

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC BRUNNO PEREIRA DE ALMEIDA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PROCESSO DECISÓRIO MILITAR:
Evolução, Aplicações e Lições a partir de Israel**

Rio de Janeiro

2025

CC BRUNNO PEREIRA DE ALMEIDA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PROCESSO DECISÓRIO MILITAR:
Evolução, Aplicações e Lições a partir de Israel**

Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CC (RM3-T) Ketia

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2025

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

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

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

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

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

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, à Deus por me permitir ter saúde e sabedoria para concluir mais esta etapa do C-EMOS

Aos meus pais, pelo exemplo de caráter, dedicação e resiliência, que sempre me inspiraram e sustentaram nos momentos mais desafiadores. Às minhas irmãs, pelo apoio constante e pelas palavras de incentivo ao longo desta jornada.

À minha esposa, companheira incansável, pela compreensão, carinho e força que me motivaram a seguir adiante, mesmo nos períodos de maior exigência. Ao meu “guli”, por trazer leveza e alegria aos meus dias, lembrando-me da importância do equilíbrio entre a vida pessoal e a profissional.

Aos irmãos de turma, pela camaradagem, troca de experiências e incentivo mútuo, que tornaram esta etapa mais enriquecedora e gratificante.

À minha orientadora, pela paciência, disponibilidade e orientação precisa, que foram fundamentais para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho analisa o emprego da Inteligência Artificial (IA) no processo decisório militar, com ênfase nas experiências documentadas das Forças de Defesa de Israel, mas considerando também outros cenários e atores relevantes. O estudo parte da identificação do papel da IA na coleta, integração e análise de dados, avaliando como essas capacidades afetam as fases de planejamento, comando e controle (C2) e execução de operações. A metodologia empregada combina revisão bibliográfica e documental, com análise qualitativa de casos documentados e marcos evolutivos, organizados em seis fases cronológicas de desenvolvimento. São examinados aspectos técnicos, operacionais, éticos, jurídicos e de governança, incluindo limitações, riscos e potenciais de transformação doutrinária. Entre os principais resultados, constata-se que a integração de sistemas de IA reduziu o tempo de resposta, aumentou a precisão na seleção de alvos e ampliou a capacidade de operar em ambientes complexos, embora imponha desafios significativos quanto à supervisão humana, à confiabilidade algorítmica e à conformidade legal. Conclui-se que a experiência israelense oferece lições aplicáveis a outros contextos, inclusive ao Brasil, destacando a necessidade de equilibrar inovação tecnológica e salvaguardas institucionais. Recomenda-se o fortalecimento da governança e a adoção de diretrizes normativas que assegurem transparência, rastreabilidade e controle humano significativo sobre sistemas de decisão automatizados.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Processo decisório militar. Comando e Controle. Israel. Operações militares. Guerra Algorítmica. Operações Autônomas. Inteligência de Sinais. Superioridade de Informação. Doutrina Militar.

ABSTRACT

Artificial Intelligence and Military Decision-Making: Evolution, Applications, and Lessons from Israel

This study analyzes the use of Artificial Intelligence (AI) in the military decision-making process, with emphasis on the documented experiences of the Israel Defense Forces, while also considering other relevant scenarios and actors. The research identifies the role of AI in data collection, integration, and analysis, assessing how these capabilities impact the planning, command and control (C2), and execution phases of operations. The methodology combines bibliographic and documentary review with qualitative analysis of documented cases and evolutionary milestones, organized into six chronological phases of development. Technical, operational, ethical, legal, and governance aspects are examined, including limitations, risks, and potential for doctrinal transformation. The main findings indicate that AI integration has reduced response times, improved target selection accuracy, and enhanced operational capability in complex environments, while posing significant challenges related to human oversight, algorithmic reliability, and legal compliance. It is concluded that the Israeli experience offers lessons applicable to other contexts, including Brazil, highlighting the need to balance technological innovation with institutional safeguards. Strengthening governance and adopting normative guidelines to ensure transparency, traceability, and meaningful human control over automated decision-making systems are recommended.

Keywords: Artificial Intelligence. Military decision-making process. Command and Control. Israel. Military operations. Algorithmic Warfare. Autonomous Operations. Signals Intelligence. Information Superiority. Military Doctrine.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	O PROCESSO DECISÓRIO E O USO DA IA NO CONTEXTO MILITAR	10
2.1	O PROCESSO DECISÓRIO: DA EVOLUÇÃO DO CONCEITO AO ÂMBITO MILITAR	10
2.2	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: FUNDAMENTOS CONCEITUAIS E O CONTEXTO MILITAR	15
3	A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A TOMADA DE DECISÃO EM OPERAÇÕES MILITARES: DA CRONOLOGIA EVOLUTIVA À ANÁLISE COMPARATIVA	20
3.1	CRONOLOGIA EVOLUTIVA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM OPERAÇÕES MILITARES	23
3.1.1	Fase 1: Exploração conceitual (1950–1999)	23
3.1.2	Fase 2: Primeiros empregos operacionais (2000–2015): IA simbólica e apoio ao planejamento	24
3.1.3	Fase 3: Consolidação em operações ativas (2016–2020): IA Baseada em Dados Consolidação em Operações Ativas:	25
3.1.4	Fase 4: Marco operacional público (2021): a guerra algorítmica na operação Guardiã das Muralhas	26
3.1.5	Fase 5: Expansão global (2022–2024): a expansão e difusão global da IA no ambiente militar	27
3.1.6	Fase 6: Tendências futuras (a partir de 2025)	28
3.2	EVOLUÇÃO DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO BRASIL NO CONTEXTO MILITAR	29
3.3	SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO E PROJEÇÃO ALGORÍTMICA EM AMBIENTE TÁTICO	31
3.4	ANÁLISE COMPARATIVA E TRANSFORMAÇÕES NO PROCESSO DECISÓRIO	33
4	IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMADA DE DECISÃO MILITAR: ENTRE A SUPERVISÃO E A SUBSTITUIÇÃO	37
4.1	DILEMAS ÉTICOS DA DECISÃO AUTOMATIZADA	37
4.2	GOVERNANÇA ALGORÍTMICA E LIMITES INSTITUCIONAIS	40

4.3	DESAFIOS JURÍDICOS E REGULATÓRIOS.....	42
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS – ÉTICA, GOVERNANÇA E JURÍDICO	44
5	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS.....	48
	APÊNDICE A – Tabela comparativa entre ciclos de IA e fases do estudo	54

1 INTRODUÇÃO

“A guerra é o reino da incerteza; três quartos dos fatores nos quais a ação se baseia permanecem envoltos em uma névoa de incerteza” (Clausewitz, 1984, p. 101). A célebre observação de Carl von Clausewitz, (1984) formulada no século XIX, permanece atual e relevante: mesmo em cenários modernos, a tomada de decisão militar continua a ser influenciada por informações incompletas, ambiguidades e volatilidade do ambiente operacional. Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) emerge como ferramenta capaz de atenuar parte dessa “névoa”, ao ampliar a capacidade de coleta, integração e análise de dados, encurtando o tempo entre a detecção de ameaças e a adoção de ações.

Desta forma, o presente trabalho tem como objeto de pesquisa o uso da Inteligência Artificial no processo decisório militar, com foco, mas não exclusivamente, nas experiências documentadas das Forças de Defesa de Israel (FDI). O interesse por esse recorte deriva do papel pioneiro desempenhado por Israel na integração de sistemas de IA a funções críticas do planejamento e da execução de operações, especialmente em contextos assimétricos e urbanos, nos quais o tempo de resposta e a acurácia das decisões assumem importância estratégica.

A questão de pesquisa norteadora desta dissertação é: de que maneira a integração de sistemas de Inteligência Artificial no processo decisório militar tem influenciado as etapas de planejamento e condução das operações, e quais contribuições podem ser extraídas para aplicação no contexto brasileiro? Para respondê-la, definiu-se como objetivo geral analisar o emprego da IA no processo decisório militar, identificando implicações estratégicas, éticas, de governança e jurídicas. Como objetivos específicos, buscou-se: **(1)** apresentar os fundamentos teóricos do processo decisório organizacional e militar, incluindo a integração da IA; **(2)** documentar e analisar casos reais de uso da IA em operações militares, com destaque para Israel; e **(3)** avaliar criticamente os aspectos éticos, normativos e institucionais relacionados ao tema, com ênfase nas possíveis repercussões para o Brasil.

A relevância deste estudo decorre de sua contribuição potencial para o debate acadêmico e institucional sobre a modernização do processo decisório militar nacional. Ao analisar um caso internacional de destaque e associá-lo à reflexão sobre

governança e responsabilidade, o trabalho oferece subsídios para o desenvolvimento de capacidades e políticas que conciliem eficiência operacional e observância de princípios éticos e jurídicos.

Metodologicamente, a pesquisa adota abordagem qualitativa, exploratória-descritiva (Cervo; Bervian, 2007; Gil, 2008), combinando revisão bibliográfica de fontes acadêmicas, relatórios institucionais e publicações jornalísticas especializadas, com a análise de casos documentados e a aplicação de conceitos consolidados na literatura de estratégia e ciência de dados. A análise dos dados, realizada a partir da comparação, de experiências internacionais de uso da IA na tomada de decisão, dando ênfase a Israel como parâmetro analítico.

Assim, o estudo organiza-se, de forma a garantir coerência entre os capítulos e progressão lógica do raciocínio, em três eixos complementares e sete etapas. O Eixo 1, exploratório-descritivo (Cervo; Bervian, 2007; Nacouzi et al. 2024) com quatro etapas, Capítulo 3; Eixo 2, análise comparativa com duas etapas, seção 3.4; e Eixo 3, aprofundamento crítico na etapa 7, Capítulo 4.

A dissertação está estruturada em cinco capítulos. O **Capítulo 1** apresenta a introdução, com a contextualização, a questão de pesquisa, os objetivos e a relevância do estudo. O **Capítulo 2** desenvolve o referencial teórico sobre o processo decisório organizacional e militar, bem como os fundamentos e formas de integração da IA. O **Capítulo 3** expõe casos reais e documentados e define a cronologia evolutiva da IA em operações militares, com destaque para Israel. O **Capítulo 4** aborda as dimensões ética, de governança e jurídica da IA no campo militar, incluindo a discussão sobre supervisão humana significativa e riscos como o viés de automação. Por fim, o **Capítulo 5** apresenta a conclusão, retomando a questão de pesquisa, sintetizando os achados, discutindo dificuldades, sugerindo perspectivas futuras e destacando a relevância da pesquisa.

2 O PROCESSO DECISÓRIO E O USO DA IA NO CONTEXTO MILITAR

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos relacionados ao processo decisório e ao uso da inteligência artificial no contexto das operações militares. Inicialmente, são discutidas as origens e a evolução das teorias decisórias no campo organizacional, com ênfase em autores como Simon (1976)¹, Kahneman (2012) e Bazerman (2004). Em seguida, abordam-se as especificidades do processo decisório no âmbito militar, com base em doutrinas nacionais e internacionais, como o MD30-M-01 - Doutrina de Operações Conjuntas, do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA) brasileiras, e o *Military Decision-Making Process* (MDMP) adotado pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e pelas Forças Armadas dos Estados Unidos. Por fim, são explorados os fundamentos da IA, suas aplicações no ambiente militar e os avanços tecnológicos que têm transformado a dinâmica decisória em operações contemporâneas.

2.1 O PROCESSO DECISÓRIO: DA EVOLUÇÃO DO CONCEITO AO ÂMBITO MILITAR

O estudo sistemático do processo decisório remonta ao início do século XX, com as primeiras contribuições oriundas da administração científica, também conhecida como taylorismo, desenvolvida por Frederick Taylor. Esse autor propôs métodos racionais e objetivos para aprimorar a eficiência das decisões no ambiente industrial (Chiavenato, 2014; Morgan, 2009). Max Weber, por sua vez, formulou o conceito de racionalidade burocrática, no qual a tomada de decisão se dá dentro de normas, hierarquias e previsibilidade institucionalizada (Morgan, 2009).

A construção da teoria do processo decisório organizacional ganhou novos contornos com a contribuição de Chester Barnard, em sua obra *The Functions of the Executive* (1938), na qual introduziu a ideia de que as organizações funcionam como sistemas cooperativos. Segundo o autor, cabe ao executivo promover uma comunicação eficaz e garantir a disposição dos membros em cooperar. Um de seus conceitos centrais é o da “zona de indiferença”, que explica por que subordinados

¹ Embora a obra seminal *Administrative Behavior*, na qual Herbert A. Simon introduz o conceito de racionalidade limitada, tenha sido originalmente publicada em 1947, as citações neste trabalho correspondem à 3.ª edição, publicada em 1976.

aceitam ou rejeitam ordens com base em sua percepção de autoridade e racionalidade. Essa abordagem desloca o foco da decisão isolada para o contexto social e relacional da organização (Barnard, 1938).

Cyert e March (1963) ampliaram o escopo da análise organizacional ao formular a teoria comportamental da firma², segundo a qual as decisões nas empresas são moldadas por múltiplas coalizões com interesses distintos, regras de busca limitada³ e mecanismos de aprendizagem adaptativa. Em contraste com a visão de uma organização como ator unitário e racional, os autores a concebem como um conjunto de subunidades em negociação contínua. Essa perspectiva inaugurou um novo paradigma analítico sobre o comportamento decisório nas organizações complexas.

A virada teórica no estudo das decisões organizacionais ocorre com Herbert A. Simon, considerado o pai da teoria moderna do processo decisório. Em sua obra clássica *Administrative Behavior* (1976), o autor propôs o conceito de racionalidade limitada, segundo o qual os tomadores de decisão operam sob restrições de tempo, informação e capacidade cognitiva, buscando soluções satisfatórias em vez de ótimas (Bazerman; Moore, 2014). Essa perspectiva rompe com o modelo do agente plenamente racional da economia neoclássica e inaugura um novo paradigma para a análise organizacional.

Além de suas contribuições à administração, Herbert A. Simon é reconhecido como um dos fundadores do campo da Inteligência Artificial, ao lado de Allen Newell e Cliff Shaw, com quem desenvolveu o *Logic Theorist* em 1956. Esse sistema foi a primeira tentativa computacional de simular a resolução de problemas humanos por meio de regras heurísticas, antecipando elementos centrais da IA simbólica (Russell; Norvig, 2010). Para Simon (1976), tanto seres humanos quanto máquinas operam sob limitações de tempo, informação e capacidade cognitiva e, por isso, não buscam a solução ótima, entendida como a melhor alternativa possível segundo parâmetros ideais de racionalidade, mas sim uma alternativa satisfatória, viável dentro das

² Segundo Bazerman e Moore (2014), a teoria comportamental da firma sustenta que as decisões organizacionais são resultado da interação entre múltiplas coalizões com objetivos distintos, submetidas a regras de busca limitada e a processos de aprendizagem adaptativa.

³ As chamadas regras de busca limitada (*bounded search rules*) referem-se a estratégias adotadas por indivíduos ou organizações para restringir deliberadamente o número de alternativas consideradas em um processo decisório, em função de limitações de tempo, informação ou capacidade cognitiva. O conceito foi originalmente formulado por Cyert e March (1963) no contexto da teoria comportamental da firma, a qual sustenta que as organizações não buscam a solução ótima, mas sim uma alternativa satisfatória dentro de parâmetros operacionais viáveis.

restrições impostas pelo ambiente. Essa lógica conecta diretamente sua teoria da racionalidade limitada aos fundamentos da inteligência artificial baseada em heurísticas.

A teoria da racionalidade limitada, formulada por Herbert A. Simon, mantém-se válida para a análise de decisões em organizações públicas, privadas e militares. Essa abordagem contribui para compreender por que a adoção de sistemas de apoio à decisão baseados em inteligência artificial se mostra particularmente relevante em contextos marcados por incerteza, volatilidade e sobrecarga cognitiva, ao fornecer recursos capazes de complementar as limitações cognitivas do decisor humano (Ferro; Barcelos, 2023). Essa perspectiva tem sido aplicada, por exemplo, no desenvolvimento de sistemas táticos com suporte adaptativo em tempo real, voltados ao apoio a decisões operacionais sob pressão e ambiguidade em operações militares.

Com base na psicologia cognitiva, Kahneman (2012) ampliou a compreensão do processo decisório ao introduzir a teoria dos dois sistemas de pensamento: o Sistema 1, rápido, automático e intuitivo; e o Sistema 2, lento, deliberado e analítico. Essa dualidade ajuda a explicar por que decisões humanas frequentemente se desviam da lógica racional, especialmente em razão de vieses cognitivos como ancoragem, aversão à perda e excesso de confiança (Bazerman; Moore, 2014). Bazerman (2004) destaca que tais desvios podem ser mitigados por meio de processos estruturados, reflexão crítica e decisões em grupo.

No campo das decisões políticas e da alta complexidade organizacional, autores como Graham Allison (1971) e Henry Mintzberg et al. (1976) ofereceram modelos alternativos que enriquecem a compreensão do processo decisório em contextos institucionais. Seus trabalhos demonstram como diferentes estruturas e dinâmicas internas moldam decisões em ambientes marcados por incerteza e múltiplas pressões. Allison (1971) formulou três modelos explicativos voltados à análise da política externa e da segurança nacional: o modelo do Ator Racional, o Modelo Organizacional e o Modelo da Política Burocrática. Mintzberg e colaboradores (1976), por sua vez, argumentam que, em ambientes não estruturados, as decisões tendem a ocorrer de forma fragmentada, iterativa e sujeita a interrupções. Essas abordagens evidenciam os limites estruturais e processuais da racionalidade nas organizações complexas.

Ainda no contexto das decisões sob incerteza, destaca-se o modelo *garbage can*⁴, proposto por Cohen, March e Olsen (1972), que explica como escolhas organizacionais podem resultar da combinação aleatória de quatro fluxos independentes: problemas, soluções, participantes e oportunidades de escolha. Diferentemente dos modelos racionais, essa abordagem parte do pressuposto de que decisões nem sempre seguem uma lógica linear e estruturada, mas emergem de processos caóticos e descoordenados, característicos de ambientes marcados por “anarquia organizada”. Conforme os autores:

As escolhas são feitas quando os quatro fluxos — problemas, soluções, participantes e oportunidades de escolha — se cruzam. [...] O processo do *garbage can* não é um modelo de escolha inteligente, mas sim uma teoria sobre como funciona a anarquia organizada⁵ (Cohen; March; Olsen, 1972, p. 16, tradução nossa).

Complementarmente, Irving Janis (1972) introduziu o conceito de *groupthink*, fenômeno psicológico que ocorre em grupos altamente coesos, nos quais o desejo de consenso e harmonia pode levar à supressão de opiniões divergentes, à ilusão de unanimidade e à tomada de decisões falhas, muitas vezes sem a devida análise crítica. Esse tipo de dinâmica grupal evidencia como fatores sociais e emocionais podem comprometer a racionalidade decisória em organizações complexas.

Embora elementos relacionados ao processo decisório estivessem presentes em campanhas militares anteriores, sua consolidação como método estruturado de planejamento e comando ocorreu, sobretudo, a partir da Segunda Guerra Mundial. Esse movimento foi impulsionado pela ascensão da pesquisa operacional e pela adoção de abordagens orientadas à racionalidade, eficiência e padronização — influenciadas, em parte, pelos fundamentos da administração científica⁶ e pelos modelos organizacionais clássicos (Morgan, 2009). A doutrina militar evoluiu no

⁴ O modelo *garbage can*, conforme proposto por Cohen, March e Olsen (1972), descreve o processo decisório em organizações caracterizadas como “anarquias organizadas”, nas quais quatro fluxos independentes — problemas, soluções, participantes e oportunidades de escolha — se cruzam aleatoriamente, resultando em decisões muitas vezes não planejadas nem deliberadas.

⁵ Tradução do original: “*Choices are made when all four streams — problems, solutions, participants, and choice opportunities — happen to intersect. [...] The garbage can process is not a model of intelligent choice, but rather a theory of how organized anarchy operates*” (Cohen; March; Olsen, 1972).

⁶ A administração científica, formulada por Frederick Winslow Taylor (1856-1915), buscava aumentar a eficiência das organizações por meio da racionalização do trabalho, da padronização de processos e da especialização de tarefas. Seus princípios exerceram influência duradoura sobre a teoria organizacional e práticas gerenciais no século XX (Chiavenato, 2014).

sentido de institucionalizar a análise da missão, a elaboração de cursos de ação e a tomada de decisão como etapas indissociáveis do planejamento operacional (NATO, 2010). Nesse contexto, documentos doutrinários da OTAN e publicações da *Military Review* destacam que a padronização e a clareza nos procedimentos decisórios são fundamentais para assegurar interoperabilidade e eficácia do comando em operações de coalizão (NATO, 2010; Brown, 2020).

De forma similar à doutrina da OTAN, o método decisório adotado pelas Forças Armadas brasileiras fundamenta-se na aplicação sequencial e lógica de fases voltadas à redução da incerteza e ao incremento da eficácia operacional. Essa estrutura reforça a centralidade do processo decisório na condução das atividades militares e evidencia sua função como instrumento de racionalização no planejamento e na execução das operações.

No Brasil, o EMCFA formaliza o processo decisório por meio da publicação MD30-M-01 (Brasil, 2020), a qual estabelece uma sequência lógica de cinco etapas: reconhecimento e definição do problema (análise da missão); coleta, estudo de dados e confronto (simulação), elaboração das possíveis soluções (linhas de ação), comparação das possíveis soluções, seleção da melhor solução (decisão) e elaboração de uma ideia geral sobre a forma como a decisão será implementada. O objetivo do método é subsidiar o Comandante na escolha da alternativa mais adequada ao cumprimento da missão, com base em dados objetivos, julgamento crítico e fundamentação operacional.

Em termos comparativos, o MDMP, adotado pelas Forças Armadas dos Estados Unidos e pela OTAN, estrutura-se em sete etapas: recebimento da missão, análise da missão, desenvolvimento de linhas de ação, simulação, comparação, decisão e planejamento detalhado. Embora guarde semelhanças formais com o modelo brasileiro, o MDMP destaca-se por enfatizar o uso de ferramentas digitais de simulação e pela integração entre os níveis tático, operacional e estratégico, favorecendo a interoperabilidade em ambientes conjuntos e multinacionais (US Army, 2019).

Entre os exemplos contemporâneos de modernização do processo decisório, destacam-se as Forças de Defesa de Israel, que vêm incorporando sistemas de apoio baseados em IA, especialmente em operações recentes como a Guardiã das

Muralhas (2021)⁷. Segundo análise publicada pela *Georgetown Security Studies Review* (2025), esse episódio ficou conhecido como “a primeira guerra de IA” de Israel, em virtude do uso intensivo de algoritmos de aprendizado de máquina para identificação automatizada de ameaças e apoio à decisão em tempo real.

Dessa forma, a evolução do conceito de processo decisório, desde suas formulações clássicas até sua aplicação nos ambientes militares, revela um movimento contínuo de racionalização, estruturação metodológica e incorporação de novas tecnologias. No contexto militar contemporâneo, observa-se que a complexidade dos cenários operacionais exige soluções cada vez mais ágeis e adaptativas e, nesse sentido, a inteligência artificial surge como uma tecnologia estratégica, capaz de ampliar a capacidade analítica dos comandos e potencializar a eficácia das decisões em tempo real.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: FUNDAMENTOS CONCEITUAIS E O CONTEXTO MILITAR

Diante da crescente complexidade dos ambientes operacionais e das limitações inerentes à racionalidade humana, discutidas na seção anterior, a Inteligência Artificial tem ganhado destaque como um recurso capaz de transformar o processo decisório nas organizações, em especial no contexto militar. Sua aplicação potencializa a análise de dados em larga escala, amplia a capacidade de resposta diante da incerteza e oferece novas possibilidades para o apoio automatizado à tomada de decisão. A seguir, apresentam-se os fundamentos conceituais da IA e suas principais implicações no campo das operações militares.

A Inteligência Artificial é um campo multidisciplinar voltado ao desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de executar tarefas tipicamente associadas à cognição humana, como o reconhecimento de padrões, a aprendizagem, o raciocínio, a tomada de decisão e a interação linguística. Sua consolidação como área de

⁷ A Operação Guardiã das Muralhas (*Guardian of the Walls*), iniciada em 10 de maio de 2021, teve como objetivo restaurar a segurança de Israel após o lançamento de aproximadamente 4.400 foguetes por grupos terroristas da Faixa de Gaza, dos quais cerca de 680 falharam e explodiram dentro do próprio território palestino. As Forças de Defesa de Israel destacaram que a operação combinou ataques de precisão e uso intensivo do sistema de defesa aérea *Iron Dome*, que interceptou cerca de 90% dos foguetes disparados contra alvos civis, com ofensivas coordenadas contra centenas de alvos do Hamas e da Jihad Islâmica (IDF, 2021). Essa operação será analisada com maior profundidade no Capítulo 3, como marco empírico da guerra algorítmica.

pesquisa resulta da convergência de conhecimentos oriundos da ciência da computação, matemática, estatística, neurociência e filosofia (Russell; Norvig, 2020).

Sob a perspectiva técnica, a Inteligência Artificial pode ser agrupada em duas abordagens principais: **(1)** a IA simbólica, fundamentada em regras explícitas, estruturas lógicas e representação formal do conhecimento; e **(2)** a IA conexionista, baseada em redes neurais artificiais e aprendizado estatístico. A abordagem simbólica predominou nas décadas iniciais do campo, enquanto a conexionista ganhou destaque a partir da ampliação da capacidade computacional e da crescente disponibilidade de grandes volumes de dados (*big data*)⁸ (Goodfellow et al., 2016).

A evolução recente da inteligência artificial está intimamente ligada ao avanço das técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*)⁹, em especial ao aprendizado profundo (*deep learning*)¹⁰, que possibilita a construção de sistemas capazes de identificar padrões complexos e aprender a partir de grandes volumes de dados, com mínima intervenção humana. Esses avanços se consolidaram na última década e impulsionaram aplicações práticas como reconhecimento facial, sistemas autônomos e processamento de linguagem natural (Goodfellow et al., 2016). No campo militar, o uso intensificado dessas tecnologias também ganhou destaque a partir da segunda metade da década de 2010, com ênfase na análise automatizada de imagens captadas por drones e em sistemas autônomos voltados à identificação de ameaças e ao apoio à decisão em tempo real (Pellerin, 2017; Almeida; Rodrigues, 2021).

A trajetória teórica da inteligência artificial tem seu ponto de partida em 1950, quando Alan Turing publicou o ensaio seminal *Computing Machinery and Intelligence*, propondo o que viria a ser chamado de “Teste de Turing” — um método funcional para

⁸ O termo *Big Data* refere-se a conjuntos de dados caracterizados por alto volume, variedade e velocidade de geração e processamento. Tais conjuntos exigem abordagens computacionais específicas para análise, identificação de padrões e extração de conhecimento. No contexto da IA, o *Big Data* constitui a base para o treinamento de modelos preditivos e sistemas de aprendizado profundo (Russell; Norvig, 2020; Mayer-Schönberger; Cukier, 2013).

⁹ *Machine learning* (aprendizado de máquina) é um subcampo da inteligência artificial que utiliza algoritmos capazes de aprender padrões a partir de dados, ajustando seu desempenho sem programação explícita para cada tarefa. Esses sistemas são treinados com grandes volumes de informação para realizar previsões, classificações ou decisões baseadas em evidências extraídas dos próprios dados (Goodfellow et al., 2016).

¹⁰ *Deep learning* (aprendizado profundo) é uma vertente do *machine learning* baseada em redes neurais artificiais com múltiplas camadas de processamento, que permite a identificação de padrões altamente complexos em grandes conjuntos de dados. Essa abordagem tem sido responsável por avanços significativos em áreas como visão computacional, linguagem natural e autonomia de sistemas (Goodfellow et al., 2016).

avaliar se máquinas poderiam simular o comportamento inteligente humano em tarefas de linguagem natural (Turing, 1950). Essa proposição inaugurou o campo conceitual da IA, ainda sem estrutura institucional formal, mas marcando a transição da ficção científica para a ambição científica de construir máquinas pensantes.

Seis anos depois, em 1956, a Conferência de Dartmouth¹¹ reuniu pesquisadores como Alan Turing, John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, estabelecendo o termo “inteligência artificial” como designação acadêmica e consolidando o campo como programa científico estruturado. Nesse mesmo contexto histórico, Herbert A. Simon, em parceria com Allen Newell e Cliff Shaw, desenvolveu o *Logic Theorist* (1955-1956), considerado o primeiro programa de IA, capaz de demonstrar teoremas de lógica simbólica. O trabalho foi apresentado à comunidade científica no período da conferência e exemplificou, de forma prática, o potencial de sistemas computacionais para realizar raciocínio simbólico (Russell et al., 2020; Nilsson, 2010).

A evolução histórica da inteligência artificial é frequentemente descrita por ciclos de crescimento e retração, alternando períodos de avanços significativos e expectativas elevadas, denominados “verões da IA”, com fases de estagnação tecnológica e redução de investimentos, conhecidas como “invernos da IA” (Toosi et al., 2021). Esses ciclos refletem a dinâmica de entusiasmo e frustração que marcou o desenvolvimento da IA desde meados do século XX, influenciando políticas de fomento, agendas de pesquisa e a percepção pública da tecnologia.

No contexto das operações militares, a inteligência artificial é compreendida não apenas como uma tecnologia de automação, mas como um verdadeiro multiplicador cognitivo¹², capaz de ampliar significativamente as capacidades de

¹¹ A Conferência de Dartmouth foi proposta por John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, com o objetivo de estudar como “fazer uma máquina se comportar de modo inteligente”. Reunindo alguns dos principais nomes da pesquisa computacional da época, o encontro é amplamente considerado o marco fundacional da inteligência artificial como disciplina formal, estabelecendo as bases conceituais para o desenvolvimento de sistemas inteligentes (Russell; Norvig, 2010).

¹² O termo “multiplicador cognitivo” é utilizado em contextos militares para designar tecnologias que ampliam a capacidade de percepção, análise e decisão dos operadores humanos. No caso da inteligência artificial, essa função se expressa pela habilidade de processar grandes volumes de dados em tempo real, identificar padrões complexos e gerar recomendações operacionais que potencializam o desempenho dos tomadores de decisão em ambientes de incerteza (Almeida; Rodrigues, 2021).

análise, previsão e reação das forças de defesa diante de ambientes voláteis, incertos, complexos e ambíguos¹³ (Almeida; Rodrigues, 2021).

A aplicação da IA no meio militar exige a integração de um conjunto de tecnologias complementares, incluindo sensores avançados, conectividade em tempo real, processamento em nuvem (*cloud computing*) e sistemas de comando e controle (C2) com alto grau de interoperabilidade. Esses elementos compõem a base conceitual da chamada guerra centrada em redes (*network centric warfare*¹⁴), na qual a informação e sua gestão em tempo real tornam-se fatores decisivos para a obtenção de superioridade tática e estratégica (Almeida; Rodrigues, 2021).

A convergência entre inteligência artificial e sensores avançados viabiliza a coleta, o processamento e a disseminação instantânea de dados em ambientes operacionais dinâmicos. Nesse contexto, sistemas baseados em *edge computing*¹⁵ reduzem significativamente a latência, permitindo que decisões críticas sejam tomadas diretamente no teatro de operações, sem a necessidade de recorrer a infraestrutura computacional centralizada. Paralelamente, algoritmos de aprendizado de máquina em tempo real capacitam sistemas autônomos ou semiautônomos a identificar ameaças, prever padrões inimigos e sugerir cursos de ação ao comandante (Almeida; Rodrigues, 2021).

Entre os programas mais emblemáticos que ilustram a aplicação da inteligência artificial no apoio à decisão militar, destaca-se o Projeto Maven, desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, cuja finalidade é empregar algoritmos para a identificação automatizada de objetos em imagens captadas por drones, sobretudo em cenários de vigilância e combate assimétrico (Pellerin, 2017). Outro exemplo é o *Fire Weaver*, sistema tático desenvolvido pela empresa israelense

¹³ O acrônimo VUCA, originado no contexto militar norte-americano, refere-se a ambientes caracterizados por Volatilidade, Incerteza (*Uncertainty*), Complexidade e Ambiguidade. O conceito passou a ser amplamente adotado em estudos estratégicos e de liderança para descrever cenários operacionais nos quais fatores imprevisíveis e interdependentes dificultam a tomada de decisão racional e exigem respostas adaptativas e ágeis (Johansen, 2009).

¹⁴ A guerra centrada em redes (*network centric warfare*) é um conceito doutrinário desenvolvido no âmbito do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, que propõe o uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação para integrar sensores, sistemas de comando e meios de combate em uma rede operacional comum. O objetivo é aumentar a consciência situacional, a velocidade das decisões e a eficácia das ações militares (Alberts; Garstka; Stein, 1999).

¹⁵ *Edge computing* (computação na borda) refere-se ao processamento de dados próximo à fonte onde são gerados, como sensores ou dispositivos embarcados, evitando a latência e o congestionamento associados ao envio de dados para centros de dados centralizados. Essa arquitetura é essencial em operações militares, pois possibilita decisões em tempo real mesmo em cenários com conectividade limitada (Satyanarayanan, 2017).

Rafael, que integra sensores, redes de comunicação e unidades de fogo por meio da combinação entre IA e realidade aumentada. Seu propósito é reduzir o intervalo entre detecção e engajamento do alvo, promovendo consciência situacional compartilhada e maior precisão no emprego de forças (Rafael, 2025)¹⁶.

As aplicações da inteligência artificial no campo militar não se limitam às funções táticas ou operacionais. Diversos modelos teóricos recentes vêm sendo empregados no apoio à decisão estratégica, na simulação de cenários futuros, na análise de grandes volumes de dados em tempo real e na integração entre os setores diplomático, de defesa e de inteligência (Bostrom, 2014; Goodfellow et al., 2016).

A tendência observada em diversos cenários internacionais é de que a inteligência artificial seja progressivamente incorporada a todas as etapas do ciclo de decisão militar, desde a coleta e fusão de dados, passando pela análise e diagnóstico, até a geração de recomendações e a previsão de desfechos prováveis. Essa integração, no entanto, não implica a substituição do fator humano, mas sim a ampliação de sua capacidade decisória diante do volume, da velocidade e da complexidade das informações nos ambientes operacionais contemporâneos (Bostrom, 2014).

Em síntese, a inteligência artificial representa um novo patamar no apoio à decisão militar, ampliando a capacidade de análise, resposta e integração de informações em ambientes operacionais cada vez mais incertos e complexos. A articulação entre fundamentos conceituais e aplicações emergentes demonstra que a IA não substitui o julgamento humano, mas o complementa estrategicamente, especialmente em contextos que exigem agilidade, precisão e racionalidade expandida. No capítulo seguinte, essas contribuições serão examinadas à luz de experiências concretas, com ênfase no emprego da inteligência artificial em operações militares contemporâneas.

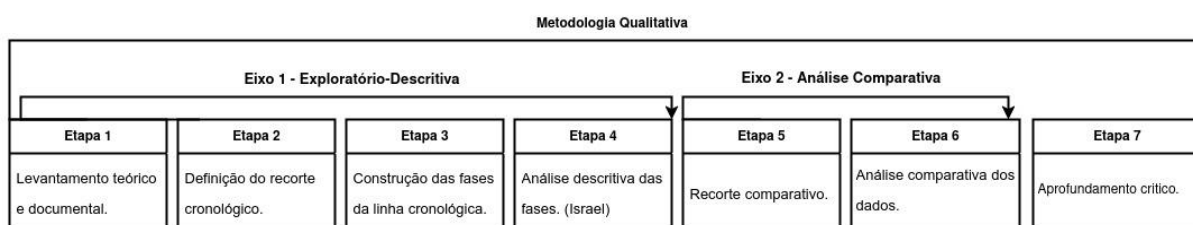
¹⁶ Tais sistemas serão retomados com maior detalhamento no Capítulo 3, no contexto das aplicações operacionais e estratégicas da IA.

3 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A TOMADA DE DECISÃO EM OPERAÇÕES MILITARES: DA CRONOLOGIA EVOLUTIVA À ANÁLISE COMPARATIVA

A partir deste capítulo, apresentam-se os resultados da pesquisa do tipo exploratório-descritiva, empregando uma análise de dados comparativa. De acordo com Cervo e Bervian (2007) os estudos exploratórios proporcionam maior familiaridade com o fenômeno, e os estudos descritivos se ocupam da descrição das características, propriedades ou relações existentes na realidade pesquisada. Gil (2008) destaca que análises comparativas tem como objetivo compreender diferenças e semelhanças entre fenômenos, principalmente quando existem múltiplas fontes, como documental, bibliográfica e diferentes contextos e experiências que ilustram e aprofundam a compreensão. Neste caso, a análise comparativa foi aplicada a partir de experiências internacionais que tiveram uso de IA na tomada de decisão, dando ênfase em Israel como parâmetro analítico.

Assim, o estudo foi organizado em três eixos complementares e sete etapas. O eixo 1, exploratório-descritivo (Cervo Bervian, 2007; Nacouzi et al. 2024) com quatro etapas, capítulo 3; eixo 2, análise comparativa com duas etapas, seção 3.4; e eixo 3, aprofundamento crítico na etapa 7, capítulo 4, conforme Figura 1, a seguir.

Figura 1 - Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, este capítulo apresenta o resultado de seis etapas, com a primeira evolução da aplicação da IA em operações militares, com foco nas implicações para a tomada de decisão. Para tanto, adota-se a abordagem exploratória-descritiva, tendo como fundamentação Nacouzi et al. (2024), publicado pela *RAND Corporation*, que estrutura a análise da IA em contextos militares a partir da identificação de marcos operacionais, requisitos institucionais e desafios. Assim, este estudo utiliza o mesmo princípio, permitindo identificar marcos cronológicos e mudanças de paradigma no emprego da IA no setor de defesa, especialmente a partir do século XXI. O uso da IA em ambientes militares tem se expandido de forma acelerada, impactando

profundamente os processos de planejamento, C2, além da própria dinâmica do campo de batalha (Nacouzi et al. 2024). Diferentemente de inovações centradas unicamente em armamentos, a IA atua como um multiplicador cognitivo, potencializando a velocidade, a acurácia e a adaptabilidade das decisões militares em todos os níveis: estratégico, operacional e tático.

Com relação à **etapa 1**, a pesquisa priorizou fontes abertas e verificáveis, com ênfase em artigos acadêmicos, relatórios técnicos e reportagens de veículos jornalísticos com credibilidade internacional. Na **etapa 2**, a partir do levantamento teórico, foi definido o escopo temporal, (1950 a 2025+) e o geográfico foi delimitado pela disponibilidade documental e pelo grau de relevância estratégica dos eventos analisados. Embora o uso de IA militar esteja em franca expansão, a natureza sensível dessas tecnologias ainda restringe o acesso a informações detalhadas, o que limita a quantidade de registros técnicos e científicos disponíveis.

Já na **etapa 3** foi realizada a definição das fases cronológicas, uma construção exploratória a partir da fundamentação teórica, literatura especializada, documentos técnicos e estudos publicados por instituições reconhecidas, como a *RAND Corporation*, *Georgetown Security Studies Review*, entre outros. Resultando, desta forma em uma divisão temporal baseada em seis blocos interpretativos (fases), com base nos tipos de IA utilizados, grau de integração e impacto no processo decisório militar. Embora o modelo de ciclos de verões e invernos da IA seja amplamente reconhecido para descrever a trajetória geral dessa tecnologia, este trabalho não o adota como eixo organizador da análise. A opção por uma divisão em seis fases funcionais se deve ao foco específico na inserção da IA no processo decisório militar, permitindo correlacionar avanços tecnológicos a contextos geopolíticos, institucionais e operacionais. Essa abordagem facilita a identificação de marcos e mudanças de paradigma diretamente relacionados ao uso da IA em planejamento, C2, e execução de operações militares. As seis fases são:

Fase 1) Exploração conceitual (1950–1999): uma fase exploratória inicial, marcada por experimentos conceituais e simulações baseadas em regras;

Fase 2) Primeiros empregos operacionais (2000–2015): o início do emprego operacional com IA simbólica, voltada ao apoio ao planejamento e à visualização tática;

Fase 3) Consolidação em operações ativas (2016–2020): a consolidação do uso em operações ativas, como o “Projeto Maven”;

Fase 4) Marco operacional público (2021): o marco representado pela operação Guardião das Muralhas, em 2021, que tornou pública a integração sistemática da IA em ações ofensivas;

Fase 5) Expansão global (2022–2024): a ampliação do uso a IA; e

Fase 6) Tendências futuras (a partir de 2025): as tendências projetadas a partir de 2025.

Assim, a **etapa 4** analisa cada fase e descreve com base em fontes, apresentando exemplos e destacando os avanços tecnológicos, projetos e contextos operacionais que foram relevantes. A partir destes resultados, na **etapa 5** inicia o eixo 2 da pesquisa, com a análise comparativa, definindo Israel como recorte comparativo funcional, como orienta Gil (2008).

Entende-se que o contexto israelense possui relevância estratégica e merece ser adotado como eixo central na análise, por reunir três atributos difíceis de encontrar de forma combinada em outros países: grau elevado de maturidade tecnológica no uso militar da inteligência artificial; documentação pública de casos concretos de emprego operacional; e continuidade histórica no desenvolvimento e aplicação de sistemas autônomos e algorítmicos.

Essa escolha permite acompanhar a evolução da IA em todas as fases da cronologia proposta, desde os primeiros usos simbólicos até aplicações táticas avançadas em combate real. Ressalta-se que a seleção do caso não tem caráter normativo ou político, mas sim analítico, considerando o potencial ilustrativo de Israel como um laboratório empírico da lógica emergente da guerra algorítmica.

Encerrando o eixo 2, na **etapa 6**, realiza-se a análise comparativa dos dados. Esta etapa consolida as análises realizadas anteriormente, fases cronológicas e comparação com Israel, para estabelecer uma relação com o contexto brasileiro. Realiza-se também um aprofundamento sobre sistemas de apoio à decisão e modelos de projeção algorítmica aplicados em ambiente militar tático. Os resultados desta etapa serão essenciais para identificar elementos chave que darão base ao capítulo 4, **etapa 7**, com o aprofundamento das categorias identificadas no eixo 2.

Portanto, a seguir apresenta-se o resultado da cronologia evolutiva e suas fases, para em seguida apresentar a transição e relação da IA no contexto militar

brasileiro, e por fim, a subseção de fechamento com tendências e implicações, com a definição das categorias.

3.1 CRONOLOGIA EVOLUTIVA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM OPERAÇÕES MILITARES

A evolução do uso da inteligência artificial no ambiente militar reflete o progresso geral desta como campo científico e sua posterior incorporação aos sistemas de defesa. De aplicações simbólicas baseadas em regras, típicas do século XX, ao uso de algoritmos capazes de aprendizado e decisão autônoma, o percurso da IA no setor militar é marcado por marcos tecnológicos, operacionais e políticos. A seguir, apresenta-se a análise das seis fases definidas neste estudo, com base no referencial teórico e com atenção especial ao papel desempenhado por Israel como referência empírica.

3.1.1 Fase 1: Exploração conceitual (1950–1999)

O uso da IA em aplicações militares tem raízes conceituais que remontam às primeiras décadas de desenvolvimento da própria. Entre os anos 1950 e 1990, diversos países iniciaram experimentos com sistemas baseados em regras e lógicas formais, conhecidos como IA simbólica. Nesse período, a aplicação da IA restringia-se a ambientes simulados ou laboratórios de pesquisa, com destaque para o uso em jogos de guerra, sistemas especialistas¹⁷ e modelagens preditivas rudimentares.

As Forças Armadas dos Estados Unidos, por meio de centros vinculados à *RAND Corporation* e à *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), lideraram o desenvolvimento de sistemas capazes de apoiar o raciocínio militar estruturado. Exemplos incluem o uso de programas para a geração de cursos de ação em jogos de guerra, simulações táticas com regras heurísticas e o início de estudos sobre a automação da coleta e análise de dados de inteligência.

¹⁷ O exemplo mais significativo de sistema especialista é o MYCIN. Desenvolvido na década de 1970, na Universidade de Stanford, foi um sistema especialista projetado para auxiliar no diagnóstico de infecções bacterianas e na recomendação de tratamentos antibióticos, representando um marco na aplicação prática de regras formais em inteligência artificial (Shortliffe, 1976).

Embora Israel não tenha se destacado como ator central nesse período, o país consolidou, nas décadas finais do século XX, uma infraestrutura tecnológica e doutrinária voltada à superioridade de informação e à integração entre sensores, sistemas de comando e unidades operativas. Esse acúmulo prepararia o terreno para a rápida incorporação da IA em operações reais a partir dos anos 2000.

3.1.2 Fase 2: Primeiros empregos operacionais (2000–2015): IA simbólica e apoio ao planejamento

A virada do século marcou a transição da inteligência artificial do campo puramente experimental para aplicações iniciais no setor militar, ainda que de forma limitada e predominantemente simbólica. Nessa fase, a IA foi empregada sobretudo para automatizar tarefas cognitivas no planejamento de operações e na análise de dados de inteligência, com destaque para sistemas baseados em regras, lógica formal e heurísticas predefinidas.

Um dos exemplos mais relevantes foi o desenvolvimento do sistema CADET (*Course of Action Display and Evaluation Tool*), pelo Exército dos Estados Unidos com apoio da DARPA. O CADET utilizava uma abordagem baseada em IA simbólica para gerar cursos de ação tática, demonstrando desempenho semelhante ao de planejadores humanos em testes conduzidos no início dos anos 2000. Na mesma linha, o programa RAID¹⁸ (*Real-time Adversarial Intelligence and Decision-making*) buscava antecipar o comportamento do inimigo com base em raciocínio lógico e modelagem adversária.

Essa fase também assistiu ao crescimento de ferramentas de visualização tática e apoio ao ciclo IVR (inteligência, vigilância e reconhecimento), que incorporavam algoritmos para triagem e priorização de grandes volumes de dados. Apesar disso, essas ferramentas não aprendiam com os dados nem se adaptavam ao contexto, mantendo sua lógica fixada em regras manuais.

Israel, embora sem grande exposição internacional à época, iniciou neste período a consolidação de sua infraestrutura de comando e controle digital, com foco

¹⁸ O programa RAID, conduzido pela DARPA, foi desenvolvido para antecipar ações inimigas em tempo real, com base em modelagem adversária e raciocínio sobre dissimulação (*deception reasoning*). Em testes conduzidos em cenários urbanos simulados, o sistema gerava estimativas táticas que foram comparadas às de planejadores humanos (Ownby; Kott, 2005).

na integração entre sensores, redes de comunicação e unidades operativas em tempo real. A adoção do paradigma da guerra centrada em redes pavimentou o caminho para a incorporação subsequente de sistemas baseados em IA, ao permitir maior fluidez entre a coleta de dados, o processamento e a resposta operacional (Cebrowski et al., 1998). Esses investimentos viabilizaram que as FDI antecipassem, já na década de 2010, o desenvolvimento de sistemas autônomos e algoritmos de priorização de alvos, que ganhariam destaque operacional nos anos seguintes.

3.1.3 Fase 3: Consolidação em operações ativas (2016–2020): IA Baseada em Dados Consolidação em Operações Ativas:

A partir de 2016, o uso de inteligência artificial em operações militares entrou em uma nova fase, marcada pela consolidação de sistemas baseados em aprendizado de máquina (*machine learning*), capazes de lidar com grandes volumes de dados (*big data*) e gerar inferências com menor intervenção humana. Essa transição foi impulsionada por avanços em redes neurais profundas, pela disponibilidade de dados em tempo real e por pressões operacionais para acelerar o ciclo decisão-ação, conforme preconizado no modelo do ciclo OODA¹⁹.

Nos Estados Unidos, o marco mais significativo foi o lançamento do Projeto Maven, pelo Departamento de Defesa, em 2017. O programa empregava algoritmos de visão computacional treinados por aprendizado profundo para identificar automaticamente objetos de interesse em vídeos captados por drones e sensores aéreos. Seu objetivo era reduzir o tempo e a carga cognitiva na análise de imagens de IVR, liberando analistas humanos para decisões mais qualificadas (Pellerin, 2017).

Israel também avançou no uso de IA no apoio ao ciclo do processo decisório militar. Iniciativas como o *Fire Weaver*, da empresa Rafael, passaram a integrar sensores, unidades de tiro e sistemas de C2 em uma mesma arquitetura algorítmica. O sistema é capaz de priorizar alvos e sugerir o meio mais apropriado para o engajamento com base em variáveis operacionais, reduzindo o tempo entre detecção e ataque. Paralelamente, a FDI investiu no desenvolvimento do *Alchemist*, plataforma

¹⁹ O ciclo OODA (*Observe–Orient–Decide–Act*) descreve o processo iterativo de tomada de decisão em ambientes de combate, no qual a velocidade de execução dessas etapas confere vantagem tática e estratégica. O modelo foi desenvolvido pelo coronel da Força Aérea dos Estados Unidos John Boyd, sendo amplamente difundido em doutrinas operacionais modernas (Boyd, 1987).

de apoio à decisão baseada em inteligência artificial e análise preditiva para oficiais de combate em campo (Mimran; Dahan, 2024).

Essa fase caracteriza o momento em que a IA deixa de ser apenas uma ferramenta de análise auxiliar e passa a assumir papéis mais ativos na formulação de cursos de ação, gestão da letalidade e coordenação entre unidades, aproximando-se de uma lógica de guerra algorítmica distribuída (Kott; Perkins, 2020).

3.1.4 Fase 4: Marco operacional público (2021): a guerra algorítmica na operação Guardiã das Muralhas

Em maio de 2021, durante a operação Guardiã das Muralhas, conduzida pelas FDI na Faixa de Gaza, foi documentado pela primeira vez o uso sistemático de inteligência artificial em todas as fases do processo decisório militar. O Estado-Maior israelense declarou ter conduzido uma “guerra algorítmica”, marcando um novo patamar na integração entre coleta de dados, análise, priorização de alvos e designação de meios.

O modelo adotado combinava fontes diversas (imagens de satélite, sinais interceptados, relatórios de inteligência humana e dados de redes sociais) processadas por algoritmos de aprendizado de máquina, com vistas a acelerar a geração de alvos. A IA foi empregada para detectar padrões, inferir localizações prováveis de membros do Hamas e indicar vulnerabilidades exploráveis no sistema de túneis (Mimran; Dahan, 2024).

Plataformas como o *Fire Factory*²⁰ automatizavam o processo de ataque, cruzando a lista de alvos priorizados com o banco de dados de meios disponíveis, sugerindo opções de engajamento com base em letalidade, tempo de resposta e risco colateral. Essa arquitetura algorítmica visava otimizar o tempo entre detecção, decisão e ataque, o que, segundo fontes israelenses, contribuiu para a efetividade da campanha aérea (Mimran; Dahan, 2024).

Embora os detalhes técnicos permaneçam parcialmente sigilosos, análises independentes indicam que a operação representou o primeiro exemplo conhecido de

²⁰ Plataforma israelense desenvolvida para automatizar o processo de geração e execução de ataques, integrando algoritmos de priorização de alvos com bancos de dados de armamentos disponíveis. Opera em tempo real, com base em critérios como letalidade, tempo de resposta e minimização de danos colaterais (Mimran; Dahan, 2024).

emprego coordenado de múltiplas plataformas algorítmicas em combate real, sinalizando uma transição de paradigma nas doutrinas de comando e controle militar.

3.1.5 Fase 5: Expansão global (2022–2024): a expansão e difusão global da IA no ambiente militar

Entre 2022 e 2024, o emprego de IA em operações militares expandiu-se significativamente, tanto em termos de abrangência geográfica quanto de variedade de aplicações. A guerra entre Rússia e Ucrânia funcionou como laboratório aberto, evidenciando a centralidade da IA em tarefas como detecção de alvos, coordenação de drones, interceptação eletrônica e guerra informacional (The Economist, 2023a).

A Ucrânia, em particular, demonstrou capacidade de integrar tecnologias civis e comerciais com recursos de IA em soluções adaptadas ao campo de batalha. Drones equipados com algoritmos de visão computacional e reconhecimento automático de alvos foram utilizados para missões de ataque, vigilância e até combate aéreo entre drones (The Economist, 2023a). Sistemas baseados em IA também auxiliaram na seleção e coordenação de alvos para munições guiadas, acelerando o ciclo de engajamento.

Paralelamente, países como Estados Unidos, China e Reino Unido publicaram ou revisaram suas diretrizes nacionais sobre o uso responsável da IA militar, enquanto fóruns multilaterais passaram a buscar normas mínimas para sua governança. O principal deles foi o *Responsible Artificial Intelligence in the Military Domain* (REAIM), iniciativa diplomática lançada em 2023 por Países Baixos e Coreia do Sul, que promoveu cúpulas internacionais em Haia (2023) e Seul (2024), reunindo representantes de mais de 90 países. Embora o Brasil tenha participado das consultas regionais realizadas em Santiago (2024), não endossou os documentos finais do fórum²¹, assim como Israel, que também esteve presente, mas optou por não assinar as declarações normativas²².

²¹ O Brasil participou das consultas regionais da REAIM para a América Latina e Caribe, realizadas em junho de 2024 em Santiago, Chile, ao lado de outros 13 países, mas não endossou formalmente o “*Blueprint for Action*” nem a “*Call to Action*” adotados nas cúpulas principais (MOFA, 2024).

²² Israel participou da cúpula inaugural do REAIM (Haia, 2023), mas não assinou a “*Call to Action*” nem o “*Blueprint for Action*” adotado em Seul, em 2024, mantendo postura cautelosa quanto à normatização internacional da IA militar (Vestner; François-Blouin, 2023).

Em Israel, o período foi marcado por refinamentos nas arquiteturas algorítmicas de apoio ao combate, com crescente integração entre plataformas como o *Fire Factory*, o *Alchemist* e sistemas de simulação baseados em IA generativa para treinamento e antecipação tática (Mimran; Dahan, 2024). A experiência acumulada nas operações anteriores consolidou o país como um dos atores mais avançados no emprego militar da inteligência artificial.

3.1.6 Fase 6: Tendências futuras (a partir de 2025)

A partir de 2025, projeta-se uma intensificação do uso de inteligência artificial em operações militares, com o avanço de três tendências principais: a autonomia tática ampliada, a simulação generativa aplicada ao planejamento e o uso de IA para guerra cognitiva e informacional.

A autonomia tática ampliada refere-se à capacidade de plataformas militares (como drones, veículos terrestres e sistemas navais) operarem com menor supervisão humana, em ambientes complexos, empregando algoritmos de tomada de decisão local. O desafio será compatibilizar desempenho operacional com limites éticos e jurídicos frente a sistemas letais autônomos.

Em paralelo, a utilização de modelos de IA generativa em ambientes simulados promete revolucionar o planejamento de operações. Estudos recentes indicam que tais modelos já estão sendo testados para simulações militares dinâmicas, adaptativas e em tempo real, substituindo estruturas tradicionais de jogos de guerra (Air University, 2024). Essas plataformas permitem antecipar ações inimigas, gerar cenários táticos variáveis e sugerir cursos de ação personalizados em tempo real, ampliando a capacidade de adaptação diante de incertezas operacionais.

Por fim, espera-se que a IA configure-se como instrumento central na guerra informacional, com agentes sintéticos²³, *chatbots*²⁴ e ferramentas de manipulação algorítmica em redes sociais, capazes de influenciar credulidade pública, desacreditar alvos políticos ou desestabilizar ambientes eleitorais. Nesse contexto, a distinção

²³ Agentes sintéticos são entidades digitais autônomas — com identidade simulada — capazes de interagir em tempo real com humanos ou outros sistemas, frequentemente empregados em campanhas de influência automatizada em ambientes virtuais (Georgetown, 2025).

²⁴ *Chatbots* são programas automatizados de conversação, baseados em IA ou regras predefinidas, utilizados para comunicação repetitiva, coleta de dados ou disseminação de mensagens em escala (Nacouzi et al., 2024).

entre uso militar e civil tende a se esmaecer, exigindo atualização dos marcos normativos tradicionais.

A consolidação dessas tendências aponta para um cenário de maior dependência de arquiteturas algorítmicas em decisões de alto impacto, o que demandará mecanismos robustos de supervisão humana, responsabilização ética e interoperabilidade entre sistemas civis e militares. Relatórios prospectivos como o *AI 2027* (Kokotajlo et al., 2025) sugerem, inclusive, a possibilidade de redes neurais auto evolutivas ultrapassarem capacidades humanas até o fim desta década, com impacto direto na estabilidade estratégica global e no controle sobre sistemas militares autônomos.

Desta forma, após a análise descritiva das seis fases, incluindo as atuais tendências mundiais, busca-se um recorte comparativo (etapa 5) da realidade brasileira, com avanços pontuais e um ritmo diferente do global, dando base para a análise comparativa final (etapa 6).

3.2 EVOLUÇÃO DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO BRASIL NO CONTEXTO MILITAR

A partir desta seção, inicia-se a etapa 5 da metodologia, voltada a análise comparativa. Parte-se da cronologia construída anteriormente e como ela se manifesta no contexto brasileiro.

O uso da inteligência artificial nas Forças Armadas brasileiras tem evoluído de forma gradual e focada, com ênfase no apoio à decisão, na interoperabilidade entre sistemas e na simulação operacional. Até o momento, não há registros oficiais do emprego de sistemas autônomos letais ou de uso ofensivo direto de IA em cenários reais, o que posiciona o Brasil em uma postura cautelosa nesse domínio (Pereira, 2023).

Embora a Estratégia Nacional de Defesa – END (Brasil, 2020) reconheça a relevância da transformação tecnológica e da guerra cibernética, o documento se abstém de tratar diretamente da inteligência artificial. No plano civil, a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), instituída em 2024, estabeleceu princípios éticos e diretrizes para o uso de IA no país, sendo sucedida pela Política Brasileira de Inteligência Artificial (PBIA 2024–2028), lançada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Esta política reforça princípios como rastreabilidade,

supervisão humana e segurança algorítmica, mas mantém seu foco exclusivamente em aplicações civis, não contemplando o emprego militar da IA (Brasil, 2024b). Essa lacuna normativa reflete uma separação institucional deliberada, que reserva o desenvolvimento de tecnologias sensíveis à esfera estratégica e sigilosa da defesa.

Segundo estudo conduzido pela Escola de Guerra Naval em parceria com a Fundação Ezute (Vasconcelos et al, 2020), a Marinha do Brasil reconhece o potencial da IA em aplicações como análise oceanográfica, gestão logística integrada e apoio à simulação tática. Apesar do avanço em iniciativas piloto, o relatório aponta desafios institucionais relacionados à padronização de dados, interoperabilidade entre sistemas e capacitação interna, elementos essenciais à consolidação de uma doutrina nacional voltada ao uso estratégico da IA. Além disso, o Simulador de Passadiço (SimPass), adotado na formação de oficiais de manobra e navegação, aplica modelagem adaptativa em cenários de alta complexidade (Junior et al., 2021). Na prática, a Marinha do Brasil conduz iniciativas em consciência situacional, plataformas autônomas e apoio à decisão, como simuladores com realidade virtual, algoritmos de classificação em sonares ativos e veículos de superfície autônomos como o VSNT-LAB²⁵. Embora essas aplicações estejam em fase experimental ou controlada, indicam um início de integração institucional da IA (Issmael Junior, 2021).

O Exército Brasileiro, por meio do Centro de Defesa Cibernética (CDCiber), tem fomentado pesquisas em aprendizado de máquina voltadas à proteção de redes, reconhecimento de padrões e simulação de ameaças. Projetos associados ao Sistema Defesa Cibernética Militar (SDCM) incluem algoritmos de detecção automática e análise de sensores em campo. Entre as aplicações estudadas, destacam-se iniciativas de detecção de quedas de combatentes usando redes neurais convolucionais e sensores vestíveis (Soares, 2025).

A Força Aérea Brasileira concentra esforços em ambientes simulados com incorporação de IA. O projeto ASA-SimaaS (*Aerospace Simulation as a Service*), desenvolvido no IEAv/DCTA, é uma plataforma de simulação em nuvem voltada ao treinamento estratégico, modelagem adaptativa de cenários e integração de sistemas de IA embarcada. Essa ferramenta tem sido aplicada em exercícios para otimizar a

²⁵ O Veículo de Superfície Não Tripulado – Laboratório (VSNT-LAB) é uma plataforma experimental desenvolvida pelo Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) para pesquisa, testes e validação de tecnologias autônomas no ambiente marítimo, com capacidade de operar de forma remota, semiautônoma ou totalmente autônoma (Marinha do Brasil, 2021).

tomada de decisão em contextos operacionais dinâmicos (Dantas et al., 2023; FAB, 2020).

Por fim, o uso de IA na Defesa Nacional está condicionado às normas da administração pública federal, em especial à EBIA (2024a), que exige a observância de princípios como transparência, não discriminação e supervisão humana significativa (Brasil, 2023). Tais exigências impõem barreiras jurídicas e operacionais à adoção de sistemas sensíveis e autônomos em ambiente militar.

Em síntese, as Forças Armadas brasileiras demonstram avanços localizados em iniciativas de simulação, ciberdefesa e integração de dados, ainda sem consolidar uma estratégia nacional voltada à inteligência artificial de uso militar. A continuidade dessa evolução dependerá da capacitação técnica, da regulamentação específica e do desenvolvimento soberano de soluções tecnológicas. Desta forma, a partir dessas constatações apresenta-se um aprofundamento do estudo a partir da análise de sistemas de apoios à decisão e projeção algorítmica em ambiente tático. Entende-se necessário examinar como essas tecnologias estão sendo utilizadas em combate, o que irá auxiliar na análise comparativa final, em relação ao uso de IA na tomada de decisão militar.

3.3 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO E PROJEÇÃO ALGORÍTMICA EM AMBIENTE TÁTICO

Esta seção apresenta exemplos selecionados de sistemas de IA para apoio à decisão no contexto militar, visando aprofundar a etapa de análise comparativa. Os dados apresentados aqui servirão de base para a seção seguinte.

A evolução do uso da inteligência artificial em operações militares revela uma tendência clara de integração de sistemas voltados ao apoio à decisão. Esses sistemas são projetados para antecipar ações inimigas, sugerir cursos de ação e aprimorar a responsividade operacional, atuando como conselheiros algorítmicos que ampliam a capacidade de análise dos comandos militares, especialmente em contextos voláteis e de sobrecarga informacional.

Entre os marcos iniciais está o sistema RAID, desenvolvido pela DARPA nos anos 2000, correspondendo à fase 2 da cronologia, com os primeiros empregos operacionais. O programa buscava prever movimentos táticos inimigos em tempo real com base em dados de sensores, imagens e padrões históricos, utilizando redes

bayesianas²⁶ para fornecer sugestões táticas ao comandante no terreno (Ownby; Kott, 2005). Embora o RAID não tenha sido integrado operacionalmente de forma ampla, ele estabeleceu os fundamentos conceituais para plataformas preditivas baseadas em IA no ambiente militar.

No cenário contemporâneo, a partir da fase 3 da cronologia, Israel tem avançado no uso de sistemas como o *Alchemist*, que cruza dados de inteligência de sinais, padrões comportamentais e informações táticas para propor rotas, identificar ameaças emergentes e recomendar ações com base no objetivo da missão. A integração com o ciclo OODA permite reduzir o tempo entre detecção e resposta, tornando o sistema especialmente relevante em cenários urbanos e assimétricos. Complementarmente, o *Fire Factory* automatiza o planejamento de ataques, priorizando alvos com base em critérios predefinidos, designando os meios mais adequados e calculando o tempo ótimo para a execução, o que amplia a eficiência e a precisão das operações ofensivas.

Além disso, diversos países têm explorado o uso de modelos generativos de IA para simulação de cenários táticos em tempo real. Essas plataformas são capazes de gerar hipóteses, projetar consequências e sugerir alternativas diante de incertezas operacionais, funcionando como “assistentes algorítmicos” no planejamento adaptativo. Sua utilização já vem sendo documentada em exercícios da OTAN, da Força Aérea dos Estados Unidos e em iniciativas de simulação conduzidas por centros acadêmicos civis e militares (Air University, 2024) e que representam a fase 5 e 6 da cronologia.

Esses avanços abrem novas possibilidades para a superioridade decisória em ambientes contestados, mas também introduzem dilemas éticos e estratégicos sobre confiança algorítmica, supervisão humana e eventual delegação de responsabilidade a sistemas automatizados.

Desta forma, a partir da análise comparativa, realizada neste capítulo, em conjunto com as fases da cronologia, foi possível identificar recorrências e padrões, definindo categorias no uso da IA no processo decisório. A seguir, aprofunda-se a análise a partir dos principais achados da pesquisa realizada.

²⁶ Redes bayesianas são modelos probabilísticos gráficos que representam relações de dependência entre variáveis por meio de grafos direcionados acíclicos. Elas permitem inferência sob incerteza com base no teorema de Bayes, sendo aplicadas na previsão e atualização dinâmica de eventos com base em evidências observadas (Pearl, 1988).

3.4 ANÁLISE COMPARATIVA E TRANSFORMAÇÕES NO PROCESSO DECISÓRIO

A presente seção tem por objetivo consolidar, em perspectiva comparativa, os principais achados das análises realizadas nas seções anteriores. Para isso, apresenta-se um quadro-resumo da cronologia evolutiva do uso da inteligência artificial em operações militares, com destaque para os casos de Israel e Brasil. A partir da comparação entre as fases definidas neste estudo, busca-se evidenciar padrões, assimetrias e trajetórias divergentes quanto à integração da IA ao processo decisório militar, permitindo identificar fatores estruturais, doutrinários e operacionais que moldam essas dinâmicas.

Tabela 1 – Tabela de análise comparativa de cada fase

Fases	Países destaque	Israel	Brasil	Papel da IA na decisão
Fase 1: Exploração conceitual (1950–1999)	EUA	Infraestrutura C2 e integração inicial sensores/unidades.	Observação tecnológica, sem uso operacional.	Pesquisa e simulação; sem influência em decisões reais.
Fase 2: Primeiros empregos operacionais (2000–2015) – IA simbólica e apoio ao planejamento	EUA	Guerra centrada em redes; início de sistemas de apoio à decisão com IA simbólica.	Digitalização e integração de dados sem IA embarcada.	Automação de planejamento e análise com lógica baseada em regras.
Fase 3: Consolidação em operações ativas (2016–2020) – IA baseada em dados	EUA, Israel	Fire Weaver e Alchemist integrando sensores e efetores; uso de <i>machine learning</i> .	Projetos-piloto em simulação e ciberdefesa.	IA com aprendizado de máquina sugerindo cursos de ação e coordenando meios.
Fase 4: Marco operacional público	Israel	Operação Guardiã das Muralhas; uso sistemático de IA	Uso restrito a simulação e planejamento.	Automação parcial de alvos e seleção de

Fases	Países destaque	Israel	Brasil	Papel da IA na decisão
(2021) – Operação <i>Guardião das Muralhas</i>		no ciclo de decisão e engajamento.		meios no ciclo OODA.
Fase 5: Expansão global (2022–2024) – Difusão da IA em conflitos modernos	Ucrânia, EUA	Aperfeiçoamento de sistemas e uso de IA generativa para cenários.	Simuladores e integração de dados; avanço em ciberdefesa.	IA difundida em planejamento, simulação adaptativa e coordenação em tempo real.
Fase 6: Tendências futuras (a partir de 2025)	EUA, China, OTAN	Aposta em autonomia tática, simulação generativa e guerra informacional.	Desenvolvimento condicionado a normas e capacidades nacionais.	IA como vetor estratégico; maior autonomia e integração interdomínios.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nas referências citadas nas seções anteriores (DARPA/ RAND, Cebrowski et al., 1998; Mimran; Dahan, 2024; Pellerin, 2017; The Economist, 2023a; entre outros).

Conforme visto na Tabela 1, a comparação entre as fases e países destacados evidencia que a adoção da inteligência artificial no processo decisório militar não segue uma trajetória uniforme, mas é condicionada por fatores tecnológicos, doutrinários e institucionais específicos de cada contexto nacional. Os Estados Unidos, presentes como destaque em todas as fases, demonstram uma estratégia contínua de investimento em pesquisa, desenvolvimento e integração operacional de IA, com ênfase em sua aplicação como multiplicador de capacidades no comando e controle multidomínios (Nacouzi et al., 2024).

Israel, por sua vez, figura de forma proeminente nas fases 3 e 4, quando o uso da IA atinge patamares operacionais mais sofisticados. O caso israelense é marcado pela capacidade de integrar sensores, algoritmos e sistemas de armas em ciclos curtos de decisão, exemplificado pela operação *Guardião das Muralhas* (2021), amplamente documentada como exemplo de guerra algorítmica (Georgetown Security Studies Review, 2025). Nas fases 5 e 6, Israel não aparece como “país destaque” no quadro, não por perda de relevância, mas porque o critério de destaque adotado privilegiou marcos inéditos e disruptivos no período, caso da Ucrânia no conflito contra a Rússia e dos avanços declarados por EUA, China e OTAN. Ainda assim, Israel

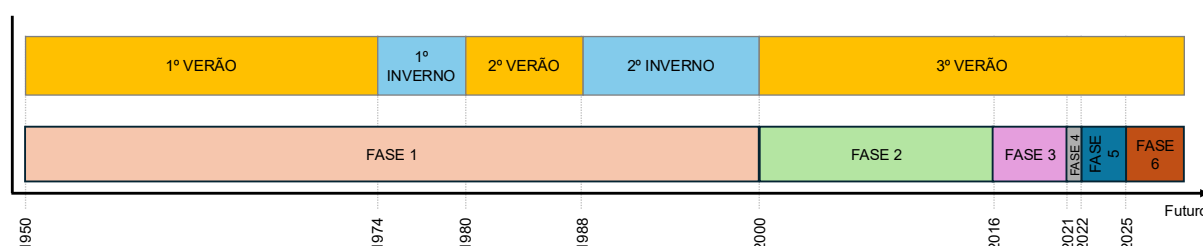
mantém liderança tecnológica consolidada e capacidade de emprego operacional da IA, preservando influência estratégica no campo.

A Ucrânia, que surge como destaque na fase 5, representa um caso singular de adoção intensiva de IA em um cenário de guerra convencional contra um oponente de grande porte. O uso de algoritmos para reconhecimento de alvos, integração de dados de múltiplas fontes e coordenação de ataques em tempo real configurou um marco no emprego de IA em combate aberto (The Economist, 2023a; The Economist, 2023b). Esse protagonismo, entretanto, é fortemente sustentado por tecnologias e apoio operacional fornecidos por aliados ocidentais, especialmente os Estados Unidos.

A análise do Brasil ao longo das fases revela avanços graduais, porém ainda distantes da plena integração da IA ao processo decisório militar. Observa-se um foco mais recente em simulação, ciberdefesa e integração de dados, com iniciativas pontuais em aprendizado de máquina. O Relatório EGN/Ezute (Vasconcelos et al., 2020) destaca a necessidade de superar lacunas normativas e doutrinárias, bem como de investir em capacitação e desenvolvimento soberano, para viabilizar a adoção em contextos operacionais reais.

A alternância entre períodos de aceleração tecnológica e momentos de estagnação é perceptível, mas o recorte funcional por fases permite relacionar de forma mais direta cada avanço ao contexto militar. Essa relação pode ser observada de forma visual na Figura 2, que ilustra, resumidamente, a sobreposição entre os ciclos históricos da IA e a periodização adotada neste estudo. No Apêndice A encontra-se a tabela completa com cada marco dos ciclos de verões e invernos da IA (Toosi et al., 2021), bem como das seis fases deste estudo, que apoiou a construção desta linha do tempo. Esta comparação evidencia não apenas a evolução tecnológica, mas também como cada país ajusta suas estratégias de defesa em resposta às oportunidades e limitações impostas pela maturidade da IA.

Figura 2 - Linha do tempo dos ciclos de IA e fases do estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, a leitura conjunta do quadro e da análise permite concluir que a integração bem-sucedida da IA ao processo decisório militar exige mais do que avanços tecnológicos isolados: depende de uma combinação de infraestrutura adequada, doutrina adaptada, interoperabilidade de sistemas e apoio institucional contínuo. Países que conseguem alinhar esses elementos tendem a acelerar a transição da IA de um recurso experimental para um instrumento efetivo de superioridade operacional.

Desta forma, as transformações identificadas no uso da inteligência artificial no processo decisório militar revelam não apenas mudanças operacionais, mas também deslocamentos estruturais no modo como se concebe, organiza e executa a ação estratégica. Essa reconfiguração, evidenciada nas experiências internacionais e nos esforços iniciais do Brasil, constitui o ponto de partida para o aprofundamento crítico do capítulo 4, onde serão examinadas três grandes questões de análise, ligadas aos impactos éticos, doutrinários e jurídicos na tomada de decisão com uso da IA no ambiente militar.

4 IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMADA DE DECISÃO MILITAR: ENTRE A SUPERVISÃO E A SUBSTITUIÇÃO

A análise comparativa e temática desenvolvida no capítulo anterior demonstrou que a inserção da inteligência artificial no processo decisório militar não constitui apenas um avanço tecnológico, mas um fenômeno com implicações diretas sobre a concepção, a organização e a execução da ação estratégica. A transição de um modelo de apoio analítico à tomada de decisão para outro em que sistemas algorítmicos assumem funções autônomas de coleta, análise e geração de recomendações pode redefinir papéis, deslocar responsabilidades e tensionar conceitos clássicos de comando e controle.

Assim, este capítulo analisa criticamente tais implicações a partir de três eixos interdependentes: **(a)** dilemas éticos da decisão automatizada; **(b)** governança algorítmica e limites institucionais; e **(c)** desafios jurídicos e regulatórios. A abordagem fundamenta-se nos conceitos discutidos no capítulo 2, nas evidências empíricas sistematizadas no capítulo 3 e em referências acadêmicas e institucionais de reconhecida credibilidade.

Ao longo do texto, o caso israelense é utilizado como exemplo recorrente, dada a maturidade tecnológica e a documentação disponível sobre o emprego operacional da IA em ações ofensivas, como na operação Guardiã das Muralhas (2021). São também considerados contextos comparativos, incluindo Brasil, OTAN e Estados Unidos, para identificar padrões, lacunas e assimetrias na incorporação de sistemas algorítmicos ao processo decisório militar.

A partir dessa base, busca-se compreender em que medida a crescente autonomia dos sistemas de IA impacta os princípios de supervisão humana, responsabilidade e legitimidade, bem como quais são os desafios para estabelecer mecanismos eficazes de controle e regulação. Trata-se, portanto, de uma análise que transcende o plano técnico para situar a IA no centro de debates éticos, institucionais e jurídicos que moldarão a condução das operações militares nas próximas décadas.

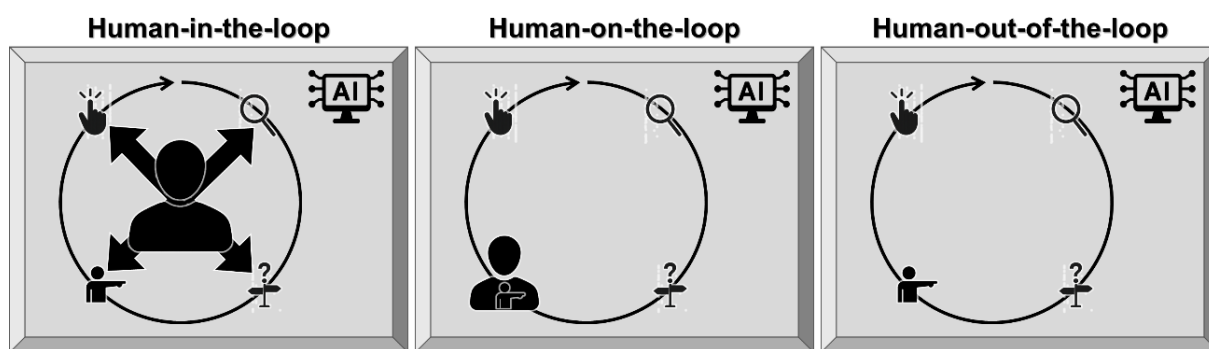
4.1 DILEMAS ÉTICOS DA DECISÃO AUTOMATIZADA

O emprego crescente da IA em funções críticas do processo decisório militar levanta questões éticas complexas, sobretudo quanto à possibilidade de delegar a

sistemas algorítmicos a seleção e o engajamento de alvos. No Capítulo 2, abordou-se como a racionalidade limitada e os modelos organizacionais criam margens de incerteza que podem ser preenchidas por sistemas algorítmicos. Já o Capítulo 3 evidenciou, com base nos sistemas israelenses, como essa substituição parcial da participação humana intensifica os dilemas sobre responsabilidade moral, especialmente quando a supervisão humana se torna comprimida. Floridi (2018) destaca que tais dilemas exigem a construção de arcabouços normativos robustos, capazes de equilibrar inovação e responsabilidade. Já Wallach e Allen (2009) defendem a concepção de “máquinas morais”, dotadas de diretrizes éticas programadas para assegurar proporcionalidade e conformidade com princípios legais e morais. No entanto, para Cioffi-Revilla (2018), a aplicação da IA no contexto militar deve respeitar estritamente os limites do Direito Internacional Humanitário (DIH), promovendo um uso responsável da tecnologia.

Neste sentido, a distinção entre *human-in-the-loop*, *human-on-the-loop* e *human-out-of-the-loop* é central nesse debate. No modelo *human-in-the-loop*, o envolvimento humano é indispensável: o procedimento só se concretiza após validação da recomendação gerada pelo sistema.

Figura 3 - Tipos de envolvimento humano nos ciclos decisórios do tipo OODA



Legenda: IA (🖥️); humano (👤); observação (🔍); orientação (🧭); decisão (👤); e ação (👉).

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme visto na Figura 3, no *human-on-the-loop*, o ser humano atua como supervisor, com possibilidade de intervir para assegurar que o procedimento ocorra corretamente. Já no *human-out-of-the-loop*, não há intervenção humana direta: a decisão é integralmente automatizada, executada pelo sistema cuja precisão e autonomia foram consideradas suficientes para dispensar supervisão. O deslocamento progressivo do primeiro para o terceiro modelo implica não apenas

mudanças operacionais, mas também profundos debates éticos sobre agência e responsabilidade.

Percebe-se, desta forma, que Israel tem avançado em modelos próximos ao *human-on-the-loop*, mas enfrenta críticas quanto à compressão do tempo de supervisão em cenários de alta pressão operacional. Os Estados Unidos, em contrapartida, preservam protocolos mais robustos de validação humana, mesmo em situações de combate intenso, enquanto a OTAN busca padronizar critérios de supervisão para garantir interoperabilidade entre membros, enfrentando diferenças culturais e tecnológicas significativas.

O caso israelense ilustra de forma emblemática tais desafios. Durante a operação Guardiã das Muralhas (2021), os sistemas *Lavender* e *Fire Factory* foram empregados para identificar, priorizar e recomendar alvos, reduzindo significativamente o tempo entre detecção e ataque. Embora autoridades israelenses afirmem que decisões finais permaneceram sob supervisão humana, análises independentes indicam que a velocidade e o volume das recomendações algorítmicas comprimiram severamente a janela de avaliação, muitas vezes a poucos segundos. Nesses casos, operadores humanos validavam alvos sob tamanha pressão que o processo se tornava, na prática, automático, mais um gesto formal do que uma revisão crítica da recomendação algorítmica.

Esse tipo de dinâmica operacional favorece o fenômeno conhecido como *rubber stamping*, no qual o operador humano, confiando na precisão do sistema ou pressionado pelo tempo, valida automaticamente as decisões propostas pela IA, sem exercer julgamento autônomo (Michel, 2024). Como já descrito, tal fenômeno foi observado na operação em Gaza, onde alvos eram priorizados em frações de segundos e a ação humana reduzia-se a um clique confirmatório.

A Cruz Vermelha Internacional (Michel, 2024) alerta que a delegação de decisões de vida e morte a sistemas autônomos, sem supervisão humana significativa, compromete princípios de distinção, proporcionalidade e precaução do DIH. Essa preocupação é ainda mais relevante em cenários de combate urbano, como Gaza, onde a alta densidade populacional, a presença de estruturas civis e a sobreposição de ambientes militarizados e residenciais tornam a distinção entre combatentes e civis operacionalmente mais difícil. Nessas condições, a velocidade da decisão algorítmica pode reduzir a capacidade de ponderar danos colaterais, mesmo quando os princípios do Direito Internacional Humanitário estão formalmente

preservados. Outros países, como os Estados Unidos e membros da OTAN, enfrentam dilemas semelhantes, com esforços para definir padrões mínimos de supervisão que mantenham a atuação humana na decisão letal.

Em síntese, os dilemas éticos da decisão automatizada giram em torno do equilíbrio entre eficiência operacional e preservação da responsabilidade humana. A mitigação desses riscos exige, além de programação ética nos sistemas, políticas institucionais que assegurem supervisão efetiva e responsabilização clara, especialmente em contextos de combate de alta intensidade.

4.2 GOVERNANÇA ALGORÍTMICA E LIMITES INSTITUCIONAIS

A governança dos sistemas baseados em inteligência artificial no âmbito militar enfrenta desafios institucionais complexos. Em Israel, plataformas como o *Lavender* ilustram a capacidade de integrar IA em processos de identificação e priorização de alvos em ambientes assimétricos. Contudo, a ausência de diretrizes firmes limita a capacidade de controlar, auditar e validar o uso dessas tecnologias de forma consistente. Em nível global, estruturas regulatórias amplas voltadas especificamente ao domínio militar ainda não se consolidaram.

Nos Estados Unidos, protocolos técnicos e operacionais são, em geral, mais consolidados que os de Israel, com ênfase na validação humana e em auditorias periódicas. Já os demais membros da OTAN buscam harmonizar princípios de supervisão, transparência e responsabilização, mas enfrenta dificuldades para alinhar práticas entre países com diferentes capacidades tecnológicas e culturas institucionais.

Relatórios recentes da UNIDIR (2024) apontam a carência de uma compreensão compartilhada sobre governança da IA militar, evidenciando a necessidade de mecanismos multilaterais que fomentem transparência, interoperabilidade e responsabilidade. Para Nacouzi et al. (2024) isso reforça os riscos de uma adoção acelerada sem salvaguardas institucionais mínimas, sobretudo no uso letal autônomo.

No Brasil, embora documentos como a Política Brasileira de Inteligência Artificial (PBIA) e a Estratégia Nacional de Defesa (END) mencionem tecnologias emergentes, não há diretrizes militares específicas para IA. O foco está em simulação,

ciberdefesa e capacitação, sem um marco que integre controle institucional, interoperabilidade e critérios éticos para uso em decisões de alto risco.

Esse vácuo normativo não é exclusivo de Brasil e Israel. A União Europeia aprovou o *AI Act* (2024), primeira legislação abrangente sobre IA no mundo, mas excluiu explicitamente as aplicações militares de seu escopo. Ainda assim, seus princípios (supervisão humana, transparência e gestão de risco) tendem a influenciar práticas internacionais, inclusive em setores de uso dual (civil-militar). Os EUA acompanham a evolução regulatória europeia para avaliar impactos na interoperabilidade, e a OTAN busca traduzir esses princípios para o contexto militar, enquanto Israel mantém foco em protocolos internos sem aderir a marcos multilaterais vinculantes.

No plano doutrinário, a governança da IA militar requer integração com a cultura organizacional, capacitação continuada e protocolos de validação, interrupção e responsabilização. A Marinha do Brasil reconhece que a IA ainda enfrenta barreiras para ser plenamente confiável em decisões em tempo real. Em análise publicada na Revista Marítima Brasileira, destaca-se que o “planejamento reflexivo de longo alcance e o planejamento reativo quase em tempo real [...] ainda são um desafio para o Estado da Arte da IA” (Issmael Junio, 2021, p. 94).

Em comparação, Israel e EUA têm programas consolidados para treinar operadores e comandantes a interagir criticamente com sistemas algorítmicos, mitigando o viés de automação²⁷. A OTAN investe em treinamento conjunto, mas ainda há grandes diferenças entre os níveis de capacitação dos membros.

A dissociação entre sofisticação tecnológica e maturidade institucional demonstra que avançar na IA militar sem governança adequada representa vulnerabilidade. Israel apresenta alto desempenho operacional, mas lacunas de transparência; os EUA têm arcabouços procedimentais mais robustos, porém não universais; e a OTAN luta para uniformizar práticas. No Brasil, a ausência de normas específicas e o predomínio de projetos experimentais reforçam a necessidade de um marco regulatório compatível com padrões internacionais.

²⁷ Viés de automação (*automation bias*) é a tendência do operador humano a confiar excessivamente nas recomendações de um sistema automatizado, aceitando-as como corretas mesmo diante de indícios contrários, o que pode levar a erros de comissão (seguir uma instrução incorreta) ou de omissão (não agir por ausência de alerta do sistema) (Michel, 2024, p. 18).

Esses desafios configuram o terreno fértil no qual emergem dilemas jurídicos agudos, que serão examinados na seção seguinte.

4.3 DESAFIOS JURÍDICOS E REGULATÓRIOS

A crescente integração da IA aos sistemas de defesa levanta desafios jurídicos inéditos, sobretudo na atribuição de responsabilidade, na interpretação de normas existentes e na adaptação do DIH a tecnologias que operam com graus variáveis de autonomia.

Como evidenciado anteriormente, sistemas como o *Lavender* e o *Alchemist* já operam com autonomia significativa, muitas vezes sem parâmetros jurídicos claros para responsabilização. Tais lacunas refletem a dificuldade de aplicar categorias jurídicas tradicionais a decisões distribuídas e não-lineares, especialmente em ambientes de guerra algorítmica.

No plano internacional, a aplicação da IA em contextos militares carece de regulação específica. A ausência de um tratado vinculante sobre Sistemas de Armas Autônomos Letais (LAWS – *Lethal Autonomous Weapon Systems*) gera assimetrias de entendimento entre Estados e dificulta a consolidação de costumes internacionais. Nesse cenário, os princípios do DIH (distinção, proporcionalidade e precaução) permanecem válidos, mas sua aplicação a sistemas algorítmicos complexos ainda não está pacificada.

Israel, os Estados Unidos e países da OTAN adotam abordagens distintas: Israel emprega IA de forma integrada em operações ofensivas, os EUA priorizam protocolos de validação humana robustos e a OTAN tenta avançar em diretrizes coletivas, mas enfrenta divergências entre legislações nacionais. Essa diversidade de práticas expõe a ausência de consenso global sobre como enquadrar juridicamente decisões automatizadas.

O Comitê Internacional da Cruz Vermelha (ICRC) ressalta que, embora a supervisão humana seja requisito ético e operacional essencial, não há clareza jurídica sobre o que constitui “supervisão significativa”, especialmente nos modelos *human-on-the-loop* ou *human-out-of-the-loop*, nos quais o controle humano é limitado ou inexistente (Zhou et al., 2024). Essa indefinição desafia a responsabilização individual e estatal, sobretudo quando sistemas baseados em aprendizado de máquina apresentam comportamento emergente ou imprevisível (Michel, 2024).

Assim, Israel, ao adotar sistemas de alta autonomia em combate real, enfrenta questionamentos semelhantes aos de EUA e OTAN, que, mesmo mantendo protocolos formais de validação humana, ainda não definiram parâmetros universais para esse controle. A ausência de padronização amplia o risco de interpretações divergentes sobre responsabilidade e conformidade com o DIH.

O desafio também envolve a relação entre decisões humanas e recomendações algorítmicas. Em combates de alta intensidade, operadores podem desenvolver confiança excessiva nos sistemas e adotar decisões sem exercer julgamento independente (*rubber stamping*), criando um ambiente em que a atribuição de responsabilidade se torna difusa: a IA recomenda, o operador valida sem questionar, e o ciclo decisório se fecha sem que ninguém possa ser apontado com clareza como o autor da decisão. Como visto, essa ambiguidade é especialmente grave em operações como a Guardiã das Muralhas, onde os ataques foram conduzidos com base em ciclos de decisão ultrarrápidos, tensionando os limites entre delegação e transferência efetiva de decisão, com implicações diretas para o DIH e para a responsabilização.

No Brasil, não há marco jurídico específico para IA em operações militares. Propostas legislativas tratam de proteção de dados, regulação de algoritmos em contextos civis e responsabilidade por danos de sistemas autônomos, mas não contemplam o setor de defesa. Como observa Garcia (2021), o ordenamento brasileiro carece de dispositivos que atribuam responsabilidade objetiva, solidária ou subsidiária em falhas operacionais de IA militar, o que cria lacunas em cenários críticos.

Conforme discutido na seção 4.2, mesmo países com arcabouços avançados, como membros da União Europeia, optaram por excluir o uso militar do *AI Act* (2024). Ainda assim, seus princípios podem influenciar práticas militares por governança indireta, sobretudo em setores de uso dual e em aquisições públicas de tecnologia.

Portanto, o desafio jurídico não se restringe à criação de novas normas: exige reinterpretar as bases do direito aplicável a conflitos armados. Há um duplo déficit: jurídico, na capacidade de responder à lógica não determinista dos algoritmos; e institucional, na habilidade de fiscalizar, interromper ou sancionar decisões de sistemas opacos. A falta de clareza compromete tanto a responsabilização quanto a legitimidade política e moral da ação militar em ambientes tecnologicamente mediados.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS – ÉTICA, GOVERNANÇA E JURÍDICO

A consolidação da inteligência artificial como vetor estratégico no domínio militar desafia os marcos tradicionais de decisão, comando e responsabilidade. A análise desenvolvida nas seções anteriores mostrou que ética, governança e regulação não são apenas dimensões complementares, mas interdependentes. A seguir, integra-se cada eixo, destacando convergências e tensões.

(a) Ética – Quem decide?

No plano ético, o principal dilema está na delegação da autoridade decisória a sistemas que operam por lógica algorítmica. Ainda que a IA não substitua integralmente os decisores humanos, sua capacidade de selecionar alvos, priorizar objetivos e antecipar ameaças desafia a noção de agência moral. A questão central não é apenas se a IA pode decidir, mas quem assume a responsabilidade quando sua influência é determinante. A exigência de supervisão humana significativa, como defendida por Zhou et al. (2024), busca preservar a integridade ética, mas é tensionada por demandas operacionais de velocidade e volume. Israel exemplifica esse dilema ao utilizar sistemas como *Fire Factory* e *Lavender* sob prazos de decisão extremamente curtos.

(b) Governança – Como se controla?

A governança algorítmica requer mais do que transparência técnica: precisa de mecanismos institucionais para monitorar, auditar e limitar a ação da IA em ambientes sensíveis. No contexto militar, isso significa definir claramente o papel do humano na cadeia decisória, os limites de autonomia do sistema e as condições para retomar o controle. A ausência de padrões globais agrava o risco de assimetrias estratégicas. Enquanto Israel e os EUA desenvolvem protocolos internos robustos, a OTAN enfrenta desafios para uniformizar práticas, e o Brasil ainda carece de uma doutrina específica para IA militar.

(c) Jurídico – Até onde se pode decidir?

No campo jurídico, persiste uma lacuna normativa significativa, pois o DIH não está plenamente preparado para lidar com sistemas que aprendem, se adaptam e exibem comportamentos emergentes. A responsabilidade estatal e individual se

fragmenta na medida em que a relação de causalidade entre ação humana e efeito militar se torna opaca. O Brasil, sem marcos específicos, reflete uma tendência global em que o avanço técnico precede a adaptação jurídica. Mesmo a União Europeia, cujo *AI Act* é referência normativa, excluiu aplicações militares do seu escopo direto.

O emprego da inteligência artificial em decisões militares cria um campo híbrido no qual ética, governança e direito atuam de forma integrada. A questão central é como preservar a legitimidade da ação estratégica em um ambiente mediado por sistemas opacos, autônomos e velozes. Para o Brasil, que avança em iniciativas experimentais, mas carece de estrutura normativa e institucional robusta, o risco é de dependência tecnológica sem soberania decisória. A construção de uma doutrina nacional de IA militar deve ser simultaneamente técnica, ética e jurídica, e começar pelo reconhecimento das zonas de ambiguidade impostas por esse novo paradigma.

5 CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como propósito examinar o uso da Inteligência Artificial no processo decisório militar, com foco, mas não exclusivamente, nas experiências de Israel, avaliando implicações estratégicas, éticas, de governança e jurídicas para o contexto brasileiro. A pergunta de pesquisa buscou compreender de que maneira a integração de sistemas de IA, em especial em ambientes operacionais complexos, está transformando o ciclo decisório militar, e quais contribuições podem ser extraídas para aplicação nacional? O objetivo geral e os objetivos específicos foram plenamente atendidos, por meio de um percurso metodológico exploratório-descritivo, empregando uma análise de dados comparativa que combinou múltiplas fontes, como documental e bibliográfica, culminando na análise comparativa aplicada a partir de experiências internacionais que tiveram o uso da IA na tomada de decisão, dando ênfase em Israel como parâmetro analítico.

A partir do referencial teórico (**Capítulo 2**), verificou-se que o processo decisório militar, embora estruturado por metodologias consolidadas como o ciclo OODA e o planejamento operacional, passa por uma reconfiguração ao incorporar tecnologias de IA. Assim, a partir da definição da cronologia evolutiva da IA em operações militares, em conjunto ao referencial e aos estudos analisados (**Capítulo 3**), evidenciou-se que Israel, desde 2018, tem implementado sistemas como *Alchemist*, *Fire Factory* e *Lavender*, que atuam na integração de dados de inteligência, geração de cursos de ação e automação de etapas críticas do planejamento tático e operacional. Assim, a análise ética, de governança e jurídica (**Capítulo 4**) revelou tensões entre a necessidade operacional de decisões em alta velocidade e a manutenção da supervisão humana significativa, além de riscos como o viés de automação e desafios para a conformidade com o Direito Internacional Humanitário.

Durante o desenvolvimento do trabalho, algumas dificuldades foram enfrentadas, sobretudo no acesso a fontes primárias de natureza operacional e em dados completos sobre programas militares sensíveis, o que exigiu o uso criterioso de relatórios institucionais, publicações acadêmicas e investigações jornalísticas de alta credibilidade. Outro desafio consistiu na harmonização de terminologias técnico-militares com conceitos da área de ciência de dados e IA preservando a precisão conceitual.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar o estudo comparativo entre diferentes forças armadas que empregam IA em funções decisórias, ampliar a análise para sistemas de IA generativa aplicados ao nível estratégico e explorar metodologias quantitativas para avaliar o impacto da IA sobre os tempos e acertos das decisões operacionais. Também seria relevante investigar a interoperabilidade desses sistemas em operações multinacionais, considerando os aspectos de segurança cibernética e soberania de dados.

A relevância deste estudo reside em seu potencial para contribuir com o debate acadêmico e institucional sobre a modernização do processo decisório militar brasileiro. Ao analisar criticamente um caso internacional de destaque, o de Israel, e suas implicações, a pesquisa oferece subsídios para o desenvolvimento de políticas, doutrinas e capacidades nacionais que equilibrem eficiência operacional com responsabilidade ética e legal. A compreensão desse equilíbrio é fundamental para que a adoção de tecnologias de IA ocorra de forma segura, legítima e alinhada aos interesses estratégicos do Brasil.

Como síntese dessa perspectiva, é oportuno lembrar a lição de John Boyd (1987, p. 5): “*A capacidade de mudar de ritmo e adaptar-se mais rapidamente que o adversário é a essência da vitória*”. Essa afirmação, concebida antes da era digital, mantém plena atualidade e reflete diretamente os temas abordados neste trabalho, em especial, o papel da IA na aceleração do ciclo decisório, na ampliação da adaptabilidade operacional e na busca por superioridade informacional.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, David S.; GARSTKA, John J.; STEIN, Frederick P. **Network centric warfare: developing and leveraging information superiority**. Washington, DC: CCRP – Command and Control Research Program, 1999. Disponível em: http://dodccrp.org/files/Alberts_NCW.pdf. Acesso em: 8 ago. 2025.
- ALLISON, Graham T. **Essence of decision: explaining the Cuban missile crisis**. Boston: Little, Brown, 1971.
- ALMEIDA, Eduardo Fávaro Rocha de; RODRIGUES, Bruna Della Torre. **Inteligência artificial e decisão militar: uma abordagem técnico-operacional**. Revista da Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 9–34, 2021.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. ISBN 978-85-7164-127-5.
- BARNARD, Chester I. **The functions of the executive**. Cambridge: Harvard University Press, 1938.
- BAZERMAN, Max H.; MOORE, Don A. **Processo decisório**. 8. ed. Barueri: Elsevier, 2014.
- BAZERMAN, Max H. **Predictable surprises: the disasters you should have seen coming, and how to prevent them**. Boston: Harvard Business School Press, 2004.
- BOSTROM, Nick. **Superintelligence: paths, dangers, strategies**. Oxford: Oxford University Press, 2014. ISBN 978-0-19-967811-2.
- BOYD, John R. **A discourse on winning and losing**. 1987. Disponível em: <http://www.ausairpower.net/JRB/BoYD-Discourse-1987.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- BRASIL. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **MD30-M-01 – Doutrina de Operações Conjuntas**. Brasília, DF, 2020.
- BRASIL. **Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA)**. Brasília, DF, 25 abr. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinteligenciaartificial/ebia-documento_referencia_4-979_2021.pdf. Acesso em: 8 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Plano Brasileiro de Inteligência Artificial – PBIA 2024–2028**. Brasília: MCTI, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/lncc/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias-1/plano-brasileiro-de-inteligencia-artificial-pbia-2024-2028>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_1.pdf. Acesso em: 8 ago. 2025.

BROWN, Marlon W. **Developing Readiness to Trust Artificial Intelligence within Warfighting Teams**. Military Review: U.S. Army Combined Arms Center, 2020. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/January-February-2020/Brown-AI-ready/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

CEBROWSKI, Arthur K. et al. **Network-centric warfare: its origin and future**. Washington: National Defense University Press, 1998. Disponível em: <https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/Books/network-centric-warfare.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2025.

CERVO, Amado L. et al. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 978-85-7605-112-3.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 9. ed. Barueri: Manole, 2014.

CLAUSEWITZ, Carl von. **On War**. Trad. Michael Howard; Peter Paret. Princeton: Princeton University Press, 1984.

COHEN, Michael D.; MARCH, James G.; OLSEN, Johan P. **A garbage can model of organizational choice**. Administrative Science Quarterly, v. 17, n. 1, p. 1–25, 1972. DOI: 10.2307/2392088.

CYERT, Richard M.; MARCH, James G. **A Behavioral Theory of the Firm**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963.

DANTAS, João P. A.; GERALDO, Diego; COSTA, Andre N.; MAXIMO, Marcos R. O. A.; YONEYAMA, Takashi. **ASA-SimaaS: Advancing Digital Transformation through Simulation Services in the Brazilian Air Force**. Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa 2023 (SIGE2023), Setembro 2023. Disponível em: <https://www.joaopadantas.com/files/dantas2023asa-simaas.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2025.

FAB. Força Aérea Brasileira. **FAB aposta em Inteligência Artificial para eficiência, segurança e inovação tecnológica**. Brasília: Centro de Comunicação Social da Aeronáutica, 2020. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/43576>. Acesso em: 8 ago. 2025.

FERRO, Luís Fernando Câmara; BARCELOS, Moisés Alves. **Processo decisório e inteligência artificial: uma possibilidade de interação homem-máquina**. Rio de Janeiro: Escola Superior de Defesa, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Altos Estudos de Defesa. Disponível em: <https://repositorio.esq.br/handle/123456789/1786>. Acesso em: 29 nov. 2025.

FLORIDI, Luciano. **Soft ethics and the governance of the digital**. Philosophy & Technology, v. 31, p. 1–8, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13347-018-0303-9>. Acesso em: 8 ago. 2025.

GARCIA, Thiago Gonçalves. **Implicações legais do uso da inteligência artificial para autonomia do armamento no Brasil**. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, v. 145, n. 04/06, p. 156–167, abr./jun. 2025.

GEORGETOWN SECURITY STUDIES REVIEW. **The Dehumanization of ISR: Israel's Use of Artificial Intelligence in Warfare**. 9 jan. 2025. Disponível em: <https://georgetownsecuritystudiesreview.org/2025/01/09/the-dehumanization-of-isr-israels-use-of-artificial-intelligence-in-warfare/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. ISBN 978-85-224-4967-5.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep learning**. Cambridge: MIT Press, 2016. ISBN 978-0-262-03561-3.

HUMAN RIGHTS WATCH. **Questions and Answers: The Israeli Military's Use of Digital Tools in Gaza**. Human Rights Watch, 10 set. 2024. Disponível em: <https://www.hrw.org/news/2024/09/10/questions-and-answers-israeli-militarys-use-digital-tools-gaza>. Acesso em: 7 mai. 2025.

IDF. Israel Defense Forces. **Operation Guardian of the Walls**. Tel Aviv: IDF, 2021. Disponível em: <https://www.idf.il/en/mini-sites/wars-and-operations/operation-guardian-of-the-walls/operation-guardian-of-the-walls-1/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ISSMAEL JUNIOR, Ali Kamel. **Inteligência artificial: aplicações operativas e perspectivas para a Marinha do Brasil**. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, v. 141, n. 07/09, p. 8–15, jul./set. 2021. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/rmb/sites/www.marinha.mil.br.rmb/files/RMB%203T-2021%20completa.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2025.

JANIS, Irving L. **Victims of Groupthink**. Boston: Houghton Mifflin, 1972.

JOHANSEN, Bob. **Leaders make the future: ten new leadership skills for an uncertain world**. San Francisco: Berrett-Koehler, 2009. ISBN 978-1-60509-002-3.

JUNIOR, Ricardo, MAÊDA, Sérgio; COSTA, Igor; GOMES, Carlos Francisco; SANTOS, Marcos. **A importância da Simulação na formação do Oficial da Armada da Marinha do Brasil**. IV Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação - SENGI 2021. Agosto 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352226912_A_importancia_da_Simulacao_na_formacao_do_Oficial_da_Armada_da_Marinha_do_Brasil. Acesso em: 8 ago. 2025.

KAHNEMAN, Daniel. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KOKOTAJLO, Daniel et al. **AI 2027: a realistic scenario of AI takeover**. AI Futures Project, 2025. Disponível em: <https://ai-2027.com/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

KOTT, Alexander; PERKINS, David. **C2 in algorithmic warfare: real-time battlefield decisions by machines**. RAND Corporation, 2020. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/conf_proceedings/CF415.html. Acesso em: 8 ago. 2025.

LIGHTHILL, James. **Artificial intelligence: a general survey**. London: Science Research Council, 1973.

MARINHA DO BRASIL. **Marinha investe em tecnologia de sistemas não tripulados para fortalecer a capacidade de vigilância e defesa**. Agência Marinha de Notícias, 11 ago. 2021. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/ciencia-e-tecnologia/marinha-investe-em-tecnologia-de-sistemas-nao-tripulados-para-fortalecer>. Acesso em: 8 ago. 2025.

MAYER-SCHÖNBERGER, Viktor; CUKIER, Kenneth. **Big data: a revolution that will transform how we live, work, and think**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.

MICHEL, Arthur Holland. **Decisions, decisions, decisions: computation and artificial intelligence in military decision-making**. Genebra: International Committee of the Red Cross, 2024. Disponível em: <https://shop.icrc.org/decisions-decisions-decisions-computation-and-artificial-intelligence-in-military-decision-making-pdf-en.html>. Acesso em: 8 ago. 2025.

MIMRAN, Tal; DAHAN, Gal. **Artificial Intelligence in the Battlefield: A Perspective from Israel**. *Opinio Juris*, 20 abr. 2024. Disponível em: <https://opiniojuris.org/2024/04/20/artificialintelligence-in-the-battlefield-a-perspective-from-israel/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

MINTZBERG, Henry; RAISINGHANI, Duru; THÉORET, André. **The structure of “unstructured” decision processes**. *Administrative Science Quarterly*, v. 21, n. 2, p. 246–275, 1976. DOI: 10.2307/2392045.

MOFA, Ministry of Foreign Affairs, Republic of Korea. **REAIM Summit 2024**. Seul, 2024. Disponível em: https://www.mofa.go.kr/eng/brd/m_5676/view.do?seq=322747. Acesso em: 8 ago. 2025.

MORGAN, Gareth. **Images of Organization**. Updated ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2009.

NACOUZI, George; DELUCA, Paul; NICKEL, James; et al. **Artificial intelligence and machine learning applications for defensive counterspace: a decision support tool capability demonstration**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2024. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA582-1.html. Acesso em: 8 ago. 2025.

NATO. North Atlantic Treaty Organization. **AJP-6: Allied Joint Doctrine for Communications and Information Systems**. Brussels: NATO Standardization Office, 2010. Disponível em: https://www.coemed.org/files/stanags/01_AJP/AJP-6_EDB_V1_E_2525.pdf. Acesso em: 8 ago. 2025.

NILSSON, Nils J. **The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

OWNBY, Michael; KOTT, Alexander. **Tools for real-time anticipation of enemy actions in tactical ground operations**. In: Proceedings of the 10th International Command and Control Research and Technology Symposium. McLean: CCRP, 2005.

PEARL, Judea. **Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference**. San Mateo: Morgan Kaufmann, 1988. ISBN 978-0-934613-73-6.

PELLERIN, Cheryl. **Project Maven to deploy computer algorithms to war zone by year's end**. Washington, DC: U.S. Department of Defense, 2017. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/1254719/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

RAFAEL ADVANCED DEFENSE SYSTEMS. **Fire Weaver: tactical AI sensor-to-effector system**. 2025. Disponível em: <https://www.rafael.co.il/worlds/land/fire-weaver/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. ISBN 978-0-13-604259-4.

SATYANARAYANAN, Mahadev. **The emergence of edge computing**. Computer, v. 50, n. 1, p. 30–39, 2017. DOI: 10.1109/MC.2017.9. Acesso em: 8 ago. 2025.

SHORTLIFFE, Edward H. **Computer-based medical consultations: MYCIN**. New York: Elsevier, 1976. ISBN 978-0-444-00123-9.

SIMON, Herbert A. **Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization**. 3. ed. New York: The Free Press, 1976.

SOARES, Leandro et al. **A machine learning approach to automatic fall detection of soldiers**. arXiv, 26 jan. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2501.15655>. Acesso em: 8 ago. 2025.

THE ECONOMIST. **The war in Ukraine and the future of AI**. The Economist, Londres, 2023a. Disponível em: https://www.economist.com/search?q=The+war+in+Ukraine+and+the+future+of+AI&page=1&search_sort_by=relevance. Acesso em: 8 ago. 2025.

THE ECONOMIST. **Artificial intelligence and the war in Ukraine**. The Economist, Londres, 2023b. Disponível em: https://www.economist.com/search?q=Artificial+intelligence+and+the+war+in+Ukraine&page=1&search_sort_by=relevance. Acesso em: 8 ago. 2025.

TOOSI, Amir; RABIEE, Hamid R.; YAGHMAEE, Farshad. **A brief history of AI: how to prevent another winter – a critical review**. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2109.01517>. Acesso em: 8 ago. 2025.

TURING, Alan M. **Computing machinery and intelligence**. Mind, v. 59, n. 236, p. 433–460, 1950. DOI: 10.1093/mind/LIX.236.433.

UNIÃO EUROPEIA. **European approach to artificial intelligence (AI Act)**. Bruxelas: Parlamento Europeu, 2024. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>. Acesso em: 8 ago. 2025.

UNIDIR, United Nations Institute for Disarmament Research. **The Governance of military AI**. Genebra, 2024. Disponível em: <https://unidir.org/publication/the-governance-of-military-ai>. Acesso em: 8 ago. 2025.

US ARMY. **Military decision-making process (ATP 5-0.2)**. Washington: US Army, 2019. Disponível em: https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/atp5_0x2.pdf. Acesso em: 8 ago. 2025.

VASCONCELLOS, Nathalia; LEITE, Luiz Miguel Klen; VIEIRA, Kathleen. **Relatório final de pesquisa aplicada: Inteligência Artificial na Marinha do Brasil**. Rio de Janeiro: EGN; Fundação Ezute, 2020. Disponível em: <https://ezute.org.br/o-emprego-da-inteligencia-artificial-na-marinha-do-futuro-aplicacoes-em-isr-e-aspectos-juridicos/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

VESTNER, Tobias; FRANÇOIS-BLOUIN, Juliette. **Globalizing Responsible AI in the Military Domain by the REAIM Summit**. GCSP, Genebra, 13 mar. 2023. Disponível em: <https://www.gcsp.ch/publications/globalizing-responsible-ai-military-domain-reaim-summit>. Acesso em: 8 ago. 2025.

WALLACH, Wendell; ALLEN, Colin. **Moral machines: teaching robots right from wrong**. Oxford: Oxford University Press, 2009.

WISMAR, Lt Col Eric A. **Future-proofing PME: how AI is redefining adaptive wargaming and strategic readiness**. Air University. Wild Blue Yonder, 2024. Disponível em: <https://www.airuniversity.af.edu/Wild-Blue-Yonder/Article-Display/Article/4221801/future-proofing-pme-how-ai-is-redefining-adaptive-wargaming-and-strategic-readi/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

ZHOU, Wen; GREIPL, Anna Rosalie. **Artificial intelligence in military decision-making: supporting humans, not replacing them**. Genebra: International Committee of the Red Cross, 2024. Disponível em: <https://blogs.icrc.org/law-and-policy/2024/08/29/artificial-intelligence-in-military-decision-making-supporting-humans-not-replacing-them/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

APÊNDICE A – Tabela comparativa entre ciclos de IA e fases do estudo

Data	Ciclo	Fase	Marco
1950	Início 1º Verão	Início Fase 1	Publicação do ensaio <i>Computing Machinery and Intelligence</i> (Teste de Turing) → marco conceitual inicial.
1956	1º Verão	Fase 1	Conferência de Dartmouth → formalização do termo “Inteligência Artificial”.
1970	1º Verão	Fase 1	Primeiros sistemas especialistas (ex.: MYCIN).
1973	Fim 1º Verão	Fase 1	Relatório <i>Lighthill</i> ; cortes de financiamento.
1974	Início 1º Inverno	Fase 1	Redução drástica de investimentos.
1980	Fim 1º Inverno	Fase 1	Retorno do interesse com avanços em <i>hardware</i> e especialistas.
1981	Início 2º Verão	Fase 1	Expansão comercial e projetos estratégicos (EUA/Japão).
1987	Fim 2º Verão	Fase 1	Crise das máquinas LISP.
1988	Início 2º Inverno	Fase 1	Colapso da IA simbólica; início de aplicações operacionais.
1991	2º Inverno	Fase 1	Uso do DART na Guerra do Golfo.
1999	Fim 2º Inverno	Fim Fase 1	Publicação do conceito de <i>network-centric warfare</i> → base tecnológica e doutrinária para IA militar.
2000	Início 3º Verão	Início Fase 2	Avanços em <i>machine learning</i> e visão computacional. Uso do sistema CADET (DARPA/Exército EUA) → primeiro emprego operacional de IA simbólica em planejamento tático.
2012	3º Verão	Fase 2	“ <i>ImageNet moment</i> ” com redes neurais profundas.
2015	3º Verão	Fim Fase 2	Estratégia <i>Third Offset</i> (EUA) → transição para IA de aprendizado de máquina.
2016	3º Verão	Início Fase 3	Adoção de IA baseada em dados; preparação do Project Maven.
2017	3º Verão	Fase 3	Lançamento do Project Maven (DoD/EUA) → IA de visão computacional em operações reais.
2020	3º Verão	Fim Fase 3	Consolidação do conceito de “guerra algorítmica” e uso pleno em coordenação de ataques.
2021	3º Verão	Fase 4	Operação Guardiã das Muralhas (Israel) → primeiro emprego sistemático e público de IA em todos os níveis do ciclo decisório militar.
2022	3º Verão	Início Fase 5	Guerra Rússia–Ucrânia → difusão global da IA no campo de batalha.
2024	3º Verão	Fim Fase 5	Aprovação do <i>AI Act</i> (UE) e consolidação de fóruns internacionais sobre IA militar responsável (REAIM).

Data	Ciclo	Fase	Marco
2025	3º Verão	Início Fase 6	Avanço previsto em autonomia tática, simulação generativa e guerra informacional/cognitiva.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nas referências citadas nas seções anteriores (DARPA/ RAND, Cebrowski et al., 1998; Mimran; Dahan, 2024; Pellerin, 2017; The Economist, 2023a; entre outros).