, quando devastou as defesas aéreas armenas.
6. **Use fogo para manobrar ao invés de manobrar para atirar** – antes do engajamento das tropas, o campo de batalhas foi conformado pelo emprego de drones de ataque, munições *kamikazes* e drones de reconhecimento iluminando alvos para artilharia. A guerra eletrônica foi relevante pelos ataques eletrônicos que abriram caminho para os drones de ataque e para as munições *kamikazes*. O resultado foi a destruição das defesas aéreas, dos centros de comando e controle, dos sistemas de guerra eletrônica e de artilharia armenos, habilitando a manobra das tropas do Azerbaijão para capturar o centro de gravidade pela cisão do terreno decisivo.
7. **O campo de batalha é transparente** – sensores óticos, térmicos, eletromagnéticos, embarcados em satélites, aeronaves e drones permitem uma visualização clara, 24 horas por dia, do campo de batalha. Os armenos não puderam se esconder ou fugir no campo de

batalha. Não há como se esconder ou evitar ser alvo. É necessária uma abordagem multidomínio, cobrindo todo o espectro de sensores.

8. **A ocultação é essencial para sobrevivência nos atuais campos de batalha** – a camuflagem tradicional é irrelevante contra sensores eletromagnéticos ou térmicos. A ocultação deve ocorrer em todos os espectros, em esforço multidomínio para enganar os sensores e desviar os sistemas de mira adversários. Envolve meios ativos e passivos de confusão, desagregação, desvio, engano de toda a rede de sensores adversária. É necessário cuidado ao portar dispositivos móveis (celulares) no campo de batalha.
9. **O ataque de cima (aéreo) é um método decisivo de engajamento** – a proliferação de sistemas de ataque aéreo relativamente baratos e efetivos, como os TB2 turcos ou os HAROP israelenses são uma tendência. É possível destruir tanques com grande acurácia com esses ataques aéreos ou com o preciso direcionamento da artilharia pelos veículos aéreos não-tripulados. É diferente de atacar por meio de explosivos improvisados em dispositivos para fazer o ataque pela parte inferior dos veículos blindados. O domínio do espaço aéreo com custos mais reduzidos, comparativamente à aquisição de caças e/ou aeronaves de reconhecimento, deixou evidenciado que o sucesso não depende necessariamente do emprego de equipamento caros.
10. **Defesa aérea em camadas e proteção ativa na velocidade da inteligência artificial é vital para a sobrevivência** – os modernos sistemas de defesa aérea são camadas equipadas com armamentos de curto e longo alcances, integradas com sistemas de vigilância aérea, controle do armamento e gerenciamento da batalha, protegidos de ataques multidomínio e capaz de derrotar as ameaças dos sistemas não tripulados. Para fazer frente a uma ampla faixa de ameaças a rede de defesa deve ser capaz de enfrentar drones, helicópteros, aeronaves e mísseis. As plataformas precisam de proteção ativa capaz de desviar, interromper e confundir ataques de fogo direto ou aéreo, a partir de sistemas de defesa embarcados ou complementares. Os sistemas não tripulados de terra e aéreo podem complementar a defesa dos sistemas tripulados convencionais.

11. **Vencendo a guerra da informação** – ambos os adversários na guerra de Nagorno Karabakh foram responsáveis por intensa campanha de informações contra o adversário, mas as imagens dos vídeos dos drones e das armas de guiamento, divulgadas pelo Azerbaijão, foram decisivas. As imagens de plataformas de defesa aérea, artilharia, tanques, veículos de infantaria e tropas sendo dizimadas em vídeos divulgados em todas as mídias sociais influenciaram negativamente o moral e contribuiu para a derrota armena. Esses vídeos também se tornaram importante propaganda para os produtos turcos e israelense¹⁰.
12. **A sequência da morte (*kill chain*) está aumentando sua velocidade e se transformará na “rede da morte” habilitada por inteligência artificial** – a sequência da morte é um conceito militar que descreve a ligação entre os sensores, atiradores e comando e controle, incluindo identificação de alvos, mobilização do componente da força necessária, decisão de atacar. Convencionalmente, opera na velocidade humana de tomada de decisão passando pelos diversos níveis hierárquicos. Em Nagorno-Karabakh, a sequência da morte no lado do Azerbaijão foi extremamente rápida pelo emprego das munições *kamikazes* Harop e Orbiter, além do drone de ataque TB2. Esses equipamentos permitem que, estabelecida uma zona de ataque, os alvos sejam identificados e atacados autonomamente. A rede da morte é uma internet das coisas no campo de batalha, permitindo efeitos transversais aos domínios (terra, ar, mar, espaço e ciber), podendo atuar com o elemento humano no loop ou fora do loop decisor. São exemplos dessas redes o MK-15 Phalanx para a defesa de ponto ou o *iron-dome* israelense. Os drones suicidas israelenses como o 1K MAUS ou o HAROP aumentaram a autonomia das máquinas na cadeia da morte, afastando ainda mais o ser humano da decisão de matar. Há implicações éticas e legais que

¹⁰ Imagem em tempo real de um ataque com drone. Disponível em: https://twitter.com/TheInsiderPaper/status/1311783610928824332?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1311783610928824332%7Ctwgr%5E9e5cbaa0c06454779f343916480bdd37aa297686%7Ctwcon%5Es1_c10&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.trtworld.com%2Fmagazine%2Fthe-future-of-war-and-deterrence-in-an-age-of-autonomous-weapons-47602.

devem ser abordadas. Entretanto, tal discussão não parece ser suficiente para reduzir a velocidade do seu crescente emprego.

13. **Sistemas não tripulados trabalhando com humanos são uma parte vital da guerra moderna** – o emprego de sistemas não tripulados, atuando permanentemente, 24 (vinte e quatro) horas por dia, 7 (sete) dias por semana, buscando alvos e atacando, com ou sem a decisão humana na cadeia de decisão, preparam o campo de batalha para atuação dos combatentes.
14. **Executar e treinar missões em ambiente degradado ou negado é vital** – o Azerbaijão empregou sistemas autônomos para varrer os Centros de Comando e Controle e suas redes no primeiro dia de guerra. Os sistemas de guerra eletrônica afetaram as redes de comunicação da Armênia. Os sistemas aéreos de alerta e controle (*Airborne Warning and Control System* – AWACS) turcos deram a localização das forças armenas no campo de batalha, permitindo aos operadores de drones atuarem com precisão. A Armênia não conseguia comandar suas forças e suas tropas aguardavam ordens que não chegavam.

Najadov e Gawliczek (2023) identificam sinais de que a atuação do Azerbaijão na segunda guerra de Nagorno-Karabakh representou a mais avançada geração da guerra, a qual classifica como 5ª geração, baseado no emprego de tecnologias avançadas e na ideia do “combate invisível” ou sem contato físico, através do qual foi possível atingir a Armênia sem participação física, mas usando capacidades não tripuladas, cibernéticas e redes de comunicação globais.

Embora não haja um vencedor oficial/formal da segunda guerra de Nagorno-Karabakh, o acordo de cessar-fogo de 2020 prevê que a região de Nagorno-Karabakh, cuja principal cidade, Estepanaquerte, permanece sob controle armênio, mas com a presença de tropas russas para garantir a segurança da região. O acordo também prevê a devolução de outras áreas disputadas ao Azerbaijão, o que representa uma vitória parcial para o país. No entanto, o conflito continua sem solução definitiva e as tensões entre a Armênia e o Azerbaijão permanecem altas.

3.2 Guerra da Ucrânia

Em 24 de fevereiro de 2022, 5h da manhã, quando a Federação Russa iniciou uma “Operação Militar Especial” invadindo o território ucraniano, todos os analistas acreditavam que seria uma guerra de curta duração dada a grande diferença de poder militar entre os envolvidos. Nesse momento, o presidente ucraniano, Volodymyr Zelensky, transformou-se definitivamente num grande estadista mundial¹¹, aparecendo nas diversas mídias com uniforme militar e com a frase: “Preciso de munição, não de carona”. Referindo-se à oferta dos EUA de apoio para sua retirada do país.

Dirigiu-se aos ucranianos: “ouçam, estou aqui, não vamos baixar as armas, vamos defender nosso país porque a nossa arma é a verdade. Tem havido muita informação falsa *online* a alegar que eu disse ao nosso exército para baixar as armas e para desistir”. O antigo comediante e ator de 44 anos uniu a Ucrânia e a comunidade internacional num esforço de resistência para enfrentar o invasor russo. A expressão psicossocial, reforçada pela atuação em mídias, tornou-se elemento central em torno de todo o desdobramento do conflito.

Passados 18 (dezoito meses) do marco temporal desse estudo (item 1.8), sua duração e efeitos definitivos na geopolítica ainda não estão definidos, mas pode-se afirmar que o Mundo não é mais o mesmo.

Pelo Memorando de Budapeste, assinado pela Ucrânia, Reino Unido, Estado Unidos e Rússia, em 05 de dezembro de 1994, os países signatários se comprometeram a abster-se de recorrer à ameaça ou uso da força contra a integridade territorial ou a independência política da Ucrânia, por sua adesão ao Tratado de Não-Proliferação (TNP) de armas nucleares¹².

Os gastos militares em percentual do PIB dos países beligerantes são muito próximos, sendo uma média de 3,79%, pelos russos, contra a média de 3,24%, pelos ucranianos, conforme Figura 8.

¹¹ *The Untold Story of Volodymyr Zelensky: Full Biography Of Ukrainian President.* **Biographer:** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RVg-EVC3uio>.

¹² Disponível em: <https://brazil.mfa.gov.ua/pt/news/2546-zajava-mzs-z-nagodi-20-ji-richnici-pidpisannya-budapeshtsykogo-memorandumu>.

Figura 8 - Comparativo dos gastos militares em % do PIB

Fonte: O AUTOR, 2023, com base nos dados de SIPRI *Military Expenditure Database 2022*.

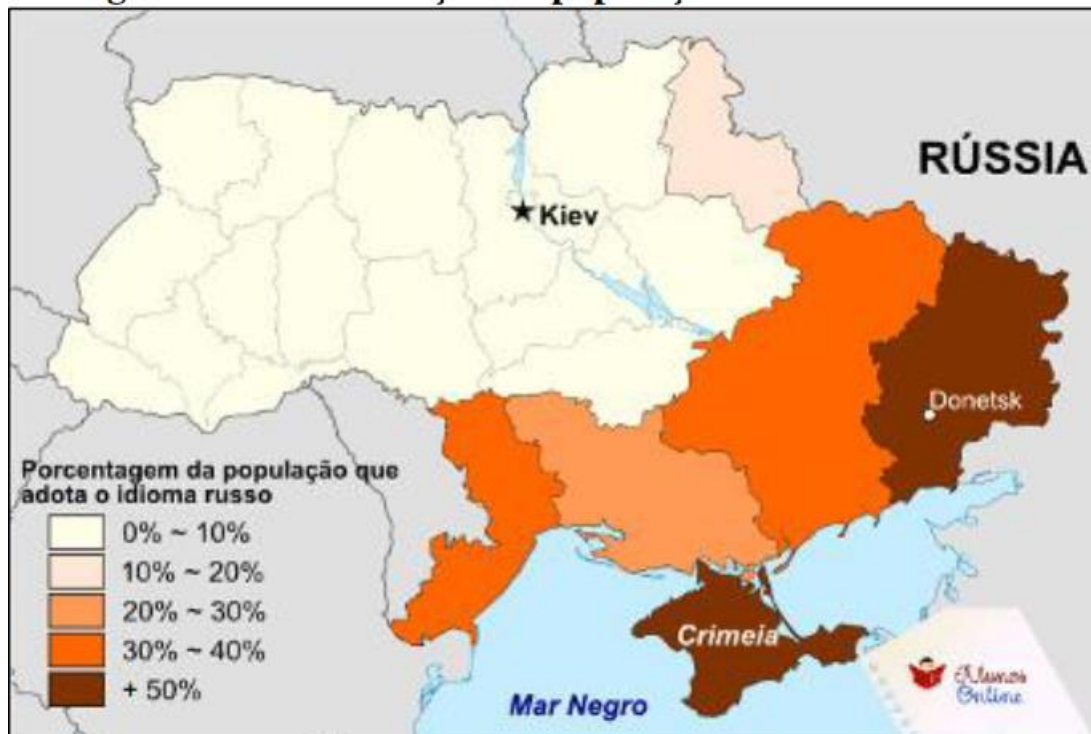
Em termos absolutos, dada a diferença no tamanho das economias, há um grande aumento nos valores em dólares dos gastos militares russos quando comparados aos dispêndios ucranianos, mesmo depois de iniciado o conflito, conforme Figura 9. É importante observar que, embora os valores relativos a 2022 estejam sendo computados pelo *Stockholm International Peace Research Institute* (SIPRI), estes podem não ser confiáveis pelas medidas de contrainformação de ambos os beligerantes.

Figura 9 -Comparativo dos gastos militares em dólares

Fonte: SIPRI *Military Expenditure Database 2022*.

Pelo índice global de inovação (GII)¹³, a Federação Russa ocupa a 47ª posição, enquanto a Ucrânia ocupa a 57ª posição. A Suíça lidera esse ranking, sendo seguida nas cinco primeiras posições por EUA, Suécia, Reino Unido e Holanda. Israel e Turquia, ocupam, respectivamente, a 16ª e 37ª posição. O Brasil está na 54ª posição.

Figura 10 - Idioma russo falado na Ucrânia



Fonte: SENHORAS, 2022, p. 17.

No contexto cultural, considerados os aspectos do idioma falado, pode-se dizer que ao leste do rio Dniepre predomina a língua russa, enquanto a oeste o ucraniano é a mais falada, conforme Figura 10. No aspecto religioso, ocorre também a cisão entre católicos e ortodoxos. Isso decorre das sucessivas invasões ocidentais e orientais pelas quais passou a região ucraniana. Enquanto ao Leste há predomínio Russo e oriental, a oeste poloneses e ocidentais. O resultado reflete-se no conflito de mentalidades pró-ocidente ou pró-Rússia de parcelas da população.

No caso das “Operações Especiais da Federação Russa” na Ucrânia, os sistemas não tripulados representam, até o momento, fator que compensa, equilibra e/ou reduz a diferença de capacidade militar entre a potência Rússia e seu adversário

¹³ *Global Innovation Index 2022*. Disponível em: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2022/. Acesso em: 17 jul. 2023.

supostamente mais fraco. Drones de reconhecimento, drones de ataque, enxame de drones, munição suicida e drones especializados em caçar outros drones foram amplamente utilizados por ambas as forças para fins de reconhecimento, ataque e defesa.

Os drones russos foram usados para localizar e destruir posições ucranianas, bem como para coletar informações de inteligência. Isso permitiu às forças russas obterem vantagem no campo de batalha, especialmente em áreas urbanas.

Por outro lado, os ucranianos conseguiram desacelerar e interromper o avanço russo, também pelo emprego dos veículos não-tripulados, com destaque para o emprego dos sistemas não-tripulados marítimos. O uso de sistemas marítimos não tripulados pela Ucrânia, seja saturando os sistemas de defesa com drones, em conjunto com veículos explosivos não tripulados de superfície e com o ataque de mísseis Neptune, conforme amplamente divulgado pela imprensa, teria sido a estratégia para o afundamento do poderoso navio Moskva. Isso, além das operações de minagem realizadas por ambos os beligerantes, aumentou o risco da navegação mercante no Mar Negro e evitou a saída dos meios navais russos do porto de Sebastopol na Criméia.

Na Ucrânia, os drones têm sido importantes no desenrolar das operações, mas não decisivos na guerra. Estima-se (ZABRODSKYI et al, 2022) que os drones de asa fixa durem cerca de seis voos antes de serem abatidos. Os drones de asa rotativa duram metade disso. As informações são desconstruídas, mas parcela importante desse resultado se deve a contramedidas eletrônicas (*soft kill*) e da atuação de sistemas de armas especializadas no abate de drones (*hard kill*) disponíveis tanto na Rússia, de origem própria, quanto na Ucrânia, origem ocidental. A reposição nessa taxa de perdas também tem se mostrado desafiador para ambos os beligerantes.

Zabrotskyi et al (2022, p.53), em relatório do Royal United Services Institute for Defence and Security Studies (RUSI) das lições preliminares na guerra convencional a partir da invasão da Rússia à Ucrânia, aponta que além das avaliações das forças armadas russas, existem lições significativas a serem aprendidas:

1. **Não há santuário na guerra moderna** - o inimigo pode atacar em toda a profundidade operacional. A sobrevivência depende da dispersão de estoques de munições, áreas de comando e controle (C2), áreas de manutenção e aeronaves. A Ucrânia conseguiu evitar a primeira onda de ataques da Rússia ao dispersar seus arsenais, aeronaves e defesas

aéreas. Por outro lado, os russos conseguiram atingir 75% dos locais de defesa estática nas primeiras 48 horas da guerra. Além disso, estabelecer um quartel-general em um prédio civil não é suficiente para torná-lo sustentável.

2. **A guerra exige grandes estoques iniciais e capacidade significativa de reserva** - apesar da proeminência das armas guiadas antitanque na narrativa pública, a Ucrânia neutralizou a tentativa da Rússia de tomar Kiev usando disparos maciços de duas brigadas de artilharia. A diferença no número de artilharia entre russos e ucranianos não foi tão significativa no início do conflito, com uma vantagem um pouco superior a 2 para 1: 2.433 sistemas de artilharia de cano contra 1.176; e 3.547 sistemas de foguetes de lançamento múltiplo contra 1.680. A Ucrânia manteve a paridade de artilharia durante o primeiro mês e meio e depois começou a ficar sem munições, de modo que, em junho, as Forças Armadas da Federação Russa tinham uma vantagem de 10 para 1 em volume de fogo.
3. **Sistemas aéreos não tripulados (UAS) e contramedidas a UAS (CUAS) são essenciais em todas as áreas e em todos os níveis** - embora sejam fundamentais para a competitividade ao fornecer consciência situacional, 90% dos UAS utilizados são perdidos. Em grande parte, os UAS devem ser baratos e descartáveis. Para as forças terrestres, eles devem ser integrados às unidades tanto para fins de consciência situacional quanto para aquisição de alvos. O principal meio de CUAS é a guerra eletrônica (*Electronic Warfare* - EW). Outro requisito tático crítico é ser alertado para a presença de UAS.
4. **A força deve lutar pelo direito à precisão/acurácia** - a precisão e acurácia não apenas são muito mais eficientes nos efeitos que produzem, mas também permitem que a força reduza sua cadeia logística e, assim, torne-se mais resiliente. As armas de precisão, no entanto, são escassas e podem ser derrotadas pela EW. Para permitir que as cadeias de ataque funcionem na velocidade da relevância, a EW para ataque, proteção e localização é um elemento crítico das operações modernas de armas combinadas. Sequenciar disparos para interromper a EW e criar janelas de oportunidade para efeitos de precisão é crucial

e cria requisitos de treinamento. Na guerra moderna, é improvável que o espectro eletromagnético seja negado, mas é continuamente perturbado, e as forças devem se esforçar para obter vantagem dentro dele.

5. **Dispersão das Forças** - para as forças terrestres, os sistemas de inteligência, vigilância, aquisição de alvos e reconhecimento, espalhados e difundidos no campo de batalha, além da sobreposição de múltiplos sensores no nível tático, tornam a camuflagem extremamente difícil de sustentar. A sobrevivência muitas vezes é garantida pela dispersão suficiente para se tornar um alvo economicamente inviável, movendo-se rapidamente o suficiente para interromper a cadeia de ataque do inimigo e, assim, evitar o combate, ou entrando em estruturas fortificadas. Escavações de abrigos e defesas apressadas podem aumentar a sobrevivência imediata, mas também podem arriscar que a força fique fixada pelo fogo, enquanto os ataques de precisão e munições especializadas não tornam essas posições viáveis. As forças devem priorizar a concentração de efeitos, concentrando massa apenas em condições favoráveis - com a capacidade de oferecer suporte mútuo além da linha de visão - e dar prioridade à mobilidade como componente crítico de sua sobrevivência.

É muito desafiador fazer uma projeção dos desdobramentos futuros desse conflito, mas há grande expectativa quanto a uma contraofensiva ucraniana, com forte apoio da OTAN, liderado pelos EUA, ou quanto à intensidade de uma eventual reação russa. Parece pouco provável que os beligerantes acordem em retornar às condições estabelecidas nos acordos de Minsk. O fato é que há uma mudança significativa no cenário geopolítico, com repercussão nas restrições ao acesso às tecnologias sensíveis e a suas cadeias de suprimento.

3.3 Análise conjunta dos conflitos

Embora os sistemas não-tripulados tenham alcançado resultados decisivos na Guerra de Nagorno-Karabakh, não se pode dizer o mesmo em relação ao conflito Rússia/Ucrânia. Talvez, na Ucrânia, diferentemente do que ocorreu em Nagorno-Karabakh, a elevada taxa de perdas de drones e a duração maior do conflito de grande

intensidade tenha superado a capacidade de reposição de drones pelos sistemas logísticos russos, ucranianos e ocidentais – crise de fornecimento de componentes eletrônicos pela China em decorrência do COVID-19, embargos etc..

Exemplo dessa situação é o caso dos drones de reconhecimento Orlan-10. Em reportagem da CNN, Robertson (2022), apresenta imagens de um desses drones abatidos e desmontados para apresentar os seus componentes. Muito comuns no início dos combates, passaram a ter emprego cada vez mais raro no decorrer do conflito. É possível que a Rússia esteja enfrentando dificuldades para repor esses equipamentos na taxa de reposição exigida pela guerra. A dependência de componentes provenientes de países que impuseram sanções é apontada como uma das causas para os problemas em sua logística. Conforme noticiado, os Orlan-10 russos abatidos na Ucrânia continham *microchips* fabricados nos Estados Unidos e na Suíça, com capacidade de conexão aos diversos sistemas de posicionamento e navegação, contribuindo para redundância e aumento da precisão para sua navegação. O seu motor é de fabricação japonesa, enquanto o seu módulo de imagens térmicas é fabricado na França.

Depreende-se também, no aspecto logístico, que a verticalização da cadeia de suprimentos nos países beligerantes, mesmo que se trate de soluções menos sofisticadas, pode representar maior resiliência da capacidade de combate pela disponibilidade de insumos e materiais, com eventual redução de custos relativos na mobilização e proteção contra embargos pela possibilidade de substituir fornecedores internacionais por fornecedores locais. Nesse caso, pode ocorrer também maior adaptabilidade – entenda-se possibilidade de ajustar conforme a necessidade de combate. Resultando em flexibilidade na evolução, incremento de funcionalidades, ajustes, improvisos na manutenção etc..

O fato é que o combate prossegue com o forte emprego da artilharia, infantaria, cavalaria blindada e, também, de forma intensa nos embargos de componentes para a indústria bélica russa. Mesmo a munição convencional, em ambos os lados, enfrenta dificuldades de fornecimento. As forças armadas da Ucrânia gastam uma quantidade significativa de munição e dependem cada vez mais de seus parceiros internacionais no fornecimento de equipamentos, treinamento, armas e munições.

Com o tempo, será possível verificar se será viável a retomada do conflito de Nagorno-Karabakh pela Armênia, depois da derrota relâmpago que sofreu para a

Operação Punho de Ferro do Azerbaijão e o quanto do apoio internacional habilitará que a Ucrânia faça frente ao poderio bélico Russo e sua real capacidade de realizar operações ofensivas. Também será possível observar se a Rússia, enfraquecida pelo conflito na Ucrânia, terá papel relevante na intermediação da paz entre Armênia e Azerbaijão.

Não há relatos de emprego de armas de energia direta, seja na defesa contra drones, seja no combate entre tropas, ou até nas ações antiaéreas. A fabricação aditiva e toda a potencialidade da nanotecnologia também não assumiram, até o momento, papel relevante nos sistemas logísticos dos conflitos observados.

Os sistemas de apoio à guerra eletrônica, por outro lado, consolidaram sua importância na guerra moderna. As contramedidas eletrônicas têm se mostrado efetivas para drones e outros sistemas de armas convencionais, seja reduzindo o desempenho de sistemas de comunicação, controle, navegação, detecção de alvos, precisão de sistemas de armas, seja mesmo, negando a atuação de drones por interferência do domínio eletromagnético.

As imagens, em tempo real, dos sistemas de armas, principalmente das munições suicidas (*loitering munitions*), alcançaram os efeitos na redução do moral das forças combatentes. Essas imagens e campanhas de comunicação alcançam efeitos relevantes na expressão psicossocial dos beligerantes e até da comunidade internacional.

As tendências apontadas por Boulanin e Verbruggen (2017), em relatório SIPRI, mapeando o desenvolvimento da autonomia em sistemas de armas, onde se destaca o caráter dual dessa tecnologia, confirmam a maior velocidade do desenvolvimento civil, principalmente por empresas de tecnologia da informação e comunicação, quando comparado ao desenvolvimento militar – que, apesar de mais lento e caro, também ocorre. Tem sido noticiada a recorrente militarização de drones comerciais por adaptação de soluções simples como, por exemplo o lançamento de granadas e/ou o reconhecimento de curto alcance, realizados por equipamentos de baixo custo disponíveis no mercado. Em paralelo, continuam ocorrendo avanços na autonomia dos sistemas de armas pela pesquisa e desenvolvimento nas áreas de inteligência artificial, robótica e controle. A navegação autônoma também poderá tirar muito proveito da tecnologia desenvolvida por grandes fabricantes de automóveis.

Assim, não parece (ainda) ter havido um movimento disruptivo, mas uma evolução com incremento significativo no desempenho global dos métodos

convencionais da guerra pelo emprego de sistemas não-tripulados. Por outro lado, considerando o importante impacto do incremento da inteligência embarcada nos diversos sistemas militares (plataformas, armas, comando e controle, apoio à decisão, simulação, treinamento etc.) e não-militares (automação, controle, indústria 4.0, etc.), pode-se inferir/questionar quanto à possibilidade de se estar testemunhando uma revolução militar (RM). É a revolução da era da informação e da inteligência artificial, nas sociedades contemporâneas como um todo, levando à(s) correspondente(s) revolução (ões) do(s) assuntos militares (RAM), conforme conceitos abordados no capítulo 2, pelo emprego de sistemas não-tripulados com inteligência robótica em diversos níveis de automação, incluindo, a despeito de toda a questão moral envolvida, o encadeamento de decisões para a morte no teatro de operações.

4 LIÇÕES PARA O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA AMAZÔNIA AZUL

Após apresentar brevemente o entorno estratégico brasileiro e o conceito de Amazônia Azul, será descrito o sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) e serão abordadas as lições dos estudos de caso para o seu aperfeiçoamento.

4.1 Entorno estratégico e Amazônia Azul

O entorno estratégico está limitado ao norte pela latitude 16°N, ao sul pelo continente Antártico, ao leste pelo litoral africano e ao oeste pela América do Sul. O Ambiente Operacional Marítimo e Fluvial é a porta de entrada para as oportunidades e ameaças aos interesses nacionais.

As ameaças apontadas no PEM-2040 (BRASIL, 2020c, p.23) incluem: 1. defesa da soberania – alvos estratégicos (produção de energia, cabos submarinos, rotas comerciais), ataques e bloqueios marítimos (navais); 2. pirataria – tradicionalmente atinge a navegação e o comércio exterior, mas há uma tendência recente de comprometer infraestruturas críticas (plataformas); 3. pesca ilegal, não declarada e não regulamentada; 4. acesso ilegal a conhecimentos da fauna, flora e biopirataria; 5. crime organizado e conflitos urbanos; 6. Terrorismo; 7. Ataques cibernéticos; 8. questões ambientais, desastres naturais e pandemias; 9. disputas por recursos naturais – região do entorno estratégico rica em recursos naturais – esforço para manutenção da região como Zona de Paz e Cooperação no Atlântico Sul (ZOPACAS), contando com 24 países limítrofes; e 10. Conflitos híbridos – combinação de múltiplas ferramentas de guerra convencional e não convencional, ações de forças regulares, forças especiais, forças irregulares, apoio a manifestações, guerra de informação, diplomacia, ataques cibernéticos e guerra econômica.

Para sensibilizar a sociedade da importância do mar e contribuir para o desenvolvimento de uma mentalidade de defesa, traçando um paralelo ao já consolidado conceito de Amazônia Verde, com área de cerca de 5 milhões de km², a Marinha concebeu o conceito de Amazônia Azul, para a área de 5,7 milhões de km² de águas jurisdicionais brasileiras, incluindo o mar territorial de 12 (doze) milhas, a zona contígua, entre 12 (doze) e 24 (vinte e quatro) milhas, as 200 (duzentas) milhas

de zona econômica exclusiva, a plataforma continental, incluindo a elevação do Rio Grande, e cerca de 60.000 km de hidrovias.

A elevação do Rio Grande é uma proeminente feição morfológica do Atlântico Sul, situada a cerca de 1.200 km da costa, com potencial econômico, mineral e energético.

O Centro de Excelência para o Mar Brasileiro (CEMBRA) apresenta subsídios para o aproveitamento sustentável do mar brasileiro (MOURA NETO; AZEVEDO, 2022).

Os limites da Amazônia Azul, a última fronteira brasileira, não são físicos, como acontece em terra, exigindo uma Marinha bem equipada e com capacidade de realizar o seu permanente monitoramento, atuando com mobilidade e presença, garantindo assim os interesses nacionais relacionados ao mar.

4.2 Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul - SISGAAZ

O Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) é um programa estratégico da Marinha do Brasil que visa aprimorar o monitoramento, o controle e a proteção das águas jurisdicionais brasileiras, incluindo mar territorial, zona contígua, zona econômica exclusiva, plataforma continental, além da área de busca e salvamento sob responsabilidade nacional. É composto por um conjunto de tecnologias e sistemas integrados, incluindo sensores, plataformas de coleta de dados, sistemas de processamento e armazenamento de informações, além de softwares de análise e visualização de dados. O objetivo principal do SisGAAz é fornecer às autoridades brasileiras uma visão abrangente do ambiente marinho, permitindo um monitoramento contra as ameaças existentes ou potenciais.

O programa também busca promover o desenvolvimento tecnológico e a capacitação de recursos humanos na área de gerenciamento de águas jurisdicionais, estabelecendo parcerias com universidades, centros de pesquisa e empresas privadas para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções inovadoras. O SisGAAz é considerado um importante instrumento para a defesa da soberania nacional e para a proteção do meio ambiente marinho.

Braga (2021) descreve o projeto piloto do SisGAAz e a evolução das suas capacidades. Contará com sistema de monitoramento, coleta e distribuição de dados de sensores (radares, AIS, câmeras), fusão, classificação, integração e filtragem, além

de ser responsável pela apresentação visual dos objetos monitorados; com sistema de comunicações e interoperabilidade, integrando as informações de sistemas colaborativos; com sistema gerencial, elaborando cenários, análises preditivas e regressivas, fusão de dados híbridos, análise jurídica e suporte a operações entre diferentes agências; com sistema de proteção para comando, controle e operação em ambientes navais e equipes móveis, conectando as unidades aos centros de comando e controle; e com sistema de serviços, para a troca de funcionalidades de aplicativos e informações entre os sistemas componentes do SisGAAz.

Para garantir sua capacidade estruturante, segurança e continuidade, o sistema de consciência situacional do SisGAAz seguirá paradigmas de desenvolvimento estabelecidos pelas Instituições Científico-Tecnológicas (ICT) da Marinha, usando Arquitetura Orientada a Serviços (SOA). À medida que os sistemas forem sendo desenvolvidos, novas funcionalidades necessárias serão incorporadas.

4.3 Análise das tecnologias adotadas nos conflitos e identificação de oportunidades de aperfeiçoamento do SisGAAz

A Marinha acerta na estratégia de realizar encomendas tecnológicas para concretizar o SisGAAz, privilegiando o desenvolvimento autóctone já que, conforme alerta Longo (1984, p. 50 e p.73), "prosperar com a tecnologia dos outros é muito difícil e temerário". Como lições da guerra moderna, observadas nos dois conflitos considerados, orientadoras para a construção de capacidade tecnológica, destaca-se:

1. As forças combatentes precisam de mais sistemas não-tripulados – é necessário aprofundar o conhecimento da capacidade tecnológica disponível na Base Industrial e nos demais atores do Sistema de Ciência Tecnologia e Inovação, nacional e dos parceiros e aliados. É preciso acompanhar a tendência de ampliação da já vasta gama de aplicações dos sistemas não-tripulados, nos domínios aéreo, marítimo e terrestre, nos diversos graus de autonomia.
2. A Defesa aérea em camadas e a proteção ativa na velocidade da inteligência artificial é vital para a sobrevivência em combate. É essencial o emprego combinado de sistemas passivos e ativos de alarme antecipado. Daí a necessidade de viabilizar a aquisição e/ou retomada de projetos de desenvolvimento de soluções de contramedidas

eletrônicas (CME) específica para sistemas aéreos, terrestres e/ou marítimos remotamente pilotados ou autônomos. Há no mercado bloqueadores/despistadores de drones como o “*DroneGun Tactical*” ou a solução não tripulada da italiana “*Virtualab*”. Para os veículos submarinos autônomos (VSA) é importante o estabelecimento de uma rede de sensores acústicos, sísmicos e de lasers, em áreas estratégicas. Embora não tenha apresentado nenhum destaque nos conflitos estudados, sistemas de armas laser tem potencial de ser uma solução barata de eliminação de sistemas não-tripulados em geral e de baixo custo, em particular. O preparo deve considerar que não existem santuários e todo local pode e deve ser atacado, não importa o quão longe esteja da linha de frente. O adversário buscará o primeiro ataque e usará fogo para manobrar, buscando destruir os sistemas radares de defesa, os sistemas de comunicação e os centros de comando e controle, nos primeiros momentos do combate. Portanto, treinar e executar missões em ambiente degradado assume caráter vital para prontidão da Força.

3. A diversidade de sensoriamento (ótico, térmico, eletromagnético, cibernético) limita a eficácia da camuflagem – é muito difícil manter a furtividade/discição por conta da tecnologia disponível. Sendo o campo de batalha transparente, a ocultação e despistamento tornam-se essenciais para sobrevivência.
4. A baixa velocidade de plataformas como submarinos, navios e carros de combate, comparativamente aos sistemas autônomos de monitoramento e ataque, abre oportunidades para aqueles que melhor tirem proveito da conectividade e hipervelocidade no processamento de dados nos vários domínios da guerra moderna.
5. Plataformas aéreas pilotadas podem ser convertidas em sistemas remotamente pilotados ou autônomos e servirem de iscas para localizar sistemas de defesa antiaérea.
6. Sofisticação x logística – os conflitos evidenciaram que a guerra exige grandes estoques iniciais e capacidade significativa de reposição. É preciso equilibrar a sofisticação das soluções tecnológicas com a capacidade de disponibilizar uma logística resiliente para manter o

esforço de guerra. Pode ser preferível uma solução simples, mas disponível, a uma solução mais avançada e de difícil reposição.

7. Os sistemas não-tripulados, remotamente pilotados ou autônomo, são ferramentas complementares ao esforço humano na guerra moderna. Poderá habilitar o combatente a atuar em tantos domínios quanto possível, buscando conquistar a máxima precisão e acurácia. É parte de um sistema maior, multidomínio, que para funcionar bem precisa estar integrado em sistemas C4ISR, dispersos fisicamente e interconectados em redes locais ou globais de comunicação de alta velocidade, redundantes e resilientes. Podem também ser empregados como repetidores de enlace de dados táticos para aumento do alcance da troca de informações de consciência situacional. Uso de comunicações satelitais é outra alternativa para aumento da robustez e alcance das comunicações dos sistemas não-tripulados com os demais elos da rede.
8. Apesar de toda a discussão ética, a sequência da morte (*kill chain*) está aumentando sua velocidade e se transformará na “rede da morte”, possivelmente habilitada por inteligência artificial cada vez mais afastada do controle humano.

4.4 A importância da adoção de sistemas não-tripulados

O emprego de sistemas não-tripulados não é exclusividade das guerras de Nagorno-Karabakh ou da Ucrânia. Já vinha ocorrendo em outros conflitos pelo Mundo. A novidade é a intensidade do seu emprego e o seu caráter decisivo nas práticas de engajamento no campo de batalha.

Deve-se buscar dotar as embarcações com sistemas não-tripulados de ataque e defesa para sua proteção, principalmente, quando as embarcações operarem além da proteção de uma força-tarefa. As aeronaves embarcadas devem buscar fornecer sensoriamento para baixo, visando localizar outros sistemas não-tripulados e contribuir para a defesa aérea.

O emprego de sistemas não-tripulados, nos domínios aéreo, de superfície e submarino, no âmbito do SisGAAZ pode representar oportunidade de aumentar a eficiência e eficácia com redução dos custos operacionais e dos riscos para militares e civis, garantindo monitoração, controle e presença em toda a vasta área oceânica e

ribeirinha sob responsabilidade da Marinha do Brasil. No entanto, também há que se considerar os efeitos colaterais do seu emprego, como a possibilidade de erros de alvo, a falta de controle humano direto sobre suas ações. Por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, há também o receio de se alcançar um ponto de não retorno, quando muitas das plataformas atualmente tripuladas forem desmobilizadas, com perda da capacitação de pessoal, deixando de ser viável o eventual restabelecimento da cultura embarcada.

4.5 O impacto dos embargos tecnológicos e a importância da produção local para o sucesso das operações de combate

A Turquia, importante fornecedor de drones para o Azerbaijão e para a Ucrânia, foi excluída do programa F-35 pelos EUA, por ter insistido na aquisição do sistema de defesa aérea russo S-400. Essa situação pode ter contribuído para o seu maior engajamento na redução de sua dependência estratégica em produtos de defesa. O drone Bayraktar TB2, produzido pela empresa turca Baykar Group, coroou com sucesso essa iniciativa de desenvolvimento autóctone. A situação de embargo também aparece no fornecimento de componentes para os equipamentos militares de fabricação russa.

O conflito de Nagorno-Karabakh foi rápido. Com isso, apesar das grandes perdas de sistemas não-tripulados, o impacto do seu emprego, ainda assim, foi significativo para o desfecho do conflito. Já na campanha da Ucrânia, que se prolonga por mais de um ano, a dificuldade na reposição das altas taxas de perdas de sistemas não-tripulados, apontam para o seu caráter complementar e ainda não decisivo para o desfecho do conflito, apesar de sua grande importância nas ações defensivas, principalmente, por parte da Ucrânia, e ofensivas, por parte da Rússia, nos meses iniciais da guerra.

Nem sempre, como se observa nos conflitos, será viável a produção local dos produtos de defesa, mesmo aqueles considerados estratégicos. Nesse caso, é importante – embora nem sempre simples ou possível – buscar diversificar os fornecedores e contar com um estoque que permita um suporte logístico suficientemente resiliente. Embora a avaliação e decisão quanto à conveniência em importar ou desenvolver localmente deva necessariamente considerar, sempre que possível, a viabilidade econômica do domínio verticalizado da cadeia de suprimentos

dos produtos de defesa, seu caráter estratégico também deve ser considerado, mesmo que a custos superiores.

Essa situação que já é desafiadora para economias altamente industrializadas /desenvolvidas, pode ser agravada para os países em desenvolvimento, onde o atraso tecnológico pode aumentar ainda mais a dependência tecnológica no fornecimento de defesa. Assim, em tempos de paz, é preciso acumular permanentemente capacidade tecnológica, buscando avançar por toda a escada que vai do uso, fabricação, aprimoramento e inovação.

4.6 As janelas de oportunidades para a Base Industrial de Defesa

Os conflitos estudados evidenciaram que se deve mapear as vulnerabilidades do suporte logístico, levantando-se as quantidades mínimas necessárias para atender à maior dispersão física dos meios combatentes. Esse ajuste nos estoques de recursos materiais, com a verticalização, sempre que possível, de suas cadeias de suprimentos estratégicos, poderá trazer o aumento da demanda e diversificação por produtos da Base Industrial de Defesa.

As aquisições governamentais, nacionais e internacionais, são o grande motor indutor de todo o processo. No cenário ideal, as empresas levam para o mercado as soluções desenvolvidas pelos institutos tecnológicos, privados e públicos. Um esforço permanente de modernização das forças, com decorrentes aquisições, é um indutor importante do desenvolvimento tecnológico da Base Industrial de Defesa. A ausência dessa demanda, por outro lado, mesmo que ocorram investimentos em pesquisa e desenvolvimento, pode limitar o avanço tecnológico ao mero demonstrador de tecnologia ou, até, ao protótipo, comprometendo, entretanto, que se alcance um produto final apto a concorrer no mercado.

Os sistemas não-tripulados, dada sua vasta gama de aplicações civis, tem caráter eminentemente dual, ou seja, têm potencial de emprego civil e militar, podendo ter diversificado o seu mercado. Com isso, como tem sido observado no mercado brasileiro, mesmo com a baixa demanda governamental por produtos de defesa, ocorre o seu desenvolvimento tecnológico, estimulado pela demanda do mercado civil.

Isso ocorre, por exemplo, com o veículo submarino autônomo Flatfish, desenvolvido pelo SENAI-CIMATEC, Bahia, com recursos oriundos da indústria do

petróleo, para a manutenção submarina de instalações petrolíferas¹⁴. Esse VSA pode funcionar por até 6 meses, sem vir à superfície, realizando suas tarefas autonomamente, numa profundidade de até 3.000 m ¹⁵. Apesar de seu potencial para emprego militar em missões como contramedidas de minagem, vigilância, reconhecimento e/ou ataque, a viabilização de sua efetiva implementação passa por vencer diversos embargos ao fornecimento de sensores, equipamentos e sistemas que têm sua comercialização autorizada para uso civil, mas são negados para emprego militar. Além disso, seria necessário arcar com os custos de sua produção, cumprindo os rigorosos requisitos do emprego militar. Assim, somente haverá um Flatfish militar se houver uma escala de demanda, nacional e/ou internacional, que viabilize concluir as etapas de incremento da maturidade tecnológica necessárias à sua militarização. A inteligência artificial desenvolvida para o Flatfish poderia ser adaptada para outras funcionalidades duais, como o resgate submarino, a inspeção, monitoração e reparo (ou sabotagem) de cabos submarinos, levantamentos oceanográficos etc.. Talvez, os requisitos militares possam considerar tais empregos ou os requisitos civis possam ser tão amplos a ponto de permitir sua rápida mobilização para eventual campanha militar.

O desenvolvimento do Flatfish, assim como ocorre com outras iniciativas, aumentou a capacidade da indústria brasileira em inteligência artificial, robótica e controle, além de todas as capacidades para o desenvolvimento da plataforma naval. Apesar disso, ainda não possui o grau de maturidade tecnológica para a fabricação e comercialização pela Base Industrial de Defesa.

Atualmente, EUA, Rússia e, talvez, China possuem estoques iniciais de armas e equipamentos suficientes para suportar intensos e longos combates, contando com capacidade industrial para sua reposição. É preciso, portanto, verificar a possibilidade de aumentar a disponibilidade de estoques de armas e, principalmente, de munições para se alcançar um nível de dissuasão crível. Mais do que esse estoque de primeira reação, é necessária uma folga de capacidade industrial que permita manter um nível elevado de intensidade de combate, preferencialmente, sendo atendido por

¹⁴ Detalhes do projeto *Flatfish* (protótipo). Disponível em: <https://www.senaicimatec.com.br/projetos/flatfish/>. Acesso em: 27 ago. 2023.

¹⁵ *Flatfish* produzido pela empresa SAIPEM. Disponível em: <https://www.saipem.com/sites/default/files/2022-09/Flatfish.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2023.

produtores nos mercados nacional, regional e internacional, nessa ordem de prioridade.

5 CONCLUSÃO

A análise da Guerra de Nagorno-Karabakh, em 2020, entre Armênia e Azerbaijão, e das “Operações Especiais da Federação Russa” na Ucrânia, em 2022, apesar de suas diferenças, permite observar que o processo de obtenção de capacidade tecnológica e de inovação em sistemas não-tripulados tem um impacto significativo no desempenho das operações militares. As tecnologias dos sistemas não-tripulados têm avançado na adoção de soluções crescentemente autônomas, mesmo no encadeamento da morte em batalha.

Na Guerra de Nagorno-Karabakh, tanto o Azerbaijão quanto a Armênia, ex-repúblicas soviéticas, partem de uma capacidade tecnológica comum, oriunda do aparato militar herdado.

Ao longo de 20 anos, apesar da relativa equivalência no percentual do produto interno bruto (PIB) investido em defesa pelos dois adversários, a maior soma total de investimentos realizados pelo Azerbaijão, resultante do seu maior produto interno bruto, oriundo da exploração das suas reservas petrolíferas, permitiu a aquisição de equipamentos, sistemas e treinamento, além de parcerias para a transferência de tecnologia que incrementaram a sua assimilação e acumulação de capacidade tecnológica.

Nenhum deles, entretanto, parece ter ultrapassado o nível de capacidade técnica e organizacional para o uso e operação das tecnologias adquiridas. Não há indícios de que tenham instalado capacidades em desenho, engenharia, gestão e pesquisa e desenvolvimento para melhoria de produtos, processos e organização, nem mesmo para manutenção e/ou fabricação própria; ou capacidade em pesquisa e desenvolvimento, gerenciamento de projetos para a replicação, implementação e desenvolvimento de inovações tecnológicas locais, por aprimoramento das tecnologias assimiladas; ou, partindo de pesquisa e desenvolvimento próprios, desenvolver tecnologias disruptivas no cenário local, regional ou mundial.

Já no caso das Operações Especiais Russas na Ucrânia, pode-se afirmar que o nível de capacidade tecnológica disponível dos países adversários é mais elevada, apesar do “*gap*”, ou degrau, existente entre eles. A Rússia, por um lado, é uma das maiores desenvolvedoras e exportadoras mundiais de armamentos, apresentando produtos na fronteira tecnológica. A Ucrânia, por outro lado, pode ser considerada um “*latecomer*” que busca reduzir seu atraso relativo. Com o prolongar do conflito e a

elevada escala dos combates, exigiu-se muito da capacidade de logística de ambos os adversários para a reposição do grande consumo de munições e equipamentos perdidos.

Foram adotadas soluções diversas. A Ucrânia passou a receber importante apoio internacional, principalmente, da maior potência militar do mundo, os Estados Unidos da América. Com isso, pode-se afirmar que o seu foco passou a ser a assimilação e aperfeiçoamento das competências técnicas, gerenciais e organizacionais para usar e operar tecnologias recebidas, na urgência da guerra. A Rússia, por outro lado, viu sua cadeia de suprimentos e decorrente capacidade de produção impactadas pelos embargos impostos pelos EUA e aliados. Com isso, mais do que buscar implementar novas tecnologias (disruptivas), parece focar tanto em competências em pesquisa e desenvolvimento, engenharia e gestão para copiar e desenvolver substitutos para os insumos sob embargo, quanto em competências para usar e operar tecnologias adquiridas de seus aliados. Ambos os adversários tiram proveito de suas capacidades tecnológicas acumuladas para o aprimoramento das tecnologias embarcadas nos equipamentos e sistemas estrangeiros adquiridos.

No curso das operações desencadeadas pelas guerras avaliadas, é cada vez mais comum que a morte seja provocada por sistemas e algoritmos com autonomia crescente – com a velocidade das máquinas e afastando-se dos freios morais humanos. Inicialmente, remotamente pilotado, depois, participando do “loop” decisório, avançando, então, para otimização visando alcançar máxima cobertura em operações de reconhecimento ou máxima letalidade em operações de ataque.

No caso da Guerra de Nagorno-Karabakh, ambos os lados empregaram sistemas não tripulados para reconhecimento, vigilância e ataque. O Azerbaijão, em particular, usou drones armados e munições *kamikazes*/suicidas com grande eficácia para localizar e destruir posições militares armenas. Com isso, o Azerbaijão obteve superioridade aérea e terrestre, com investimentos relativamente modestos em meios aéreos, ganhando vantagem decisiva no campo de batalha. A Armênia, por outro lado, usou drones, principalmente, para fins de reconhecimento. Teve dificuldades em empregar contramedidas para responder ao ataque dos drones inimigos devido a seu déficit relativo de capacidade tecnológica.

O uso de sistemas não-tripulados em conjunto com outros recursos tecnológicos destacou a importância de uma capacidade tecnológica avançada para operações militares modernas. Os países que melhor articulam para obter

capacidades tecnológicas mais avançadas têm uma vantagem significativa sobre seus adversários. Isso torna a obtenção de tecnologia da fronteira tecnológica uma prioridade para muitos países que buscam aumentar sua capacidade militar e se preparar para os conflitos futuros. A condição de desenvolvedor tardio ou seguidor, típica de países em desenvolvimento, pode representar um atraso em comparação ao desenvolvedor atuando na fronteira tecnológica, mas também pode ser uma oportunidade de concentrar esforços e recursos no domínio de tecnologias que estejam efetivamente sendo bem-sucedidas.

Foi possível identificar oportunidades de aperfeiçoamento do Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), que poderão ser consideradas no planejamento baseado em capacidades. Também foi constatado, na prática, a ameaça dos embargos tecnológicos, além da importância da produção local de produtos de defesa, apesar das dificuldades para tal, valorizando a confiabilidade e disponibilidade, mesmo que em detrimento da sofisticação tecnológica, para o sucesso das operações de combate.

O caráter dual da tecnologia desenvolvida em sistemas não-tripulados permite tirar proveito da demanda do mercado civil, para o desenvolvimento e manutenção de capacidades tecnológicas militares, com o cuidado de buscar soluções para os sensores, equipamentos e sistemas sujeitos às restrições de transferência de tecnologias para uso militar. Há no âmbito civil oportunidade, mesmo, de se disputar a fronteira tecnológica. A questão a ser resolvida é se se devem permanecer como desenvolvedores seguidores ou buscar aproveitar a janela de oportunidade que se apresenta para, compatibilizada à disponibilidade orçamentária, buscar alcançar o nível mais alto de capacidade tecnológica para habilitar a Base Industrial de Defesa brasileira a concretizar inovações disruptivas nacionais, regionais e internacionais.

Contudo, apesar dos avanços discutidos, a guerra continua sendo planejada e executada em complemento às capacidades humanas dos combatentes. Mesmo a inteligência artificial continua acessória aos sistemas decisórios humanos, ainda que os conflitos revelem uma rápida tendência de expansão de seu campo de atuação, da esfera de assessoria para a decisão direta no ambiente tático. As tecnologias ainda são complementares aos métodos convencionais da guerra, apesar do salto na precisão e no grau de letalidade. Nesse passo de evolução, os limites da inteligência multidomínio são desafiados diariamente.

A descentralização dos elementos táticos – cada vez mais empoderados tecnicamente – emprega sistemas de reconhecimento, comunicação, comando em controle, defesa de ponto, além de todo o aparato de sistemas dinâmicos, cinéticos e não-cinéticos, para a consecução de missões. O emprego crescente de sistemas não tripulados, nos seus diversos níveis de autonomia, com ou sem o elemento humano no “loop” de decisão, aponta para a tendência de redução da defasagem de poder militar entre as grandes potências e os países com capacidade tecnológica para o desenvolvimento desses sistemas.

Os sistemas não tripulados, com a autonomia oriunda dos avanços da Inteligência Artificial, encontram-se no bojo de um salto tecnológico que se mostra no horizonte como potencial de reformar as sociedades e os Estados contemporâneos, repercutindo nas organizações militares, constituindo Revoluções Militares (RM), que, pelo emprego de novas metodologias, com efeitos nas suas táticas e doutrinas, poderão resultar em Revolução de Assuntos Militares (RAM), para as instituições militares que se mantiverem intelectualmente alertas.

Finalmente, embora seja discutível na doutrina se a guerra moderna é de 4ª ou 5ª Geração, não parece haver dúvidas de que ambos os conflitos analisados apresentam as características do nível mais avançado da guerra moderna.

REFERÊNCIAS

ANTAL, John F. **7 Seconds to Die**: a military analysis of the second Nagorno-Karabakh war and the future of warfighting. Philadelphia: Casemate, 2022.

AMIRKHANYAN, Z. A **Failure to Innovate**: the second Nagorno-Karabakh war. **Parameters**, v. 52, n. 1, 2022. Disponível em: <https://press.armywarcollege.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3133&context=parameters>. Acesso em: 25 mar. 2023.

BELL, M; DAHLMAN, C.; HAQUE, I.; LALL, S.; PAVITT, K. **Trade, technology and international competitiveness**. Washington, DC: The World Bank, 1995. p. 69-101. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=-43AHZspBWgC&oi=fnd&pg=PP7&dq=Trade,+technology+and+international+competitiveness.&ots=1jacoyro9m&sig=5w5AXglBbmny_fVTVEzS3JNHIOQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Trade%2C%20technology%20and%20international%20competitiveness.&f=false. Acesso em: 24 mar. 2023.

BOULANIN, V.; VERBRUGGEN, M. Mapping the development of autonomy in weapon systems. Stockholm: **SIPRI**, 2017. Disponível em: <https://www.sipri.org/publications/2017/other-publications/mapping-development-autonomy-weapon-systems>. Acesso em: 05 jul. 2023.

BRAGA, C.; Projeto piloto do SisGAAz e a evolução das capacidades de defesa no mar—parte I. **Revista Marítima Brasileira**, v. 141, n. 01/03, p. 10-36, 2021. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistamaritima/article/view/4091>. Acesso em: 27 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília, DF, 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973compilado.htm. Acesso em: 4 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Glossário das Forças Armadas**. 5. ed. Brasília, DF: MD, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md35-G-01-glossario-das-forcas-armadas-5-ed-2015-com-alteracoes.pdf/view>. Acesso em: 24 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa e Política Nacional de Defesa**. Brasília, DF: MD, 2020a. Versão sob apreciação do Congresso Nacional (Lei Complementar 97/1999, art. 9º, § 3º). Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_1.pdf. Acesso em: 25 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, DF: MD, 2020b. Versão sob apreciação do Congresso Nacional (Lei Complementar 97/1999, art. 9º, § 3º). Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br>

br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf. Acesso em: 25 mar. 2023.

BRASIL. Comando da Marinha. **Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)**. Brasília, DF: Estado-Maior da Armada, 2020c. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/pub_pem_2040/book.html. Acesso em: 29 mar. 2023.

BRASIL. Comando da Marinha. **Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil**. Brasília, DF: Estado-Maior da Armada, 2021. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/dgdntm/sites/www.marinha.mil.br.dgdntm/files/arquivos/Estrat%C3%A9gia%20de%20CT%26I_PT.pdf. Acesso em: 04 jul. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 12 mar. 2023.

ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (Brasil). **Manual básico**: elementos fundamentais. Rio de Janeiro: ESG, 2015. v. 1.

FIGUEIREDO, P. N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, 2005.

FIGUEIREDO, P. N. Uncovering the Learning Mechanisms Underlying Paths of Disruptive Innovation Capability Accumulation in Latecomer Natural Resource-processing Firms: Evidence from Brazil. **DRUID Summer Conference June**, n. 1, 2010.

FIGUEIREDO, P. **Gestão da inovação**: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro, LTC - 2015.

FIGUEIREDO, P. N. Capacidade tecnológica e inovação: desafios para a transição industrial e econômica do Brasil. Rio de Janeiro, FGV, 2023.

KIM, L. **Imitation to Innovation**: The Dynamics of Korea's technological learning. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997.

KIM, L. Crisis construction and organisational learning: capability building in catching-up at Hyundai Motor. **Organization Science**, v. 9, p. 506-521, 1998.

KNOX, M.; MURRAY, W. **A evolução da arte da guerra**: das guerras medievais aos ataques relâmpagos. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2022.

LIND, W.; NIGHTENGALE K.; SCHMITT, J.; SUTTON, J.; WILSON, G. The Changing Face of War: Into the Fourth Generation. **Marine Corps Gazette**, p. 22-26, 1989. Disponível em: <https://indianstrategicknowledgeonline.com/web/THE%20CHANGING%20FACE%20>

OF%20WAR%20INTO%20THE%204Th%20GENERATION.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

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

MIORANZA, C. MAQUIAVÉL. **A arte da guerra**, São Paulo: Editora Escala, 2005, Coleção Grandes Obras do Pensamento Universal.

MITZER, S.; OLIEMANS, J. AFTERMATH: Lessons Of The Nagorno-Karabakh War Are Paraded Through The Streets Of Baku, **Oryx**, 2021 Disponível em: <https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MOURA NETO, J.; AZEVEDO, M. O Brasil e o mar no século XXI: subsídios para o aproveitamento sustentável do mar brasileiro. **CEMBRA** (Centro de Excelência para o Mar Brasileiro). 3. ed. Rio de Janeiro: Quiteriense Serviços Gráficos e Editoriais, 2022. Disponível em: https://cembra.org.br/publicacao/brasil_e_o_mar_no_seculo_xxi/mobile/index.html. Acesso em: 20 set. 2023.

NAJADOV, Z.; GAWLICZEK, P. J. THE SIGNS OF THE SECOND KARABAKH WAR TYPICAL OF THE 5TH GENERATION WAR. **Civitas et Lex**, v. 38, n. 2, p. 19-30, 2023. Disponível em: <https://czasopisma.uwm.edu.pl/index.php/cel/article/view/8652/6745>. Acesso em: 20 ago. 2023.

RAMOS, A.; MATOS, P. Changes in the profile of war and reflections on the preparation and use of Brazilian Air Power. **Journal of the Americas**, v. 1, p. 127-139, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Matos-15/publication/356588407_Changes_in_the_Profile_of_War_and_Reflections_on_the_Preparation_and_Use_of_Brazilian_AirPower/links/61a2c5b86b9a6f09670ab26b/Changes-in-the-Profile-of-War-and-Reflections-on-the-Preparation-and-Use-of-Brazilian-AirPower.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

ROBERTSON, N. CNN gets first look at a captured Russian drone. See what was found inside. **CNN**, 21 July 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=306wDjZ99Fo&t=97s>. Acesso em: 4 jun. 2023.

SENHORAS, E.M. **Ucrânia sob fogo cruzado**: discursos, ações e repercussões. Boa Vista: Editora IOLE, 2022.

SOUSA, G. C. de; GERHARDT, K.B. SUN TZU. **A Arte da guerra**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1996.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

YIN, R. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZABRODSKYI, M.; WATLING, J.; DANYLYUK, O. V.; REYNOLDS, N. **Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia's Invasion of Ukraine: february–july 2022**, royal united services institute for defence and security studies, London: [S. n.], 2022. Disponível em: <https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022>. Acesso em: 22 mar. 2023.