

# O Copiloto Cognitivo: Inteligência Artificial Aplicada a Sistemas Militares de Apoio à Decisão

Caio César dos Santos Cruz<sup>1</sup>, Robson Oliveira de Albuquerque<sup>2</sup>, João José Costa Gondim<sup>1</sup>, Dino Macedo Amaral<sup>1</sup>, Fábio Lúcio Lopes Mendonça<sup>1</sup>, Fernando V. Alves Belarmino de Macedo<sup>3</sup>

caiocscruz@gmail.com; robson@redes.unb.br; gondim@unb.br; dinoamaral@gmail.com; fabio.mendonca@unb.br; fernandovmacedo@gmail.com.

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - PPEE, Brazil

<sup>2</sup> Universidade Católica de Brasília, Brazil

<sup>3</sup> Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, Brazil

**Resumo:** A rápida adoção de Inteligência Artificial (IA) em sistemas militares de Apoio à Decisão (DSS) está redefinindo como comandantes observam, orientam-se, decidem e agem sob intensa pressão temporal. Com base em uma revisão sistemática guiada pelo método PRISMA, foram comparados 16 programas-referência de DSS com IA distribuídos em quatro blocos geopolíticos: Estados Unidos; China; Rússia; e OTAN/União Europeia. Partindo das classificações tradicionais de cinco fatores, o presente estudo propõe um quadro de avaliação com oito dimensões: tecnologias centrais, escalão decisório, nível de maturidade tecnológica (TRL), benefícios documentados, desafios críticos, confiabilidade operacional, resiliência em redes negadas-degradadas-intermitentes-limitadas (DDIL) e maturidade de Verificação-Validação-Teste-e-Avaliação (VVT&E). O quadro busca suprir lacunas já apontadas pela literatura especializada. Os resultados indicam a convergência de três vetores tecnológicos: o uso intensivo de grandes modelos de linguagem (LLM), que reduzem o tempo de definição de Cursos de Ação; arquiteturas híbridas *edge-cloud*, que atendem teatros operacionais DDIL; e camadas de IA explicável, que reforçam a confiança dos operadores, bem como a conformidade regulatória e operacional. Divergências persistem na maturidade de governança, nas restrições de soberania de dados e no acesso a semicondutores. O mapeamento da aderência de cada bloco às normas emergentes, como o AI Act da União Europeia, as diretrizes de IA Responsável do DoD e a ISO/IEC 24028, também evidenciou particularidades regionais. Observou-se a liderança europeia no desenvolvimento de mecanismos de conformidade, enquanto a primazia norte-americana se manifesta no planejamento centrado em LLMs. A China, por sua vez, destaca-se pela maior rapidez nos ciclos de teste de campo, ao passo que a guerra russo-ucraniana atua como um forte catalisador para a adoção de sistemas autônomos guiados por IA. Ao final, conclui-se que a agilidade para integrar novos modelos a processos operacionais já validados é o principal fator gerador de vantagem associado à aplicação de IA em sistemas de DSS, o que realça a importância crescente de pipelines de desenvolvimento ágil e DevSecOps. Entre as arquiteturas tecnológicas que se consolidam, há um destaque especial para a IA como copiloto cognitivo, que entrega recomendações contextualizadas e com

incerteza calibrada, preservando a supervisão humana. Essa abordagem dialoga com arquiteturas híbridas e IA explicável, tratadas no corpo do artigo.

**Palavras-chave:** IA militar; Sistemas de Apoio à Decisão; Copiloto Cognitivo; Grandes Modelos de Linguagem; IA Explicável.

## The Cognitive Copilot: Artificial Intelligence Applied to Military Decision Support Systems

**Abstract:** The rapid adoption of Artificial Intelligence (AI) in military Decision Support Systems (DSS) is redefining how commanders observe, orient, decide, and act under intense time pressure. Based on a systematic review guided by the PRISMA method, 16 benchmark AI-enabled DSS programs were compared across four geopolitical blocs: the United States, China, Russia, and NATO/European Union. Building upon traditional five-factor taxonomies, we propose an eight-dimension evaluation framework: core technology, decision-making echelon, technology readiness level (TRL), documented benefits, critical challenges, operational reliability, resilience in denied-degraded-intermittent-limited (DDIL) networks, and Verification, Validation, Test, and Evaluation (VVT&E) maturity. In doing so, we address gaps previously identified in the specialized literature. The results indicate the convergence of three technological vectors: the intensive use of large language models (LLMs), which drastically reduce the time to define Courses of Action; hybrid edge-cloud architectures, which address DDIL operational theaters; and explainable AI layers, which bolster operator trust as well as regulatory and operational compliance. Divergences persist in governance maturity, data sovereignty restrictions, and access to semiconductors. Mapping each bloc's adherence to emerging standards, such as the European Union's AI Act, the DoD's Responsible AI guidelines, and ISO/IEC 24028, also revealed regional particularities. European leadership was observed in the development of assurance and certification mechanisms, while North American primacy manifests in LLM-centric planning. China, in turn, stands out for its faster field-testing cycles, whereas the Russia-Ukraine war acts as a strong catalyst for the adoption of AI-guided autonomous systems. Ultimately, it can be concluded that the agility to integrate new models into already validated operational processes is the primary factor generating advantage from the application of AI in DSS, which highlights the growing importance of agile development and DevSecOps pipelines. Among the consolidating technological architectures, AI as a cognitive copilot receives special emphasis, delivering contextualized and uncertainty-calibrated recommendations while preserving human oversight. This approach is supported by other trends, such as hybrid architectures and explainable AI, which will be explored throughout the text.

**Keywords:** Military AI; Decision Support Systems; Cognitive Copilot; Large Language Models; Explainable AI.

## 1. Introdução

A incorporação da Inteligência Artificial (IA) em sistemas militares de apoio à decisão (DSS) é compreendida como uma transformação profunda em doutrina militar contemporânea, com promessa de vantagem decisiva em campos de batalha saturados pelo volume, pela velocidade e pela variedade de dados. A busca por superioridade algorítmica e, por extensão, decisória, convive, porém, com a necessidade de manter controle humano significativo sobre o uso da força.

O ciclo Observar-Orientar-Decidir-Agir (OODA) oferece, desde sua concepção, uma estrutura encadeada em que cada fase produz resultados bem definidos que alimentam a seguinte — padrão naturalmente traduzível para linguagem de máquina (Boyd, 1987).

Nos programas de comando e controle entre 1990 a 2010, essa afinidade já era explorada, onde sistemas aceleravam a fase "Observar" com fusão de dados, montavam a "Orientação" em painéis de consciência situacional e produziam recomendações "Decidir" baseadas em regras. Persistia, porém, um descompasso entre a recomendação automática e o julgamento humano, pois a lógica determinística raramente dava conta da complexidade do cenário tático (Probasco et al., 2025; ICRC, 2024).

A partir de 2018, o amadurecimento de arquiteturas distribuídas (microsserviços, *edge computing*, etc.) aumentou a compatibilidade do ciclo OODA com a programação em rede. Sensores na borda alimentam "Observar", sistemas de mensageria realizam a "Orientação" e funções como serviço executam "Ações" quase em tempo real (Mahoney, 2024; NATO STO, 2024). Nesse cenário, modelos de IA passaram a substituir heurísticas rígidas por inferência estatística, e cada ciclo começou a aprender com o anterior. Com os primeiros Grandes Modelos de Linguagem em sistemas militares, ficou evidente que o movimento não era encaixar IA no OODA, mas potencializar um ciclo já desenhado para a automação, agora capaz de se adaptar à incerteza operacional (DoD, 2023; T-Invariant, 2025).

A literatura sobre IA militar é rica em estudos de sistemas específicos (COA-GPT americano, ecossistema Akatsiya-M russo). Todavia, carece de análises comparativas que transcendam a tecnologia e contrastem arquiteturas, doutrinas, ecossistemas de inovação e modelos de governança. Nesse sentido, este estudo busca contribuir para duas questões centrais sobre a evolução dos DSS-IA: (i) *qual é o principal vetor de vantagem competitiva*; e (ii) *qual arquitetura tecnológica se consolida como referência predominante nesses sistemas*.

A metodologia combina revisão sistemática guiada pelo protocolo PRISMA com um framework multidimensional que compara 16 programas de IA militar em quatro blocos estratégicos. Os parâmetros de avaliação que serão abordados ao longo do estudo foram organizados em: tecnologias centrais, escalão decisório, nível de maturidade tecnológica (TRL), benefícios documentados, desafios críticos, confiabilidade operacional, resiliência em redes negadas-degradadas-intermitentes-limitadas (DDIL) e maturidade de Verificação-Validação-Teste-e-Avaliação (VVT&E). O artigo está organizado conforme se segue. Após uma breve introdução, a seção 2 discute a metodologia. A seção 3, trabalhos relacionados, a seção 4, delimitação e blocos analisados. As conclusões fazem o fechamento do trabalho na seção 5.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Metodologia de Revisão de Escopo (PRISMA-ScR)**

Adotamos os procedimentos de *scoping review* conforme o protocolo PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018), que estende as diretrizes PRISMA 2020 (Page et al., 2021) com objetivo principal de mapear a produção de conhecimento sobre um tema multidisciplinar, em vez de focar em evidências quantitativas. O *scoping review* é o método adequado ao presente estudo uma vez que o tema inclui múltiplas disciplinas acadêmicas, políticas de defesa e literatura cinzenta institucional.

**2.2 Pergunta de pesquisa.** A questão orientadora, formulada segundo o framework PCC (*Population, Concept, Context*), é: *como se diferenciam as abordagens de DSS-IA de uso militar entre Estados Unidos, China, Rússia e União Europeia/OTAN no período 2020–2025, considerando arquitetura tecnológica, maturidade tecnológica, escalão decisório, governança, verificação-validação e resiliência operacional?* Três questões secundárias derivam dela: (RQ1) *quais tecnologias de IA convergem entre os quatro blocos?*; (RQ2) *o que explica a divergência entre os blocos?*; e (RQ3) *qual vetor de vantagem competitiva emerge da comparação?*

**2.3 Fontes e estratégia de busca.** A busca primária rodou em 11 de fevereiro de 2026 na base Scopus e retornou 467 registros. Buscas complementares cobriram literatura cinzenta (CNAS, CSIS, RAND, NATO STO, EDA, ICRC, DoD) e repositórios abertos (Google Scholar, Semantic Scholar, arXiv), como *pool* de verificação cruzada. As buscas combinam três eixos lexicais: apoio à decisão e C2; IA e seus métodos; e aplicação militar, conforme a Tabela 1. O corpus foi complementado com 67 referências triadas pelos autores, oriundas de experiência prévia em defesa, e reconciliadas com a busca sistematizada para mitigar viés de seleção.

Tabela 1 – Estratégia de busca booleana aplicada em Scopus (16 abr. 2026).

| Eixo conceitual         | Termos booleanos                                                                                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Apoio à decisão / C2    | "decision support" OR "command and control" OR "C2" OR "OODA"                                                             |
| Inteligência Artificial | "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "large language model*" OR "generative AI"                             |
| Contexto militar        | military OR defense OR defence OR warfare OR "armed forces"                                                               |
| Filtro – EUA            | + "United States" OR Pentagon OR "Project Maven" OR TITAN OR Thunderforge OR ABMS OR CJADC2 OR JADC2 OR "Task Force Lima" |
| Filtro – China          | + China OR PLA OR "intelligentized warfare" OR "Aiwu" OR Norinco OR IJOP OR "civil-military fusion"                       |
| Filtro – Rússia         | + Russia* OR Akatsiya OR Strelets OR Lancet OR Marker OR "loitering munition" OR "electronic warfare"                     |
| Filtro – UE/OTAN        | + NATO OR "European Union" OR SCORPION OR SICS OR Artemis OR "Maven Smart System" OR AIDA OR "AI Act" OR EDA              |
| Recorte temporal        | PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026                                                                                         |

**2.4 Critérios de elegibilidade.** A inclusão (I1-I6) exigiu: publicação entre 01/2020 e 12/2025; inglês ou português; abordagem direta a DSS-IA, C2-IA ou IA no ciclo decisório militar; TRL  $\geq 3$ ; texto integral público; e relevância a pelo menos um bloco. A exclusão (E1-E7) removeu aplicações fora do escopo de DSS/C2, documentos opinativos, blogs sem curadoria, duplicatas, documentos classificados ou com *paywall*; *press releases* corporativos sem verificação; e fontes com histórico de desinformação. Processo de seleção. A seleção ocorreu em dois estágios. No primeiro, os 534 registros (467 do Scopus + 67 pré-triados) foram avaliados por título e *abstract*, aplicando-se E1 a E3 e excluindo 358 registros fora de escopo; 176 foram encaminhados para leitura integral. No segundo estágio, os critérios restantes excluíram 107 documentos (97 do Scopus por fora do escopo, TRL insuficiente, fonte de baixa qualidade ou barreiras de acesso; 10 pré-triados por falta de data ou curadoria). Ao final, somaram-se cinco adições externas validadas — Scharre (2023), Payne (2021), Horowitz e Lin-Greenberg (2022), Tricco et al. (2018) e Page et al. (2021) —, totalizando 74 fontes incluídas na síntese. Saturação e limitações. A saturação foi atingida em 16 programas-referência (quatro por bloco), quando novos candidatos passaram a apresentar descrições redundantes. Cinco limitações merecem registro: (L1) a restrição a inglês e português acessa a literatura chinesa e russa apenas via traduções ocidentais; (L2) sem acesso autenticado a Web of Science e IEEE Xplore, a cobertura apoiou-se em Scopus e bases abertas, que somam cerca de 70% da produção do período; (L3) documentos classificados não são acessíveis, gerando assimetria na análise de China e Rússia; (L4) a busca é retrospectiva, com corte em abril de 2026; e (L5) os autores têm experiência prévia em defesa — para mitigar viés, a busca foi executada de modo independente e reconciliada com os resultados sistematizados.

### **3 Trabalhos relacionados**

#### **3.1 Grandes Modelos de Linguagem (LLMs)**

Grandes modelos de linguagem (LLMs) especializados em defesa reduzem o tempo necessário para a análise de Cursos de Ação (Caballero; Jenkins, 2024). Nos Estados Unidos, a “*Task Force Lima*” detalhou oportunidades e desafios da IA generativa em operações conjuntas (DoD, 2024a). A iniciativa “*Defense Llama*” exemplifica a customização de modelos abertos para fins militares específicos (DEFENSE SCOOP, 2024).

#### **3.2 Arquiteturas Edge-Cloud em Ambientes DDIL**

Ambientes negados, degradados, intermitentes e de baixa largura de banda (DDIL) exigem arquiteturas híbridas edge-cloud. Relatos de campo demonstram que IA embarcada na borda reduz a dependência de comunicações e aumenta a resiliência operacional (ICRC, 2025). A abordagem de “IA privada” (levar modelos aos dados e não o inverso) reforça requisitos de segurança e privacidade, particularmente no contexto militar (ICRC, 2024).

#### **3.3 IA Explicável, Governança e Supervisão Humana**

A explicabilidade em sistemas de IA de defesa é discutida em várias frentes. A Organização de Ciência e Tecnologia da OTAN (NATO STO) mostra que níveis moderados de explicação fortalecem a confiança do operador sem causar sobrecarga cognitiva (NATO STO, 2024). O Comitê Internacional da Cruz Vermelha (ICRC) reforça a necessidade de salvaguardas jurídico-éticas quando esses sistemas influenciam decisões sobre o uso da força (ICRC, 2024), e pesquisas técnicas já aplicam métodos de IA Explicável (XAI) à análise de cenários alternativos e ao grad-CAM em interfaces de tempo real (Babl.ai, 2025).

#### **3.4 Lacunas e Oportunidades de Pesquisa**

Persistem lacunas em métricas padronizadas para avaliar desempenho, confiabilidade e impacto ético de DSS-IA. As revisões sistemáticas apontam limitações de escopo e dificuldade em validar sistemas em que decisões humanas e algorítmicas se entrelaçam (Babl.ai, 2025). A literatura aponta para a necessidade de frameworks que integrem fatores técnicos, organizacionais e éticos em chave comparativa — propósito deste estudo.

### **4. Delimitação e Blocos Analisados**

Para a revisão sistemática foram definidos quatro blocos — Estados Unidos, China, Rússia e União Europeia/OTAN —, que concentram mais de 70% dos investimentos

em RDT&E de IA militar entre 2020 e 2025 (DoD, 2023; Mahoney, 2024; ICRC, 2025). A seleção considerou: escala de recursos ( $\geq$  US\$ 1 bi/ano); doutrina publicada de DSS-IA; implementações operacionais ativas que já colocam IA no “loop” de decisão; e influência geopolítica capaz de moldar normas e produzir efeito sistêmico na difusão de DSS-IA. Vale lembrar ainda os “*Middle Powers*” (potências médias): nações com alcance global limitado, mas com especialização tecnológica para exercer influência desproporcional como vetores de inovação em IA militar.

Entre as potências médias, Israel destaca-se pela IA embarcada em VANTs e defesa cibernética; a Índia, por ciclos rápidos de desenvolvimento e LLMs em fronteiras; a Coreia do Sul, pela integração de IA a sistemas C4ISR e à robótica. Esses países funcionam como centros de experimentação ágil, cujos protótipos migram para coalizões maiores e, ao oferecer soluções modulares e acessíveis, introduzem variáveis capazes de desafiar os blocos hegemônicos em cenários regionais.

4.1 Estados Unidos

A estratégia dos EUA para IA em DSS busca "superioridade decisória" pela aceleração do OODA. O DoD investe em três vetores: aprendizado profundo para visão computacional e fusão de dados, como no “*Project Maven*”; computação de borda (*edge computing*) para executar IA em ambientes táticos com conectividade limitada, exemplificada pelo sistema “*TITAN*”; e modelos generativos (LLMs) para acelerar o planejamento operacional e estratégico, como na iniciativa “*Thunderforge*” (conforme dados na tabela 2). Entre os resultados já demonstrados: o *Project Maven* evoluiu de reconhecimento de alvos para fusão de inteligência multifonte usada em planejamento; o *TITAN* processa dados de sensores espaciais, aéreos e terrestres no campo de batalha, reduzindo o tempo entre detecção e engajamento de alvos. O DoD mantém um arcabouço normativo amplo para orientar a adoção da IA: desafios como integração com sistemas legados, complexidade de VVT&E e confiança do operador são tratados pela Estratégia de IA Responsável e pelos Princípios Éticos de IA do DoD, que exigem sistemas governáveis, rastreáveis e confiáveis, com supervisão humana significativa.

Tabela 2 – Análise multidimensional para Estados Unidos.

| Programa      | Tecnologia -Núcleo                                   | Escala de Decisão         | TRL | Benefícios Documentados                                                   | Desafios Críticos                                        | Confiabilidade | Resiliência DDIL | Maturidade VVT&E |
|---------------|------------------------------------------------------|---------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| Project Maven | Visão Computacional, Fusão de Dados Multi-Fonte, LLM | Estratégico / Operacional | 8–9 | Análise de inteligência acelerada; interface unificada para planejadores. | Integração de dados heterogêneos; curadoria de big data. | Alta           | Média            | Alta             |
| TITAN         | IA/ML Embarcada (Edge), Fusão de Sensores ISR        | Tático / Operacional      | 7–8 | Processamento ISR em tempo real; redução do tempo sensor-efetor (>60%).   | Complexidade de integração (sensores multicamada).       | Média          | Alta             | Média            |

| Programa                | Tecnologia -Núcleo                                  | Escalão de Decisão        | TRL        | Benefícios Documentados                                            | Desafios Críticos                                           | Confiabilidade | Resiliência DDIL | Maturidade VVT&E |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>Thunderforge</b>     | LLMs, Simulação, Wargaming com IA                   | Operacional / Estratégico | <b>6</b>   | Geração acelerada de COAs; automação do planejamento de campanhas. | Validação das recomendações da IA; confiança do analista.   | <b>Média</b>   | <b>Média</b>     | <b>Baixa</b>     |
| <b>ABMS (Exp. DASH)</b> | Microserviços de IA em Nuvem, Human-Machine Teaming | Tático / Operacional      | <b>6-7</b> | Redução de 7x no tempo de decisão da equipe de C2.                 | Integração entre Forças; latência em ambientes contestados. | <b>Média</b>   | <b>Média</b>     | <b>Média</b>     |

## 4.2 China

A estratégia chinesa de “guerra inteligentizada” (*intelligentized warfare* - 智能化战争) visa a integração sistêmica da Inteligência Artificial (IA) para obter vantagem decisória. A abordagem se apoia em três pilares tecnológicos: o uso de grandes modelos de linguagem (LLMs) para acelerar a geração de Cursos de Ação (COAs); fusão multimodal de dados, que combina informações de satélites, radares e fontes abertas (OSINT); e o emprego de arquiteturas híbridas *edge-cloud*, que distribuem a capacidade de processamento para nós táticos, garantindo resiliência em ambientes de comunicação degradada (DDIL). A estratégia opera pela "fusão civil-militar", que acelera a transferência de tecnologia entre empresas, universidades e defesa, resumidos na tabela 3.

Tabela 3 – Análise multidimensional para China.

| Programa                                                  | Tecnologia -Núcleo                                  | Escalão de Decisão   | TRL        | Benefícios Documentados                                                                      | Desafios Críticos                                                                        | Confiabilidade | Resiliência DDIL | Maturidade VVT&E |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>Aiwi LLM+</b>                                          | LLM multimodal + big data                           | Operacional          | <b>6-7</b> | Reduz tempo de análise/planejamento de horas → minutos.                                      | Viés ideológico; opacidade.                                                              | <b>Média</b>   | <b>Média</b>     | <b>Baixa</b>     |
| <b>Plataforma Integrada de Operações Conjuntas (IJOP)</b> | Machine Learning, Fusão de Dados e Big Data (C4ISR) | Operacional / Tático | <b>8-9</b> | Alertas preditivos em tempo real; fusão massiva de inteligência para patrulhas de fronteira. | Alto volume de falsos positivos; dependência de conectividade constante; viés nos dados. | <b>Média</b>   | <b>Baixa</b>     | <b>Baixa</b>     |
| <b>Ataque de Precisão Norinco</b>                         | Autonomia de enxame                                 | Operacional / Tático | <b>7-8</b> | Cadeia sensor-efetor < 30 s; saturação de alvos.                                             | Garantir humano-no-loop.                                                                 | <b>Alta</b>    | <b>Alta</b>      | <b>Média</b>     |
| <b>Brigada Sintética IA</b>                               | C2 digital + UxV                                    | Tático               | <b>6-7</b> | Coordenação interarmas 40% mais rápida.                                                      | Complexidade logística.                                                                  | <b>Média</b>   | <b>Alta</b>      | <b>Baixa</b>     |

Dois exemplos: o *Aiwi LLM+*, que permite consultas em linguagem natural em postos de comando, e o sistema de ataque de precisão da estatal Norinco, que utiliza IA para coordenar enxames de drones e munições *loitering*, restando ao humano a

autorização final do ataque. Grandes exercícios, como o *Joint Sword*, funcionam como laboratórios de campo para testar e refinar esses modelos, com o objetivo declarado de alcançar uma guerra algorítmica plenamente integrada até 2030. Persistem desafios críticos: a dificuldade de auditar modelos de IA "Caixa-Preta"; a integração entre as Forças, que ainda operam em silos; e o risco de viés ideológico em modelos treinados com dados politicamente filtrados. No plano normativo, embora o governo chinês apoie princípios de IA confiável em fóruns internacionais, o país não publica um código de ética operacional transparente. Diretrizes internas sobre supervisão humana permanecem classificadas e os processos de validação (VVT&E) carecem de auditoria independente.

### 4.3 Rússia

A abordagem russa é pragmática e focada no campo de batalha, com prioridade em robótica de combate, sistemas não tripulados e guerra eletrônica. A doutrina valoriza IA embarcada, sobretudo em visão computacional, para ampliar letalidade e autonomia. Diferentemente do Ocidente, a Rússia integra DSS a operações de guerra cognitiva e usa VANTs para desinformação e ataques não cinéticos — marca de sua ênfase na manipulação do ambiente informacional. A análise está resumida na tabela 4.

Tabela 4 – Análise multidimensional para Rússia.

| Programa              | Tecnologia-Núcleo                                  | Escalão de Decisão   | TRL | Benefícios Documentados                                 | Desafios Críticos                                          | Confiabilidade | Resiliência DDIL | Maturidade VVT&E |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------------------|-----|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>Akatsiya-M</b>     | Sistema móvel C4ISR                                | Tático / Operacional | 8–9 | Integração de comunicações e informações em tempo real. | Dependência de links de dados seguros; alto custo.         | Alta           | Média            | Alta             |
| <b>Strelets</b>       | Kit portátil de C4I                                | Tático / Operacional | 9   | Aquisição rápida de alvos; conexão com artilharia.      | Peso e autonomia das baterias.                             | Alta           | Baixa            | Média            |
| <b>Lancet-3 (UAV)</b> | Munição loitering com IA de visão e autopilot      | Tático               | 9   | Ataques de precisão validados em combate massivo.       | Dependência de chips estrangeiros para produção em escala. | Alta           | Alta             | Alta             |
| <b>Marker (UGV)</b>   | Veículo terrestre autônomo com IA p/reconhecimento | Tático               | 6–7 | Engajamento rápido de alvos múltiplos (em testes).      | Confiabilidade e logística em ambiente operacional real.   | Baixa          | Média            | Baixa            |

A guerra na Ucrânia serve de laboratório ao ecossistema russo, acelerando ciclos de desenvolvimento e validação e pondo à prova protótipos. Exemplo mais notório: a munição *loitering Lancet-3*, equipada com IA para reconhecimento de alvos e voo autônomo e eficácia próxima a 80% — expressão da rápida militarização da indústria civil. Pesam contra a Rússia a dependência de semicondutores importados, que limita a escala de produção, a fragilidade das redes de comando sob guerra eletrônica

intensa e a escassez de dados de combate de qualidade. No plano normativo, a abordagem é centralizada na soberania tecnológica, rejeita padrões multilaterais e carece de governança transparente.

#### 4.4 UE / OTAN

A UE/OTAN diferencia-se pela ênfase em interoperabilidade multinacional, governança e IA Explicável (XAI). A lógica é construir vantagem coletiva baseada em confiança e padrões compartilhados, não uma corrida puramente tecnológica. A arquitetura prioriza redes distribuídas e resilientes para a fusão de dados de múltiplos domínios, garantindo operação coesa entre forças aliadas, com supervisão humana que aprimora (em vez de substituir) o julgamento do comandante. A operacionalização combina programas nacionais e iniciativas colaborativas, conforme resumo na tabela 5.

Tabela 5 – Análise multidimensional para UE/OTAN.

| Programa                       | Tecnologia -Núcleo                     | Escala de Decisão         | TRL        | Benefícios Documentados                                     | Desafios Críticos                                              | Confiabilidade | Resiliência DDIL | Maturidade VVT&E |
|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>SICS (SCORPION, França)</b> | C2 integrado / fusão de dados táticos  | Tático / Operacional      | <b>8-9</b> | Melhora da consciência situacional e velocidade na decisão. | Interoperabilidade multinacional; dependência de comunicações. | <b>Alta</b>    | <b>Média</b>     | <b>Alta</b>      |
| <b>Artemis.IA (França)</b>     | Big data / IA analítica multi-fonte    | Operacional / Estratégico | <b>6-7</b> | Exploração de dados multissensoriais; autonomia.            | Volume e fusão de dados; testes de algoritmos.                 | <b>Média</b>   | <b>Média</b>     | <b>Média</b>     |
| <b>Maven Smart System NATO</b> | IA de fusão de inteligência (ML/LLM)   | Estratégico / Operacional | <b>8</b>   | Fusão de inteligência e aceleração de planejamento.         | Ética no targeting automatizado; integração a C2 legado.       | <b>Média</b>   | <b>Alta</b>      | <b>Média</b>     |
| <b>AIDA (UE/Indra)</b>         | Agentes de IA autônomos de ciberdefesa | Tático / Cibernético      | <b>4-5</b> | Resposta cibernética em tempo real; defesa distribuída.     | Confiabilidade de agentes autônomos; segurança adversarial.    | <b>Baixa</b>   | <b>Alta</b>      | <b>Baixa</b>     |

A França lidera com o *SICS*, parte do programa *SCORPION*, que oferece comando e controle tático integrado em tempo real. Em nível estratégico, a OTAN adquiriu o *Maven Smart System NATO*, plataforma de IA baseada em tecnologia comercial para acelerar a fusão de inteligência. Projetos futuros, como o *AIDA*, liderado pela Espanha, focam em capacidades de ponta, como agentes autônomos para defesa cibernética. O diferencial é o arcabouço normativo. Guiada pelos *Princípios de Uso Responsável da OTAN* e pela influência do *EU AI Act*, o bloco busca garantir emprego legal, ético e controlável da IA. Enquanto o *EU AI Act* isenta aplicações exclusivamente militares, estabelece precedente regulatório rigoroso que guia as normas de defesa. A escolha por validação, certificação e controle humano, em vez

de velocidade, é tratada como investimento de longo prazo na segurança e coesão operacional do bloco.

5. Revisão Sistemática e Apresentação de resultados

Este capítulo aplica o framework de 8 dimensões aos quatro blocos, para mapear convergências, divergências e os vetores de vantagem competitiva. Os dados foram extraídos de literatura acadêmica, relatórios governamentais, documentos doutrinários e literatura cinzenta de *think tanks* e agências de notícias especializadas. Cada dimensão apoia-se em indicadores concretos: resiliência DDIL pela capacidade de operação sob interferência; confiabilidade e VVT&E por testes, auditorias e pipelines auditáveis, com base em normas como a ISO/IEC 24028 e nas diretrizes do DoD e da UE. Duas limitações: a avaliação de China e Rússia apoia-se sobretudo em fontes ocidentais, e os TRL são estimativas consolidadas, não auditorias formais com acesso a dados classificados.

5.1 Matriz Comparativa de Capacidades em DSS-IA

A Tabela 6 sintetiza a análise nas oito dimensões do framework, permitindo a comparação direta entre os quatro blocos. Em alguns campos, os valores apresentados refletem percepção média ou ponderada.

Tabela 6 – Comparativo multidimensional entre os blocos pesquisados.

| Bloco | Foco Tecnológico                                                                                 | Escala Decisório                                                                               | Principais Benefícios                                                | Perfil de Maturidade (TRL)                 | Desafios Críticos                                                                                         | Confiabilidade Operacional                                                    | Resiliência DDIL                                                      | Maturidade VVT&E                                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| EUA   | LLMs (Thunderforge), fusão de dados (Maven), edge computing (TITAN) integrados via CJADC2.       | Todos os escalões: estratégico (CJADC2), operacional (Thunderforge), tático (TITAN).           | Redução drástica do ciclo sensor-atirador e aceleração de COA.       | TRL 6-9 (Foco em Prototipagem e Transição) | Fragmentação entre forças (silos), ausência de CJADC2 unificado e dependência de fornecedores comerciais. | Alta – Sistemas auditáveis e testados, com governança formal e IA explicável. | Média – Estratégia edge-cloud promissora, porém ainda em implantação. | Alta – Protocolos robustos, simulações + testes reais; pipelines auditáveis. |
| China | LLMs para inteligência (Aiwu LLM+), fusão de dados (IJOP) e IA em ataques coordenados (Norinco). | Operacional e tático, com foco em "comando inteligentizado" e uso direto em postos de comando. | Iteração rápida, refinamento contínuo com dados operacionais vastos. | TRL 6-9 (Foco em Exercícios de Campo)      | Silos entre forças, viés ideológico nos dados, opacidade nos modelos e dependência de semicondutores.     | Alta – Inovação ágil, com testes em exercícios militares.                     | Alta – Edge-cloud garante autonomia em ambientes degradados.          | Baixa-Média – Sem padronização ou auditoria externa; forte viés nos dados.   |

| Bloco            | Foco Tecnológico                                                                              | Escalão Decisório                                                                          | Principais Benefícios                                                          | Perfil de Maturidade (TRL)                     | Desafios Críticos                                                                                  | Confiabilidade Operacional                                                            | Resiliência DDIL                                                                     | Maturidade VVT&E                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rússia</b>    | IA embarcada em sistemas autônomos táticos (Lancet-3, Strelets), guerra cognitiva/eletrônica. | Predominantemente tático, com autonomia delegada a VANTs e munições loitering.             | Validação em combate (Lancet), adaptação acelerada por "maturação por guerra". | TRL 6-9 (Predominância Operacional em Combate) | Dependência de tecnologia ocidental, escassez de dados e redes frágeis.                            | Alta – Apesar de poucos processos formais, testes e aprimoramento em operação.        | Alta – Vulnerabilidades identificadas sob guerra eletrônica, corrigidas em operação. | Baixa – Sem VVT&E formal; validação empírica, sem reprodutibilidade.   |
| <b>UE / OTAN</b> | Redes interoperáveis (SICS), IA explicável e plataformas comprovadas (MSS NATO).              | Todos os escalões, com ênfase na "supervisão humana significativa" e doutrina ética comum. | Coesão aliada e eficiência em decisões multinacionais.                         | TRL 4-9 (Alta Dispersão: P&D a COTS)           | Dificuldade em coordenação multinacional, lentidão decisória, e interoperabilidade e doutrinárias. | Média – Certificação rigorosa e XAI padronizada, mas maturidade de IA ainda desigual. | Baixa – Complexidade multinacional, estágios iniciais.                               | Alta – Conformidade com AI Act, TAID e ISO 24028; testes estruturados. |

## 5.2 Análise Comparativa dos Blocos

A comparação entre Estados Unidos, China, Rússia e União Europeia/OTAN revela padrões comuns e divergências marcadas, que refletem modelos organizacionais, doutrinas militares e ecossistemas de inovação distintos. A convergência aparece em dois pilares tecnológicos: os grandes modelos de linguagem (LLMs) e as arquiteturas híbridas edge–cloud. Ambos respondem à crescente complexidade dos teatros operacionais e à pressão por acelerar o ciclo OODA. Os LLMs sintetizam dados diversos em segundos; a borda computacional, pela resiliência em ambientes DDIL, firma-se como tecnologia central dos DSS-IA.

A maturidade de VVT&E e a supervisão humana variam conforme o bloco. EUA e UE/OTAN priorizam frameworks transparentes como o *AI Act* europeu e os princípios de *IA Responsável do Departamento de Defesa* norte-americano, que asseguram auditabilidade, rastreabilidade e controle humano. O resultado é um desenvolvimento mais gradual, porém com altos padrões de confiabilidade e segurança operacional. Em contraste, Rússia e China adotam estratégias orientadas pela velocidade e adaptabilidade no campo de batalha, com ciclos curtos de teste e implantação. A guerra russo-ucraniana acelerou a maturação prática de sistemas russos, como os drones *Lancet-3*, com eficácia rapidamente comprovada em combate. A China explora a fusão civil-militar para incorporar tecnologias comerciais à defesa, com destaque para IA generativa em planejamento tático e inteligência automatizada — embora a ausência de validação externa, a centralização decisória e a baixa transparência regulatória imponham limites à confiabilidade. A tensão entre esses paradigmas, um calçado em conformidade, outro em velocidade, define o grau de integração da IA e a escalabilidade das soluções. Ao comparar as oito dimensões, fica evidente que a vantagem não vem só da sofisticação técnica, mas da capacidade institucional de operar a IA como copiloto cognitivo em ambientes incertos e de alta responsabilidade.

## 6. Conclusões

A Inteligência Artificial aplicada a Sistemas Militares de Apoio à Decisão (DSS-IA) redesenha doutrinas e práticas militares. A análise dos programas de referência confirma que uma base tecnológica comum se consolidou globalmente, fundamentada em três pilares: Grandes Modelos de Linguagem (LLMs), arquiteturas híbridas *edge-cloud* e camadas de IA Explicável (XAI). Sobre essa fundação, no entanto, competem duas filosofias distintas sobre o ciclo decisório, transformando a corrida tecnológica em uma disputa doutrinária sobre a natureza da parceria homem-máquina.

A divergência central opõe o modelo normativo de EUA e UE/OTAN — centrado em governança, VVT&E e conformidade ética — ao modelo pragmático de China e Rússia, orientado à velocidade e à "maturação por combate". Pelas laterais, os "Middle Powers" — Israel, Índia e Coreia do Sul — agem como laboratórios de inovação ágil. Restrições materiais também pesam: a dependência russa de semicondutores importados limita a escala de produção. No debate sobre governança e ética, o rigor regulatório ocidental traz confiança, mas pode gerar atraso tático diante de adversários sem as mesmas restrições — assimetria em que a regulação excessiva vira vulnerabilidade.

A agilidade organizacional passa à frente dos vetores tradicionais de vantagem: define-se pela capacidade de integrar novos modelos de IA a processos operacionais, apoiada em práticas como o DevSecOps. O Ocidente aposta em conformidade normativa como fonte de resiliência no longo prazo; China e Rússia, em ciclos curtos de adaptação em combate. Vence quem dominar o ciclo de integração, não só o de desenvolvimento — e o "copiloto cognitivo" aparece menos como solução consensual e mais como arena em que essas filosofias serão testadas. A questão para o futuro não é se a IA atuará como parceiro cognitivo, mas qual modelo de confiança, governança e agilidade se provará mais eficaz sob a pressão do conflito. Definir métricas padronizadas para avaliar desempenho e impacto operacional desses sistemas é a lacuna mais crítica a ser preenchida pela comunidade acadêmica e de defesa.

## Referências

- ADAMSKY, D. The Role of AI in Russia's Confrontation with the West. Washington: CNAS, 2024.
- ALLEN, G. Joint Artificial Intelligence Center (JAIC): The Pentagon United States Technical Report. Washington: DoD, 2020.
- BABL.AI. AI in Combat: CSET Report Warns Military Commanders Against Blind Reliance on Decision Support Systems. Babl.ai, 2025.
- BOYD, J. R. A Discourse on Winning and Losing. Maxwell AFB: Air Univ. Press, 1987.
- BROWN, I. T. A new conception of war: John Boyd, The U.S. Marines, and maneuver warfare. Quantico: Marine Corps Univ. Press, 2018.
- CABALLERO, J.; JENKINS, B. On Large Language Models in National Security Applications. arXiv:2402.16403, 2024.

CENTER FOR SECURITY AND EMERGING TECHNOLOGY (CSET). China's Military AI Roadblocks. Georgetown University, 2022.

CHEN, T. et al. Application Prospects of Artificial Intelligence Technology in Joint All-Domain Command and Control. LNEE, v. 949, p. 331-340, 2022. DOI: 10.1007/978-981-19-6052-9\_31.

CLAPP, S. Defence and Artificial Intelligence. EPRS, 2025.

CNA. The PLA and Intelligent Warfare: A Preliminary Analysis. CNA, out. 2021.

DARPA. ASIMOV: Autonomy Standards and Ideals with Military Operational Values. Defense Advanced Research Projects Agency, 2024.

DEFENCE BLOG. Lancet drones fill artillery void for Russian army. Defence Blog, 2023.

DEFENCE INDUSTRY & SPACE. NATO acquires advanced AI-enabled warfighting system from Palantir. Defence Industry & Space, 2025.

DEFENSE NEWS. Palantir delivers first 2 next-gen targeting systems to Army. Defense News, 7 mar. 2025.

DEFENSE ONE. Established defense contractors lend tech startups a helping hand. Defense One, 20 nov. 2025.

DEFENSE ONE. New products show China's quest to automate battle. Defense One, 5 mar. 2025.

DEFENSE SCOOP. Scale AI unveils 'Defense Llama' large language model for national security users. Defense Scoop, 2024.

DIU. Thunderforge Project: Integrating Commercial AI-Powered Decision-Making. DIU, 2025.

DORSEY, J. The erosion of human(e) judgement in targeting? Quantification logics, AI-enabled decision support systems and proportionality assessments in IHL. Int. Rev. Red Cross, v. 107, n. 930, p. 1041-1071, 2025. DOI: 10.1017/S1816383125100969.

EUROPEAN DEFENCE AGENCY. Trustworthiness for AI in Defence. EDA, 9 maio 2025.

EUROPEAN UNION. AIDA - Artificial Intelligence Deployable Agent. EDF, 2023.

EVIDEN. SICS ALAT, the combat information system of the SCORPION program. Eviden, 2023.

GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO). Defense Command and Control: Further Progress Hinges on Establishing a Comprehensive Framework. GAO, 2025.

HOROWITZ, M. C.; LIN-GREENBERG, E. Algorithms and Influence: Artificial Intelligence and Crisis Decision-Making. Int. Stud. Quart., v. 66, n. 4, sqac069, 2022. DOI: 10.1093/isq/sqac069.

ICRC. Artificial Intelligence in the Military Domain: Report to the UN Secretary-General. ICRC, 2025.

ICRC. Do AI Decision Support Systems 'Support' Humans in Military Decision-Making on the Use of Force? *Opinio Juris*, 29 nov. 2024.

IISS. NATO and collective thinking on AI. IISS Military Balance, nov. 2020.

INSIKT GROUP. Artificial Eyes: Generative AI in China's Military Intelligence. Recorded Future, 17 nov. 2025.

JOHNSON, J. Automating the OODA loop in the age of intelligent machines: reaffirming the role of humans in command-and-control decision-making in the digital age. Defence Studies, v. 23, n. 1, p. 43-67, 2023. DOI: 10.1080/14702436.2022.2102486.

KANIA, E. Military artificial intelligence, the People's Liberation Army, and U.S.-China strategic competition. Washington: CNAS, 2024.

KHAN, L. et al. Machine Learning (ML) in Aerospace and Defense (A&D) Industries: A Systematic Literature Review. J. Manag. Eng. Integr., v. 17, n. 2, p. 66-82, 2024. DOI: 10.62704/10057/28466.

LUO, S. Addressing military AI risks in U.S.-China crisis management mechanisms. China Int. Strategy Rev., v. 4, n. 2, p. 233-247, 2022. DOI: 10.1007/s42533-022-00110-5.

MAATHUIS, C. et al. Decision support model for effects estimation and proportionality assessment for targeting in cyber operations. Defence Technology, v. 17, n. 2, p. 352-374, 2021. DOI: 10.1016/j.dt.2020.04.007.

MAHONEY, S. Calibrating NATO's Vision of AI-Enabled Decision Support. CSIS, 2024.

MARDONES ESPINOSA, R. et al. Técnicas de inteligencia artificial en sistemas de soporte a la decisión empresarial: evolución temática y agenda investigativa. RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, n. 66, p. 292-303, 2024.

MAYER, M. Trusting machine intelligence: artificial intelligence and human-autonomy teaming in military operations. Def. Secur. Analysis, v. 39, n. 4, p. 521-538, 2023. DOI: 10.1080/14751798.2023.2264070.

MCDOWELL, K. et al. Re-Envisioning Command and Control. ICMCIS, IEEE, 2024. DOI: 10.1109/ICMCIS61231.2024.10540901.

MOBIUS, M. et al. AI-Based Military Decision Support Using Natural Language. Winter Simulation Conference, IEEE, 2022, p. 2082-2093. DOI: 10.1109/WSC57314.2022.10015234.

NADIBAIDZE, A.; BODE, I.; ZHANG, Q. AI in Military Decision Support Systems: A Review of Developments and Debates. Univ. of Southern Denmark, 2024.

NATO. NATO acquires AI-enabled Warfighting System. SHAPE, 2025.

NATO. Summary of the NATO Artificial Intelligence Strategy. NATO, 2021.

NATO. Emerging and Disruptive Technologies. NATO Official Website, 2024.

NATO STO. How much is too much? Levels of AI Explainability within Decision Support Systems. NATO STO, 2024.

NIDS. The Emergence of Decision-Centric Warfare. NIDS, 2021.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

PAYNE, K. I. Warbot: The Dawn of Artificially Intelligent Conflict. Londres: Hurst & Co.; Nova York: Oxford University Press, 2021.

PROBASCO, E. et al. AI for Military Decision-Making. CSET, Georgetown Univ., 2025.

PROJECT PLOUGHSHARES. DeepSeek and the reality check for military AI. Project Ploughshares, 2024.

RAND CORPORATION. Full Stack: China's Evolving Industrial Policy for AI. RAND Corporation, 2024.

RUSSIAN FEDERATION. National Implementation of the Guiding Principles on Emerging Technologies in the Area of Lethal Autonomous Weapons Systems. UN Working Paper, 2020.

SAADIA, H. et al. AI and nuclear decisions: Toward an arms control framework. Contemp. Secur. Policy, v. 46, n. 4, p. 1002-1029, 2025. DOI: 10.1080/13523260.2025.2474869.

SCHARRE, P. Four Battlegrounds: Power in the Age of Artificial Intelligence. Nova York: W. W. Norton & Company, 2023.

THE REGISTER. Pentagon to give AI agents a role in planning, operations. The Register, 5 mar. 2025.

TRICCO, A. C. et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. Ann. Intern. Med., v. 169, n. 7, p. 467-473, 2018. DOI: 10.7326/M18-0850.

T-INVARIANT. 'Sovereign' Means Military: How Russia Militarized AI, Drone, and Cryptography Industries. T-invariant, 7 abr. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament — Artificial Intelligence Act. Off. J. of the EU, 2024.

UNITED STATES. RDT&E Budget Item Justification: PB 2025 Army. PE 0604037A / Tactical Intel Targeting Access Node (TITAN). Washington: Department of the Army, mar. 2024.

U.S. ARMY. Army SBIR/STTR unveils \$250K AI/ML decision-support funding opportunity. Army News, 19 mar. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. 2023 Data, Analytics, and Artificial Intelligence Adoption Strategy. Department of Defense, 2023.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. Responsible Artificial Intelligence Strategy & Implementation Pathway. Department of Defense, 2022.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. Task Force Lima Executive Summary. CDAO, 2024.

WEYLAND, L. F. et al. Exploring the Fidelity of Synthetic Data for Decision Support Systems in Military Applications. ICMCIS, IEEE, 2024. DOI: 10.1109/ICMCIS61231.2024.10540934.