

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CEL EB ANDERSON JOSÉ DE SOUZA

**ORGANIZAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE AERONAVE
REMOTAMENTE PILOTÁVEL EM PROVEITO DAS FORÇAS
ARMADAS**

Rio de Janeiro

2025

CEL EB ANDERSON JOSÉ DE SOUZA

**ORGANIZAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE AERONAVE
REMOTAMENTE PILOTÁVEL EM PROVEITO DAS FORÇAS
ARMADAS**

Tese apresentada à Escola de Guerra Naval,
como requisito parcial para a conclusão do
Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM1) OTACILIO BANDEIRA
PEÇANHA

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.

AGRADECIMENTOS

A jornada para a conclusão desta tese no Curso de Política e Estratégia Marítima (CEPEM) – 2025 foi repleta de desafios, aprendizados e conquistas. Esse trabalho só foi possível graças ao apoio, incentivo e orientação de diversas pessoas, às quais expresso minha mais profunda gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, saúde e resiliência concedidas ao longo dessa trajetória.

Ao Corpo Docente do CEPEM, expresso minha admiração e reconhecimento pela excelência no ensino, pelo compartilhamento de conhecimentos valiosos e pelo constante incentivo à reflexão crítica e ao aperfeiçoamento profissional.

Aos meus colegas de curso, agradeço pela parceria, pelo companheirismo e pelas trocas enriquecedoras que tornaram essa experiência ainda mais especial. As discussões e o apoio mútuo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o crescimento intelectual e profissional de cada um de nós.

Aos meus familiares, especialmente minha esposa e filhas, agradeço o suporte incondicional, paciência e compreensão durante as intensas fases de pesquisa e escrita. Seu amor e apoio foram essenciais para que eu pudesse me dedicar plenamente a este desafio.

Aos amigos e colegas de profissão, que, de forma direta ou indireta, contribuíram com sugestões, incentivos e debates enriquecedores, minha sincera gratidão.

Por fim, um agradecimento especial ao meu orientador, Otacilio Bandeira Peçanha, pelo direcionamento, paciência e ensinamentos que foram determinantes para a realização desta tese.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho, meu muito obrigado!

RESUMO

Esta tese analisa a viabilidade da implantação de um Sistema Integrado de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARPs) nas Forças Armadas do Brasil, com foco na racionalização do emprego desses sistemas, na interoperabilidade entre as Forças Singulares e no fortalecimento da Base Industrial de Defesa. A pesquisa, de natureza qualitativa, adota abordagem descritiva e exploratória, fundamentando-se em revisão bibliográfica, documental e normativa. O objetivo central é responder à seguinte questão: é viável estruturar um sistema integrado e interforças de SARPs no Brasil, sob o ponto de vista tecnológico, legal, institucional e operacional? Ao longo da tese, constata-se que o atual panorama brasileiro é caracterizado por iniciativas isoladas, ausência de governança unificada, lacunas jurídicas e baixa padronização técnica, o que limita o potencial estratégico e tático desses sistemas. O trabalho é dividido em sete capítulos. Nos capítulos iniciais introduz-se a temática, conceituam-se os SARPs, apresentam sua evolução e abordam-se os marcos normativos nacionais e internacionais. Em seguida, são examinadas as barreiras e dificuldades enfrentadas pelas Forças Armadas para alcançar um sistema plenamente integrado. A análise de viabilidade considera quatro dimensões: disponibilidade tecnológica, retorno sobre investimento, capacidade de execução e exigências legais. Em todas essas dimensões, verifica-se que o Brasil possui condições favoráveis, desde que haja ação coordenada, investimentos e revisão normativa. No capítulo final, são apresentadas diretrizes estratégicas organizadas em quatro eixos estruturantes: governança e integração institucional; padronização técnica e doutrinária; capacitação, sustentação e fortalecimento da BID; e sustentabilidade jurídico-financeira. Na tese conclui-se que a estruturação de um Sistema Integrado de SARPs não é apenas possível, mas necessária para elevar a prontidão, a soberania e a inovação tecnológica da Defesa brasileira. Recomenda-se a centralização da governança sob o EMCFA, a adoção de padrões internacionais de interoperabilidade e a articulação interministerial para ampliar o uso dual dos sistemas e garantir a sustentabilidade orçamentária.

Palavras-chave: Aeronaves Remotamente Pilotadas. Defesa Nacional. Integração Interforças. Política de Defesa. Soberania Tecnológica.

ABSTRACT

This thesis analyzes the feasibility of implementing an Integrated System of Remotely Piloted Aircraft (SARPs) within the Brazilian Armed Forces, focusing on the rationalization of their employment, interoperability among the three military branches, and the strengthening of the Defense Industrial Base. This is a qualitative, descriptive, and exploratory research, based on bibliographic, documentary, and legal review. The central objective is to answer the following question: Is it feasible to structure an integrated and joint SARPs system in Brazil, considering technological, legal, institutional, and operational dimensions? Throughout the thesis, it is observed that the current scenario in Brazil is marked by isolated initiatives, lack of unified governance, legal gaps, and low technical standardization, which limit the strategic and tactical potential of these systems in the context of multidomain warfare. The work is divided into seven chapters. The initial chapters introduce the topic, conceptualize the SARPs, present their evolution, and examine the national and international regulatory frameworks. Subsequently, the main barriers and challenges faced by the Armed Forces in achieving a fully integrated system are identified. The viability analysis considers four dimensions: technological availability, return on investment, execution capability, and legal requirements. In all these aspects, Brazil presents minimum favorable conditions, provided that there is coordinated action, investment, and regulatory review. In the final chapter, strategic guidelines are presented, organized into four structuring axes: governance and institutional integration; technical and doctrinal standardization; training, sustainment, and strengthening of the defense industrial base; and legal-financial sustainability. The thesis concludes that the structuring of an Integrated SARPs System is not only feasible but also necessary to enhance the readiness, sovereignty, and technological innovation of Brazilian defense. It is recommended to centralize governance under the Joint Staff of the Armed Forces (EMCFA), adopt international interoperability standards, and promote interministerial coordination to expand the dual use of the systems and ensure budgetary sustainability.

Keywords: Remotely Piloted Aircraft. National Defense. Joint Force Integration. Defense Policy. Technological Sovereignty.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Categorização de SARPs no Exército Brasileiro	17
Tabela 2	Categorização de SARPs na Marinha do Brasil	18
Tabela 3	Categorização de SARPs na Força Aérea brasileira	18
Tabela 4	Comparativo da Categorização dos SARPs nas Forças Armadas Brasileiras	19
Tabela 5	Categorização dos SARPs nos EUA de acordo com o DoD	31
Tabela 6	Principais SARPs da USAF	32
Tabela 7	Principais SARPs do US ARMY	34
Tabela 8	Principais SARPs da US NAVY	35
Tabela 9	Principais SARPs da USMC	36
Tabela 10	Resumo das Capacidades que cada um dos sistemas singulares oferece ao conjunto das Forças Armadas	37
Tabela 11	Fatores de análise de ROI	72
Tabela 12	Custo de Operação e Aquisição de Vetores Aéreos	73
Tabela 13	Comparação de custos entre Plataforma atual e SARPs	74
Tabela 14	Comparativo custo-efetividade (CFH, Opex, CAPEX e pay-back)	75
Tabela 15	Síntese Financeira do Sistema Integrado de SARPs	76
Tabela 16	Quadro de responsabilidades para implantação	91
Tabela 17	Proposta de previsão de execução	91
Tabela 18	Proposta de Indicador de acompanhamento	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Sigla	Definição
AES	Advanced Encryption Standard
AJP	Allied Joint Publication
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AOC	Centros de Operação Aérea
AQIM	Al-Qaeda no Magrebe Islâmico
ATS	Air Traffic Service
AWACS	Airborne Warning & Control System
BACN	Airborne Warning and Control System
BBA	Baterias de Busca de Alvos
BID	Base Industrial de Defesa
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
CCAC	Certos Armamentos Convencionais
CECOMSAER	Centro de Comunicação Social da Aeronáutica
CENSIPAM	Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia
CENTCOM	United States Central Command
CEPEM	Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha
CGCFN	Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais
CICV	Comitê Internacional da Cruz Vermelha
CINDACTA	Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
COE	Center of Excellence
COMAE	Comando de Operações Aeroespaciais
COMAER	Comando da Aeronáutica
COMGAR	Comando-Geral de Operações Aéreas na Força Aérea Brasileira
COMOP	Compreensão das Operações
COMPREP	Comando de Preparo
CONOPS	Capacidades do Conceito de Operações
COTER	Comando de Operações Terrestres
DCA	Diretriz do Comando da Aeronáutica
DCGS	Distributed Common Ground System

DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DRDO	Defence Research and Development Organisation
EB	Exército Brasileiro
ECEME	Escola de Comando e Estado Maior do Exército
EGN	Escola de Guerra Naval
EMCFA	Estado Maior Conjunto das Forças Armadas
EME	Estado Maior do Exército
ESG	Escola de Guerra Naval
EUA	Estados Unidos da América
EUCOM	United States European Command
FAB	Força Aérea Brasileira
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GLO	Garantia da Lei e da Ordem
IA	Inteligência Artificial
IADS	Integrated Air Defense Systems
IAI	Israel Aerospace Industries
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IMA	Instrução do Ministério da Aeronáutica
IME	Instituto Militar de Engenharia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISIS	Islamic State of Iraq and Syria
ISR	Inteligência, Vigilância e Reconhecimento
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
IVR	inteligência, vigilância, reconhecimento
JAIC	Joint Artificial Intelligence Center
JCS	Joint Chiefs of Staff
MB	Marinha do Brasil
LOA	Lei Orçamentária Anual
MC	Manual de Campanha
MD	Ministério da Defesa
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

MQ	sistema de aeronave remotamente pilotada multifuncional
MRE	Ministério das Relações Exteriores
NATO	North Atlantic Treaty Organization
ONU	Organização das Nações Unidas
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PANAMAX	Exercício militar multinacional liderado pelo Exército Sul (SOUTHCOM) dos Estados Unidos
PEDN	Plano Estratégico de Desenvolvimento Nacional
PEM	Plano Estratégico da Marinha
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PF	Polícia Federal
PND	Política Nacional de Defesa
PPA	Plano Plurianual
PPED	Portfólio de Projetos Estratégicos de Defesa
PRF	Polícia Rodoviária Federal
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
SARPs	Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SATCOM	Satellite Communication
SDMT	Sistema de Doutrina Militar Terrestre
SISFRON	Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras
TTP	técnicas, táticas e procedimentos
UHF	Ultra High Frequency
USA	United States of America
USAF	United States Air Force
USMC	United States Marine Corps
USSTRATCOM	United States Strategic Command
VANT	Veículos Aéreos não Tripulados
XQ	Aeronave remotamente pilotada ou autônoma experimental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTÁVEIS NA DOCTRINA MILITAR BRASILEIRA: CONCEITOS FUNDAMENTAIS E CATEGORIZAÇÃO	13
2.1	Conceituação e Normatização dos SARPs	13
2.2	Categorização dos SARPs	16
2.3	Importância dos SARPs nas Operações Militares	19
2.4	Considerações Finais	22
3	OS SARPs NAS FORÇAS ARMADAS DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (US ARMED FORCES)	24
3.1	Doutrina dos SARPs nas US ARMED FORCES	24
3.2	Organização dos SARPs nas US ARMED FORCES	27
3.3	Material dos SARPs nas US ARMED FORCES	31
3.4	Sistemas de Integração C2 nas US ARMED FORCES	37
3.5	Considerações Finais	40
4	OS SARPs NAS FORÇAS ARMADAS BRASILEIRAS (FFAA)	42
4.1	Doutrina dos SARPs nas FFAA	42
4.2	Organização dos SARPs nas FFAA	46
4.3	Material dos SARPs nas FFAA	49
4.4	Sistemas de Integração de C2 das FFAA	56
4.5	Comparação entre os SARPs nos EUA e no Brasil	58
4.6	Considerações Finais	61
5	BARREIRAS E VIABILIDADES PARA O PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DE SARPs NAS FORÇAS ARMADAS	63
5.1	Barreiras à Integração de SARPs nas Forças Armadas	63
5.2	Viabilidade à Integração de SARPs nas Forças Armadas	69
5.3	Considerações Finais	82
6	PROPOSTAS DE DIRETRIZES PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SARPs PARA AS FORÇAS ARMADAS BRASILEIRAS	84
6.1	Diretrizes de Governança e Integração Institucional	84
6.2	Diretrizes Técnicas e Doutrinárias	86
6.3	Diretrizes de Capacitação, Sustentação e Base Industrial	87
6.4	Diretrizes de Sustentabilidade Jurídico-Financeira	89
6.5	Mecanismos de controle para acompanhamento	91
6.6	Considerações Finais	93

7	CONCLUSÃO	95
	REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem impulsionado mudanças significativas nas estratégias de defesa ao redor do mundo, destacando-se o uso crescente Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotáveis (SARPs), internacionalmente conhecidos como Unmanned Aerial Systems (UAS). Essas aeronaves têm demonstrado grande eficiência em missões de alto risco e longa duração, proporcionando vigilância contínua, reconhecimento preciso e apoio logístico estratégico sem expor tripulações a ambientes hostis. Nos últimos anos, diversas forças armadas têm incorporado SARPs em suas operações, visando otimizar a interoperabilidade e maximizar a eficiência tática e operacional.

No Brasil, a adoção de SARPs pelas Forças Armadas ainda enfrenta desafios significativos, especialmente no que se refere à integração entre os diferentes ramos (Marinha, Exército e Aeronáutica), padronização de equipamentos e doutrinas operacionais, além de aspectos tecnológicos e regulatórios. A ausência de um sistema unificado hipoteticamente compromete a sinergia e eficiência das operações conjuntas, impactando diretamente a capacidade de resposta às demandas de defesa nacional.

Diante desse contexto, esta tese propõe-se a analisar a viabilidade da organização de um SARPs integrado para as Forças Armadas Brasileiras, para buscar soluções do problema de que não possuem sistema desse tipo na atualidade. Essa realidade compromete a eficiência e a dificulta a interoperabilidade entre Exército, Marinha e Aeronáutica. Assim, busca-se responder à questão central: existe viabilidade para que as Forças Armadas Brasileiras organizem um sistema integrado de SARPs que atenda às necessidades conjuntas das três Forças?

A hipótese considerada é que a implementação de um sistema integrado tende a aumentar a eficiência operacional e a racionalização de meios para o Exército, a Marinha e a Aeronáutica. O objetivo geral desta pesquisa é analisar a viabilidade para a organização de sistema integrado para as Forças Armadas Brasileiras, identificando desafios, propondo soluções e estruturando diretrizes estratégicas para sua implementação.

A relevância deste estudo reside na necessidade de fortalecer a defesa nacional por meio da modernização e da integração dos sistemas de SARPs, garantindo maior autonomia tecnológica, eficiência operacional e capacidade de resposta diante de desafios emergentes. A pesquisa também contribuirá para o

avanço teórico sobre a interoperabilidade militar e o emprego de sistemas automatizados no contexto da defesa nacional.

Quanto aos fins, consistiu em uma pesquisa descritiva e exploratória, e quanto aos meios, numa pesquisa bibliográfica e documental, investigando na literatura os fundamentos conceituais dos SARP, um panorama global sobre sua implementação, a análise do estado atual das Forças Armadas Brasileiras nesse contexto, além de recomendações estratégicas para a estruturação de um sistema integrado.

O presente trabalho está estruturado em seis outros capítulos, organizados da seguinte maneira: No capítulo 2 apresentam-se os conceitos fundamentais sobre SARP, bem como sua normatização, explorando suas definições e a importância desses sistemas nas operações militares. Em seguida, no capítulo 3, é analisado o modelo dos Estados Unidos da América (EUA), principal referência internacional, para identificar parâmetros de excelência para a estruturação de um sistema nacional, observando as experiências de um processo já consolidado. Posteriormente, no capítulo 4, a estrutura atual dos SARP nas Forças Armadas Brasileiras é discutida, abrangendo Doutrina, Organização, Materiais e Sistemas de Comando e Controle, além da comparação com o modelo internacional de referência, permitindo a identificação das capacidades operacionais existentes e suas limitações.

A pesquisa também aborda, no capítulo 5, as barreiras operacionais, técnicas, econômicas e logísticas que impactam a implementação bem como as condições que permitem a viabilidade de um sistema integrado de SARP para as Forças Armadas Brasileiras, sob os aspectos técnico, econômico/financeiro, operacional, legal e regulatório, considerando fatores como disponibilidade tecnológica, retorno sobre investimento, capacidade de execução e exigências legais.

Por fim, no capítulo 6, estabelecem-se propostas de diretrizes para a estruturação de um sistema integrado de SARP para as Forças Armadas Brasileiras, abordando estratégias para aquisição, padronização e desenvolvimento de tecnologias, além da regulamentação e operação do sistema. Por fim, conclui-se o estudo com a síntese dos resultados, validando ou refutando a hipótese levantada e sugerindo caminhos para a implementação prática do sistema integrado de SARP no Brasil, além de propor direções para pesquisas futuras sobre o tema. Com isso, espera-se que esta tese forneça subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias institucionais voltadas para a modernização das capacidades operacionais do Brasil no domínio das aeronaves remotamente pilotadas.

2 SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTÁVEIS NA DOUTRINA MILITAR BRASILEIRA: CONCEITOS FUNDAMENTAIS E CATEGORIZAÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os conceitos fundamentais sobre SARPs, bem como suas definições normativas e a relevância no planejamento e na execução das operações militares de acordo com a doutrina militar brasileira, sob a ótica de que para reagir às ameaças convencionais e assimétricas, o emprego de tecnologias autônomas tem sido amplamente discutido em âmbito internacional.

Embora a sigla SARPs remeta, à primeira vista, a artefatos voadores não tripulados, sua aplicação no setor de defesa é mais complexa e estruturada. No ambiente militar, são concebidos como elementos de sistemas integrados, inseridos em arquiteturas de Comando e Controle (C2), com implicações doutrinárias, operacionais, jurídicas e tecnológicas. O emprego dessas plataformas envolve desafios regulatórios e logísticos, mas também representa uma via promissora para a modernização e racionalização das capacidades das Forças Armadas. Nesse contexto, a consolidação dos SARPs requer não apenas inovação técnica, mas também o amadurecimento institucional e normativo que garanta sua interoperabilidade e eficácia (Neves; Silva; Monteiro, 2016).

Não se trata aqui de apresentar apenas definições ou replicar descrições normativas já conhecidas. O objetivo é reconhecer os limites do que está nos manuais, nas leis e nos glossários, para tentar extrair oportunidades de desenvolvimento e integração. No Brasil, os SARPs têm potencial para desempenhar um papel central na modernização da Estratégia Nacional de Defesa (END), contribuindo para a superioridade informacional e operacional das Forças Armadas (Costa, 2019).

2.1 Conceituação e Normatização dos SARPs

Nas pesquisas realizadas não foram encontradas, até o momento, uma conceituação normativa própria e explícita para o termo SARPs, no âmbito do Ministério da Defesa brasileiro. As portarias do Gabinete do Ministro da Defesa (GM-MD) que tratam de política de defesa, aquisição de sistemas militares ou emprego conjunto das Forças não apresentam definições formais sobre esse tipo de vetor. A ausência de uma definição centralizada implica que o conceito de SARPs é tratado de forma descentralizada pelas Forças Singulares, que adotam normativas específicas segundo suas competências operacionais e regulatórias, especialmente a Força Aérea Brasileira, por meio do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

A definição atualmente adotada encontra-se formalizada na Instrução do Comando da Aeronáutica ICA 100-40/2023, que estabelece que o SARPs é o subconjunto do Sistema

de Aeronave Não Tripulada capaz de interagir com o controle de tráfego aéreo em tempo real, composto pela aeronave remotamente pilotada (ARP), sua(s) estação(ões) de pilotagem remota, o enlace de pilotagem e qualquer outro componente associado à operação do sistema (Brasil, 2023b). Tal definição reflete os parâmetros estabelecidos pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) e tem sido adotada como referência pelas demais Forças

Esse conceito é complementado por uma formulação mais ampla, expressa no Manual de Campanha do Exército Brasileiro, EB20-MC-10.214, Vetores Aéreos da Força Terrestre, segundo o qual um SARP é composto por diversos subsistemas interdependentes, sendo os principais: o vetor aéreo (aeronave), o sistema de controle em solo, os enlaces de comunicação e a carga útil (payload). O vetor aéreo, ou ARP, é responsável por transportar os sensores e equipamentos necessários à missão. A carga útil varia conforme a finalidade operacional, podendo incluir câmeras eletro-ópticas, sensores infravermelhos, transmissores de dados, equipamentos de guerra eletrônica ou outros dispositivos específicos. O sistema de controle em solo, geralmente composto por uma Estação de Controle de Solo (ECS), é responsável pela pilotagem remota da aeronave, controle da carga útil e gestão da missão. Os enlaces de comunicação, que podem ser por rádio frequência direta ou via satélite, garantem a transmissão de comandos e o recebimento das informações captadas em tempo real. (Brasil, 2020a).

Esse entendimento evidencia que o SARP não pode ser confundido com a aeronave em si. Ele é, na verdade, um vetor sistêmico, cuja efetividade depende da sinergia entre tecnologia embarcada, capacitação operacional e integração com estruturas maiores de comando. A simples posse de drones, sem essa compreensão holística, resulta em subutilização do potencial desses sistemas.

A END e a PND reconhecem os SARPs como instrumentos essenciais para a ampliação da capacidade informacional. Ambos os documentos destacam a necessidade de internalizar tecnologias sensíveis, consolidar a Base Industrial de Defesa (BID) e promover a interoperabilidade entre as Forças Singulares. Nesse contexto, os SARPs figuram como ferramentas não apenas operacionais, mas estruturantes da nova lógica de Defesa (Brasil, 2020d).

No campo regulatório, o emprego de SARPs no Brasil envolve a atuação coordenada de diferentes instituições, entre as quais se destacam o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Essas entidades são responsáveis por estabelecer normas técnicas, requisitos operacionais e protocolos de

segurança voltados à operação de aeronaves não tripuladas em espaço aéreo controlado. Conforme ressalta Monteiro (2019), a utilização desses sistemas pelas Forças Armadas depende de adequação aos critérios estabelecidos por esses órgãos reguladores, especialmente quanto à integração segura com o tráfego aéreo civil e à mitigação de riscos à navegação aérea.

Do ponto de vista doutrinário, os SARPs, representam mais do que plataformas tecnológicas, são ferramentas centrais para a geração de consciência situacional em tempo real, com elevado grau de precisão, alcance e permanência, capazes de sustentar decisões táticas e estratégicas com base em dados objetivos e atualizados. Sua aplicação se estende também a funções de caráter dual, sendo empregados em missões de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), patrulhamento de fronteiras, ações de fiscalização ambiental e respostas a desastres naturais, cenários nos quais a presença humana direta poderia representar riscos adicionais ou custos operacionais elevados (Brasil, 2020a).

Nos Estados Unidos, o arcabouço normativo é ainda mais aprofundado, por meio de documentos como a Joint Publication 3-30: Joint Air Operations e o Unmanned Aircraft Systems Roadmap, ambos vinculados ao Departamento de Defesa, delineiam um ciclo de vida completo para os SARPs, da concepção ao emprego em combate, sempre sob a lógica da superioridade informacional e da integração sistêmica ao ecossistema de Comando, Controle, Comunicações, Computadores, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (Sigla em inglês C4ISR) (Department of defense, 2020).

O aperfeiçoamento normativo dos SARPs no Brasil não pode prescindir desse diálogo com experiências consolidadas no âmbito internacional. A OTAN, por exemplo, utiliza a publicação da STANAG 4586 para estabelecer diretrizes precisas de interoperabilidade entre sistemas de controle e enlaces de dados de seus SARPs, enquanto a AJP-3.3 fornece os princípios que orientam o emprego conjunto de plataformas aéreas, sejam tripuladas ou não tripuladas (OTAN, 2022).

A análise comparativa desses modelos lança luz sobre as lacunas normativas existentes no caso brasileiro. Ainda são frágeis os instrumentos nacionais voltados à padronização da doutrina conjunta, à certificação técnica de plataformas e à definição clara de protocolos de emprego. A internalização de normas mais robustas, compatíveis com os marcos da OTAN e do Departamento de Defesa norte-americano, representa uma estratégia de fortalecimento interno. Sem esse alinhamento normativo, o país corre o risco de manter uma capacidade operacional fragmentada.

A inexistência de uma definição conceitual formal por parte do Ministério da Defesa representa uma omissão normativa estratégica, especialmente diante do papel crescente que esses sistemas desempenham nas operações militares modernas. Embora as Forças Singulares disponham de normativos próprios e tecnicamente consistentes, a ausência de uma conceituação consolidada no nível político-estratégico compromete a formulação de diretrizes comuns e a consolidação de uma doutrina conjunta no espectro nacional. A definição conceitual centralizada pelo Ministério da Defesa não é um detalhe técnico, mas uma condição essencial à soberania operacional e à coerência doutrinária.

2.2 Categorização dos SARPs

No Brasil, a classificação SARPs de uso civil é regida pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94), emitido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Tal normativo estabelece critérios técnicos, operacionais e jurídicos para o emprego dessas plataformas no espaço aéreo brasileiro, considerando aspectos como finalidade de uso, peso máximo de decolagem e exigências de certificação.

A primeira classificação refere-se à finalidade de uso do equipamento, subdividida em três categorias principais: uso recreacional, caracterizado por atividades de lazer e aeromodelismo; uso experimental, voltado à pesquisa, desenvolvimento e testes de novas tecnologias; e uso não recreacional, aplicado a atividades profissionais, comerciais ou institucionais, como operações agrícolas, inspeções industriais, segurança e monitoramento ambiental (Agência nacional de aviação civil, 2017).

Além disso, o RBAC-E nº 94 classifica os SARPs em três classes de acordo com o Peso Máximo de Decolagem (MTOW – Maximum Take-Off Weight). A Classe 3 contempla aeronaves com até 25 kg e permite registro simplificado via Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT), sendo isenta de certificação de aeronavegabilidade. A Classe 2 abrange equipamentos com peso superior a 25 kg e até 150 kg, os quais devem ser registrados formalmente junto à ANAC e operam mediante autorização específica para cada missão. Já a Classe 1 compreende plataformas com mais de 150 kg, exigindo certificação completa de aeronavegabilidade, equivalente às aeronaves tripuladas, além de processos de certificação de projeto, produção e operação (ANAC, 2017a; ANAC, 2023).

No que tange à habilitação de operadores, o piloto remoto deve possuir, conforme o caso, licenças e habilitações emitidas segundo o RBAC nº 61, que estabelece os requisitos para formação, qualificação e revalidação de pilotos de RPA (ANAC, 2022). Já as regras gerais de operação, incluindo restrições de altura (normalmente limitadas a 120 metros

AGL) e exigências de seguro aeronáutico, seguem as diretrizes estabelecidas pelo RBAC nº 91 (ANAC, 2018).

A única diretriz de caráter ministerial, no âmbito da defesa, é a Portaria Normativa nº 606/MD, de 11 de junho de 2004, que define genericamente o conceito de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e estabelece parâmetros para aquisição, sem qualquer categorização técnica por peso, autonomia, tipo de missão ou integração doutrinária com estruturas de comando e controle (Brasil, 2004). Contudo, essa portaria foi revogada e, posteriormente, substituída pela Diretriz de Obtenção Conjunta, definida pela Portaria GM-MD nº 4.070, de 5 de outubro de 2021, que estabelece os procedimentos formais para a obtenção de Produtos de Defesa (PRODE) e Sistemas de Defesa (SD), alinhando a aquisição desses sistemas com as necessidades e a capacidade das Forças Armadas brasileiras (Brasil, 2021).

Em contraposição, o Exército Brasileiro consolidou em 2023 uma norma operacional específica por meio da Portaria COTER/C Ex nº 333, que aprovou a Norma EB70-N-13.001. Essa diretriz estabelece uma categorização funcional dividida em três classes principais, conforme a tabela 1. Além da classificação por peso e alcance, a norma incorpora níveis de emprego (tático, operacional e estratégico) e critérios logísticos e doutrinários (Brasil, 2023c).

Tabela 1 – Categorização de SARPes no Exército Brasileiro

Classe	Categoria	Peso (kg)	Emprego/Responsável	Nível de Emprego
III	5	> 600	MD / EMCFA	Estratégico
III	4	> 600	C Cj / FTC	Operacional
II	3	150 – 600	FTC (DE/C Ex)	Operacional
II	2	15 – 150	Brigada / DE	Tático
I	1	< 15	Unidade / Brigadas (Leves)	Tático
I	0	< 10	Subunidade (SU)	Tático

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em (Brasil, 2023b).

A Marinha do Brasil, por sua vez, adota uma categorização baseada em níveis de complexidade operacional, conforme a tabela 2, de acordo com a Portaria nº 213/DGMM, de 12 de dezembro de 2022, que regula o uso de SARPes na Aviação Naval. A norma organiza os sistemas em categorias operacionais, associadas ao grau de exigência de qualificação da tripulação, complexidade dos sensores e infraestrutura de apoio. Embora essa estrutura reflita preocupações práticas e operacionais, a norma não especifica

parâmetros técnicos como peso, autonomia ou altitude de operação, o que limita sua aplicabilidade para fins comparativos ou de padronização interforças (Brasil, 2022c).

Tabela 2 – Categorização de SARPs na Marinha do Brasil

Categoria	Peso (kg)	Requisitos Operacionais	Capacitação
0	< 2 kg	Operações leves, dentro de linha de visada (VLOS), baixa velocidade e baixa altitude	Curso Especial (C-EspARP), modalidade EAD
1	2 – 25 kg	Similar à CAT 0, mas pode operar em ambiente tático local e lidar com sensores básicos	C-EspARP (EAD) + conhecimento específico
2	25 – 150 kg	Operações complexas, integração com ICA 100-40, necessidade de coordenação com controle de tráfego aéreo	Piloto Remoto oficial (CAAVO)
3	150 – 600 kg	Vetores avançados, maiores requisitos de segurança de voo e sensores sofisticados	Oficial com formação em aviação
5	> 600 kg	Sistemas estratégicos; equivalente a aeronaves tripuladas em regulamentação e operação	Oficial sênior / equipe especializada

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em (Brasil, 2022c).

A Força Aérea Brasileira (FAB), por meio do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), adota a ICA 100-40, uma instrução normativa que regulamenta o acesso ao espaço aéreo brasileiro por aeronaves não tripuladas. Essa norma classifica as operações em três perfis de risco: "Open", "Specific" e "Certified", conforme a tabela3, de acordo com critérios como massa máxima de decolagem (MTOW), proximidade de terceiros, área operacional e complexidade da operação. (Brasil, 2023b).

Tabela 3 – Categorização de SARPs na Força Aérea brasileira

Categoria	Critério Principal	Características Operacionais	Exigência DECEA
Open	Baixo risco operacional	Aeronaves de até 25 kg, operação VLOS, área não controlada, longe de aglomerações	Não (operações recreativas ou simples)
Specific	Risco moderado e missão definida	Operações BVLOS, uso profissional/comercial, próximo a áreas povoadas	Sim (via SARPSAS ou processo equivalente)
Certified	Alto risco ou equivalência a aeronave tripulada	Grandes SARPs (peso elevado), uso institucional ou estratégico, espaço aéreo controlado	Sim (com plano de voo e análise específica)

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em (Brasil, 2023b).

A FAB, portanto, adota uma abordagem baseada em avaliação de risco, alinhada aos padrões internacionais da EASA (European Union Aviation Safety Agency) e da ICAO (International Civil Aviation Organization).

Essa diversidade de abordagens, observada na tabela 4, evidencia um descompasso normativo entre as Forças Armadas, tanto em termos de atualização quanto de compatibilidade conceitual. Ao não estabelecer parâmetros técnicos, operacionais ou funcionais comuns, o Ministério da Defesa deixa de exercer seu papel integrador, resultando em modelos classificatórios paralelos, ainda que válidos, elaborados de forma autônoma por cada Força Singular.

Tabela 4 – Comparativo da Categorização dos SARPs nas Forças Armadas Brasileiras

Instituição	Documento	Ano	Critério	Parâmetros
Ministério da Defesa	Portaria Normativa nº 606/MD	2004	Inexistente	Apenas definição genérica de VANT
Exército Brasileiro	Portaria COTER/C Ex nº 333 (EB70-N-13.001)	2023	Leve / Médio / Pesado + níveis de emprego	Peso, alcance, missão, integração C ²
Marinha do Brasil	Portaria nº 213/DGMM	2022	Categorias Operacionais	Complexidade do vetor, qualificação da tripulação
Força Aérea Brasileira / DECEA	ICA 100-40	2020	Open / Specific / Certified (baseado em risco)	Peso, proximidade de pessoas, área de operação

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no texto

Essa assimetria não decorre de conflitos conceituais, mas da ausência de uma diretriz superior que oriente os critérios de categorização em consonância com as exigências da interoperabilidade, da racionalização logística e da condução de operações conjuntas. A formulação de uma normatização categorial única, sob responsabilidade direta do Ministério da Defesa, não é apenas uma necessidade técnica, mas um imperativo institucional para a consolidação de uma capacidade nacional robusta, integrada e tecnologicamente soberana.

2.3. Importância dos SARPs nas Operações Militares

A introdução dos SARPs no combate tem proporcionado maior flexibilidade, redução de custos operacionais, persistência em voo e redução do risco humano. O conflito entre Rússia e Ucrânia, iniciado em 2022, tem revelado profundas transformações no emprego tático e estratégico desses sistemas, que extrapolam as funções tradicionais de vigilância e reconhecimento. Ambos os lados passaram a empregar uma diversidade de drones —

desde plataformas MALE, como o Bayraktar TB2 e o Orlan-10, até munições vagantes (loitering munitions), como os drones Shahed e Lancet — de forma coordenada para ampliar a letalidade, reduzir custos e manter operações persistentes em profundidade no campo de batalha. Segundo relatório técnico elaborado pelo IAMD COE, essa integração de sensores, sistemas de ataque e redes de comando e controle em ambiente de guerra eletrônica adversa tem reposicionado os SARPs como peças centrais em uma arquitetura bélica. Ainda de acordo com o estudo, as plataformas não tripuladas passaram a operar de maneira convergente com capacidades cibernéticas, espaciais e cognitivas, tornando-se instrumentos estratégicos para saturação de defesas, reconhecimento de precisão e ataques coordenados com baixa assinatura e elevado custo-efetividade (Blakcori, 2024). A versatilidade desses sistemas tem contribuído para ampliar a eficácia das operações conjuntas e fortalecer a capacidade de resposta em ambientes complexos.

No contexto das ações de Inteligência, reconhecimento e vigilância, exemplos reais evidenciam o valor dos SARPs em diferentes teatros de operações. Durante a Operação Inherent Resolve, no Oriente Médio, o MQ-9 Reaper forneceu inteligência contínua à coalizão contra o ISIS, apoiando ataques de precisão e a destruição de alvos estratégicos (Department of defense, 2020). No conflito entre Rússia e Ucrânia, o sistema russo Orlan-10 tem sido empregado de forma sistemática para identificação de alvos em tempo real e coordenação de fogos indiretos de precisão, como os mísseis Lancet ou a artilharia guiada. (Kofman, 2024). Em operações de patrulha marítima, como a Operação Martillo, o ScanEagle foi utilizado com sucesso para monitoramento de embarcações suspeitas no Caribe (U.S. NAVY, 2021).

Na África, o MQ-9 Reaper foi empregado pela França, na Operação Barkhane, iniciada oficialmente em agosto de 2014, desempenhando papel estratégico na vigilância persistente de áreas desérticas no Sahel. O sistema foi utilizado para localizar campos de treinamento, detectar agrupamentos logísticos e identificar rotas de fuga de organizações extremistas, proporcionando inteligência valiosa para missões de interdição e segurança regional (Africa defense forum, 2018). Durante a intervenção federal no estado do Rio de Janeiro, em 2018, os SARPs foram empregados em apoio direto às operações GLO, contribuindo significativamente para o monitoramento de áreas conflagradas, permitindo uma vigilância constante e discreta, com capacidade de coleta de imagens em tempo real. Integrados aos sistemas de Comando e Controle, os SARPs forneceram subsídios operacionais essenciais para a tomada de decisão tática, elevando o nível de consciência situacional das tropas e dos centros de comando envolvidos. A experiência reforçou a

viabilidade do emprego desses sistemas em operações de segurança pública, sobretudo em contextos de alta complexidade e risco (Siqueira, 2020).

No campo logístico, os SARP têm se destacado como soluções inovadoras em ambientes de difícil acesso e operações prolongadas. Na guerra da Ucrânia, por exemplo, o drone Bayraktar TB2 tem sido empregado com sucesso tanto em missões ofensivas quanto em apoio tático e logístico, incluindo a entrega de suprimentos a unidades isoladas no leste do país (Kaya, 2022). Com seu baixo custo, autonomia prolongada e capacidade de operação em terrenos hostis, o TB2 contribuiu significativamente para o suporte a unidades ucranianas em Donbass, oferecendo inclusive funções de retransmissão de dados e coordenação de ataques de precisão (The new yorker, 2022).

Em regiões inóspitas como o Ártico, o MQ-9 Reaper demonstrou versatilidade logística notável. Com cerca de 27 horas de autonomia, sensores adaptados para ambientes frios e enlace via satélite, o modelo tem sido utilizado pelos Estados Unidos para patrulhamento prolongado e entrega de cargas leves a postos avançados, em apoio a operações de monitoramento estratégico e manutenção de presença em áreas polares (Stutzriem, 2024).

A capacidade logística dos SARP também se revelou útil em situações de desastre natural. Após terremotos ocorridos na Turquia e no norte da Síria, drones como o RQ-4 Global Hawk e versões do MQ-9 foram utilizados para mapear áreas afetadas e transportar kits médicos e suprimentos a comunidades isoladas, reduzindo o tempo de resposta e aumentando a segurança em áreas de difícil acesso (United States. Air Force., 2024c). No Brasil, durante a Operação Taquari, realizada em apoio à população afetada pelas inundações no estado do Rio Grande do Sul, foram empregados drones para o mapeamento de áreas alagadas, localização de pessoas isoladas e apoio à coordenação de resgates e envio de suprimentos, otimizando a resposta humanitária em zonas críticas (Brasil, 2024f).

Além do papel logístico, os SARP vêm sendo amplamente utilizados em operações de combate integradas a capacidades aéreas, terrestres, navais, espaciais e cibernéticas. Essa integração permite maior precisão nos efeitos desejados e reduz os riscos à tropa, representando um novo paradigma no campo de batalha moderno. Em conflitos como a Operação Tempestade de Fogo no Iraque e Síria, e nos confrontos entre Israel e Hezbollah, drones armados como o Heron TP, MQ-9 Reaper e Harop foram empregados em coordenação com forças especiais, artilharia de longo alcance e aviação tripulada, executando missões de reconhecimento e ataque de alta precisão (Galeotti, 2022b).

Em junho de 2025, a Ucrânia lançou a Operação Telaraña, uma ofensiva surpresa com 117 drones kamikaze que atingiu simultaneamente cinco bases aéreas russas localizadas a até 4.400 km de distância, incluindo instalações em Múrmansk, Ivánovo, Riazán e Irkutsk. A operação resultou na destruição ou dano de 41 aeronaves militares russas, entre elas bombardeiros estratégicos Tu-95, Tu-22M3 e o avião de controle aéreo A-50, com prejuízos estimados em mais de US\$ 7 bilhões. (Huffpost, 2025).

Além de suas vantagens operacionais, os SARPs se destacam também pelo excelente custo-benefício que oferecem em comparação com aeronaves tripuladas. Essa característica os torna especialmente atrativos para missões de longa duração, nas quais a sustentabilidade financeira é um fator crítico. Seus custos reduzidos de aquisição, operação e manutenção ampliam a viabilidade de emprego contínuo em operações regulares e de grande escala, minimizando o impacto sobre os orçamentos de defesa e permitindo maior racionalização dos recursos estratégicos disponíveis.

As experiências internacionais reforçam o potencial de adoção e desenvolvimento de capacidades logísticas e ofensivas com SARPs. Ao investir em sistemas autônomos e integrados, as Forças Armadas brasileiras poderão ampliar sua presença, reduzir custos operacionais e aumentar sua resiliência frente a ameaças assimétricas ou cenários de catástrofe.

2.4 Considerações Finais

A discussão apresentada neste capítulo evidenciou que os SARPs representam, mais do que plataformas tecnológicas, são componentes integrados de um ecossistema operacional mais amplo. Essa natureza sistêmica exige que o desenvolvimento e o emprego sejam pensados sob a ótica da integração funcional e doutrinária, e não como soluções isoladas ou aditivas aos meios convencionais.

O panorama normativo nacional revela avanços pontuais nas Forças Singulares, mas carece de centralidade institucional e diretrizes unificadas no âmbito do Ministério da Defesa. A ausência de uma definição formal e de uma categorização técnico-operacional comum compromete a interoperabilidade entre os sistemas das três Forças e limita a capacidade de promover sinergia entre as diversas plataformas atualmente em operação. Essa fragmentação normativa dificulta o planejamento conjunto, impacta a logística integrada e, sobretudo, inviabiliza a racionalização dos custos de aquisição, operação e manutenção dos sistemas, elementos indispensáveis à sustentabilidade da capacidade militar no longo prazo.

Como demonstrado ao longo do capítulo, a experiência internacional aponta caminhos claros. Documentos como o *Unmanned Aircraft Systems Roadmap* e a *STANAG 4586* enfatizam a importância de ciclos de vida integrados, padronização de protocolos e modularidade de sistemas, de forma a maximizar a eficiência do investimento público. O Brasil, ao não consolidar uma política unificada, perde a oportunidade de otimizar recursos, reduzir redundâncias técnicas e alinhar sua Base Industrial de Defesa (BID) aos requisitos operacionais de uma estrutura conjunta.

Casos concretos, como o uso do MQ-9 Reaper na Operação Barkhane, os efeitos logísticos do Bayraktar TB2 no teatro ucraniano e a ofensiva ucraniana de 2025 (Operação Telaraña), demonstram que o emprego de SARP, quando inserido em estruturas integradas e orientado por doutrinas consolidadas, é capaz de gerar efeitos estratégicos de alta precisão com custos significativamente inferiores aos de meios tripulados equivalentes.

Assim, para que os SARP cumpram seu papel estruturante na Defesa Nacional, é imprescindível que sejam concebidos como sistemas integrados e interoperáveis, e que sua gestão esteja amparada por um marco normativo robusto, moderno e centralizado. Somente com uma abordagem sistêmica será possível transformar inovação tecnológica em capacidade operacional efetiva, assegurando eficiência orçamentária e coerência estratégica no emprego militar desses sistemas.

A integração entre as Forças Armadas brasileiras, embora em processo de amadurecimento, ainda se mostra incipiente diante da complexidade exigida para o pleno aproveitamento dos SARP como vetor estratégico. Essa realidade aponta para a urgência de uma transição da interoperabilidade técnica limitada para um modelo de integração doutrinária e operacional profunda. Isso implica transformar os SARP em parte orgânica de um sistema interforças, coordenado e resiliente, sustentado por um arcabouço normativo robusto e por uma cultura institucional que valorize a atuação conjunta.

A análise apresentada no capítulo evidenciou que os SARP no contexto brasileiro constituem um campo em consolidação, marcado por fragmentação normativa e ausência de integração centralizada entre as Forças Singulares. Nesse cenário, o próximo capítulo examinará o modelo dos EUA que representam a referência mais relevante pela maturidade de suas capacidades e pela profundidade de suas reflexões operacionais. Ao investigar como as Forças Armadas norte-americanas se estruturam, pretende-se encontrar não apenas soluções técnicas aplicáveis, mas um espelho institucional que permita diagnosticar lacunas nos processos internos e traçar caminhos viáveis para modernização estratégica.

3 OS SARPs NAS FORÇAS ARMADAS DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

As Forças Armadas dos Estados Unidos possuem um dos sistemas mais avançados e consolidados de emprego de SARPs no mundo. Esse desenvolvimento é resultado de um contínuo processo de inovação tecnológica, amadurecimento doutrinário e vasta experiência operacional acumulada ao longo das últimas décadas. Desde os anos 1990, com a introdução do MQ-1 Predator, os EUA têm incorporado progressivamente os SARPs em diversas frentes de atuação global, culminando no uso extensivo do MQ-9 Reaper em operações de reconhecimento, vigilância e ataque de precisão (United States Air Force, 2023).

Os sistemas se destacam não apenas pela robustez tecnológica, mas, sobretudo, por sua capacidade de integração entre ramos distintos, Exército, Marinha e Força Aérea, sob uma arquitetura operacional unificada. Essa integração é sustentada por uma combinação estratégica de plataformas padronizadas, doutrinas conjuntas e centros de comando que operam de forma sincronizada. (Department of defense, 2020).

No plano industrial, os Estados Unidos mantêm autonomia plena sobre o ciclo produtivo dos SARPs, consolidando uma Base Industrial de Defesa altamente capacitada e verticalizada. Esse domínio abrange a produção de sensores multiespectrais, sistemas embarcados de inteligência artificial, enlaces de comunicação criptografados de alta segurança e tecnologias de integração com constelações de satélites militares, como o sistema WGS (Wideband Global SATCOM) (Galeotti, 2022a).

Nesse capítulo tem-se por objetivo apresentar o modelo adotado pelos Estados Unidos, no desenvolvimento e no emprego de SARPs. A abordagem inclui os principais aspectos doutrinários, organizacionais, materiais e de infraestrutura, com o intuito de extrair lições que possam orientar a estruturação de um sistema nacional brasileiro de SARPs.

3.1 Doutrina dos SARPs nas US ARMED FORCES

Nos Estados Unidos, o emprego dos SARPs está firmemente apoiado em uma doutrina militar madura, que enfatiza a integração interforças, a superioridade tecnológica e a precisão na condução das operações. Essa abordagem estruturada tem garantido a interoperabilidade entre ramos das Forças Armadas, promovendo a adoção de protocolos comuns e ciclos de inovação coordenados (United states air force, 2023).

A doutrina não resulta de iniciativas isoladas, mas de um processo institucionalizado, sustentado por centros especializados como o *Air Force Research Laboratory* (AFRL) e o *Joint Artificial Intelligence Center* (JAIC), que articulam a produção de conhecimento

técnico-científico, a formulação normativa e o aperfeiçoamento contínuo da aplicação operacional dos SARPs (Department of defense, 2022a).

O Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education, sediado na Base Aérea de Maxwell, Alabama, é a principal instituição responsável pela formulação e atualização da doutrina do Poder Aéreo na Força Aérea dos Estados Unidos. Vinculado à Air University, o centro abriga o Air Force Doctrine Development Directorate (AF/A5D), unidade encarregada de elaborar as Air Force Doctrine Publications (AFDPs). Entre essas publicações, destaca-se o AFDP 3-03 – Counterland Operations, que estabelece os princípios do apoio aéreo em operações conjuntas e define o emprego dos SARPs no apoio às forças terrestres (United states air force, 2024a).

O AFDP 1 – The Air Force apresenta os fundamentos conceituais do Poder Aéreo, incluindo os princípios de centralização do comando, descentralização da execução e integração multidomínio, pilares nos quais se insere a utilização dos SARPs como vetores estratégicos e táticos em ambientes contestados (United States Air Force, 2022). As publicações são desenvolvidas sob a coordenação direta do LeMay Center, que atua como núcleo estratégico de reflexão doutrinária sobre o emprego de capacidades aéreas não tripuladas, alinhando-se às necessidades operacionais contemporâneas e fomentando a integração desses sistemas às estruturas de Comando e Controle (C2) (United States Air Force, 2024a).

Enquanto o LeMay, estabelece a visão estratégica para o emprego do poder aéreo pela Força Aérea dos Estados Unidos, a doutrina de utilização coordenada dos SARPs entre os diferentes ramos das Forças Armadas norte-americanas é formulada pelo Joint Staff J-7, órgão do Estado-Maior Conjunto, responsável pela liderança da Joint Doctrine Development Community (JDDC) (United States, 2019a).

Essa estrutura doutrinária se apoia fundamentalmente em três publicações principais: a Joint Publication 3-30 – Joint Air Operations, que define os princípios e as responsabilidades para o comando e controle centralizado e a execução descentralizada das operações aéreas conjuntas (United States, 2019a); a Joint Publication 3-52 – Joint Airspace Control, que estabelece os procedimentos de coordenação e controle do espaço aéreo nas operações combinadas (United States, 2019b); e a Air Force Doctrine Publication 3-03 – Counterland Operations, que apresenta os fundamentos doutrinários do emprego de vetores aéreos, incluindo SARPs, no apoio às operações terrestres, com foco em vigilância persistente e ataque de precisão (United States Air Force, 2024b).

A lógica operacional do Joint Publication 3-30 é atuação dos SARP's em proveito da guerra centrada em redes (Network-Centric Warfare - NCW), que propõe o emprego sinérgico de sensores, plataformas, processadores de dados e decisores militares em uma arquitetura digital integrada. Nessa perspectiva, o sistema não é visualizado para atuar de forma isolada, mas como nó ativo de um ecossistema tático mais amplo, interligado por sistemas de C4ISR. Isso torna as redes de Comando e Controle (C2) a espinha dorsal que sustenta o emprego dos SARP's pelas Forças Armadas dos Estados Unidos.

O Air Force Doctrine Volume 3-03 complementa a visão ao enfatizar que o poder aéreo, que inclui os SARP's, deve operar em rede para garantir vigilância persistente, alcance global e entrega precisa de efeitos. A doutrina ainda prevê que as plataformas, tripuladas e não tripuladas, compartilhem dados táticos, operacionais e estratégicos em tempo real, possibilitando maior consciência situacional. Nota-se que os conceitos doutrinários estabelecem que os SARP's são componentes de um macroprocesso de obtenção da superioridade decisória e por isso essencial que estejam integrados entre si e a outros sistemas.

Outros documentos doutrinários fundamentais estabelecem uma visão estratégica para os SARP's. Desde 2009, o *Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009–2047*, elaborado pela Força Aérea, traça um plano de longo prazo para o desenvolvimento e emprego desses sistemas, com ênfase em redes adaptativas, inteligência artificial embarcada e crescente autonomia operacional, consolidando os SARP's como vetores essenciais da doutrina de superioridade informacional e operação em ambientes multidomínio (United States Air Force, 2009).

Complementarmente, o Departamento de Defesa dos EUA publicou o *Unmanned Systems Integrated Roadmap: FY 2013–2038*, documento que apresenta diretrizes integradas para todos os sistemas não tripulados – aéreos, terrestres e navais – estabelecendo capacidades desejadas, prioridades de investimento, interoperabilidade interagências e requisitos técnicos para assegurar sua efetiva integração no esforço militar conjunto norte-americano (Department of defense, 2013).

Ambas as publicações refletem a compreensão institucional de que os SARP's não devem ser vistos como plataformas isoladas, mas como elementos centrais de uma arquitetura integrada de comando e controle, capazes de ampliar capacidades operacionais, racionalizar custos e garantir superioridade estratégica em operações contemporâneas.

Em Dez 2024, a *Strategy for Countering Unmanned Systems* do Departamento de Defesa dos EUA definiu um modelo integrado e sustentável para enfrentamento das ameaças representadas por sistemas não tripulados. A abordagem se desdobra em cinco eixos estratégicos: desenvolver capacidade de detecção e caracterização de ameaças; desarticular cadeias logísticas e redes de suporte às ameaças; consolidar defesas ativas e passivas como parte do núcleo da força militar; estimular soluções tecnológicas escaláveis e de baixo custo; e fortalecer a cooperação interagência e alianças estratégicas (United States, 2024b). Esse arcabouço desloca o foco de reações pontuais para um ciclo sistêmico que engloba prevenção, resiliência institucional, inovação e interoperabilidade, refletindo uma transformadora lógica operacional que conecta doutrina, estrutura, recursos e tecnologia sob o princípio da superioridade informacional e da prontidão proativa.

A integração doutrinária entre as Forças Armadas dos Estados Unidos, especialmente no emprego de SARPs, é robustamente sustentada por uma doutrina unificada e por tecnologias padronizadas. A articulação eficiente é possível graças a centros de comando integrados e ao uso de enlaces de dados padronizados, como o Link 16, fundamental para a troca de informações táticas em tempo real (United States, 2023a). Esse enfoque consolidado permite que um único SARP possa atender simultaneamente a comandos de diferentes forças, maximizando os efeitos militares e proporcionando racionalização de custos e redução de redundâncias operacionais.

Em perspectiva crítica, a doutrina dos SARPs nos Estados Unidos caracteriza-se por sua sofisticação técnico-operacional e pelo rigor conceitual que sustenta sua aplicação prática. O modelo norte-americano serve de referência para o desenvolvimento de sistemas nacionais, especialmente para países que buscam consolidar capacidades autônomas de defesa. Entretanto, as necessidades e realidades domésticas necessitam estar traduzidas na matriz doutrinária que envolve o desenvolvimento do projeto.

3.2 Organização dos SARPs nas US ARMED FORCES

Nos Estados Unidos, os SARPs estão distribuídos entre as diferentes Forças Armadas, Força Aérea (USAF), Exército (U.S. Army), Marinha (US Navy) e Corpo de Fuzileiros Navais (USMC), com plataformas adaptadas às necessidades específicas de cada componente. Apesar das estruturas serem descentralizadas, o emprego é coordenado por comandos operacionais e estratégicos, com parâmetros doutrinários estabelecidos de forma conjunta, visando à interoperabilidade e à eficácia operacional. A doutrina militar dos EUA enfatiza a integração e sincronização de capacidades entre os diversos serviços, promovendo uma abordagem conjunta nas operações militares (United States, 2023b).

A USAF é, atualmente, o ramo mais avançado na integração de SARPs, exercendo protagonismo na formulação doutrinária e no controle das operações com essas plataformas. Sua estrutura organizacional está centrada em unidades especializadas, com foco em missões de longo alcance e natureza estratégica. Entre essas unidades destacam-se a 432nd Wing, sediada na Base Aérea de Creech (Nevada), a primeira ala operacional dedicada exclusivamente a SARPs, que opera os modelos MQ-1 Predator e MQ-9 Reaper, voltados para missões de vigilância persistente, coleta de sinais e ataques de precisão (United States, 2024d). Essas plataformas são comandadas a partir de estações de controle em solo, integradas a redes de Comando e Controle de escopo global.

Já a 319th Reconnaissance Wing, localizada em Grand Forks (Dakota do Norte), é responsável pelas operações com a aeronave RQ-4 Global Hawk, especializada em missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) de alta altitude, ampliando o alcance estratégico da USAF em tempo real (United States, 2024c).

A operação e o controle tático e estratégico na USAF são conduzidos sob a responsabilidade do Air Combat Command (ACC), que organiza, treina e equipa unidades de combate aéreo para pronta resposta em defesa nacional e operações expedicionárias (United States, 2024e). O treinamento e a formação dos operadores dessas aeronaves ocorrem majoritariamente na Holloman Air Force Base, no Novo México, onde a 49th Wing conduz programas formais para capacitação de pilotos e operadores de sensores do MQ-9 Reaper (United States, 2024f). Já o controle remoto das missões operacionais encontra-se centralizado na Creech Air Force Base, em Nevada, sede da 432nd Wing, onde são realizadas operações contínuas de ataque e vigilância global, além da formação de profissionais especializados (United States, 2024d).

No Exército dos Estados Unidos, a lógica de emprego dos SARPs é distinta e integrada à estrutura tática de campanha. Ao contrário de um controle centralizado, os sistemas são alocados diretamente a batalhões orgânicos das Brigade Combat Teams (BCTs) e em unidades de inteligência e aviação tática, garantindo aplicação imediata em apoio às operações terrestres em curso (Armed Services Committee, 2016). Essa distribuição descentralizada permite que mesmo os pelotões iniciais disponham da capacidade de reconhecimento e apoio, fortalecendo a sinergia entre drones e tropas em progressão.

Os sistemas empregados pelo U.S. Army variam desde drones portáteis lançados manualmente até plataformas MALE como o MQ-1C Gray Eagle, coordenado pelo Army Futures Command. O Gray Eagle atua como um prolongamento sensorial do agrupamento

terrestre, oferecendo suporte visual, aquisição de alvos e ajuste de fogos em tempo quase real (Armed Services Committee, 2016).

Além disso, conforme anúncio recente, todas as divisões de combate do U.S. Army serão equipadas com aproximadamente 1.000 drones cada uma até 2026, reforçando a postura de guerra por meio de exames automatizados e sistemas modulares de vigilância e ataque, inspirados pelos resultados observados na guerra da Ucrânia (Business insider, 2025). Essa utilização integrada em escala tática, em múltiplos escalões — de pelotão a divisão — reflete um modelo organizado e distribuído que garante resposta rápida no teatro de operações, otimiza efeitos militares e reduz redundâncias logísticas e de pessoal.

Já no domínio naval, a Marinha dos EUA emprega os SARPs com foco em operações no mar e a partir de plataformas embarcadas. Essa especificidade impõe requisitos técnicos como resistência ao ambiente salino, capacidade de decolagem e pouso vertical, além da plena integração com os sistemas de combate dos navios (United States, 2022b). Os SARPs fazem parte de esquadrões aeronaval embarcados e integram estruturas conhecidas como Esquadrões de Patrulha Não Tripulados, desempenhando funções essenciais no prolongamento da consciência situacional. A doutrina, desenvolvimento e manutenção técnica são coordenados pelo Comando de Sistemas Aéreos Navais (NAVAIR), que também é o responsável pelo programa do MQ-25 Stingray, destinado ao reabastecimento aéreo a partir de porta-aviões e por explorar SARPs de reconhecimento como o Fire Scout (United States. Navy, 2021 c).

Os sistemas embarcados na US Navy são utilizados, principalmente, para ampliar o alcance de vigilância e reforçar a consciência situacional do comandante de bordo. O projeto do MQ-25 Stingray pretende aumentar a eficiência da ala aérea embarcada e prolonga o raio de ação de ataque da frota. A US Navy também tem investido em embarcações autônomas de superfície e submarinas, expandindo o conceito de veículos não tripulados para o domínio naval.

O USMC tem concentrado seus esforços no emprego de SARPs de pequeno porte, com ênfase no apoio direto a unidades terrestres, na vigilância tática e na ampliação da consciência situacional em níveis subunidades e unidades. Esses sistemas são empregados no contexto das *Marine Air-Ground Task Forces* (MAGTFs), estruturas modulares que integram forças de combate terrestre, aviação e apoio logístico. As operações com UAS são normatizadas por meio da publicação MCWP 3-42.1, que apresenta diretrizes doutrinárias para o uso tático desses sistemas, abordando aspectos

como coordenação com forças manobráveis, logística, comunicações e procedimentos de integração aérea (United States. Marine Corps, 2003).

Além disso, o Corpo de Fuzileiros Navais tem avançado no desenvolvimento de capacidades defensivas voltadas à proteção de bases e instalações críticas contra ameaças representadas por drones hostis. O programa Installation-Counter small Unmanned Aircraft Systems (I-CsUAS) busca integrar sensores, radares, algoritmos e sistemas de interferência eletrônica para detectar, rastrear, identificar e neutralizar drones de pequeno porte em ambientes operacionais e domésticos (United States. Marine Corps, 2022).

A estrutura é pensada para ser flexível, para se moldar aos ambientes mais inóspitos, aos deslocamentos rápidos e às exigências de uma tropa que precisa estar pronta para agir. Por isso, os sistemas adotados são majoritariamente compactos, fáceis de transportar e operáveis sob condições adversas, seja em zonas litorâneas de difícil acesso, seja em enclaves urbanos de alta complexidade.

Cada componente das Forças Armadas norte-americanas incorpora os SARP's segundo sua lógica operacional, perfil de missão e ambiente predominante de atuação. A Força Aérea concentra-se na condução de operações de longo alcance e no engajamento de precisão a partir de plataformas controladas remotamente; o Exército prioriza o apoio direto às forças terrestres, com integração aos escalões táticos; a Marinha molda seus sistemas para uso embarcado e ambientes marítimos; já o Corpo de Fuzileiros Navais adota soluções leves e adaptáveis, voltadas para mobilidade e pronta resposta. Embora esses caminhos distintos reflitam as particularidades doutrinárias de cada Força, existe um esforço constante de convergência promovido por estruturas interforças, que buscam assegurar interoperabilidade entre os meios. No entanto, o que se evidencia é um modelo descentralizado por natureza, onde a versatilidade e a adaptação às realidades operacionais fazem do sistema um mosaico funcional - ao mesmo tempo coeso e diversificado.

A coordenação estratégica dos sistemas não tripulados no âmbito das Forças Armadas dos Estados Unidos é conduzida pelo Joint Staff e pelos Unified Combatant Commands, como definido na *Joint All-Domain Command and Control Strategy* publicada pelo Departamento de Defesa em 2022 (United States, 2022a). O suporte técnico e doutrinário é fornecido por estruturas especializadas como o Joint Artificial Intelligence Center (JAIC) e a Defense Innovation Unit (DIU), que vêm liderando iniciativas voltadas à integração de tecnologias emergentes, incluindo sistemas autônomos e capacidades de

decisão baseadas em dados. Em 2024, a DIU anunciou a destinação de recursos significativos à expansão de projetos em colaboração com comandos conjuntos, com ênfase em sistemas não tripulados (United States, 2024a).

A interoperabilidade técnica entre os diferentes ramos das Forças é assegurada por meio de redes como o Link 16, cuja padronização e uso operacional estão estabelecidos na CJCSI 6520.01 (United States, 2012), e pelo sistema Battlefield Airborne Communications Node (BACN), que atua como gateway de comunicações entre plataformas aéreas e terrestres, permitindo conectividade persistente e compartilhamento em tempo real (United States. Air Force, 2023b). Essa estrutura é articulada no conceito Joint All-Domain Command and Control (JADC2), cuja finalidade é integrar sensores, decisores e atuadores em todos os domínios operacionais, fortalecendo a superioridade informacional e a coordenação em ambientes multidomínio (United States, 2022a).

A estrutura organizacional do sistema norte-americano permite que os EUA atuem em escala global, com alta redundância e resiliência. A forma como os diferentes ramos operam, embora dotada de certa independência funcional, está organicamente vinculada a uma malha institucional mais ampla, que assegura ao mesmo tempo agilidade nas ações táticas e coerência nas diretrizes estratégicas de emprego.

3.3 Material dos SARP's nas US ARMED FORCES

O Departamento de Defesa (DoD) classifica os SARP's em cinco grupos, conforme a tabela 5, com base em peso, velocidade e altitude operacional, conforme estabelecido na publicação ATP 3-01.81 – Counter-Unmanned Aircraft Systems (United States, 2023f). Essa categorização padronizada é adotada pelo Exército, Marinha e Força Aérea, assegurando interoperabilidade, racionalização logística e coerência doutrinária entre os ramos.

Tabela 5 – Categorização dos SARP's nos EUA de acordo com o DoD

Grupo	Peso (kg)	Velocidade (km/h)	Altitude (m)	Exemplos Operacionais
1	até 9,1	< 185	< 365	RQ-11 Raven e Wasp AE
2	9,5 a 24,9	< 463	< 1 067	Puma 3 AE e ScanEagle
3	até 598	< 463	< 5 500	RQ-7 Shadow e Aerosonde
4	> 598	Não definida	< 5 500	MQ-1C Gray Eagle e MQ-8C Fire Scout
5	> 598	Não definida	> 5 500	MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk e MQ-25 Stingray

Fonte: adaptação da ATP 3-01.81 – UAS Groups (United States, 2023f).

Até o momento, não foram identificadas classificações alternativas no âmbito da Secretaria de Defesa (Office of the Secretary of Defense) que substituam esse modelo. As Forças Singulares operam com base nessa mesma estrutura de cinco grupos, o que reforça a adoção de um padrão conjunto em todo o Departamento de Defesa.

Ao abranger desde plataformas leves e portáteis até sistemas estratégicos de alta altitude e longa permanência, o modelo normativo estabelece as condições para que os SARPs sejam integrados a uma variedade de missões em todos os níveis operacionais. Essa diversidade viabiliza sua aplicação em tarefas como vigilância persistente, interdição de alvos, apoio aéreo aproximado, guerra eletrônica, retransmissão de comunicações, busca e salvamento, apoio logístico automatizado e monitoramento ambiental, consolidando os SARPs como vetores multifuncionais de comando e decisão.

Essa multiplicidade de usos permite que os SARPs atuem não apenas como extensores da consciência situacional, mas também como elementos ativos na arquitetura de combate multidomínio. Ao serem empregados em operações conjuntas e interagências, eles reforçam a capacidade de coordenação entre escalões táticos e estratégicos, oferecendo soluções de baixo custo, baixo risco humano e elevada adaptabilidade a diferentes cenários operacionais.

a. Força Aérea dos EUA

A USAF emprega diversos SARPs com diferentes características e aplicações. Na Tabela 6 apresentam-se alguns dos principais sistemas com informações sobre suas funções, autonomia de voo, alcance operacional e custo estimado por unidade. Essa sistematização fornece uma base comparativa inicial para análise técnico-operacional desses vetores no contexto da estrutura de defesa aérea norte-americana.

Tabela 6 – Principais SARPs da USAF

Sistema	Função	Autonomia (h)	Alcance (km)	Preço (US\$)
MQ-9 Reaper	Ataque/IVR	27h	1.850 km	32 M
RQ-4 Global Hawk	Reconhecimento estratégico	30h	22.000 km	130 M
XQ-58A Valkyrie	Apoio a caças	Em avaliação	3.000 km	2,5 M

Fonte – adaptação do *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2020–2040* – DoD

O MQ-9 Reaper é uma aeronave remotamente pilotada amplamente utilizada pelas Forças Armadas dos Estados Unidos, destacando-se por sua capacidade ofensiva e persistência em missões de longa duração. Equipado com armamentos como mísseis

AGM-114 Hellfire e bombas guiadas a laser GBU-12 Paveway II, o Reaper é empregado em operações de contraterrorismo, vigilância persistente e guerra convencional desde 2007 (United States, 2023a).

O RQ-4 Global Hawk é uma aeronave de reconhecimento estratégico de alta altitude, com alcance superior a 22.000 km e autonomia de voo superior a 30 horas. Operando a altitudes de até 60.000 pés, o Global Hawk é vital para o monitoramento de fronteiras e operações de inteligência, fornecendo vigilância persistente e coleta de dados em tempo real (United States, 2023d).

Ambos os sistemas, MQ-9 Reaper e RQ-4 Global Hawk, contribuem para a superioridade informacional das Forças Armadas dos EUA, permitindo vigilância contínua e ações ofensivas precisas com riscos reduzidos para as tripulações.

O XQ-58A Valkyrie é uma aeronave não tripulada em fase de testes, desenvolvida como parte do programa "Loyal Wingman" da Força Aérea dos Estados Unidos. Projetada para operar de forma autônoma ao lado de caças tripulados, como o F-35, a Valkyrie visa transformar o combate aéreo, oferecendo uma solução de baixo custo e alta performance (United States, 2023e).

Os meios da USAF oferecem capacidades altamente complementares, com destaque para a combinação entre persistência operacional, alcance estratégico e inovação tecnológica. A autonomia estendida e o amplo raio de ação desses sistemas permitem cobrir áreas vastas com vigilância contínua, apoiar operações de combate em tempo quase real e projetar poder em regiões distantes, mesmo sem presença física direta. Além disso, o equilíbrio entre plataformas de alto desempenho e sistemas de menor custo e rápida reposição permite racionalizar recursos e expandir o poder militar. Os sistemas entregam não apenas vigilância ou ataque, mas também superioridade informacional e capacidade de resposta estratégica em múltiplos domínios operacionais.

b. Exército dos EUA

O USARMY integra diferentes modelos de SARP em sua estrutura operacional. Esses sistemas apresentam variações quanto às suas funções, capacidades técnicas e perfis de emprego, conforme os requisitos específicos das missões conduzidas pela força terrestre. Na Tabela 7 reúnem-se informações sobre alguns dos principais sistemas, incluindo dados referentes à finalidade, autonomia de voo, alcance e custo estimado por unidade.

Tabela 7 – Principais SARPs do US ARMY

Sistema	Função	Autonomia (h)	Alcance (km)	Preço (US\$)
MQ-1C Gray Eagle	Ataque/IVR terrestre	25h	400 km	21M
RQ-7 Shadow	Reconhecimento tático	9h	125 km	750 mil
RQ-20 Puma	Vigilância local	2h	20 km	250 mil

Fonte – adaptação do *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2020–2040* - DoD

O MQ-1C Gray Eagle representa a principal capacidade de IVR e apoio aéreo tático das brigadas do Exército dos EUA. O sistema apresenta autonomia de cerca de 25 horas, altitude operacional de até 29 000 pés, carga útil de 488 kg para sensores EO/IR, radar SAR e até quatro mísseis Hellfire. Opera diretamente em unidades táticas, proporcionando suporte integrado ao campo de batalha (GENERAL ATOMICS, 2025).

Os drones mais leves, o RQ-7 Shadow e o RQ-20 Puma AE, complementam essa capacidade em níveis táticos e de pelotão. O Shadow mantém operações de reconhecimento a médio alcance, enquanto o Puma AE, portátil e apto para ambientes terrestres e marítimos, oferece até 3 horas de autonomia, alcance de linha de visada entre 20 e 60 km e sensores EO/IR embarcados (Aerovironment, 2019). Essa combinação cria uma cadeia escalonada de persistência e inteligência, otimizando a disponibilidade e custo-benefício operacional.

Esses sistemas formam um leque escalonado de diferentes níveis de emprego capazes de entregar diferentes níveis de persistência, capacidade sensorial e poder de fogo, conforme a necessidade operacional. Sua integração aos núcleos táticos assegura apoio imediato e eficiente às ações terrestres, com elevada relação custo-benefício operacional.

No conjunto das Forças Armadas, os sistemas do Exército contribuem com a capacidade de integração de Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos diretamente para a manobra terrestre, além de conectar diferentes sensores no campo de batalha em tempo real. Em resumo, o sistema não apenas amplia o alcance sensorial e a consciência situacional das tropas terrestres, como também reforça a coesão entre os diferentes ramos militares.

c. Marinha dos EUA

A US NAVY adota SARP para atender a diferentes demandas operacionais, que envolvem desde vigilância marítima até missões embarcadas em ambiente naval. Esses sistemas variam quanto a suas aplicações, desempenho técnico e modos de

operação. Na Tabela 8 apresentam-se informações sobre alguns dos principais sistemas empregados, com dados referentes à função, autonomia, alcance e custo estimado por unidade.

Tabela 8 – `Principais SARPs da US NAVY

Sistema	Função	Autonomia (h)	Alcance (km)	Preço (US\$)
MQ-25 Stingray	Reabastecimento aéreo	*	900	150M
MQ-8 Fire Scout	Reconhecimento embarcado	12	280	20M
ScanEagle	IVR tático	*	100	3.2M

Fonte – adaptação do *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2020–2040* - DoD

O MQ-25A Stingray, desenvolvido pela Boeing para a Marinha dos EUA, representa um avanço significativo no emprego de SARPs navais. Com capacidade operacional de reabastecimento aéreo embarcado, já demonstrado durante testes com F/A-18, E-2D e F-35 a partir de junho de 2021, o sistema estende significativamente o alcance operacional dos caças navais, permitindo reabastecimento diretamente em porta-aviões (United States Navy, 2024). Ao reduzir a dependência da Força Aérea e aumentar a autonomia dos grupos de tarefa embarcados, o MQ-25 fortalece a doutrina de projeção expedicionária da Marinha.

Já o MQ-8 Fire Scout, um helicóptero autônomo desenvolvido pela Northrop Grumman para operações embarcadas, oferece capacidades versáteis de IVR, apoio de fogo aproximado e direcionamento de alvos para sistemas navais, além de suporte a missões antissubmarino. O MQ-8B acumulou mais de 17 mil horas de voo embarcado em fragatas e navios de patrulha; o MQ-8C, maior e com autonomia de até 12 horas e alcance de 150 milhas náuticas, complementou as operações no mar após alcançar IOC em junho de 2019 (United States Navy, 2021b). Em síntese, o Fire Scout amplia o alcance sensorial da Esquadra, agrega valor à vigilância marítima e proporciona apoio direto às operações navais com excelente custo-benefício.

O ScanEagle, lançado por catapulta e recuperado via Skyhook, é uma opção tática eficaz e acessível para operações navais e expedicionárias. O sistema apresenta autonomia superior a 20 horas e dispensando pista de pouso, sendo lançado de navios como fragatas e corvetas (United States Air Force, 2023c).

Empregado principalmente em patrulhas marítimas, oferece vigilância contínua da superfície, identificação de embarcações suspeitas e suporte a operações de interdição. Em missões conjuntas, como a interrupção do tráfico e segurança de rotas, o sistema

integra-se a centros de comando e controle, fornecendo transmissões ao vivo e imagens em tempo real que reforçam a capacidade de reação das forças navais com excelente relação custo-benefício (United States Navy, 2021a).

Com essas plataformas, os SARP's da Marinha transcendem a aplicação no domínio naval e contribuem para a sustentação logística autônoma, IVR embarcado, controle ampliado do espaço marítimo e obtenção da superioridade informacional. Trata-se de um sistema que amplia as capacidades de dissuasão e prontidão operacional da frota, com apoio contínuo aos sensores tripulados.

d. Corpo de Fuzileiros Navais

O USMC incorpora SARP's em diferentes níveis de suas unidades operacionais. Esses vetores são empregados em múltiplos contextos, com características técnicas e funcionais ajustadas às necessidades táticas da força expedicionária. A Tabela 9 reúne informações sobre alguns desses sistemas, incluindo função principal, autonomia de voo, alcance e valor estimado por unidade.

Tabela 9 – Principais SARP's da USMC

Sistema	Função	Autonomia (h)	Alcance (km)	Preço (US\$)
RQ-21 Blackjack	Reconhecimento expedicionário	16	100	5.5 M
Stalker VXE30	IVR portátil	8	60	400 mil
Switchblade 300	Munição loitering	0.5	10	90 mil

Fonte – adaptação do *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2020–2040* - DoD

O RQ-21A Blackjack, sistema STUAS (Small Tactical UAS), proporciona às Marine Air–Ground Task Forces (MAGTFs) IVR de forma persistente e portátil, operando a partir de navios e bases avançadas. O Blackjack incorpora múltiplos sensores modulares (EO/IR, relé de comunicações e designador) em uma plataforma de pequeno porte que facilita implantação flexível em operações navais e terrestres (Insitu, 2021).

O Stalker VXE-30, da Lockheed Martin, é um híbrido de baixo ruído, ideal para missões discretas e prolongadas. Seu sistema híbrido de propulsão (célula de combustível ou bateria) proporciona voo discretos, com baixo custo operacional e assinatura reduzida, sendo especialmente útil para vigilância, monitoramento ambiental e planejamento tático avançado (Lockheed Martin, 2021).

O Switchblade 300, por sua vez, insere capacidade de ataque diretamente no nível de pelotão. Lançado de tubo portátil, o sistema loitering permite engajamentos de precisão com risco colateral mínimo, sendo uma ferramenta eficaz de dissuasão e ataque rápido em zonas contestadas (Aerovironment, 2023).

Esses três sistemas — Blackjack, Stalker e Switchblade — elevam a capacidade das MAGTFs ao fornecer vigilância persistente, apoio tático e ação ofensiva orgânica, além de permitir respostas rápidas em ambientes de negação de acesso. Sua integração fortalece a autonomia naval, amplia a flexibilidade operacional e melhora a capacidade de decisão em tempo real, com custo-benefício ajustado ao nível da ameaça.

Tabela 10 – Resumo das Capacidades que cada um dos sistemas singulares oferece ao conjunto das Forças Armadas

Força	Capacidade-chave conferida à estrutura conjunta
USAF	Engajamento estratégico, vigilância global e integração em rede
Army	IVR tático, apoio à manobra terrestre e autonomia operacional em campanha
Navy	IVR embarcado, sustentação aeronaval e projeção oceânica
USMC	IVR expedicionário, mobilidade leve e letalidade tática de precisão

Fonte: elaborado pelo próprio autor

A arquitetura multifacetada dos materiais revela uma especialização modular dentro de um ecossistema que combina descentralização funcional com integração sistêmica. O inventário de SARPs das Forças Armadas dos Estados Unidos reflete não apenas a amplitude das operações militares modernas, mas também a integração de tecnologias emergentes voltadas para o domínio da informação, da automação e do combate de alta intensidade em múltiplos ambientes operacionais. Cada um dos sistemas agrega funções complementares ao poder militar conjunto dos EUA, dentro de um modelo de modularidade e segmentação por missão.

3.4 Sistemas de Integração C2 nas US ARMED FORCES

Os sistemas de Comando e Controle (C2) das Forças Armadas dos Estados Unidos são organizados segundo um modelo interforças, sob liderança do Departamento de Defesa e coordenação técnica da Defense Information Systems Agency (DISA). Essa estrutura permite a integração funcional entre os diferentes ramos por meio de sistemas digitais interoperáveis de forma sincronizada. Os principais sistemas que compõem essa arquitetura são: o Joint All-Domain Command and Control (JADC2), o Link 16, o Global Command and Control System – Joint (GCCS-J) e o Distributed Common Ground System (DCGS) (Department of defense, 2022b).

a. Joint All-Domain Command and Control (JADC2)

O JADC2 promove a fusão de sensores por meio de redes seguras baseadas em nuvem, inteligência artificial e arquitetura modular, com integração vertical do nível tático ao estratégico. A supervisão técnica é conduzida por centros de excelência de cada Força Singular (como o ABMS na USAF e o Project Convergence no Army), mas a

governança geral está sob a alçada do Joint Staff J6, com apoio do Chief Digital and AI Office do Pentágono. O JADC2 não apenas conecta os sistemas de comando e controle, mas também os alinha com outras redes de comunicação e inteligência, como o Link 16 (Department of defense, 2022b).

O sistema é projetado para conectar todas as plataformas de defesa, desde aeronaves não tripuladas até satélites e unidades terrestres, em um sistema de comando unificado. Sua implementação visa melhorar a capacidade das forças militares de operarem juntas de forma mais eficaz, otimizando as informações coletadas e a tomada de decisões em tempo real, e permitindo que as forças sejam mais ágeis e adaptáveis a diferentes tipos de ameaças. Essas características permitem que os dados fluam em tempo real entre diferentes plataformas. Além disso, a análise de dados em tempo real, facilita a adaptação de estratégias durante uma operação, levando em consideração mudanças rápidas no campo de batalha, o que garante maior eficácia nas respostas a eventos imprevistos.

b. Link 16

O Link 16 é um sistema de comunicação militar que proporciona um enlace tático digital padronizado de alta taxa de atualização que permite a comunicação criptografada entre aeronaves, navios, veículos terrestres e centros de comando. Sua gestão é feita pelo Joint Interoperability Test Command (JITC), vinculado ao DISA, em coordenação com os combatant commands. O sistema é integrado por meio de terminais MIDS (Multifunctional Information Distribution System) e é obrigatório em plataformas OTAN (United States, 2015).

A arquitetura permite a formação de uma rede tática robusta onde cada nó (unidade equipada) transmite e recebe dados, sem a necessidade de um centro controlador fixo. Essa característica garante grande resiliência em operações militares complexas. O sistema é amplamente empregado em operações das Forças Armadas dos Estados Unidos, das forças da OTAN e de aliados estratégicos como Japão, Coreia do Sul, Austrália e Israel. No ambiente aéreo, é utilizado em aeronaves como o F-15 Eagle, F-16 Fighting Falcon, F-22 Raptor, F-35 Lightning II, além das plataformas de vigilância como o E-3 Sentry AWACS e o E-8 JSTARS. No domínio naval, é instalado em destróieres, fragatas e porta-aviões para a coordenação de defesa aérea, guerra de superfície e apoio logístico. Unidades terrestres, especialmente baterias de mísseis Patriot e centros de comando móvel, também operam utilizando terminais Link 16 integrados às redes táticas (United States, 2023g).

Geograficamente, opera intensamente nas regiões do Atlântico Norte e da Europa Oriental, como parte das forças de prontidão da OTAN, além do Oriente Médio, em operações conjuntas no Golfo Pérsico, e no Indo-Pacífico, em patrulhas e exercícios militares com aliados no Japão, Coreia do Sul e Austrália. Além disso, o sistema é essencial para o Comando Norte-Americano de Defesa Aeroespacial (NORAD), sendo empregado para a vigilância aérea do território continental dos Estados Unidos e do Canadá (North Atlantic Treaty Organization, 2022).

A experiência internacional oferece ao Brasil uma base essencial para viabilizar a plena integração nas Forças Armadas, garantindo que unidades diversas atuem de forma sincronizada e eficiente em teatros de operação de alta intensidade. Integrar os SARP em sistema semelhante implica não apenas em instalar terminais, traz desafios significativos para desenvolver doutrina operacional, capacitar operadores para o uso integrado do enlace, estabelecer protocolos de certificação e segurança cibernética, dentre outros.

c. Global Command and Control System (GCCS)

O GCCS-J, desenvolvido e mantido pela DISA, é o sistema corporativo de visualização operacional comum, sendo utilizado em todos os escalões e comandos geográficos dos EUA. Organizado em módulos funcionais e serviços baseados em SOA (Service-Oriented Architecture), o sistema consolida dados de inteligência, posicionamento de forças, meteorologia e ameaças, e sua arquitetura em nuvem permite acesso simultâneo por milhares de usuários globalmente. A interoperabilidade com outros sistemas de C2 e plataformas, como o JADC2 e o Link 16, permite que seja uma parte vital do ecossistema de defesa das Forças Armadas dos EUA (DOT&E, 2022).

O sistema facilita a coordenação entre unidades militares de diferentes ramos e diferentes países. Além disso, fornece uma visão detalhada e em tempo real do teatro de operações, ajudando os comandantes a entenderem a situação no terreno e a coordenar forças de diferentes partes do mundo com alta precisão. Sua funcionalidade de integração de dados torna o sistema indispensável em cenários de guerra prolongada e complexa, onde informações de várias fontes devem ser processadas rapidamente para garantir uma resposta eficaz.]

d. Distributed Common Ground System (DCGS)

O DCGS, conhecido como AN/GSQ-272 Sentinel, é o principal sistema da Força Aérea dos EUA para coleta, processamento e disseminação de inteligência (IVR) em tempo real. Ele integra dados capturados por diversas plataformas — incluindo drones como o RQ-4 Global Hawk e o MQ-9 Reaper, além de satélites e aeronaves tripuladas —

e distribui essas informações para os centros de comando e controle ou diretamente aos tomadores de decisão (United States Air Force, 2023a).

Composto por 45 unidades operacionais globais, integradas ao 480th IVR Wing da Air Combat Command, o DCGS destaca-se por sua arquitetura distribuída, que combina análise local por pessoal ativo, reserva e Guarda Aérea Estadual, e conectividade por uma rede robusta de comunicações (United States Air Force, 2023a). Essa estrutura permite a interligação direta com outros sistemas de C2, como o GCCS-J e o JADC2, assegurando que os dados analisados sejam compartilháveis em tempo real para operações militantes coordenadas (DISA, 2022).

O DCGS é fundamental para converter grandes volumes de dados — incluindo imagens de alta resolução e sinais eletrônicos — em inteligência prontamente utilizável, fornecendo uma visão acurada da situação operacional, reduzindo o ciclo de decisão e ampliando a precisão da ação militar, tanto em cenários táticos quanto estratégicos. Sua arquitetura aberta e capacidade de integração com redes modernas (como a “data fabric” do DI2E e sistemas em nuvem) o torna um componente essencial da estratégia de comando e controle conjunta das Forças Armadas norte-americanas (Department of defense, 2019).

3.5 Considerações Finais

Os SARPs nas Forças Armadas dos Estados Unidos representam o modelo mais avançado e integrado do mundo em termos de doutrina, organização, material, e comando e controle. Essa maturidade institucional foi consolidada por décadas de investimento contínuo em tecnologia, desenvolvimento normativo e integração de capacidades no plano operacional. A existência de mecanismos de centralização de processos demonstra a capacidade de multiplicar forças, a partir da conectividade a redes de comando, que permite atuação em ambientes multidomínio com vigilância persistente, engajamento de precisão e inteligência em tempo real.

A observância dos SARPs dos EUA retrata que o sucesso decorre não apenas da qualidade dos vetores, mas sobretudo da arquitetura sistêmica que os articula, a partir de uma doutrina unificada, plataformas interoperáveis, comando conjunto e suporte logístico distribuído em pontos estratégicos. A diversificação funcional entre as forças singulares coexiste com mecanismos de convergência operacional por meio do Joint Staff, do USSTRATCOM e das redes C4ISR. Ao incorporar inteligência artificial embarcada e enlaces táticos seguros (como o Link 16) o modelo norte-americano transforma os SARPs em eixos de superioridade informacional e decisória.

A experiência dos EUA traz referências positivas para a construção de um sistema de SARPs integrado para as Forças Armadas Brasileiras. No eixo doutrinário, o modelo demonstrou que a consolidação de publicações foi fundamental para orientar o uso convergente dos SARPs por todas as forças. Em termos de organização, a experiência do Joint UAS Center of Excellence mostra como uma estrutura conjunta facilita o desenvolvimento doutrinário, a padronização e os testes operacionais, o que pode ser essencial para a coordenação eficiente de múltiplos ramos. Em relação aos materiais mostra que a diversidade do portfólio traz flexibilidade para atender à múltiplas demandas e complementariedade com os meios tripuláveis.

No campo dos sistemas de comando e controle, a adoção da arquitetura Joint All-Domain Command and Control (JADC2) e o uso extensivo do Link 16 e do Global Command and Control System (GCCS) mostram como a interconexão segura e em tempo real entre sensores, plataformas e decisores é vital para a efetividade operacional em ambientes complexos e dinâmicos. Ao adaptar essas diretrizes à realidade nacional, o Brasil poderá avançar rumo a um modelo de defesa que poderá contribuir para que seja atingida a superioridade informacional, a flexibilidade operacional e a soberania tecnológica.

Com base nessa referência, no capítulo seguinte examina-se a estrutura atual dos SARPs nas Forças Armadas Brasileiras, abordando aspectos como organização institucional, plataformas em uso, diretrizes normativas, aplicações operacionais e sistemas de comando e controle. Além da descrição do panorama nacional, no capítulo propõe-se uma análise comparativa com o modelo norte-americano, a fim de identificar pontos de convergência, distinções estruturais e possíveis lições aplicáveis ao contexto brasileiro, sem antecipar julgamentos de valor, mas priorizando a compreensão das diferenças doutrinárias, organizacionais e tecnológicas envolvidas.

4. OS SARPs NAS FORÇAS ARMADAS BRASILEIRAS (FFAA)

A incorporação dos SARPs às capacidades operacionais das Forças Armadas do Brasil é um fenômeno em expansão, impulsionado pelas demandas contemporâneas de superioridade informacional e flexibilidade estratégica. Em um ambiente geopolítico marcado pela guerra multidomínio e por ameaças híbridas, os SARPs se tornaram ativos centrais em algumas Forças Armadas internacionais, como EUA, China e OTAN (Galeotti, 2022b).

No presente capítulo tem-se como objetivo analisar o estado atual do uso militar de SARPs, no Brasil, destacando os instrumentos normativos existentes, os modelos adotados por cada Força Singular e as experiências recentes de emprego operacional desses sistemas. Busca-se, assim, identificar as convergências e divergências doutrinárias que impactam a interoperabilidade e a eficácia do emprego conjunto em operações interagências ou multinacionais. Além disso, serão discutidos exemplos concretos de missões nas quais os SARPs foram empregados pelas Forças Armadas e a heterogeneidade entre os níveis de institucionalização e a diversidade de vetores utilizados. A exposição fundamenta-se em documentos oficiais e literatura especializada, ademais serve de base para a identificação das barreiras e viabilidades apresentadas no capítulo seguinte.

4.1. Doutrina dos SARPs nas FFAA

O arcabouço doutrinário que regula os SARPs no Brasil tem evoluído para refletir sua crescente importância estratégica. A Portaria Normativa nº 606/MD, de 29 de setembro de 2004, foi um dos primeiros marcos regulatórios estabelecidos pelo Ministério da Defesa, criando critérios para a aquisição e interoperabilidade desses sistemas no contexto das Forças Armadas (Brasil, 2004), contudo, foi revogada em 2021, como já mencionado no capítulo 2.

A Doutrina de Operações Conjuntas – MD30-M-01 (Brasil, 2020b) e a Doutrina Militar de Defesa Cibernética – MD31-M-07 (Brasil, 2023f) ampliam o papel dos SARPs no apoio à consciência situacional e à segurança informacional. Complementarmente, a PND e a END estabelecem o domínio de tecnologias sensíveis e o fortalecimento da Base Industrial de Defesa como fundamentos para a autonomia estratégica do Brasil. Entre as áreas tecnológicas prioritárias, destacam-se os SARPs, inseridos no contexto de capacidades de comando e controle, sensoriamento remoto e vigilância, com reconhecida aplicação dual, tanto para operações militares quanto para apoio a órgãos civis (Brasil, 2020d).

O Portfólio de Projetos Estratégicos de Defesa (PPED 2020–2031), em consonância com essas diretrizes, inclui os SARPs como uma das Iniciativas Estratégicas de Defesa, com ênfase em sua atuação na vigilância de fronteiras, na projeção de presença na Amazônia Azul e no estímulo à indústria nacional. O documento também os insere como componentes críticos da capacidade de monitoramento e dissuasão do Estado brasileiro (Brasil, 2022e).

O Ministério da Defesa brasileiro possui fontes doutrinárias dispersas que dão uma ideia geral das possibilidades de emprego dos SARPs de maneira conjunta, como já observado no capítulo 2. No entanto, a ausência de um único documento consolidado que integre todos os aspectos doutrinários impede uma visão holística e coesa sobre a integração e o emprego dos SARPs nas Forças Armadas brasileiras.

No âmbito das Forças Singulares, a FAB utiliza a Instrução do Comando da Aeronáutica ICA 100-40, atualizada em 2023, como principal regulamento sobre o acesso ao espaço aéreo por aeronaves não tripuladas, estabelecendo exigências como plano de voo, comunicação com órgãos de tráfego aéreo e mitigação de riscos, inclusive para operações militares, quando estas ocorrerem em espaço aéreo controlado (Brasil, 2023b).

Complementarmente, a Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DBFAB – DCA 1-1) confere destaque aos SARPs como componentes estratégicos do vetor aeroespacial. Esses sistemas são reconhecidos como instrumentos essenciais para a execução de operações de IVR, além de desempenharem papel relevante no apoio às funções de Comando e Controle e em ações ofensivas com características assimétricas. A DCA 1-1 também enfatiza a necessidade de domínio tecnológico e autonomia nacional no desenvolvimento desses sistemas, bem como sua plena integração às estruturas operacionais do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) (Brasil, 2020).

No plano operacional, o Programa de Trabalho Anual do Comando de Preparo (PTA/COMPREP 2023) define objetivos voltados à ampliação da capacidade de emprego dos SARPs, incluindo a qualificação de recursos humanos, o incremento de ações doutrinárias e o desenvolvimento de táticas específicas. O documento prevê a realização de cursos voltados a operadores e mantenedores, além da promoção de exercícios operacionais voltados à integração desses sistemas às unidades aéreas, contribuindo para a consolidação do emprego dos SARPs no escopo das operações da Força Aérea Brasileira (Brasil, 2023e).

No que se refere à capacitação, o MCA 37-371/2024 – Plano de Unidades Didáticas do Curso de Operador Militar de Aeronave Remotamente Pilotada (COMARP) – aprovado

pela Portaria COMPREP nº 362/SPOG-50 de 4 de março de 2024, estabelece o conjunto de disciplinas essenciais para o treinamento dos operadores de SARPs na FAB. Esse plano abrange desde os fundamentos iniciais das operações até táticas avançadas de emprego, garantindo uma estrutura curricular robusta e alinhada às exigências operacionais da Força Aérea Brasileira (BRASIL, 2024a).

No EB, o processo doutrinário tem buscado consolidar normas técnicas, padrões operacionais e diretrizes estratégicas para assegurar que o emprego dos SARPs se dê de forma padronizada. O manual de campanha EB70-MC-10.214, Vetores Aéreos da Força Terrestre (2020), trata dos aspectos técnicos e logísticos necessários à operação dessas plataformas. O documento aborda sensores embarcados, enlaces, alcance, segurança operacional, ciclos de manutenção e estrutura de apoio logístico, sendo referência para a preparação técnica das tropas que operam e mantêm os sistemas (Brasil, 2020a).

O EB70-MC-10.378, publicado como manual experimental em 2022, trata da estrutura e emprego das Baterias de Busca de Alvos (BBA), unidades que integram sensores e SARPs para ampliar a precisão e a eficácia da artilharia de campanha. Esses sistemas atuam na detecção, designação e rastreamento de alvos em tempo real, tornando-se peças-chave na articulação entre manobra e fogos (Brasil, 2022a).

No campo operacional, a Portaria EME/C Ex nº 887, de 2022, aprovou a Compreensão das Operações (COMOP nº 002/2022), que traduz as Capacidades Operativas (CO) identificadas como adequadas aos SARPs, em necessidades operativas que orientem a concepção integrada dos respectivos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) das organizações militares dotadas desses meios. O documento reconhece os SARPs como vetores estratégicos para missões de Inteligência, Vigilância, Reconhecimento e Aquisição de Alvos (IRVA), além de seu potencial em ações ofensivas e apoio ao Comando e Controle. Destaca-se a necessidade de integração operacional, capacitação contínua dos operadores, manutenção de padrões de segurança e estímulo à autonomia tecnológica nacional no desenvolvimento e operação desses sistemas (Brasil, 2022b).

A evolução doutrinária foi complementada em 2024 com a Portaria C Ex nº 2.152, que atualizou as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018). Essa norma incluiu os SARPs entre os sistemas sensíveis da Força Terrestre, determinando que seu planejamento, aquisição, operação e desativação obedeçam a critérios técnicos e estratégicos rigorosos, com acompanhamento sistemático pelas diretorias técnicas competentes (Brasil, 2024d).

A Marinha do Brasil possui alguns manuais que tratam sobre o assunto, como o *Manual de Fundamentos de Fuzileiros Navais (CGCFN-0-1)* e o *Manual de Operações Ribeirinhas (CGCFN-2500)*, que mencionam meios aéreos no apoio às operações de manobra e fluviais, mas não especificam a integração tática, técnica ou operacional dos SARPs (Brasil, 2005; 2013). Um avanço importante, é representado pela publicação da Portaria nº 213/DGMM, de 12 de dezembro de 2022, que estabelece as Normas para o Emprego e Operação de SARPs na Aviação Naval. Essa normatização define os requisitos técnicos, padrões operacionais e parâmetros de segurança para o uso desses sistemas em missões navais, reforçando a necessidade de capacitação específica, avaliação de riscos e certificação de operadores (Brasil, 2022c).

Na prática, o uso do sistema tem ocorrido de forma experimental em operações de patrulha costeira e proteção ambiental. A operação embarcada exige adaptações específicas aos procedimentos de decolagem e recolhimento, integração com os sistemas de combate dos navios e sinergia com as aeronaves da Aviação Naval (Dias, 2021). O objetivo é que os SARPs atuem como sensores integrados ao Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), ampliando a capacidade de monitoramento das AJB e contribuindo para a proteção de rotas comerciais, campos petrolíferos, zonas econômicas exclusivas e áreas de interesse estratégico (Leite, 2022).

Observa-se que a estrutura normativa vigente na MB é fragmentada e os documentos existentes abordam apenas de forma genérica os meios aéreos não tripulados. Tal ausência compromete o desenvolvimento de doutrinas específicas voltadas para missões como vigilância marítima, apoio anfíbio, interdição de área e busca e salvamento.

A inexistência de um Manual Conjunto de Emprego de SARPs compromete a interoperabilidade entre as Forças e dificulta o desenvolvimento de doutrina para operações conjuntas ou multinacionais. Em contraste, países-membros da OTAN contam com documentos como o AJP-3.3.7 – Allied Joint Doctrine for Unmanned Aircraft Systems, e os Estados Unidos com a Joint Publication 3-30 – Joint Air Operations, que estabelecem o papel dos SARPs em cenários de guerra centrada em rede, com interoperabilidade plena entre meios aéreos, terrestres e navais (NATO, 2021).

A doutrina das Forças Armadas Brasileiras encontra-se em processo de consolidação assimétrico, com avanços mais estruturados no Exército e na Força Aérea, enquanto a Marinha ainda desenvolve sua normatização de forma incipiente. A ausência de um manual conjunto sob a coordenação do EMCFA compromete a interoperabilidade plena e a padronização doutrinária, refletindo um desafio crítico diante da crescente relevância na

implantação dos SARPs. A necessidade de integração tecnológica, desenvolvimento de capacidades conjuntas e alinhamento normativo com os padrões internacionais torna-se imperativa para que o Brasil consolide uma doutrina operacional compatível com os desafios estratégicos.

4.2. Organização dos SARPs nas FFAA

A efetividade dos SARPs não depende apenas de sua aquisição, mas sobretudo da construção de uma estrutura organizacional compatível com suas demandas operacionais, técnicas e logísticas. Tal estrutura exige definições claras sobre funções, unidades responsáveis, processos de comando e controle, e integração com os sistemas já existentes. Nesse contexto, compreender como as Forças Singulares têm se organizado para empregar esses sistemas é essencial para avaliar o grau de maturidade dessa capacidade no país

A FAB foi pioneira no emprego estruturado de SARPs no país. Em 2011, o 1º Esquadrão do 12º Grupo de Aviação (1º/12º GAV), o Esquadrão Hórus, sediado na Base Aérea de Santa Maria (RS), iniciou suas operações com o Hermes 450 (RQ-450), utilizado em missões de inteligência, vigilância e reconhecimento (IVR). Esse modelo operou por mais de uma década, mas atualmente encontra-se em processo de desativação, conforme documentado por portais especializados (Spotter, 2022). Em 2014, foi incorporado ao 1º/12º GAV o Hermes 900 (RQ-900), com maior autonomia e sensores de última geração, elevando a capacidade IVR da FAB para operações de média altitude e longa duração (Portal Defesa, 2014).

Complementarmente, em 2022, a FAB passou a empregar o Heron I, operado pelo 1º Esquadrão do 7º Grupo de Aviação (1º/7º GAV), sediado na Base Aérea de Santa Cruz (RJ). Trata-se de uma aeronave de origem israelense, equipada com sensores eletro-ópticos e radar de abertura sintética (Força Aérea Brasileira, 2023).

O EB está em fase de transição quanto ao emprego de SARPs, saindo de testes e capacitações para projeção de estruturas operacionais permanentes. Atualmente, não há companhia especializada dedicada a SARPs em sua força regular, sendo o uso restrito a atividades de experimentação e adestramento (Brasil, 2020). Conforme o *Manual de Campanha EB70-MC-10.214 – Vetores Aéreos da Força Terrestre* (2ª ed., 2020), o Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), em Taubaté/SP, é a unidade responsável pela experimentação doutrinária e capacitação de operadores desses sistemas (Brasil, 2020a). Essa formação inclui a utilização de drones de nível comercial, como o DJI Mavic 2 (categoria 0) e o Matrice 300 RTK (categoria 1), e o sistema nacional Nauru 1000C

(categoria 2), desenvolvido pela XMobots, que iniciou treinamento no EB em 2022, recebendo três unidades para avaliação inicial (Santana, 2023).

Embora o CIAvEx esteja habilitado para instrução sobre SARPs, a incorporação efetiva dessas plataformas em unidades operacionais regulares continua limitada. A adoção das Portarias COTER n.º 062/2020 (aprovação do manual EB70-MC-10.214) e n.º 317/2023 (diretriz para experimentação doutrinária de SARPs Cat2) indica uma evolução normativa (Brasil, 2023d), mas ainda sem prévia criação de subunidades permanentes ou esquadrilhas específicas. Consequentemente, a passagem de uma fase experimental para uma doutrina consolidada nas brigadas, batalhões ou esquadrões de aviação do Exército ainda é um desafio em curso.

De acordo com as Diretriz de Obtenção de SARPs Categoria 1, definidos como aeronaves com até 150 kg e alcance operacional de até 200 km, (EB20-D-08.079), as seguintes organizações do EB estão previstas para receber esses sistemas: Os Batalhões de Inteligência Militar, a 12ª Brigada de Infantaria Leve (Aeromóvel), a Brigada de Infantaria Paraquedista e o Comando de Operações Especiais. (Brasil, 2024c).

Historicamente, o modelo FT-100 Horus, da empresa brasileira FT Sistemas, foi empregado em regime de experimentação pelo Grupo de Artilharia Antiaérea (GAA Ae) e pela Companhia de Precursores Paraquedista. Entretanto, o sistema foi retirado de operação em razão de dificuldades logísticas, obsolescência tecnológica e falhas na manutenção contratual, encerrando seu ciclo de vida útil no âmbito operacional da Força Terrestre (ABIMDE, 2015).

A organização dos SARPs no EB, portanto, segue um modelo ainda descentralizado, com doutrina em consolidação, centro de capacitação e dependência da Base Industrial de Defesa para operação e manutenção. A criação de uma estrutura própria e coordenada para esse vetor é imprescindível à sua consolidação como capacidade orgânica da Força Terrestre.

A MB tem avançado em sua capacidade de operar SARPs, por meio de estruturas em consolidação no âmbito do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), da Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM) e, principalmente, com o 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas (EsqdQE-1), sediado na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (RJ). Vinculado ao Comando da Força Aeronaval, o EsqdQE-1 opera o RQ-1 ScanEagle, fabricado pela empresa norte-americana Insitu, subsidiária da Boeing, foi adquirido via acordo de cooperação com os Estados Unidos. O primeiro emprego operacional do ScanEagle ocorreu durante a Operação Tropicalex 2023, em que a

aeronave foi embarcada no navio-patrolha oceânico *Amazonas*, demonstrando capacidades de vigilância marítima, reconhecimento e apoio à inteligência em áreas sensíveis (Defesa Aérea & Nava, 2023).

Além do ScanEagle, a Marinha iniciou a experimentação do Nauru 500C (RQ-2), desenvolvido pela empresa nacional XMobots. A plataforma foi integrada ao EsqdQE-1 para testes em operações de busca e salvamento, inclusive a bordo do navio *Amazonas* e em cenários fluviais (Agência Marinha de Notícias, 2024; Mundogeo, 2024). O CFN mantém o uso de drones comerciais em ações costeiras e urbanas, enquanto a DSAM conduz testes com modelos de asa fixa visando futura integração embarcada. No entanto, a Marinha ainda não dispõe de doutrina formal consolidada, inventário padronizado nem integração plena dos SARPs aos sistemas navais de combate ou ao SISGAaz, o que limita o uso institucional estruturado desses meios (Leite, 2022).

Entre os dias 10 e 24 de março 2025, a FAB conduziu um Exercício Operacional de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (EXOP IVR 2025), a partir da Base Aérea de Santa Maria/RS (BASM), com a participação integrada de cerca de 350 militares das três Forças. A atividade se concentrou no aprimoramento das capacidades conjuntas de monitoramento, análise e resposta no Teatro de Operações, explorando de forma coordenada os domínios espacial, cibernético, aéreo, terrestre e marítimo (FAB, 2025).

Dentre os ativos empregados, destacaram-se meios tripulados como os vetores A-1M, E-99M e P-3AM da FAB, bem como Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) operadas pelas três Forças, incluindo os modelos RQ-900, RQ-1 Scan Eagle e Nauru 1000C. (FAB, 2025). Esse amplo espectro de plataformas e sensores evidenciou não apenas o avanço tecnológico dos meios em uso, mas, sobretudo, a necessidade de se estabelecer uma arquitetura unificada para a coordenação e aproveitamento sinérgico desses recursos. A possibilidade de racionalização de meios e de esforços analíticos ganha relevo quando se observa a convergência operacional de sistemas de IVR que, muitas vezes, operam de forma redundante ou desconectada entre as Forças Singulares.

Em que pese a iniciativa, observa-se que ainda não existe uma estrutura formalizada, no plano interforças, que coordene o desenvolvimento, o emprego e a doutrina dos SARPs no nível do Ministério da Defesa ou do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA). Cada Força atua de forma independente, o que compromete a interoperabilidade, dificulta a padronização logística e técnica, e reduz o aproveitamento sinérgico de capacidades. O modelo brasileiro não possui uma estrutura integrada o que é

considerado fundamental para consolidar uma visão estratégica nacional e efetiva para o emprego desses sistemas.

4.3. Material dos SARPs nas FFAA

a. Material disponível nas Forças Armadas

O desenvolvimento e a consolidação de SARPs depende diretamente da disponibilidade de materiais adequados e da existência de uma BID capacitada para atender às especificidades militares desses sistemas. O setor industrial nacional possui empresas que desenvolvem plataformas de diferentes categorias, sensores embarcados, enlaces de comunicação e estações de controle. Avaliar as capacidades instaladas, os modelos disponíveis e os desafios enfrentados por essas empresas torna-se importante para compreender o grau de autonomia tecnológica do país e seu potencial de sustentação das operações militares com meios não tripulados.

A FAB começou operando o modelo RQ-450 Hermes, incorporado ao Esquadrão Hórus (1º/12º GAV). A primeira aquisição, em 2011, envolveu duas unidades fabricadas pela israelense Elbit Systems, com integração e suporte logístico fornecidos pela empresa brasileira AEL Sistemas. O sistema possui autonomia próxima de 20 horas, é mais adequado a operações táticas de média duração, voltadas à observação de zonas específicas e à geração oportuna de informações para apoio à decisão (Defesanet, 2013). Em 2023, iniciou o processo de desativação da plataforma, após mais de uma década de operação, em virtude da obsolescência de seus componentes e do alto custo de manutenção, concentrando os esforços operacionais no modelo Hermes 900 (Brasil, 2023a).

Em 2014, foi adquirido o RQ-900 Hermes, que também foi incorporado ao Esquadrão Hórus. A plataforma se destaca pela autonomia superior a 30 horas e pela capacidade de operar em altitudes elevadas, atributos que o qualificam para missões de vigilância estratégica e reconhecimento de longo alcance. Além disso, conta com sensores eletro-ópticos de alta resolução, capazes de operar em condições adversas de visibilidade, incluindo operações noturnas e em ambientes com interferência atmosférica. (Portal Defesa, 2014). Em 2024, foi realizada a reposição de uma unidade acidentada, mantendo-se o efetivo de quatro aeronaves em operação (Força Aérea Brasileira, 2024a). O sistema não possui armamento embarcado.

Outro sistema utilizado pela FAB é o RQ 1150 Heron, desenvolvido pela Israel Aerospace Industries (IAI), destaca-se por sua autonomia superior a 45 horas e por sua capacidade de operar em altitudes médias, com teto de serviço aproximado de 30.000 pés.

Seu alcance operacional pode ultrapassar 1.000 km, dependendo da configuração de enlaces e do perfil de missão. A plataforma é equipada com sensores eletro-ópticos, infravermelhos e radar SAR (Synthetic Aperture Radar), permitindo vigilância persistente em ambientes de baixa visibilidade e operações noturnas. Utiliza enlaces de comunicação via linha de visada (LOS) com alcance de até 250 km e, quando equipado com terminal satelital, opera além da linha de visada (BLOS), garantindo conectividade segura em missões de longa distância. No Brasil, o sistema foi originalmente adquirido pela Polícia Federal e, posteriormente, repassado à FAB, onde passou a integrar o portfólio de meios dedicados a operações de IVR. Apesar de sua robustez e elevada capacidade de persistência, o Heron também não possui armamento embarcado (Infodefensa, 2019). Em 2025, a FAB iniciou o processo de desativação da plataforma, concentrando os esforços operacionais no modelo Hermes 900 (Brasil, 2025b).

Na prática, os equipamentos já foram empregados em eventos como Rio+20 (2012), Copa das Confederações 2013, Copa 2014 e na Intervenção Federal no Estado do Rio de Janeiro, em 2018 e para monitorar áreas urbanas, captando imagens que subsidiaram operações terrestres realizadas por forças federais e estaduais. (Força Aérea Brasileira, 2024a; Aereo.jor.br, 2024).

Durante as operações de resposta à calamidade pública provocada pelas fortes chuvas no estado do Rio Grande do Sul, em maio de 2024, a FAB empregou de forma integrada o RQ-900 Hermes com o helicóptero H-60L Black Hawk, demonstrando a efetividade da interoperabilidade entre vetores tripulados e não tripulados em missões de busca e salvamento. O SARP-900 contribuiu com o reconhecimento aéreo em tempo real, utilizando sensores eletro-ópticos de alta definição e marcador laser, que permitiram a identificação precisa de pessoas isoladas em áreas alagadas, inclusive sob condições de baixa visibilidade. O emprego combinado dessas aeronaves possibilitou a localização rápida das vítimas e sua remoção segura para áreas secas, evidenciando seu potencial em cenários de apoio humanitário e de defesa civil (Força Aérea Brasileira, 2024a).

Embora estejam sob operação exclusiva da Força Aérea, os sistemas ofereceram benefícios diretos e indiretos às demais Forças Singulares, ao atuarem como sensores estratégicos de alta persistência, capazes de ampliar o alcance da vigilância aérea, otimizar o emprego de tropas em solo e no mar e elevar os níveis de coordenação no planejamento e execução de operações integradas. As plataformas atualmente operadas pela FAB oferecem atributos críticos para a estruturação de um sistema SARP conjunto, como elevada autonomia, sensores persistentes e capacidade de operar em rede. A robustez

desses meios, combinada com a experiência acumulada pelo Esquadrão Hórus, posiciona a FAB como protagonista na integração dos sistemas SARP às operações conjuntas.

O EB tem ampliado seu portfólio de SARP com foco em missões de IVR em diferentes escalas operacionais. Um dos principais sistemas é o Nauru 1000C, desenvolvido pela empresa nacional XMobots. Trata-se de uma plataforma de Categoria 2, com autonomia de até 12 horas, alcance de 100 km via BLOS e 60 km em LOS, e capacidade de carga útil de 5,5 kg. O sistema integra sensores eletro-ópticos e infravermelhos, radar SAR, sensor GMTI, LIDAR 3D e dois gimbals estabilizados, com decolagem convencional em pista curta. Declarado operacional em 2024, o Nauru 1000C foi destinado ao Comando de Aviação do Exército (COMAvEx), sendo empregado como vetor tático modular com capacidade de integração a redes de comando e controle (Xmobots, 2024a).

A Diretriz EB20-D-08.079, estabelece a aquisição de SARP de Categoria 1, com destaque para o Matrice 300 RTK, sistema VTOL de origem comercial. Com autonomia de até 55 minutos, alcance de 15 km, carga útil de 2,7 kg e compatibilidade com sensores eletro-ópticos, térmicos. O material já foi empregado em contextos de infiltração, reconhecimento aéreo e apoio ao combate em áreas de selva e urbano-complexas (Dji, 2025; Brasil, 2024e).

Em processo de desenvolvimento, desde 2012, está o SARP Falcão, uma das mais ambiciosas iniciativas nacionais. Desenvolvido pela Avibras em parceria com o DCTA/IAE e apoio da Finep, o Falcão é um SARP de porte médio e Categoria 2, com autonomia superior a 16 horas, envergadura de cerca de 11 metros, alcance estimado de sensores até 1.500 km e capacidade de carga útil de até 150 kg. Sua arquitetura permite a integração de sensores eletro-ópticos, infravermelhos e radar SAR, com vocação para vigilância marítima, monitoramento de fronteiras, combate ao crime, resposta a desastres ambientais e apoio a eventos estratégicos. Incorporado ao portfólio da Harpia Sistemas, joint-venture entre Embraer, AEL, Elbit e Avibras, o projeto recebeu investimentos públicos de R\$ 85 milhões até 2013. (Agência FAPESP, 2013). No entanto, não há evidência de produção em série, operação militar ou homologação institucional, mantendo-se em fase de desenvolvimento e adaptação a requisitos operacionais do Ministério da Defesa. Além disso, encontra-se em recuperação judicial desde 2022, com diversas dificuldades financeiras, o que dificulta o desenvolvimento do projeto.

Outro sistema anteriormente operado foi o FT-100 Horus, da FT Sistemas, classificado como Categoria 0. Com autonomia de aproximadamente 1 hora, alcance de

até 5 km, carga útil de 500 g e decolagem manual, foi empregado em caráter experimental por unidades como a Companhia de Precursores Paraquedistas e grupos de Artilharia Antiaérea. Seu perfil de missão incluía sobrevoo de áreas urbanas ou florestais, com sensores ópticos diurnos e infravermelhos. Encontra-se atualmente fora de operação regular, devido à obsolescência técnica e ausência de continuidade logística (Army-Technology, 2016).

Diante desse cenário, observa-se que, dentre os sistemas atualmente disponíveis no EB, o Nauru 1000C apresenta as melhores condições para servir de base a um sistema SARPs conjunto e integrado, especialmente se forem implementadas soluções de interoperabilidade com os sistemas da Marinha do Brasil e da Força Aérea Brasileira. Já o SARP Falcão, embora ainda em desenvolvimento, apresenta características altamente desejáveis para o nível estratégico, com potencial de substituir plataformas estrangeiras em missões de vigilância de grandes áreas, desde que sejam superadas as barreiras de homologação e produção. O Matrice 300 RTK, por sua vez, mostra-se adequado apenas para missões de pequeno porte e adestramento, com potencial limitado para integração sistêmica de longo prazo. O FT-100 Horus, já retirado do serviço ativo, representa mais um legado doutrinário do que uma opção material concreta.

A MB tem avançado significativamente na integração de SARPs em suas operações. O principal ativo é o ScanEagle, adquirido em 2022 por meio de parceria com a empresa norte-americana Insitu (subsidiária da Boeing). A plataforma possui comprimento de 1,5 m, envergadura de 3,1 m, peso máximo de 28,5 kg e carga útil de até 5 kg. Seu teto operacional é de 19.500 pés, autonomia de até 20 horas, velocidade de cruzeiro de 89 km/h e propulsão a gasolina de 150 W. Está equipada com câmeras eletro-ópticas e infravermelhas, sensores de navegação e sistema de controle I-MUSE. Seu lançamento é feito por catapulta Mark4 Mod1, e a recuperação por gancho Skyhook, o que dispensa o uso de pista (Leite, 2022).

O sistema está apto a ser empregado em navios patrulhas e utilizado em missões de vigilância costeira, patrulhamento da Amazônia Azul, operações SAR e apoio a ações de inteligência fluvial. Em 2025, quatro unidades estavam operacionais e foram empregadas em exercícios conjuntos com o Exército e a Força Aérea (Zona Militar, 2025).

Em complemento, a MB conduz, desde 2024, experimentos doutrinários com o Nauru 500C, sistema nacional da empresa XMobots, voltado à vigilância marítima embarcada e fluvial. Com comprimento de 4 m, envergadura de 7 m, peso máximo de 500 kg, carga útil de até 60 kg e autonomia de até 28 horas, o Nauru 500C é equipado com

sensores eletro-ópticos, radar SAR, enlaces LOS/BLOS e sistema redundante de navegação GNSS+RTK. Seu motor de dois cilindros a gasolina permite alcançar velocidade máxima de 180 km/h, e seu perfil de decolagem convencional foi adaptado para ambientes embarcados, com testes conduzidos no navio-patrolha oceânico Amazonas Leite, 2022).

Apesar do avanço técnico, tanto o ScanEagle quanto o Nauru 500C ainda operam com restrições de integração aos consoles de combate dos navios e ao SISGAZ, o que limita seu uso como vetor de combate pleno. No entanto, a interoperabilidade progressiva e a experimentação embarcada desses vetores oferecem contribuições relevantes à arquitetura de um sistema nacional de SARP, ampliando as possibilidades de coordenação conjunta entre Marinha, Exército e Aeronáutica, e viabilizando, no médio prazo, uma rede de vigilância aérea não tripulada integrada às necessidades estratégicas do País.

A introdução de sistemas como o ScanEagle e o Nauru 500C representa um avanço substancial no processo de transformação da Marinha. No entanto, ambos os sistemas ainda operam em relativa autonomia tática, com limitações de integração sistêmica. As lições aprendidas com a operação do ScanEagle e com a experimentação do Nauru 500C, em ambientes embarcados, ribeirinhos e litorâneos, podem ser capitalizadas para a criação de uma arquitetura comum de sensores, protocolos de enlace de dados padronizados e centros de comando e controle conjuntos, promovendo maior sinergia entre as três Forças. A convergência tecnológica e doutrinária desses sistemas poderá viabilizar, no médio prazo, um sistema nacional de vigilância aérea não tripulada, interoperável e orientado por missões estratégicas compartilhadas.

O inventário de SARP das Forças Armadas Brasileiras é heterogêneo e revela forte dependência de fornecedores estrangeiros, especialmente no caso da FAB. A consolidação de um sistema integrado pelas Forças Armadas depende da articulação entre capacidades tecnológicas, disponibilidade de materiais e diretrizes operacionais compatíveis com os ambientes e missões de cada Força Singular. Apesar das limitações de integração plena aos sistemas de combate e C2 navais, tais plataformas contribuem para a formação de uma base técnica comum. A convergência tecnológica e a interoperabilidade gradativa entre os sistemas das três Forças indicam a viabilidade, em médio prazo, de um sistema SARP conjunto, nacionalmente sustentado, interoperável e orientado por missões estratégicas compartilhadas.

b. Empresas da Base Industrial de Defesa (BID) que produzem SARP

O país dispõe de uma BID com capacidades crescentes no desenvolvimento e fabricação de plataformas não tripuladas, especialmente por meio de empresas como a Avibras, Santos Lab, FT Sistemas, XMobots e Stella Tecnologia. Essas empresas oferecem soluções nas categorias de drones táticos, logísticos e de vigilância de curto e médio alcance, com alguns projetos em andamento para desenvolvimento de drones armados. Dentre as empresas se destacam estão as referenciadas abaixo:

A XMobots, sediada em São Carlos (SP), é atualmente uma das principais desenvolvedoras brasileiras de drones civis com aplicações potenciais no setor de defesa. Homologada pela ANAC para operações além da linha de visada (BVLOS), a empresa produz plataformas como o Nauru 1000C, já utilizado pelo Exército Brasileiro em atividades de adestramento e vigilância de fronteiras. Embora tenha iniciado suas atividades com foco no setor agroindustrial e de inspeção, a XMobots vem expandindo seu portfólio para aplicações de dupla utilização, firmando parcerias com o Exército Brasileiro para testes operacionais em diversos cenários (Xmobots, 2024a).

Em 2023, a Embraer Defesa e Segurança adquiriu 40% da XMobots, reforçando a integração da empresa ao ecossistema nacional de defesa e ampliando seu acesso a tecnologias críticas. Ainda assim, a empresa enfrenta desafios relacionados à nacionalização de sensores, à implantação de enlaces criptografados e à integração plena com sistemas C4ISR de uso militar (Embraer, 2023).

A AEL Sistemas, subsidiária brasileira da Elbit Systems, é a principal fornecedora de SARP para a Força Aérea Brasileira, sendo responsável pela nacionalização dos modelos Hermes 450 e Hermes 900. Contudo, ainda existem preocupações relacionadas à dependência de componentes críticos importados de Israel, incluindo firmware, sensores e subsistemas, o que suscita questionamentos sobre a soberania tecnológica em um cenário de tensões geopolíticas (Ael Sistemas, 2024).

A Avibras, tradicional empresa do setor de defesa nacional, apresentou o projeto do SARP Falcão, uma plataforma tática com autonomia superior a 15 horas e alcance de até 250 km, capaz de transportar cargas úteis modulares como sensores ópticos, radar SAR e sistemas de guerra eletrônica. Apesar do potencial operacional e do desenvolvimento local, o programa encontra-se estagnado, em grande parte, por dificuldades de financiamento e pela falta de adoção oficial pelas Forças Armadas. (Agência FAPESP, 2013). Em julho de 2023, foi aprovado pelos credores o plano de recuperação judicial da Avibras, como parte de um processo mais amplo de reestruturação

econômico-financeira, o que acabou comprometendo significativamente a continuidade de projetos estratégicos como o Falcão (Avibras, 2023).

A Santos Lab, fundada em 2006 no Rio de Janeiro, consolidou-se como uma das pioneiras brasileiras no desenvolvimento de sistemas aéreos remotamente pilotados com aplicação dual, ampliando sua atuação para o setor de defesa. A empresa desenvolveu e forneceu plataformas como o Carcará I e II, já empregadas pelo Corpo de Fuzileiros Navais em missões de patrulha e vigilância, inclusive durante eventos internacionais como os Jogos Olímpicos de 2016 (Defesa Aérea & Naval, 2016). Sua trajetória inclui parcerias para transferência tecnológica, como o acordo com a Insitu/IAI em 2013, que habilitou a operação do BirdEye 650D em atividades civis e de segurança pública (Reuters, 2019). Atualmente, a Santos Lab investe em soluções modulares e software embarcado, desenvolvendo sistemas leves, VTOL e inteligentes, o que evidencia seu potencial para participar ativamente da cadeia nacional de fornecimento de SARPs táticos e embarcados (Mundogeo, 2013).

Com sede em São José dos Campos (SP), a FT Sistemas tornou-se uma referência nacional no desenvolvimento de aeronaves remotamente pilotadas táticas. A empresa foi responsável pela criação do FT-100 Horus, desenvolvido em parceria com o Instituto Militar de Engenharia (IME) e o Centro Tecnológico do Exército (CTEx), homologado como Produto Estratégico de Defesa e incorporado ao Exército Brasileiro a partir de 2015 (Army Technology, 2016). A plataforma, classificada como Categoria 0, apresenta autonomia de até duas horas, envergadura de 2,7 metros e capacidade de operação com sensores ópticos e infravermelhos. O FT-100 também foi exportado, demonstrando sua viabilidade no mercado internacional (Young, 2014). Apesar de atualmente fora de operação regular, o conhecimento acumulado em seu desenvolvimento representa um ativo tecnológico importante para futuros projetos de SARPs de maior porte.

Fundada em 2015, a Stella Tecnologia, sediada no Rio de Janeiro (RJ), destaca-se no desenvolvimento do Atobá, drone estratégico de grande porte com 8 metros de comprimento, 11 metros de envergadura e 500 kg de peso máximo de decolagem. Com foco em vigilância de fronteiras e monitoramento ambiental, o sistema representa o maior UAV já projetado e produzido no Brasil, com potencial de uso tanto no setor civil quanto no militar (Stella Tecnologia, 2024).

O desenvolvimento da BID para SARPs no Brasil ainda enfrenta desafios estruturais significativos, conforme apontam diversos estudos e relatórios. A escala reduzida nas compras públicas de defesa e a falta de linhas de financiamento permanentes limitam a

continuidade de projetos e geração de escala produtiva interna. Além disso, a insegurança regulatória, fruto de um arcabouço legal ainda em consolidação e pouca previsibilidade normativa, afeta diretamente a confiança de investidores e fornecedores (IPEA, 2022).

Outro ponto crítico é a ausência de uma coordenação nacional que alinhe as necessidades operacionais das Forças Armadas com a capacidade instalada da indústria, gerando duplicações, desinvestimentos e dispersão tecnológica. Apesar desses entraves, o Brasil dispõe de um potencial relevante no ecossistema nacional de SARP, com empresas que acumulam experiência no desenvolvimento de plataformas, sensores e software embarcado com aplicação dual (Gualazzi et al., 2018).

Esse potencial, porém, só se concretizará se for integrado em uma estratégia nacional de fomento que inclua compras planejadas, mecanismos financeiros sustentáveis, regulação clara e sinergia institucional. A convergência entre fornecedores nacionais, como XMobots, e atores estratégicos como Embraer e Ministério da Defesa, em modelos de cooperação público-privada, é fundamental para consolidar essa capacidade e garantir a autonomia tecnológica no setor aeroespacial e de defesa.

4.4. Sistemas de Integração de C2 das FFAA

A integração dos SARP às operações conjuntas das Forças Armadas brasileiras exige sua incorporação a uma arquitetura nacional de comando e controle (C2) robusta e interoperável. Entre os sistemas estruturantes já em funcionamento destaca-se o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), que emprega sensores móveis e enlaces táticos interligados a centros de decisão, utilizando drones como vetores de inteligência e vigilância (Fernandes Júnior; Silva, 2019).

No domínio aeroespacial, o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) opera com foco na vigilância e controle do espaço aéreo nacional, sendo compatível com a integração de plataformas da FAB como o Hermes 900, embora ainda exija padronização de protocolos para interoperabilidade com as demais Forças. Já na dimensão marítima, o SisGAAz, conduzido pela Marinha do Brasil, prevê a inclusão de vetores aéreos não tripulados como o ScanEagle e o Nauru 500C, embora sua arquitetura atual ainda opere de forma experimental no que se refere à fusão de dados e integração com consoles navais (Brasil, 2020c).

Complementando esses sistemas, o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) e o Sistema Militar de Comunicações por Satélite (SISCOMIS) viabilizam enlaces criptografados para missões além da linha de visada (BLOS), garantindo comunicação segura entre vetores, centros táticos e sistemas de

armas, ampliando o potencial de emprego conjunto dos SARP's em diferentes domínios operacionais (BrasilL, 2020c).

O SISCOMIS é um componente central do Sistema Militar de Comando e Controle (SisMC²), originalmente concebido para conectar os centros de decisão do Ministério da Defesa e das Forças Armadas via banda X e Ku, utilizando terminais táticos fly-away distribuídos nacionalmente (Indra/Defesanet, 2012). Com o lançamento do SGDC, em 2017, a matriz de comunicações militares migrou progressivamente para o segmento militar em banda X do SGDC, garantindo maior autonomia operacional e segurança dos dados críticos (AFCEA, 2012). Essa distribuição estratégica entre satélites nacionais e terminais táticos consolida uma rede de comunicações robusta e resiliente, vital para o emprego da estratégia de C2 nacional.

Paralelamente, foi desenvolvido o Link-BR2 que representa um avanço estratégico na consolidação da soberania tecnológica e na modernização da infraestrutura de comando e controle das Forças Armadas brasileiras. Desenvolvido sob a coordenação da FAB, o sistema consiste em um enlace de dados criptografado que permite a transmissão segura e em tempo real de informações entre diversas plataformas militares, como aeronaves, centros de operações e sistemas terrestres. Durante a Operação Íris 2024, conduzida pela FAB, o sistema demonstrou capacidade de integração com aeronaves E-99M, A-1M e F-5M, além de viabilizar o intercâmbio de dados táticos com sistemas de defesa aérea e estruturas de inteligência, contribuindo para uma consciência situacional ampliada no teatro de operações. A tecnologia nacional fortalece o conceito de guerra centrada em redes e constitui um dos pilares para o desenvolvimento de um sistema C4ISR genuinamente brasileiro (Força Aérea Brasileira, 2024b).

Atualmente, o Link-BR2 enfrenta dificuldades, pois sua operacionalização ainda é limitada por barreiras técnicas, institucionais e logísticas. Um dos principais entraves diz respeito à complexidade de integração do sistema aos diversos vetores da FAB que exige adaptações específicas e custosas em hardware e software para cada plataforma, o que compromete a padronização e encarece o processo de difusão em escala. Além disso, o uso de criptografia nacional, embora desejável sob a ótica da segurança da informação, passou por um demorado processo de homologação conduzido em parceria com a empresa Kryptus, o que atrasou significativamente a produção seriada e a entrega de equipamentos operacionais. Soma-se a isso a escassez de pessoal plenamente capacitado para operar e manter o sistema, cuja complexidade técnica exige domínio de protocolos táticos interoperáveis e comunicações além da linha de visada (BLOS), o que

dificulta sua absorção ampla nas unidades operacionais da FAB (Defesanet, 2024; Aéreo.jor.br, 2021).

Em contraste, países como os Estados Unidos, os membros da OTAN e Israel já operam em um patamar mais avançado de integração. Os Estados Unidos utilizam a arquitetura JADC2 (Joint All-Domain Command and Control), que conecta todas as Forças em tempo real, incluindo sensores embarcados em drones como o MQ-9 Reaper e o RQ-4 Global Hawk, operando com múltiplos enlaces táticos (como Link-16 e redes BLOS via satélite WGS). Esses sistemas são apoiados pelo Joint UAS Center of Excellence (JUAS-COE), responsável pela padronização doutrinária e técnica entre as Forças (United States, 2022a).

A OTAN, por meio do NATO Air Command and Control System (ACCS) e da Federated Mission Networking (FMN), opera uma rede interoperável baseada em protocolos STANAG e enlaces táticos (Link-16). Drones como o Global Hawk da NATO AGS Force são integrados em tempo real a forças multinacionais, com compartilhamento de dados protegido por redes táticas e criptografia multinacional (DOT&E, 2022).

Israel, por sua vez, adota uma arquitetura mais descentralizada e adaptativa, integrando seus SARPs (como Heron 1150 e Hermes 900) a sistemas táticos móveis e centros de decisão, por meio de enlaces seguros desenvolvidos localmente. Sua doutrina favorece operações integradas em tempo real, com ênfase na fusão de dados e emprego simultâneo de drones e vetores tripulados (Galeotti, 2022b).

A comparação internacional revela que o Brasil dispõe de ativos relevantes, como o SGDC, o SSMC2 e o Link-BR2, que o colocam entre os poucos países com estrutura nacional autônoma para integrar drones a redes de C2 militares. Entretanto, a ausência de interoperabilidade plena entre SISFRON, SISDABRA e SISGAAz, a baixa difusão do Link-BR2, e a carência de doutrina conjunta específica limitam a transformação dos SARPs em sensores operacionais integrados. Além disso, o país ainda não possui uma estrutura como o JUAS-COE ou uma doutrina equivalente à JADC2.

Assim, para que o Brasil atinja um patamar relevante no cenário internacional, é necessário avançar em algumas frentes como: a padronização técnica dos enlaces e protocolos; a interoperabilidade entre os sistemas das três Forças; a ampliação do uso do Link-BR2; e a criação de doutrina conjunta de emprego em rede.

4.5 Comparação entre os SARPs nos EUA e no Brasil

A incorporação de SARPs ao portfólio de recursos das Forças Armadas tem provocado uma transformação estrutural desde os aspectos de aquisição até contextos

operacionais de emprego. Entre as nações que lideram esse processo, os Estados Unidos se destacam por apresentarem um dos sistemas mais organizados e tecnologicamente avançados, resultado de mais de duas décadas de investimentos contínuos e integração interagências. Por essa razão, servem como referência paradigmática na análise de modelos de emprego.

Por outro lado, a experiência brasileira ainda é modesta e possui longo caminho para superar os desafios da implantação de uma estrutura integrada. No Brasil, a incorporação dos SARPs ainda se dá de forma segmentada e com várias assimetrias entre as Forças Singulares. Para ampliar permitir incorporar experiências significativas, serão comparados os dois modelos nos aspectos de doutrina, Organização, material, infraestrutura, C2, governança e BID.

Nos Estados Unidos, a doutrina referente ao emprego de SARPs é consolidada em documentos como a Joint Publication 3-30: Command and Control of Joint Air Operations, que define os princípios para a coordenação de vetores tripulados e não tripulados em operações conjuntas. Essa normatização é reforçada por documentos complementares, como a JP 3-52 (controle do espaço aéreo), e por padrões técnicos de interoperabilidade como a STANAG 4586. No Brasil, embora a Força Aérea (MCA 25-2) e o Exército (EB20-MC-10.214) tenham desenvolvido diretrizes setoriais, a inexistência de um manual conjunto impede a padronização terminológica e procedimental. Como resultado, os SARPs são integrados ao ciclo operacional de maneira fragmentada, sem protocolos unificados de emprego interforças.

O modelo de organização norte-americano está centrado no Joint Staff J-7 e no Joint Unmanned Aircraft Systems Center of Excellence (JUAS COE), órgão interforças responsável pela experimentação doutrinária, certificação e integração de capacidades em nível estratégico-operacional. Já no Brasil, a coordenação de projetos de SARPs permanece sob gestão autônoma das Forças Singulares, sendo inexistente um núcleo comum responsável por certificação, interoperabilidade ou planejamento conjunto. Essa ausência institucional compromete o desenvolvimento sinérgico e racionalizado da capacidade SARPs no âmbito do Ministério da Defesa.

As Forças Armadas dos EUA operam uma gama abrangente de SARPs, que inclui plataformas de reconhecimento, ataque e guerra eletrônica, em múltiplas categorias operacionais. O portfólio compreende desde sistemas que operam acima de 6000 pés, como o MQ-9 Reaper e o RQ-4 Global Hawk, até sistemas embarcados como o MQ-25 Stingray e drones de ataque loitering. No Brasil, o emprego de SARPs concentra-se em

plataformas de vigilância tática não armadas, como o Heron RQ-1150. Hermes 900, o Scan Eagle e o Nauru 1000C. A ausência de sistemas de alta altitude, de sensores sofisticados embarcados e de armamento letal embarcado demonstra uma lacuna significativa em relação ao padrão norte-americano.

Nos Estados Unidos, bases aéreas como Creech, Beale e Patuxent River são estruturadas especificamente para operações com SARPs, possuindo hangares dedicados, sistemas redundantes de enlace, centros de simulação e instalações para manutenção de 3.º e 4.º escalão. No Brasil, a Base Aérea de Santa Maria (RS) destaca-se como o principal polo de operação de SARPs, mas ainda não apresenta redundância regional, cobertura nacional plena nem laboratórios de integração e certificação. A limitação estrutural restringe o crescimento da capacidade SARPs em nível operacional e estratégico.

As Forças Armadas dos EUA operam sistemas de C2 plenamente integrados, com datalinks do tipo Link-16, compatibilidade com o Joint All-Domain Command and Control (JADC2) e uso constante de enlaces criptografados via satélite WGS. Essa estrutura permite coordenação em tempo real entre sensores, operadores e vetores de ataque. O Brasil possui um datalink nacional, o Link-BR2, desenvolvido pela AEL Sistemas, que ainda apresenta baixa penetração operacional e integração limitada com os sistemas da Marinha e do Exército. A infraestrutura satelital de defesa brasileira baseia-se no SGDC-1, que opera em banda X, mas carece de redundância e de integração ampla ao SISFRON e SISGAZ.

O JUAS COE norte-americano constitui o principal vetor de governança da capacidade SARPs, funcionando como centro de referência para padronização, validação de requisitos e interoperabilidade entre forças. Essa estrutura possibilita revisões doutrinárias frequentes e integração entre setores de inteligência, operações e logística. No caso brasileiro, embora o EMCFA tenha atribuições legais para a coordenação do setor, não há um órgão executivo interforças que centralize o ciclo de desenvolvimento e de emprego, comprometendo a governança plena da capacidade.

No que se refere à BID voltada ao desenvolvimento e produção de SARPs, o contraste é igualmente expressivo. Os Estados Unidos contam com um ecossistema robusto, composto por empresas líderes como General Atomics, Northrop Grumman e Boeing, capazes de desenvolver plataformas em todas as categorias, com alto grau de autonomia tecnológica, inovação dual e integração direta com os sistemas de C2. Já o Brasil enfrenta desafios estruturais na consolidação de uma indústria autóctone de SARPs, dependente

em grande parte de parcerias internacionais, com baixa escala produtiva e limitada capacidade de geração de tecnologias críticas. Apesar dos esforços de empresas como Xmobox e Avibras, o setor nacional carece de estabilidade orçamentária, planejamento de longo prazo e políticas públicas eficazes que viabilizem um ciclo virtuoso de desenvolvimento industrial integrado ao sistema de defesa.

A comparação entre os modelos de incorporação de SARP's nos Estados Unidos e no Brasil revela uma profunda assimetria estrutural, operacional e institucional. Enquanto os EUA consolidaram um sistema interforças coeso, respaldado por doutrina integrada, centros especializados como o JUAS COE, infraestrutura dedicada e uma base industrial tecnologicamente autônoma, o Brasil ainda opera de forma segmentada, com doutrinas díspares entre as Forças Singulares, carência de governança centralizada e limitações substanciais em infraestrutura e C2. Essa discrepância estrutural impõe ao país o desafio de transitar de uma abordagem fragmentada para um modelo integrado, capaz de racionalizar recursos e alinhar-se aos padrões internacionais de excelência no emprego.

4.6 Considerações Finais

A análise da estrutura atual dos SARP's nas Forças Armadas Brasileiras revela um cenário de fragmentação doutrinária, organizacional e tecnológica, que compromete a consolidação dessas plataformas como vetores estruturantes da capacidade militar nacional. Apesar de avanços pontuais, a ausência de uma estrutura conjunta integrada compromete a eficiência operacional e reduz o retorno estratégico de investimentos.

Do ponto de vista doutrinário, o país carece de uma publicação conjunta coordenada pelo EMCFA. A FAB e o EB avançaram na elaboração de doutrinas próprias, mas a MB ainda apresenta apenas referências genéricas. Essa ausência de homogeneização compromete a interoperabilidade, dificulta o compartilhamento de capacidades e o planejamento de missões conjuntas. Em termos de organização, cada Força Singular opera suas plataformas de maneira autônoma, com níveis distintos de institucionalização e maturidade operacional. A ausência de um comando conjunto impede sinergias logísticas e adoção de padrões comuns. Iniciativas como a EXOP IVR 2025 demonstra o potencial promissor para o fortalecimento de ações conjuntas. No entanto, se trata de um esforço a partir da FAB, o que limita a consolidação de uma estrutura verdadeiramente integrada e institucionalizada.

No aspecto material, o inventário das Forças Armadas é heterogêneo, limitado e fragmentado. Não há plataformas padronizadas entre as Forças, tampouco interoperabilidade entre os sensores ou enlaces de dados. A infraestrutura nacional de

apoio aos SARPs é incipiente. A FAB dispõe de uma base dedicada, o EB opera a partir de estruturas improvisadas no CIAvEx e a MB apresenta estrutura inicial com baixa autonomia técnica. Não há centros interforças de simulação, adestramento ou manutenção em segundo e terceiro escalão, nem campos de prova homologados.

Por outro lado, a estrutura conjunta de integração mostra que o país já possui meios institucionais para articular um sistema nacional de SARPs, mas carece de ativação coordenada. O EMCFA, o ComDCiber e o COMDABRA possuem arcabouço jurídico e capacidades técnicas para coordenar doutrina, segurança cibernética e controle do espaço aéreo dos SARPs. O COC, a ESG e a ESD são vetores potenciais para formação doutrinária e apoio técnico. No entanto, essas estruturas ainda operam de forma dissociada e não possuem atribuições formais específicas para esse vetor.

Os sistemas de integração de C2 ainda operam de forma compartimentalizada. Embora o Brasil disponha de ativos valiosos como o SGDC, o SISMC2 e o Link-BR2, a interoperabilidade entre os sistemas ainda é limitada. A ausência de protocolos padronizados, a baixa penetração do Link-BR2 nas plataformas e a inexistência de um conceito doutrinário semelhante ao JADC2 comprometem a integração dos SARPs.

A análise comparativa com os EUA revela que o Brasil se encontra em estágio embrionário frente ao modelo norte-americano de integração de SARPs. A ausência de um centro interforças de certificação e padronização, a inexistência de doutrina unificada e de infraestrutura redundante, bem como a carência de marcos legais específicos para o emprego militar armado, são obstáculos estruturais à constituição de uma capacidade integrada e operacional.

Diante desse panorama, a criação de um Sistema integrado de SARPs nas Forças Armadas Brasileiras representa uma resposta estratégica racional e alinhada às tendências internacionais. Essa transformação tende a racionalizar custos e esforços logísticos, além de elevar a capacidade de resposta e a superioridade informacional.

Para aprofundar esse diagnóstico, no próximo capítulo abordar-se-ão as principais barreiras e os fatores de viabilidade que condicionam a implantação de um sistema unificado, considerando o arcabouço normativo como eixo central para garantir segurança jurídica, interoperabilidade, conformidade com normas internacionais e alinhamento com as melhores práticas em defesa.

5. BARREIRAS E VIABILIDADES PARA O PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DE SARPs NAS FORÇAS ARMADAS

A rápida transformação dos cenários de conflito contemporâneos exige das Forças Armadas brasileiras um processo contínuo de adaptação tecnológica, doutrinária e estrutural. Nesse contexto, a incorporação de SARPs em seu catálogo de capacidades representa uma oportunidade estratégica para ampliar as possibilidades de emprego e modernizar o aparato de defesa nacional.

A análise do modelo norte-americano apresentada no Capítulo 3 evidencia que a plena integração dos SARPs constitui um desafio estratégico de elevada complexidade, mesmo em contextos dotados de robustez institucional e maturidade tecnológica. A consolidação de tal capacidade exige mais do que avanços isolados: impõe a superação de barreiras estruturais que se manifestam em múltiplas dimensões, doutrinária, regulatória, tecnológica, institucional, cultural e orçamentária, evidenciando o caráter transversal e sistêmico do problema.

Como o identificado nesse estudo, até esse ponto, existem avanços pontuais no âmbito de cada Força Singular. Entretanto, o cenário atual revela entraves estruturais que limitam a convergência plena entre os segmentos. Essas barreiras não apenas fragmentam as capacidades disponíveis, como dificultam a padronização de procedimentos, a interoperabilidade técnica e o aproveitamento de sinergias em missões conjuntas.

Nesse capítulo tem-se como objetivo apresentar e analisar as principais barreiras à integração para a sua implantação, considerando os múltiplos vetores que influenciam esse processo. A compreensão aprofundada dessas limitações é fundamental para que se possa estruturar um sistema integrado, interoperável e compatível com as exigências operacionais contemporâneas. No mesmo sentido, examinar, de forma abrangente, a viabilidade desse processo, considerando a disponibilidade tecnológica, o retorno sobre o investimento, a capacidade de execução institucional e as exigências legais para sua concretização é condição essencial para o levantamento de possíveis entraves.

5.1. Barreiras à Integração de SARPs nas Forças Armadas

No Capítulo 4, ao se descrever a estrutura atual dos SARPs nas Forças Armadas Brasileiras e contrastá-la com o modelo de referência norte-americano, evidenciaram-se assimetrias relevantes que comprometem a viabilidade de um sistema integrado no contexto nacional. As diferenças observadas no grau de padronização doutrinária,

na coordenação interinstitucional, no domínio de tecnologias críticas e na governança do sistema revelam lacunas que não se limitam ao nível operacional, mas atingem dimensões estruturantes da capacidade de Defesa.

Com base nessas disparidades, torna-se possível delinear os principais condicionantes que dificultam a consolidação de um sistema articulado, interforças e funcional. Nesse subitem apresentam-se as barreiras centrais ao processo de integração dos SARP's nas Forças Armadas, organizadas em cinco segmentos interdependentes: tecnológico, doutrinário, regulamentar, cultural/institucional e orçamentário. A identificação e análise desses fatores busca subsidiar a formulação de diretrizes realistas para a superação dos obstáculos e a construção de uma capacidade integrada e autônoma.

a. Tecnológicas

A integração eficaz dos SARP's enfrenta significativas barreiras tecnológicas, que afetam diretamente sua operacionalização, interoperabilidade e desempenho. Essas limitações abrangem desde deficiências nos sistemas embarcados até obstáculos na conectividade e no processamento dos dados coletados.

Uma das principais barreiras à adoção de SARP's reside na interoperabilidade com os sistemas de Comando e Controle (C2) existentes. Muitas vezes, esses sistemas usam plataformas proprietárias com protocolos de comunicação incompatíveis entre si ou com sistemas legados das Forças Armadas, dificultando sua integração com plataformas tripuladas, centros de comando e redes de enlace de dados conjuntas. Isso compromete operações coordenadas, nas quais a troca de informações em tempo real é essencial para a consciência situacional e efetividade tática (Botelho; 2020).

Há ainda preocupações significativas quanto à própria segurança cibernética desses sistemas: canais de comunicação remotos, como Link 16 e SATCOM, podem sofrer interferência, jamming ou spoofing, o que ameaça gravemente a condução da missão (Tedeschi; Sciancalepore; Di pietro, 2021). A ausência de redundância em muitos desses canais, especialmente em operações realizadas em áreas remotas ou contestadas, reduz a confiabilidade do controle da plataforma e compromete sua segurança operacional.

Um ponto crítico é a limitação tecnológica dos sensores embarcados e da inteligência artificial que dão suporte à navegação autônoma, ao reconhecimento automático de alvos e à análise em tempo real de imagens e dados. As capacidades

embarcadas de processamento e sensoriamento ainda são restritas, o que impõe dependência de estações de controle terrestre para interpretar os dados e conduzir decisões operacionais (Leite, 2023). Essa dependência reduz a velocidade do ciclo de decisão, aspecto essencial em operações modernas.

A ausência de um parque tecnológico nacional autossuficiente para o desenvolvimento e fabricação de componentes críticos, como motores elétricos, sensores multiespectrais, sistemas de navegação inercial e algoritmos de inteligência artificial embarcada, representa uma significativa barreira tecnológica para o Brasil. Isso resulta em elevada dependência de fornecedores estrangeiros, com potencial risco à continuidade operacional em cenários de restrições de exportações, embargos ou crises internacionais (IGESPAC e FGFEM, 2023). Isso implica em dependência de fornecedores estrangeiros, com riscos à continuidade operacional em cenários de restrição de exportações, embargos ou crises internacionais.

Por fim, a fragilidade da infraestrutura digital e da ciberdefesa nacional afeta diretamente os SARPs, sistemas altamente dependentes de redes seguras e estáveis. A inexistência de protocolos robustos de segurança cibernética específicos para essas plataformas expõe a riscos como interceptação de dados, sequestro do controle da aeronave e comprometimento de missões críticas (Silva, 2022).

b. Doutrinárias e regulatórias

A consolidação de SARPs como vetor orgânico de poder nas Forças Armadas brasileiras esbarra, antes de tudo, na fragmentação normativa. Embora a Doutrina de Operações Conjuntas – MD30-M-01 reconheça a importância desses sistemas, ela não estabelece requisitos técnicos nem padroniza táticas, técnicas e procedimentos (TTP) que viabilizem a interoperabilidade plena; a convergência operacional acaba sendo delegada à iniciativa isolada das Forças Singulares. O resultado prático é um mosaico regulatório que dificulta operações combinadas, pois cada Força adota manuais, processos de qualificação, rotinas logísticas e protocolos de segurança distintos, muitos deles mutuamente incompatíveis.

A assimetria aprofunda-se quando se examinam os atos normativos setoriais. A ICA 100-40/2023 disciplina o acesso de aeronaves não tripuladas ao espaço aéreo sob lógica civil-militar, mas não dialoga com o EB70-MC-10.214, cujo foco permanece restrito aos vetores aéreos da Força Terrestre; tampouco converge com a Portaria 213/DGMM/2022, que regula a operação naval sem prever interoperabilidade de enlaces ou gateways de dados adotados pela FAB e pelo

Exército. Essa dispersão normativa inviabiliza uma arquitetura comum de C2, imprescindível para o compartilhamento de vídeo e telemetria em tempo real.

No domínio cibernético, a Doutrina Militar de Defesa Cibernética – MD31-M-07 (2.^a ed.) reconhece as vulnerabilidades de *jamming* e *spoofing* nos principais enlaces empregados por SARPs, mas limita-se a recomendações genéricas, sem um plano de implementação conjunto que imponha criptografia, gestão de chaves ou redundância de links. Do mesmo modo, a EB10-IG-01.018, que estabelece diretrizes para o ciclo de vida de sistemas no Exército, não encontra equivalentes na Marinha ou na Aeronáutica, impedindo economias e o compartilhamento de sobressalentes.

A indefinição conceitual no âmbito ministerial também se reflete na classificação. Enquanto o COTER/C Ex n.º 333/2023 introduz seis classes por peso e emprego, a Portaria 213/DGMM/2022 da Marinha utiliza categorias ligadas à complexidade operacional e o DECEA, pela ICA 100-40, adota o modelo *Open / Specific / Certified* baseado em risco. A inexistência de matriz comum dificulta a equivalência técnica, restringe aquisições conjuntas e eleva custos logísticos. Paralelamente, normas civis como o RBAC-E 94 (ANAC), elaborado para drones comerciais, não cobrem cenários de emprego militar, obrigando pedidos de NOTAM ou uso da plataforma SARPSAS a cada operação em espaço controlado, o que impacta a liberdade de manobra e a cadência das missões.

Por fim, não há regras de engajamento formalizadas para plataformas armadas, e a Portaria GM-MD 4.070/2021, sucessora da antiga 606/MD/2004 – fornece apenas diretrizes genéricas de aquisição, sem diferenciar requisitos de certificação, ensaios ou segurança específicos a SARPs. Tal lacuna jurídica bloqueia a introdução de cargas letais e perpetua a insegurança contratual. A inexistência de fóruns permanentes que articulem Ministério da Defesa, DECEA, ANAC e Base Industrial de Defesa reforça o ciclo em que a inovação tecnológica chega primeiro ao teatro operacional e só depois ao Diário Oficial.

Enquanto não houver um ato normativo integrador, à semelhança da STANAG 4586, da OTAN, que padroniza interfaces, enlaces e terminologia, o Brasil tende a continuar operando capacidades fragmentadas, de alto custo e com baixo grau de interoperabilidade operacional.

c. Culturais e Institucionais

A cultura institucional vigente nas Forças Armadas brasileiras é marcada pela manutenção da identidade operacional própria de cada Força, o que resulta na

segmentação das estruturas doutrinárias e na fragmentação dos processos de comando e controle. Essa tendência revela a valorização de práticas autônomas em detrimento da construção de doutrinas integradas. Mesmo quando inseridas em operações conjuntas como a Operação Ágata, as Forças tendem a manter sob controle exclusivo os dados captados por seus sistemas, o que inviabiliza a consolidação de uma consciência situacional compartilhada (Freire, 2018).

Do ponto de vista organizacional, estudos evidenciam que estruturas culturais rígidas, baseadas em rotinas isoladas e autoridade setorial, dificultam processos de integração. O comportamento humano e as relações de poder são determinantes na aceitação ou rejeição de inovações operacionais, como os SARPs. Na ausência de uma cultura que favoreça a interoperabilidade, as Forças permanecem estruturadas para o funcionamento isolado (Sobral, 2022).

A centralização do comando nas Forças Singulares e a ausência de centros conjuntos permanentes refletem a relutância institucional em submeter vetores sensíveis como os SARPs a um regime de governança compartilhada. A interoperabilidade não pode ser compreendida apenas como padronização técnica, mas como expressão de uma cultura organizacional alinhada, que pressupõe confiança mútua, protocolos comuns e objetivos estratégicos convergentes (Sobral, 2022).

Mesmo após a criação do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), em 2010, as diretrizes de interoperabilidade permanecem dependentes da iniciativa e boa vontade das Forças componentes. A ausência de doutrina conjunta formalizada, de currículos integrados e de unidades de comando interforças impede que os SARPs sejam plenamente incorporados ao ciclo operacional conjunto, restringindo seu potencial estratégico (Marques Júnior, 2018).

Adicionalmente, a rivalidade entre as Forças e a ausência de padronização na coleta e no compartilhamento de dados operacionais comprometem o emprego eficiente de capacidades conjuntas. Esse cenário confirma que o entrave à integração dos SARPs não se limita a aspectos técnicos, mas se enraíza em dinâmicas culturais de poder, prestígio e controle institucional (Freire, 2018).

Portanto, uma das principais barreiras à integração dos SARPs não está na falta de tecnologia ou de regulamentação, mas na persistência de uma cultura institucional que prioriza a soberania doutrinária e operacional de cada Força. A superação desse obstáculo exige mais do que reformas técnicas: requer a

transformação da mentalidade institucional por meio da formação conjunta, da institucionalização de estruturas de comando integradas e da construção de uma cultura baseada na confiança interinstitucional.

d. Orçamentárias

Entre 2015 e 2024 o orçamento do Ministério da Defesa passou de aproximadamente R\$ 88 bilhões para cerca de R\$ 133 bilhões, crescimento nominal que, todavia, não modificou o perfil rígido das despesas, já que as rubricas de pessoal continuaram acima de 75 % em todo o período (BRASIL, 2025c). Esse avanço numérico foi insuficiente para preservar poder de compra: o Parecer Setorial da Comissão Mista de Orçamento para a PLOA-2023 demonstra que, apesar dos R\$ 124,4 bilhões autorizados naquele exercício, os investimentos respondiam por apenas 6,1 % do total, enquanto a folha absorvia 78,2 % (Câmara dos Deputados, 2022b).

A compressão do gasto discricionário torna-se ainda mais evidente quando se considera que, entre 2021 e 2023, houve acréscimo nominal de 5,8 % no orçamento global, mas perda real superior a 6 % frente à inflação (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2022a). Paralelamente, um estudo da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército indica que o esforço de defesa permaneceu em torno de 1,3 % do PIB nos últimos dez exercícios, abaixo do patamar observado em países de equivalente projeção estratégica, o que limita a capacidade de financiar tecnologias complexas como sistemas integrados de aeronaves remotamente pilotadas (ECEME, 2024).

Além do espaço fiscal reduzido, a fragmentação institucional cria sobreposição de iniciativas: o Manual Técnico de Orçamento 2025 identifica mais de dez ações orçamentárias distintas relacionadas a RPAS, distribuídas entre programas de pesquisa, preparo e emprego, situação que eleva custos de aquisição e dificulta a padronização de enlaces de dados e sensores. Além disso, ressalta que a dependência de componentes importados – notadamente cargas úteis IVR e criptografia de missão – expõe os projetos à volatilidade cambial e compromete cronogramas de nacionalização (MPO, 2024).

Essas limitações são reforçadas pelo arcabouço jurídico-fiscal: a Lei 13.115/2015 fixou metas conservadoras no PPA 2016-2019, e a Emenda Constitucional 95/2016 institucionalizou o teto de gastos, restringindo o crescimento real das dotações discricionárias (Brasil, 2015; Senado Federal, 2016). Ainda assim,

o Relatório Setorial de 2023 enfatiza que a concentração de recursos em programas estratégicos pode qualificar o investimento em defesa, recomendação alinhada às diretrizes do Portal de Orçamento e Finanças, que defende fundos plurianuais para reduzir a dependência de emendas parlamentares (Brasil, 2025c; Câmara dos Deputados, 2022a).

Diante desse panorama, a implantação de um Programa Estratégico Conjunto de SARPs surge como alternativa viável: ao centralizar aquisições, unificar treinamento e compartilhar infraestruturas de comando-e-controle, o MD ganharia economias de escala e previsibilidade de desembolsos, além de favorecer a soberania tecnológica por meio de encomenda coordenada de sistemas críticos. Portanto, as barreiras identificadas – rigidez de despesa, pulverização institucional, dependência tecnológica e restrição fiscal – configuram desafios superáveis mediante governança orçamentária integrada, capaz de racionalizar recursos e elevar a eficiência do gasto público em defesa.

5.2. Viabilidade à Integração de SARPs nas Forças Armadas

Apesar das barreiras identificadas anteriormente, o cenário nacional também revela elementos que apontam para a viabilidade do processo de integração. A análise dessas condições favoráveis exige a consideração de múltiplos vetores estruturantes, capazes de sustentar uma transição progressiva rumo à consolidação de um sistema interforças funcional e autônomo.

Para sistematizar o processo investigativo, será explorado os principais fatores que contribuem para essa viabilidade, com ênfase em quatro dimensões críticas: a disponibilidade tecnológica no mercado nacional e internacional; o potencial retorno sobre o investimento (ROI), proporcionado pela substituição de plataformas tripuladas em determinadas missões; a capacidade institucional de execução, com destaque para estruturas já existentes em cada Força Singular; e o arcabouço jurídico-regulatório que, embora demandando ajustes, oferece uma base mínima para a legalidade e legitimidade do processo. A identificação desses vetores possibilita compreender as condições objetivas que podem viabilizar a integração dos SARPs sob uma perspectiva estratégica, operacional e normativa.

a. Disponibilidade Tecnológica

A viabilidade tecnológica para a implantação de um sistema de SARPs integrado nas Forças Armadas brasileiras pode ser analisada de forma objetiva ao se utilizar parâmetros técnicos reconhecidos internacionalmente, como os níveis de

prontidão tecnológica (TRLs), a aderência a normas de engenharia de sistemas (como a ISO/IEC/IEEE 15288), a capacidade de integração com sistemas legados, a robustez da base industrial e o planejamento de manutenção e atualização tecnológica.

O conceito de *Technology Readiness Level* (TRL) é uma escala de 1 a 9 que mede a maturidade de uma tecnologia, indo desde a fase de formulação conceitual (TRL 1) até a operação comprovada em campo (TRL 9). No Brasil, diversas plataformas já atingiram níveis elevados dessa escala. O drone Nauru 1000C da empresa XMobots, por exemplo, já foi utilizado pelo Exército Brasileiro em atividades reais de vigilância de fronteiras, o que o posiciona em TRL 7 — isto é, testado em ambiente operacional relevante. O modelo Hermes 900, operado pela Força Aérea Brasileira, atinge TRL 9, já tendo demonstrado desempenho pleno em missões militares (Xmobots, 2024a; AEL Sistemas, 2024). Outras plataformas, como o Atobá da Stella Tecnologia e o Falcão da Avibras, estão em TRLs intermediários (TRL 5-6), com protótipos já construídos e submetidos a ensaios em campo, mas ainda sem adoção operacional formal.

Outro critério fundamental é a aplicação de processos estruturados de engenharia, conforme definido pela norma ISO/IEC/IEEE 15288, que trata do ciclo de vida de sistemas. Essa norma estabelece etapas como concepção, desenvolvimento, integração, verificação, validação e desativação, garantindo rastreabilidade técnica e controle de qualidade ao longo de todo o projeto. Empresas como Embraer/XMobots e AEL Sistemas demonstram aderência a essa norma, mantendo planos formais de verificação e validação (V&V) e documentações compatíveis com processos de auditoria técnica, o que reduz riscos na condução de contratos complexos com o setor público (Embraer, 2023).

No aspecto da integração sistêmica, é importante que os drones possam se comunicar com redes e sistemas já existentes nas Forças Armadas. Isso envolve tanto interfaces físicas, como conectores e frequências de rádio, quanto interfaces lógicas, como APIs (interfaces de programação) e formatos de mensagem padronizados. Uma possibilidade é a utilização de Sistemas como o SISFRON (Exército), o SISDABRA (Aeronáutica) e o SisGAAz (Marinha) já operam com enlaces táticos nacionais e permitem algum nível de integração com drones.

A capacidade produtiva da indústria nacional também deve ser considerada. O termo *throughput* refere-se à quantidade de unidades que uma fábrica consegue

produzir em determinado tempo. A XMobots, por exemplo, possui uma linha de produção robotizada em São Carlos com capacidade para até 20 drones por mês, evidenciando boa escalabilidade. A AEL Sistemas, por sua vez, é certificada segundo normas aeronáuticas internacionais (AS 9100) e já forneceu drones para a FAB com grau elevado de nacionalização. Além disso, empresas como a FT Sistemas e a Santos Lab possuem cadeias logísticas ativas, com fornecedores nacionais capazes de substituir peças críticas sem depender exclusivamente de importações (Defesa Aérea & Naval, 2016).

Quanto à manutenção e sustentabilidade do sistema ao longo do tempo, alguns indicadores são essenciais. O *MTBF* (Mean Time Between Failures) representa o tempo médio entre falhas técnicas, enquanto o *MTTR* (Mean Time to Repair) mede o tempo médio necessário para consertar uma falha. O Nauru 1000C, por exemplo, apresenta um MTBF de 320 horas e um MTTR baixo, indicando boa confiabilidade e fácil manutenção. Além disso, a chamada *janela de patch* — que é o intervalo programado para atualização de softwares embarcados — tem sido respeitada pelas empresas, com ciclos trimestrais que permitem correções e melhorias contínuas nos sistemas (Xmobots, 2024a). Também é importante mencionar o conceito de *gateway*, que são dispositivos ou softwares que permitem a comunicação entre diferentes sistemas e protocolos. Em projetos de SARPs, os gateways permitem, por exemplo, que um drone de um fabricante nacional envie dados compatíveis com os sistemas táticos das Forças Armadas, mesmo que usem tecnologias distintas.

Por fim, um projeto tecnicamente viável precisa olhar para o futuro. Empresas como Embraer e AEL já apresentaram *roadmaps* tecnológicos — ou seja, planos de evolução de seus produtos — incluindo a migração para sensores hiperespectrais, radares SAR de última geração e novas formas de enlace criptografado com satélites nacionais, como o SGDC-2. Esses planos reduzem o risco de obsolescência e evitam a necessidade de reinvestimentos prematuros, garantindo que o sistema implantado hoje possa continuar funcional e atualizado por pelo menos uma década.

b. Retorno sobre Investimento (ROI)

A análise do retorno sobre investimento deve ser feita de forma multidimensional, considerando não apenas os custos diretos e a economia operacional, mas também os benefícios estratégicos de médio e longo prazo, a

geração de capacidade nacional e a dualidade de emprego civil-militar. A literatura internacional e as experiências recentes em cenários de conflito demonstram que os SARPs oferecem vantagens significativas em termos de custo-benefício, quando comparados a meios tripulados convencionais.

Para identificar a viabilidade da utilização dos Sistemas atualmente disponíveis nas Forças Armadas (Hermes 900, Nauru 1000C e ScanEagle) como alternativa às missões de IVR hoje executadas por helicópteros da Aviação do Exército, plataformas AEW/RECCE da FAB e patrulhas marítimas P-3AM Orion/P-95BM, será realizada uma análise, com base nos fatores da tabela 11, combinando o ROI com a Análise Custo-Benefício (ACB), atribuindo valor monetário à mitigação de risco humano via Valor Estatístico da Vida (VSL) de € 4,3 milhões recomendado pela EUROCONTROL.

Tabela 11 – Fatores de análise de ROI

Etapa	Descrição	Principais fontes
1.Linha-de-base de custos	Levantamento dos custos de hora de voo (CFH) das aeronaves tripuladas.	BTA-LOG 259 / EB (2025); DoD Tab F (FY-2024) para P-3C/E-3C; DoD Tab F (FY-2019) para RC-135V
2.Custos dos SARPs	CFH derivado de dados de Predator/Reaper (MQ-9); estimativas NATO para TUAV (ScanEagle/Nauru).	Contratos logísticos da MB e do EB.
3.Benefícios monetários	a) Economia direta de CFH × horas/ano. b) Economia de manutenção. c) Risco humano evitado = probabilidade de fatalidade × VSL.	EUROCONTROL VSL
4.Benefícios intangíveis	Persistência, penetração de risco, integração C4ISR ponderados via AHP.	Manual AHP / estudos NATO
5.ROI ampliado	(Benefícios monetários + intangíveis convertidos) ÷ CAPEX	Fórmula ROI (Gitman, 2010)
6.Teste de sensibilidade	± 15 % em CFH e VSL.	EU Guide to CBA 2014

Fonte: elaborado pelo próprio autor, com base nas Fontes especificadas.

A metodologia adota um modelo quali-quantitativo. O processo inicia pela linha-de-base de custos de hora de voo (CFH) das aeronaves tripuladas, obtida em boletins logísticos do Exército e tabelas de reembolso do DoD; em seguida apura-se o CFH dos SARPs por analogia com programas de referência.

O benefício monetário direto é a economia de CFH multiplicada pelas horas anuais transferíveis, ao qual soma-se o valor estatístico da vida (VSL) de € 4,3 milhões para quantificar a mitigação de risco humano em missões perigosas (Eurocontrol, 2024).

Benefícios intangíveis – persistência, penetração em área hostil e integração C4ISR – recebem pesos derivados do método AHP e são convertidos em unidades monetárias para compor o numerador do ROI.

Por fim, foram calculados o ROI ampliado e executa-se teste de sensibilidade ($\pm 15\%$ em CFH e VSL) a fim de verificar a robustez das conclusões (Gitman, 2010), assegurando que recomendações de aquisição mantenham viabilidade mesmo sob variação de custos ou premissas de risco. Para isso foram utilizados os valores de referência da tabela 12:

Tabela 12 – Custo de Operação e Aquisição de Vetores Aéreos

Plataforma	CFH – VBO (USD/h)	Custo ³ (USD mi)	Fontes principais ¹
AS 550 A2 Fennec (HA-1A)	2.553,69	9,0	- CFH: BTA-259 / CMAvEx · - Custo: NATIONS – MILITARY EQUIPMEN LIST (2024)
AS 365 K2 Pantera (HM-1A)	5.048,84	15,0	
UH-60L Black Hawk (HM-2)	9.479,32	35,0	
AS 532 UE Cougar (HM-3)	6.550,48	27,0	
H225M Jaguar (EC-725) (HM-4)	8.990,36	53,0	
P-95BM Bandeirante Patrulha ²	3.226 <i>est.</i>	n/d ⁴	CFH por analogia C-12 (DoD FY-25)
P-3AM Orion ($\approx$ P-3C) ²	23.234	≈ 40	DoD FY-25 rate (P-3C)
E-99 (AEW&C) ²	39.599	n/d ⁴	GAO-23-106217 (O&S)
R-99 (IVR)	19.172	n/d ⁴	DoD FY-25 rate (RC-135V/W)
Hermes 900	3.900 <i>est.</i>	≈ 10	40 % do MQ-9A (9 626 USD/h – DoD FY-25)
Nauru 1000C	120	$\approx 1,0$	Contrato COLOG/CMAvEx-COEX/2024.
ScanEagle	1.200	2,18	Contrato de Suporte Logístico da MB

Fonte: elaborado pelo próprio autor com base em fontes diversas

Os valores estimados, por falta de fontes oficiais, adotaram a seguinte metodologia:

- P-95BM – turboprop de porte e motorização próximos ao C-12 Huron (King Air); adotado o “All Other User” FY 25 de 3 226 USD/h.

- Hermes 900 – peso máximo de decolagem ~20 % do MQ-9A; aplicado 40 % da tarifa “All Other User” FY 25 (3 900 USD/h), refletindo menor consumo e manutenção.

Para harmonizar custos nacionais e internacionais, foi adotada a abordagem de *cascata de similaridade*, utilizada, por exemplo, no estudo comparativo conduzido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) sobre a indústria naval, no qual Silva afirma que “como aproximação das estimativas finais de custo, este procedimento foi aplicado como meio de manter as respectivas relações de proporcionalidade baseadas nos custos unitários” (SILVA, 2014), considerando os fares abaixo relacionados:

(1) Fontes primárias oficiais mais recentes — boletins logísticos Nt 259/2025 (Brasil, 2025a) e tabelas de reembolso DoD FY 2025 (United States, 2024); e Contrato de Suporte Logístico do SARPs Catg 2 NAURU 1000 C" Contrato 045-COLOG/CMAvEx-COEX/2024 (BRASIL, 2024b)., fornecem valores auditáveis de *Cost per Flying Hour*

(2) Mapeia-se cada plataforma brasileira ao análogo estrangeiro quando não há dado público, ajustando-se por peso, motorização e missão (p.ex., Hermes 900≈MQ-9A);

(3) Custos de aquisição decorrem de contratos transparentes pós-2023 (DSCA, Armée suisse, Kuwait, US Army) e dos convertidos a dólares correntes;

(4) lacunas são explicitadas como “n/d” indicam ausência de preço unitário público confiável; estimativas poderão ser refinadas em fase de negociação.

Tabela 13 – Comparação de custos entre Plataforma atual e SARPs.

Função IVR	Plataforma atual	CFH US\$	SARPS proposto	CFH US\$	Economia direta	Relação CFH ² (x)
Vigilância tática	Fennec	2 553	Nauru 1000C	120	1.853	3,64
Rec armado	Pantera / Cougar	5 049 / 6 550	Hermes 900	3.900	1149/2600	1,29/1,67
IVR terrestre	R-99 (RC-135 proxy)	33 055			29.155	8,4
Patrulha marítima longa ¹	P-3AM	12 316			8.419	3,15

IVR costeiro/naval orgânico	P-95BM	3 158	ScanEagle	1200	1.958	2,63
-----------------------------------	--------	-------	-----------	------	-------	------

Fonte: elaborado pelo próprio autor, com base nos dados da tabela 12

(1) O P-3AM CFH (US\$ 12,3 mil) é quase 12 × superior ao de um Hermes 900.

(2) A relação “CFH atual ÷ CFH SARPs” indica as horas equivalentes de um SARP pelo custo de 1 h da plataforma tripulada.

De acordo com os dados da tabela 13, mesmo no cenário conservador (Hermes custando US\$ 3,9 k/h), a troca de 1 000 h/ano de patrulha P-3AM por SARPs economiza ≈ US\$ 8,4 M/ano, amortizando dois Hermes em pouco mais de 2 anos. A economia sobe drasticamente em operações costeiras, onde o ScanEagle a menos da metade do custo do P-95BM.

Outra abordagem quali-quantitativa de custo-efetividade, construindo para cada missão um par “plataforma tripulada × SARP candidato” e medindo três variáveis centrais, que são resumidos na tabela 14:

Tabela 14 – Comparativo custo-efetividade (CFH, Opex, CAPEX e pay-back)

Missão¹ h ano	CFH atual (US\$)	Opex² (US\$ mi)	CFH SARPs (US\$)	Opex SARPs¹ (US\$ mi)	Eco US\$ mi)	CAPEX³ US\$ mi)	PB⁴ (anos)
Vig fronteira 2 000 h	2 553 4 Fennec	20,4	120 4 Nauru	0,96	19,5	4,0	0,2
Recon. leve 1 500 h	5 049 2 Pantera	15,1	120 2 Nauru	0,4	14,8	2,0	0,1
Recon. médio 1 500 h	6 550 2 Cougar	19,7	3 900 2 Hermes	11,7	7,9	20,0	2,5
Recon. pesado 500 h	9 479 2 Black Hawk	28,4	3 900 2 Hermes	11,7	16,7	20,0	1,2
Patrulha costeira 1 500 h	3 158 2 P- 95BM	9,5	1200 2 ScanEagle	3,6	5,8	4,16	0,7
Patrulha marítima 1 500 h	12 316 2 P- 3AM	36,9	3 900 2 Hermes	11,7	25,2	20,0	0,8
IVR terrestre 1 500 h	33 055 1 R-99	49,6	3 900 2 Hermes	11,7	37,9	20,0	0,5

Fonte: elaborado pelo próprio autor, com base nos dados da tabela 12

- (1) horas anuais estimada.
- (2) Opex = CFH × horas-ano × n.º de células. Valores arredondados a 0,1 milhão.
- (3) CAPEX considera a aquisição do quantitativo de aeronaves estabelecidos no quadro.
- (4) Pay-back (PB) = CAPEX ÷ Economia anual; valores < 1 mostrados em décimos de ano.

O custo anual atual resulta de CFH × h/ano da plataforma tripulada; já o custo anual SARP usa o CFH do drone multiplicado pelas mesmas horas. A economia anual é a diferença entre esses dois valores e o pay-back é calculado por CAPEX ÷ economia anual, sem descontar fluxos de caixa, pois o horizonte de decisão do MD adota ciclos de crédito de 1-2 anos. Para garantir comparabilidade, todos os valores foram convertidos para dólares de 2025 (câmbio fixo R\$ 5,00/US\$) e benefícios intangíveis, como redução de risco à vida, foram deliberadamente excluídos, de modo que o resultado mostre apenas a economia direta e “pessimista”; qualquer ganho adicional encurtaria os prazos de retorno.

Na tabela 14 os dados se referem ao plano estritamente financeiro e por isso apontam forte viabilidade para substituição dos meios convencionais por SARPs. Em missões como vigilância de fronteira e reconhecimento leve, os custos operacionais são reduzidos de forma substancial. Por exemplo, no caso da missão de reconhecimento leve, o uso de dois helicópteros Pantera, com CFH de US\$ 5.049, gera um custo operacional anual de US\$ 15,1 milhões, ao passo que a substituição por dois SARPs Nauru, com CFH de US\$ 400, permite realizar a mesma carga horária anual com custo inferior a US\$ 0,5 milhão. O investimento inicial de US\$ 2 milhões é amortizado em apenas 1,2 mês, o que se reflete num Payback (PB) de 0,1 ano, sugerindo elevada eficiência financeira.

Ainda mais expressiva é a economia observada na missão de IVR terrestre, na qual o vetor atualmente empregado, a aeronave R-99, apresenta CFH de US\$ 33.055. Sua substituição por dois SARPs Hermes 900 permitiria uma redução de custos de aproximadamente US\$ 37,9 milhões por ano, mesmo com CAPEX de US\$ 20 milhões, levando a um Payback inferior a seis meses. Baseado no que foi apresentado, a tabela 15 faz um resumo sobre uma possibilidade de sistema

Tabela 15 - Síntese Financeira do Sistema Integrado de SARPs

Indicador-chave	Valor (US\$ 2025)	Fonte / observação
Pay-back global	≈ 1,2 ano	CAPEX ÷ economia anual

Indicador-chave	Valor (US\$ 2025)	Fonte / observação
Horas anuais IVR substituídas	9 500 h/ano	Soma dos seis perfis analisados (Fennec, Pantera, Cougar, Black Hawk, P-95BM e P-3AM)
CAPEX total da frota SARPs	50,54 milhões	6 × Nauru 1000C (4,12 M + 2,06 M) + 4 × Hermes 900 (40,0 M) + 2 × ScanEagle (4,36 M)
Custo anual atual (meios tripulados)	59,94 milhões/ano	CFH oficiais – BTA-259 (helicópteros) e Tab F DoD FY-2024 (asa fixa)
Custo anual com SARPs	18,46 milhões/ano	CFH drones (Hermes 900, Nauru 1000C, ScanEagle);
Economia financeira anual direta	41,48 milhões/ano	Diferença entre linhas anteriores
ROI em 15 anos	≈ 1 230 %	$(\text{Economia anual} \times 15) \div \text{CAPEX}$
Participação da economia no orçamento de operação aérea (PLOA 2025)	≈ 15 %	$41,48 \text{ M} \div \text{dotação "Operação de Aeronaves" MD} (\approx \text{US\$ } 270 \text{ M})$

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos valores de ROI

A análise de custo-efetividade, resumida na tabela acima, indica que a transferência de 9 500 h anuais de missões IVR de helicópteros Fennec, Pantera, Cougar, Black Hawk e de patrulhas P-95BM/P-3AM para uma frota escalonada de doze drones reduziria o dispêndio de US\$ 59,94 milhões para US\$ 18,46 milhões ao ano, gerando economia direta de US\$ 41,48 milhões, pay-back de 1,2 ano e ROI de cerca de 1230 % em quinze anos.

Entretanto, a análise ainda prescinde de uma abordagem doutrinária e operacional mais aprofundada. Embora os SARPs apresentem vantagens claras em termos de custos e persistência, sistemas como o Cougar, Black Hawk ou o próprio R-99 são plataformas multimissão, capazes de operar em ambientes contestados, com capacidade de evacuação, transporte ou ação armada, o que não é replicável aos sistemas avaliados.

Esses dados reforçam a hipótese de racionalização: ao alinhar a escolha do SARPs com o perfil da missão, as Forças Armadas podem reduzir substancialmente os custos operacionais e garantir o retorno do capital investido dentro da vida útil de cada frota. No contexto brasileiro, onde há vastas áreas de fronteiras secas e marítimas com baixa presença estatal, os SARPs representam uma solução de alta eficiência para vigilância e patrulhamento. Sistemas como o Hermes 900, já operado

pela Força Aérea Brasileira, conseguem monitorar áreas costeiras, florestais e urbanas, reduzindo a necessidade de missões tripuladas custosas e arriscadas.

Os SARPs oferecem grande potencial de aplicação dual, em defesa e segurança pública, fiscalização ambiental, apoio a desastres e defesa civil. A capacidade de empregar os mesmos sistemas em múltiplos contextos fortalece o argumento de racionalidade orçamentária, uma vez que amplia os retornos para diferentes setores do Estado. Um sistema integrado também gera externalidades positivas para a economia nacional, ao estimular a BID e promover a nacionalização de tecnologias críticas.

Apesar dos benefícios, o ROI dos SARPs está sujeito a riscos que precisam ser gerenciados, como: a obsolescência tecnológica acelerada, que exige atualizações constantes; a dependência de fornecedores internacionais de componentes críticos; a ausência de normatização clara, que pode restringir o uso em certos contextos; e a dispersão orçamentária e a descontinuidade política dos projetos de defesa. Esses fatores devem ser considerados em análises de custo-benefício mais amplas, baseadas não apenas em critérios financeiros, mas em métricas de efetividade estratégica, soberania e capacidade de reação.

A implantação apresenta elevado potencial de retorno sobre investimento, tanto do ponto de vista operacional quanto estratégico e industrial. A racionalização do uso de recursos, a capacidade dual dos equipamentos e os benefícios à indústria nacional tornam o projeto uma iniciativa vantajosa. Contudo, para maximizar esse retorno, será necessário integrar políticas de defesa, ciência e tecnologia, regulamentação jurídica e financiamento coordenado.

c. Capacidade de Execução

Como identificado nos capítulos anteriores, apesar das limitações estruturais, orçamentárias e organizacionais identificadas, as Forças Armadas do Brasil já apresentam diversos elementos de viabilidade concreta para a execução progressiva de um Sistema Integrado de SARPs. Essas viabilidades decorrem tanto de capacidades atualmente em operação quanto de estruturas já em desenvolvimento, que podem ser potencializadas mediante integração institucional, coordenação interforças e investimentos direcionados.

As três Forças Singulares já possuem experiências concretas e operacionais com plataformas de SARPs, com diferentes graus de complexidade e alcance:

- A FAB já operou o Hermes 450 e atualmente utiliza o Hermes 900 e o Heron RQ 1150, com missões de IVR, já integradas a operações reais e exercícios militares;
- O EB já utilizou o modelo Horus 100 e atualmente desenvolve o Nauru 1000C em operações militares, em contextos de GLO e faixa de fronteira.
- A MB, por sua vez, iniciou a experimentação do Nauru 500 e já opera em ambientes marítimos e costeiros, com o ScanEagle.

Essas iniciativas demonstram capacidade institucional pré-existente e possibilidade real de integração progressiva, mediante padronização de protocolos e interoperabilidade de dados.

As Forças já possuem núcleos técnicos e centros de apoio logístico voltados à operação de SARPs, incluindo estações de controle, hangares, enlaces de dados e polos de manutenção inicial. O CIAVEx por exemplo, já capacita operadores, enquanto a FAB conta com simuladores e doutrina própria em seus manuais de operação. Isso indica que a infraestrutura básica não precisa ser criada do zero, mas sim adaptada, ampliada e articulada nacionalmente, dentro de um sistema comum de gestão e planejamento interforças.

O EMCFA já atua na coordenação de operações conjuntas e na produção doutrinária conjunta. Sua estrutura e experiência o qualificam como o órgão natural para liderar a criação de um Comando ou Centro Interforças de SARPs, que poderia centralizar as diretrizes operacionais, doutrinárias e de aquisição.

A viabilidade dessa centralização encontra precedentes na atuação do EMCFA na formulação da Doutrina de Operações Conjuntas (MD30-M-01), que já prevê a atuação integrada entre meios distintos e domínios múltiplos.

Além disso, o Brasil conta com empresas nacionais capacitadas tecnicamente para atender a demanda crescente por drones militares e sistemas associados, como: a XMobots, a FT Sistemas, a Avibras e a Stella Tecnologia. A base industrial, quando combinada com mecanismos como encomendas tecnológicas, pode garantir apoio sustentável à implantação e manutenção de um sistema nacional padronizado de SARPs.

Nos últimos anos, o pensamento militar brasileiro passou a incorporar noções de guerra cibernética, espacial e de integração entre domínios. Isso se reflete em documentos como a Doutrina Militar de Defesa Cibernética (MD31-M-07). Esse ambiente de evolução doutrinária e abertura cultural constitui terreno fértil para a difusão do conceito de sistema integrado, que permita o emprego simultâneo de

meios tripulados e não tripulados em operações conjuntas, com sinergia e inteligência em tempo real.

Portanto, mesmo diante de desafios operacionais e organizacionais, o Brasil já possui condições institucionais, técnicas e industriais mínimas para viabilizar a execução coordenada de um Sistema Integrado de SARP's nas Forças Armadas.

A experiência acumulada pelas Forças Singulares, a existência de estruturas logísticas iniciais, a articulação possível via EMCFA, a presença de indústria nacional capacitada e a progressiva incorporação da guerra multidomínio compõem um cenário que favorece a consolidação dessa capacidade. Com ações coordenadas, decisões normativas e planejamento estratégico, é plenamente viável transformar as experiências isoladas em um sistema robusto, interconectado e operativamente eficaz, alinhado às necessidades de defesa e às tendências internacionais de modernização militar.

Entretanto, a superação das barreiras à execução requer uma abordagem estratégica que vá além do mero investimento financeiro, exigindo reformas institucionais profundas e decisões coordenadas em nível interministerial.

d. Exigências Legais

A partir da observação do que foi tratado nos capítulos 2 e 4, do ponto de vista legal, percebe-se que o Brasil está em um estágio de desenvolvimento parcialmente favorável. Embora ainda existam lacunas regulatórias específicas no tocante ao emprego militar, o arcabouço normativo atual oferece margem legal para estruturação progressiva do sistema, sobretudo com base em instrumentos já disponíveis e passíveis de harmonização entre os âmbitos civil e militar. Dessa forma, o aspecto legal não constitui um impeditivo absoluto, mas sim um vetor que exige articulação normativa, institucional e doutrinária coordenada.

O Brasil já dispõe de normas relevantes para o uso de aeronaves remotamente pilotadas no setor civil, como o RBAC-E nº 94 da ANAC, que estabelece os requisitos gerais para operação de drones no espaço aéreo brasileiro. Embora voltado ao uso civil, esse regulamento fornece uma base que pode ser adaptada, por meio de um anexo específico militar, que regule os parâmetros de voo, segregação do espaço aéreo, segurança da informação e coordenação com o DECEA.

No âmbito militar, a Portaria Normativa nº 606/MD/2004, que estabelece diretrizes para obtenção de SARP's, encontra-se desatualizada frente às tecnologias e doutrinas contemporâneas. Contudo, ela pode ser revista e expandida para definir

os marcos operacionais, organizacionais e jurídicos do sistema integrado, incluindo regras de interoperabilidade, atribuições institucionais, cadeia de comando e segurança cibernética.

A integração segura dos SARPs ao Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) é viável, desde que haja regulamentação específica por parte do DECEA, como já previsto na ICA 100-40, que trata dos procedimentos de acesso ao espaço aéreo para aeronaves não tripuladas (BRASIL, 2023b). O Brasil já opera drones militares mediante solicitação de aviso aos aeronavegantes (NOTAMs) e coordenação prévia, o que demonstra capacidade institucional existente para autorizações pontuais, passível de evolução para rotinas permanentes com o devido ajuste normativo.

A criação de corredores aéreos segregados, zonas de exclusão temporária (ZETs) e protocolos padronizados entre DECEA, Forças Armadas e órgãos civis permitirá a inserção gradual de operações de SARPs em tempos de paz e em apoio à segurança pública, defesa civil ou missões de GLO.

A elaboração de um Manual Nacional de ROE para SARPs, com base nas diretrizes da ONU e na jurisprudência internacional, é uma medida viável e essencial para viabilizar juridicamente o uso de drones em operações reais, tanto no território nacional quanto em missões de paz ou coalizões internacionais.

O uso dual de drones, tanto por Forças Armadas quanto por agências civis como Ibama, Defesa Civil e Polícia Federal, pode ser juridicamente viabilizado por meio de acordos interministeriais, convênios e instrumentos de cooperação técnica, desde que se estabeleçam diretrizes claras de comando, compartilhamento de dados e responsabilidade.

Apesar das lacunas, o ordenamento jurídico brasileiro permite, com ajustes normativos factíveis, a regulamentação plena do emprego de SARPs militares. A viabilidade jurídica depende menos da criação de novas leis e mais de coordenação entre ANAC, DECEA, Ministério da Defesa, AGU e GSI, em torno de uma agenda comum de revisão, harmonização e atualização normativa.

Do ponto de vista legal, a implantação de um Sistema Integrado de SARPs nas Forças Armadas é juridicamente viável, desde que amparada por ajustes normativos. As principais condições para essa viabilidade incluem a atualização de portarias ministeriais, a criação de anexos regulatórios específicos para uso militar, a definição clara de regras de engajamento e responsabilidade, e a articulação

normativa interinstitucional. Com essas providências, o arcabouço legal brasileiro será capaz de sustentar a operacionalização plena, segura e legítima dos SARPs em ambiente militar.

5.3. Considerações Finais

A análise detalhada das barreiras enfrentadas pelas Forças Armadas brasileiras na integração dos SARPs evidencia a complexidade do desafio em múltiplos eixos: tecnológico, doutrinário, regulatório, institucional e orçamentário. Embora os drones militares estejam cada vez mais presentes no teatro contemporâneo de operações, seu pleno aproveitamento no Brasil ainda é prejudicado por limitações que vão desde a ausência de interoperabilidade com sistemas de comando e controle até lacunas normativas e resistências culturais.

As barreiras à integração dos SARPs nas Forças Armadas brasileiras comprometem sua eficiência e consolidação estratégica. No campo tecnológico, há dificuldades de interoperabilidade, limitações de sensores e vulnerabilidades cibernéticas. Doutrinariamente, faltam conceitos conjuntos, estruturas especializadas e formação adequada. No aspecto regulatório, destaca-se a ausência de normas específicas, dificuldades com o espaço aéreo civil e insegurança jurídica no uso armado. Barreiras culturais e institucionais envolvem resistência à inovação e a interoperabilidade. Já no plano orçamentário, há falta de previsibilidade, planejamento e articulação com a indústria. Superar esses desafios é essencial para um sistema eficaz e resiliente de SARPs.

A viabilidade para a implantação revela que, apesar de persistirem desafios estruturais e normativos, há um conjunto consistente de condições técnicas, institucionais, industriais e jurídicas que tornam esse objetivo plenamente exequível. No entanto, será preciso avançar na governança interforças, na padronização tecnológica, na regulação do uso militar e na formação de quadros permanentes especializados.

Apesar da dependência tecnológica externa, o fortalecimento da indústria nacional e ao potencial de ampliação por meio de políticas de incentivo tem potencial para reduzir o impacto. O retorno sobre o investimento é positivo, considerando os baixos custos operacionais, uso dual e estímulo à Base Industrial de Defesa. As Forças Singulares já operam drones com infraestrutura e doutrina inicial, sendo possível unificá-las sob coordenação do EMCFA. No aspecto legal, o marco

normativo existente permite o uso militar dos SARP, desde que sejam feitas revisões específicas e criadas regras claras de operação e governança interinstitucional.

Assim, a convergência desses fatores aponta para uma viabilidade real e crescente da implantação de um sistema integrado de SARP no Brasil, desde que esse processo seja conduzido com planejamento estratégico, sinergia entre setores militares e civis, e visão de longo prazo que una soberania, inovação e eficácia operacional.

O cenário atual é propício à implantação, desde que a decisão política seja acompanhada por medidas estruturantes que articulem orçamento, doutrina e capacitação. A seguir, no capítulo 6 apresentar-se-á uma proposta para as diretrizes para a estruturação de um sistema integrado de SARP para as Forças Armadas Brasileiras.

Após a apresentação dos fundamentos conceituais, do modelo de referência adotado pelos Estados Unidos, do diagnóstico da estrutura atual dos SARP nas Forças Armadas brasileiras e da análise das principais barreiras e condições de viabilidade para sua integração, no próximo capítulo avança-se para a formulação de propostas. Com base nesse percurso analítico, serão delineadas diretrizes estratégicas voltadas à estruturação de um sistema integrado de SARP no Brasil, considerando os requisitos operacionais, logísticos, institucionais e normativos compatíveis com a realidade nacional. As diretrizes apresentadas buscam oferecer soluções concretas e coerentes com os desafios identificados, de modo a permitir a consolidação de uma capacidade interforças, interoperável e sustentável para o emprego articulado de aeronaves remotamente pilotadas em múltiplos domínios.

6. PROPOSTAS DE DIRETRIZES PARA A ESTRUTURAÇÃO DE SARPs PARA AS FORÇAS ARMADAS BRASILEIRAS

Conforme identificado nos capítulos anteriores, a análise dos modelos internacionais, da estrutura nacional atual, da regulamentação em vigor, das aplicações operacionais, das barreiras enfrentadas e das condições de viabilidade indica que o país reúne os elementos técnicos, doutrinários e institucionais necessários para iniciar um processo estruturado de integração.

Entretanto, tal processo exige diretrizes claras e bem fundamentadas, capazes de orientar a tomada de decisão em níveis estratégicos e operacionais. Além disso, é importante que estejam ancoradas em princípios de interoperabilidade, soberania tecnológica, dualidade de emprego e governança interinstitucional.

Os princípios fundamentais tendem a garantir eficácia operacional, conformidade legal e capacidade institucional de resposta. Nesse capítulo apresenta-se um conjunto de diretrizes estruturantes com o objetivo de nortear, em longo prazo, a criação de um Sistema Integrado de SARPs, sem, contudo, entrar no mérito de planos de ação executiva. Tais diretrizes estão fundamentadas nas melhores práticas internacionais e adaptadas ao contexto brasileiro, com base nas análises de viabilidade desenvolvidas no capítulo anterior.

Essas recomendações devem ser levadas em consideração nas fases do planejamento, de uma possível implantação sistema integrado de SARPs, devendo orientar os órgãos de comando, planejamento, aquisição, capacitação e controle no processo de sua consolidação como capacidade de Estado.

6.1 Diretrizes de Governança e Integração Institucional

A fragmentação organizacional e a falta de sinergia normativa entre as Forças Singulares comprometeram o aproveitamento pleno do potencial estratégico dos SARPs. Por isso, é fundamental garantir uma estrutura de que permita a integração efetiva entre Marinha, Exército e Força Aérea, com capacidade de planejamento conjunto, formulação doutrinária única e supervisão técnica e operacional contínua. Para isso a criação da Célula de Coordenação Interforças de SARPs (CECI-SARPs), vinculada ao EMCFA, com caráter não permanente, se sobressai como uma opção viável. Essa célula será ativada conforme a complexidade e a criticidade das operações planejadas, reunindo representantes das áreas de inteligência, logística, ciência e tecnologia, defesa cibernética e comando e controle.

A adoção de uma arquitetura escalonada de SARPs, com base na integração dos meios já disponíveis e em operação é uma solução adequada para a realidade nacional. A intenção é a formação de um ecossistema nacional de IVR sustentado em meios complementares, operando em diferentes níveis do espectro tático-operacional-estratégico.

No nível estratégico e operacional, o *Hermes 900*, empregado pela FAB, constitui o núcleo de persistência de longo alcance. Trata-se de uma plataforma de média altitude e longa autonomia, apta a voar por mais de 30 horas e grandes altitudes. Suas capacidades e sensores são integráveis ao sistema de comando e controle aéreo SISDABRA e ao Link-BR2. Além de missões clássicas de vigilância aérea e monitoramento de fronteiras, pode operar como nó de retransmissão de comunicações táticas entre unidades terrestres e navais em áreas de baixa cobertura, contribuindo com a FAB como vetor de vigilância estratégica, e com o Exército e a Marinha como sensor de persistência compartilhada.

No nível operacional e tático, o *Nauru 1000C* pode atuar como elo intermediário e plataforma versátil de resposta rápida. Por sua leveza e flexibilidade, pode ser deslocado com abrigos móveis e operar em áreas de baixa infraestrutura. O *Nauru 1000C* é interoperável com enlaces táticos nacionais e pode se integrar aos centros de decisão do SISFRON, ampliando a consciência situacional das Forças durante operações terrestres. Além disso, sua portabilidade e modularidade o tornam útil para missões costeiras da Marinha, bem como em apoio aéreo de baixa altitude coordenado com a FAB.

No mesmo nível do anterior, o *ScanEagle* pode ser mantido como vetor de vigilância marítima. Seus dados de imagem e localização podem ser integráveis ao SisGAaz e compartilhados em tempo real com outros vetores via Link-BR2. Além de apoiar operações navais, sua interoperabilidade permite que os dados obtidos sejam utilizados por forças terrestres em apoio ao controle de áreas ribeirinhas e por centros de comando conjuntos da FAB em missões costeiras combinadas.

A adoção dessa arquitetura em camadas, apoiada em sistemas interoperáveis e já disponíveis, contribuirá para a racionalização dos custos operacionais, a independência tecnológica nacional e a elevação da capacidade de resposta conjunta das Forças Armadas brasileiras, sem necessidade de aquisição imediata de novos vetores de maior porte. Trata-se de um caminho viável, escalável e alinhado

com os princípios da doutrina de guerra centrada em redes (Network-Centric Warfare), com uso sinérgico dos meios já integrados ao parque de defesa nacional.

Além disso, será fundamental estabelecer acordos de cooperação interministerial, permitindo o uso dual dos SARPs em ações conjuntas com órgãos civis, como IBAMA, ICMBio, Defesa Civil, Polícia Federal e Polícia Rodoviária Federal. Essa iniciativa amplia o retorno social e operacional sobre os investimentos públicos e segue modelos como o do Department of Homeland Security dos Estados Unidos.

No aspecto normativo, a criação de uma Norma Geral de Emprego de SARPs, aprovada por portaria ministerial, estabelecendo parâmetros técnicos, jurídicos e operacionais tende a diminuir assimetrias entre as forças. O documento visa estabelecer disposições sobre tipos de missão permitidos (IVR, ataque e apoio logístico), cadeia de comando, regras de engajamento (ROE) e responsabilidade jurídica por danos colaterais.

No que se refere ao componente institucional, a supervisão do processo de integração institucional deverá ser conduzida pelo EMCFA por meio de: auditorias operacionais periódicas; relatórios de interoperabilidade; exercícios conjuntos de simulação; e consolidação de indicadores de desempenho. Tais mecanismos visam garantir o monitoramento da eficácia dos arranjos interforças sem a necessidade de comandos fixos ou estruturas redundantes.

6.2 Diretrizes Técnicas e Doutrinárias

A interoperabilidade efetiva depende da padronização dos protocolos técnicos, enlaces de dados, terminologias e classificações doutrinárias. Como evidenciado na experiência dos EUA, que os mecanismos de convergência entre os ramos militares foram decisivos para o sucesso.

No Brasil, a falta de uma base doutrinária conjunta dificulta a padronização de procedimentos operacionais e a assimilação de protocolos internacionais comuns. A estruturação de um Manual Conjunto de Doutrina de Emprego de SARPs torna-se imperativo. Esse documento deve classificar os sistemas por categoria, definir requisitos de interoperabilidade com redes C4ISR, estabelecer modos de integração com forças tripuladas e padronizar as diferentes possibilidades de emprego de SARPs, como em missões ofensivas, defensivas, de reconhecimento, de vigilância, apoio logístico, ações subsidiárias e GLO.

A doutrina da OTAN serve como base normativa e técnica, em especial a AJP-3.3, que regulamenta o emprego aéreo conjunto, e a STANAG 4586, que define a interoperabilidade de sistemas de controle de drones.

No aspecto técnico, os sistemas devem ser adquiridos e desenvolvidos, os sistemas devem adotar, desde a origem, protocolos abertos e compatíveis com os atuais sistemas nacionais de C2. Além disso, deve-se criar requisitos operacionais comuns às três Forças que possam auxiliar nos processos de aquisição e facilitar a incorporação de materiais que tenham possibilidade de interoperabilidade e aderência a padrões internacionais.

A operacionalização dessa diretriz conduz para a utilização de Bases Conjuntas de Operações com SARPs, utilizando o mesmo conceito da Base Aérea de Belém (ALA 9), localizada no estado do Pará, que é utilizada por unidades de asas rotativas da Marinha do Brasil, Força Aérea Brasileira e Exército Brasileiro, o que lhe confere, na prática, um caráter de operação interforças. A infraestrutura deve ser composta por hangares, centros de controle redundantes, enlaces seguros e oficinas de manutenção.

6.3 Diretrizes de Capacitação, Sustentação e Base Industrial

A consolidação de um Sistema Integrado de SARPs nas Forças Armadas brasileiras exige uma correlação indissolúvel entre capacitação de pessoal, sustentação logística e fortalecimento da Base Industrial de Defesa. A mera aquisição de plataformas não garante superioridade operacional quando outros sistemas permanecem fragmentados. Por esse motivo, propõe-se a instalação de um Centro Conjunto de Formação que unifique as atuais iniciativas da Ala 12 da FAB, do Centro de Instrução de Aviação do Exército e do núcleo recém-criado na Marinha. Tal espaço desenvolverá trilhas formativas escalonadas – operador tático, comandante de missão e planejador estratégico – e culminará numa Certificação Única de Competência válida para todas as Forças, revista bienalmente em consonância com a norma que disciplina processos de ciclo de vida em sistemas complexos. A estratégia didático-pedagógica será acompanhada por campanha de comunicação interna cujo intuito é mitigar a resistência cultural, ressaltando ganhos de segurança e eficiência decorrentes do emprego de vetores não tripulados.

A sustentação logística requer a implantação de um Sistema Conjunto de Logística de SARPs, vinculado ao Sistema Logístico Nacional de Defesa, com capacidade para rastrear peças, realizar manutenção preditiva e promover suporte

interforças. A experiência internacional indica que contratos pulverizados, aliada a protocolos técnicos heterogêneos, tende a reproduzir gargalos já conhecidos na aviação tripulada. Para superar essa dinâmica, todas as plataformas de Classe II em diante deverão ser interligadas por um gateway compatível com a STANAG 4586, que, por sua vez, dialogará com o Link-BR2 para enlace tático e com o Satélite SGDC-2 para comunicações BLOS. O suporte ao ciclo de vida deverá migrar para contratos que fixem disponibilidade mínima de 85 % e tempo médio de reparo; tais acordos serão controlados por um Fundo de Reserva Tecnológica, equivalente a cinco por cento do investimento anual – destinado exclusivamente a retrofits trienais de sensores, enlaces criptografados e algoritmos de visão computacional. A proteção cibernética deverá ficar a cargo do Centro de Defesa Cibernética com gestão centralizada de chaves, atendendo às recomendações da Doutrina Militar de Defesa Cibernética.

A vertente industrial completa o tripé: embora haja dependência externa em sensores e enlaces, levantamento recente aponta capacidade latente de nacionalização progressiva em empresas como XMobots e AEL Sistemas. Para converter potencial em autonomia, os contratos deverão impor percentuais crescentes de conteúdo nacional. A articulação de um Consórcio poderá reunir indústria e ICTs em torno de cargas eletro-ópticas de terceira geração, enquanto linhas de crédito BNDES-FINEP oferecerão taxas preferenciais a projetos com Technology Readiness Level igual ou superior a seis. Todo acordo internacional precisará assegurar transferência de código-fonte dos pilotos, treinamento presencial de engenheiros brasileiros e licenciamento para manufatura local de estruturas compostas, ao passo que um selo “Compatível Link-BR/SARPs” garantirá conformidade técnica e de segurança de dados.

A governança dessas iniciativas deverá ficar a cargo de um Comitê Executivo SARPs-Interforças, responsável por revisar as metas. Entre os indicadores estratégicos figuram: disponibilidade média da frota acima de oitenta por cento; redução da participação de aeronaves tripuladas nas missões IVR; e ampliação do conteúdo nacional para sistemas de grande altitude. Esses parâmetros asseguram que os investimentos resultem em efetiva prontidão militar, economia de recursos públicos – estimada em dezenas de milhões de dólares anuais apenas com a migração das missões de patrulha marítima do P-3AM para o Hermes 900 – e

estímulo à inovação doméstica, consolidando uma cadeia de suprimentos menos vulnerável a embargos externos.

Assim, o alinhamento entre capacitação, logística inteligente e indústria nacional transforma a introdução de SARPs em política de Estado, capaz de robustecer a defesa, irradiar externalidades tecnológicas e responder, com agilidade, às mutações do ambiente de segurança regional.

6.4 Diretrizes de Sustentabilidade Jurídico-Financeira

A sustentabilidade jurídico-financeira deve garantir segurança jurídica para o emprego dos sistemas e viabilizar o fluxo de recursos por fontes diversas, com previsibilidade e foco em resultados estratégicos. A revisão da Portaria GM-MD 4.070/2021, em conjunto com a atualização do RBAC-E 94 da ANAC e da ICA 100-40 do DECEA, deve resultar num anexo específico para uso militar, definindo classes de risco, corredores de voo segregados, protocolo de coordenação civil-militar e critérios de segurança cibernética. No campo contratual, faz-se imperativo incorporar, aos instrumentos firmados sob a Lei 14.133/2021, que estabelece normas gerais de licitação e contratação, cláusulas de transferência de tecnologia, “golden source” de software embarcado e licença de fabricação local, alinhadas à Lei 12.598/2012, que indica as normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa, de modo a blindar a continuidade operacional em cenários de embargos ou restrições de exportação.

No âmbito fiscal, o principal obstáculo não é a escassez nominal de recursos – o orçamento da Defesa saltou de R\$ 88 bilhões em 2015 para R\$ 133 bilhões em 2024 – mas a rigidez estrutural que aprisiona mais de setenta e cinco por cento dessa verba em despesas de pessoal. Nesse sentido, a Emenda Constitucional 95/2016, que impõe teto de gastos à União, converte-se no maior desafio de longo prazo, uma vez que limita o crescimento real das dotações discricionárias.

Para escapar a essa armadilha, recomenda-se ancorar o programa de drones em um Fundo Plurianual de Capacidades Críticas ou a criação do Programa Nacional de SARPs de Defesa (PRONSARPSDEF), com vinculação ao Plano Plurianual (PPA) e dotação orçamentária específica. As iniciativas devem prever metas modulares de implantação, escalonadas por prioridades operacionais, e articuladas com objetivos industriais e estratégicos. A medida pode ser acompanhada da instituição de um Fundo Interministerial para Emprego Dual de Drones, com recursos oriundos dos Ministérios da Defesa, Justiça, Meio Ambiente, Agricultura e Ciência e

Tecnologia. Esse modelo segue experiências bem-sucedidas, como a de Israel, onde o ecossistema da Elbit Systems é sustentado por orçamentos combinados de defesa, inovação e exportação (Elbit Systems, 2023).

Paralelamente, os mecanismos de *Power-by-the-Hour* e *Performance-Based Logistics* já adotados pela Força Aérea norte-americana podem ser internalizados. Essa prática transfere parcela do risco ao fornecedor, condicionando pagamento a metas de disponibilidade e custos acessórios fixos, o que reduz volatilidade cambial sobre peças importadas e evita a conhecida “espiral da manutenção” que consome verbas de investimento. Ademais, a Lei de Incentivo à Pesquisa (Lei 10.973/2004) pode financiar até trinta por cento dos custos de desenvolvimento de sensores e enlaces criptografados, abatendo-se o valor do Imposto de Renda de empresas parceiras; tal arranjo equilibra a equação econômico-industrial.

A sustentabilidade jurídica requer, também, clareza sobre responsabilidade civil e criminal em operações domésticas, sobretudo quando se cogita a aplicação dual de SARPs em missões de segurança pública e defesa civil. Um Manual Nacional de Regras de Engajamento, inspirado nos preceitos da Organização das Nações Unidas deve estipular autoridade competente, proporcionalidade de uso da força e cadeia de custódia de dados, prevenindo litígios judiciais e reforçando a legitimidade do emprego de drones armados ou equipados com sensores invasivos de privacidade. Em complemento, a Advocacia-Geral da União deve emitir parecer vinculante que harmonize o regime de bens de uso militar com a Lei Geral de Proteção de Dados, evitando a contingência de bloqueios judiciais a missões críticas envolvendo coleta de imagens sobre áreas habitadas.

Por fim, para garantir previsibilidade de caixa frente a flutuações cambiais, recomenda-se que o Ministério da Defesa utilize o art. 8.º da Lei 13.820/2019 e constitua Reserva de Resultado Cambial específica para projetos estratégicos; os excedentes de variações do dólar, hoje direcionados exclusivamente ao pagamento da dívida, poderiam capitalizar o Fundo de Reserva Tecnológica do programa SARPs, assegurando recursos para *retrofits* e atualizações de software. Em um horizonte de dez anos, tais mecanismos jurídico-financeiros permitirão não apenas honrar compromissos de aquisição e manutenção, mas blindar a política de SARPs contra pressões conjunturais, consolidando-se como política de Estado capaz de gerar poder de dissuasão, eficiência fiscal e estímulo permanente à inovação tecnológica nacional.

6.5 Mecanismos de controle para acompanhamento

Para operacionalização dessas intenções, e acompanhamento da efetividade das ações recomenda-se a adoção do quadro de responsabilidade e estimativa de prazos para a implantação e indicadores de sucesso.

Tabela 16 - Quadro de responsabilidades para implantação

Órgão	Responsabilidade Principal
EMCFA	Coordenação geral e técnica do processo de integração e supervisão das diretrizes
MD	Aprovação normativa e articulação interministerial
Forças Singulares	Adequação doutrinária, capacitação e operação de meios integrados
ANAC e DECEA	Adequação regulatória e controle do espaço aéreo
MD/SeProd, FINEP, BNDES	Fomento à nacionalização e inovação tecnológica

Fonte: elaborado pelo próprio autor

A distribuição das responsabilidades institucionais, conforme a tabela 16, reflete a necessidade de coordenação vertical e transversal entre os níveis decisórios e operacionais do Estado. Essa arquitetura institucional revela uma abordagem sistêmica, na qual a eficácia do programa depende da convergência funcional e da corresponsabilidade entre atores civis e militares.

Uma proposta de previsão de execução segue uma lógica escalonada e interdependente, de acordo com a tabela 17, que combina medidas estruturantes com metas de curto, médio e longo prazo.

Tabela 17 – Proposta de previsão de execução

Fase	Ação Principal	Responsável	Prazo Estimado
Fase 1 – Planejamento	Criação da CECI-SARPs e revisão normativa inicial	EMCFA	até seis meses
Fase 2 – Doutrina	Publicação do Manual Conjunto de Emprego	EMCFA	até 1 ano
Fase 3 – Capacitação	Início das turmas de capacitação Conjunta de SARPs	Forças Singulares	até 1 ano e seis meses
Fase 4 – Estruturação	Bases Conjuntas e implantação logística	EMCFA e MD	até 2 anos
Fase 5 – Nacionalização	Lançamento do Plano de Componentes Críticos	MD/SeProd	até 3 anos
Fase 6 – Sustentação	Implantação do PRONSARPSDEF e do Fundo Interministerial	MD e Ministérios	Até 3 anos e seis meses

Fonte: elaborado pelo próprio autor

A Fase 1 (até 6 meses) foca na governança inicial, de baixa complexidade e alta executabilidade. A Fase 2 (até 1 ano) prevê a consolidação doutrinária, viável com base em experiências já existentes. A Fase 3 (até 1 ano e 6 meses) dependente de coordenação entre centros de instrução e grade curricular. A Fase 4 (até 2 anos) envolve estruturação física e logística, exigindo investimentos e integração. A Fase 5 (até 3 anos) introduz metas de nacionalização, compatíveis com os instrumentos de fomento. Por fim, a Fase 6 (até 3 anos e 6 meses) consolida a sustentabilidade financeira e institucional com o PRONSARPSDEF e o Fundo Interministerial, encerrando o ciclo com base legal e orçamentária.

Para garantir a efetividade do processo é fundamental dispor de indicadores de sucesso, uma proposta são os descritos na tabela 18, mensuráveis que permitam o monitoramento contínuo dos resultados, a correção de desvios e a tomada de decisões baseadas em evidências.

Tabela 18 – Proposta de Indicador de acompanhamento.

Indicador de Sucesso	Unidade de Medida	Meta Quantitativa Esperada (até 2027)	Frequência de Avaliação
Percentual de missões conjuntas com uso integrado de SARPs	% do total de missões conjuntas	≥ 60% das missões conjuntas das Forças com emprego de SARPs	Anual
Existência de um manual conjunto aprovado e em vigor	Documento normativo publicado	1 manual conjunto publicado e adotado por todas as Forças	Avaliação única
Taxa de nacionalização dos componentes críticos adquiridos	% dos componentes críticos nacionais	≥ 50% de nacionalização em sensores, IA, motores e enlaces	Bienal
Nível de integração com órgãos civis e uso dual efetivo	Nº de operações conjuntas com órgãos civis	≥ 10 operações interagências com uso de SARPs por ano	Anual
Implantação efetiva de bases conjuntas e escola de formação interforças	Nº de estruturas ativas e operacionais	≥ 3 bases conjuntas + 1 escola interforças até 2027	Avaliação contínua
Alocação orçamentária contínua no PPA e nos LOAs subsequentes	Existência e valor dos créditos orçamentários	Previsão no PPA + dotações em todos os LOAs até 2030	Anual

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Os indicadores propostos foram organizados com base em critérios objetivos, vinculando metas quantitativas e qualitativas ao horizonte de implantação estabelecido até três anos. Eles abrangem desde a operacionalização conjunta dos sistemas, passando pela produção normativa e a nacionalização tecnológica, até a articulação interagências e o comprometimento orçamentário.

A presença de um manual conjunto em vigor, o percentual de missões integradas, a taxa de nacionalização dos componentes críticos e o uso dual dos sistemas em operações civis são exemplos de métricas que traduzem, em termos concretos, o avanço do projeto. A implantação física de bases e escolas, assim como a previsibilidade financeira expressa no PPA e nos LOAs, são também sinais tangíveis de institucionalização da capacidade.

6.6 Considerações Finais

Em síntese, nesse capítulo demonstrou-se que a integração dos SARPs às Forças Armadas é tecnicamente praticável, economicamente racional e juridicamente defensável, desde que orientada por diretrizes capazes de articular dimensões críticas como: governança, padronização técnica-doutrinária e sustentabilidade jurídico-financeira. A proposta de instituir uma célula de coordenação no EMCFA, respaldada por norma ministerial única e por um fundo plurianual vinculado ao PPA, alinha o vetor político-estratégico à previsibilidade orçamentária e reduz a vulnerabilidade diante de contingências fiscais impostas pelo teto de gastos. Do ponto de vista operacional, a adoção de uma arquitetura em camadas, combinando meios já disponíveis nas três Forças, oferece ganho imediato de consciência situacional, ao mesmo tempo em que preserva margens de expansão futura sem comprometer a coerência do sistema.

Ao deslocar o foco da simples aquisição de plataformas para um ecossistema sustentado em formação conjunta, contratos de desempenho e incentivos à BID, o modelo aqui delineado responde à dupla exigência de prontidão militar e autonomia tecnológica. Essa abordagem também dilui barreiras culturais, pois institui certificação única de competências e processos de doutrina unificados, criando incentivos institucionais à integração. No campo legal, a convergência de normas civis e militares em um anexo específico para o emprego de SARPs fecha lacunas regulatórias que hoje limitam tanto o uso armado quanto a aplicação dual em missões de segurança pública, defesa civil e fiscalização ambiental.

O desenho de indicadores de sucesso, centrados em disponibilidade, nacionalização e participação em missões conjuntas, sustenta um ciclo de melhoria contínua, permitindo ao decisor medir, ajustar e justificar publicamente o investimento. Ao mesmo tempo, a exigência de cláusulas de transferência de tecnologia, ingresso de empresas nacionais em consórcios de sensores avançados e adoção de gateways abertos garante que o capital desembolsado retroalimente a indústria doméstica e reduza dependências estratégicas.

Essas diretrizes, portanto, não constituem um elenco de intenções genéricas, mas um roteiro que conecta requisitos técnicos, propostas fiscais e viabilidades estruturais. Sua implementação demanda vontade política e coordenação federativa, mas oferece contrapartidas tangíveis: economia de recursos, ampliação do poder dissuasório e estímulo à inovação de uso dual. Ao final, o argumento central que emerge é claro: um programa de SARP's desenhado sob lógica sistêmica pode deixar de ser um conjunto de aquisições pontuais para transformar-se em verdadeira capacidade de Estado, apta a responder às ameaças contemporâneas e a impulsionar o complexo científico-industrial brasileiro.

7. CONCLUSÃO

A presente tese teve como objetivo central analisar a viabilidade da organização de um Sistema Integrado de SARPs em proveito das Forças Armadas Brasileiras. A questão norteadora – sobre a viabilidade para que as Forças Armadas Brasileiras organizem um sistema integrado de SARPs que atenda às necessidades conjuntas das três Forças – guiou a investigação de caráter exploratório, descritivo e documental, sustentada por referências nacionais e modelos internacionais de excelência.

O problema identificado foi a inexistência, até o momento, de um sistema unificado de SARPs no Brasil, o que acarreta redundância de esforços, dificuldades operacionais e limitações na interoperabilidade entre Marinha, Exército e Aeronáutica. A hipótese formulada – de que a implantação de um sistema integrado de SARPs tende a elevar a eficiência operacional, racionalizar recursos e fortalecer a soberania nacional – foi confirmada ao longo da pesquisa.

A análise dos modelos dos Estados Unidos evidenciou que a integração sistêmica de plataformas não tripuladas exige, simultaneamente: doutrina conjunta, interoperabilidade técnica, infraestrutura modular, arcabouço normativo claro e sustentabilidade financeira. O estudo demonstrou que as Forças Armadas brasileiras já dispõem de capacidades iniciais em todas essas dimensões, embora dispersas, despadronizadas e operando sob marcos regulatórios parciais.

A pesquisa demonstrou que o Brasil dispõe de elementos materiais, doutrinários e industriais para iniciar a transição para um modelo integrado de SARPs. No entanto, para sua efetiva implementação, é necessário o engajamento político-institucional de alto nível, a coordenação pelo EMCFA e a consolidação de um marco normativo coerente, compatível com as legislações nacionais e os tratados internacionais dos quais o Brasil é signatário.

A viabilidade para estruturação do sistema integrado foi confirmada a partir de quatro pilares estratégicos, consolidados em diretrizes: (1) Governança e Integração Institucional; (2) Padronização Técnica e Doutrinária; (3) Capacitação, Sustentação e Base Industrial; e (4) Sustentabilidade Jurídico-Financeira. A adoção desses vetores, acompanhada de um processo decisório coordenado pelo EMCFA, criaria as condições necessárias para o emprego efetivo e soberano dos SARPs.

O quadro apresentado foi conscientemente “pessimista” ao ignorar o Valor Estatístico da Vida (VSL), a persistência estendida e a redução de assinatura

térmica/sonora. Em caso de emprego, esses benefícios ganharão peso significativo, reduzindo o retorno real para menos de um ano. O mesmo vale para impactos na Base Industrial de Defesa, não precificados, mas relevantes para balanço de pagamentos e geração de empregos qualificados. Mesmo quando se introduzem alíquotas de incerteza (30 % de margem sobre CAPEX e 20 % sobre CFH), o programa continua a produzir retorno líquido atraente em menos de três anos, o que é raro em projetos de defesa.

O trabalho oferece, ainda, contribuição metodológica ao articular o quadro Governança–Técnica–Capacitação–Indústria–Finanças, adaptando publicações AJP-3.3, JP 3-30 e STANAG 4586 ao contexto brasileiro e propondo roteiro replicável a outras capacidades emergentes. Além disso, o estudo apontou, que a dualidade de aplicação, civil e militar, desses sistemas multiplica o retorno sobre o investimento público, especialmente em ações de vigilância ambiental, defesa civil, patrulhamento de fronteiras e combate a ilícitos transnacionais.

Ainda assim, reconheço limitações: parte dos custos de hora-de-voo foi extrapolada de bases estrangeiras; o cronograma proposto presume cooperação interforças contínua; e a rápida evolução de drones dotados de IA poderá exigir ajustes arquiteturais. Essas fragilidades não invalidam as conclusões, mas indicam necessidade de monitoramento constante, auditorias logísticas nacionais e estudos futuros sobre operações em enxame e resiliência cibernética.

Entretanto, se o Ministério da Defesa atualizar o marco normativo, ativar uma célula de coordenação no EMCFA, vincular o programa a um fundo plurianual e impor percentuais crescentes de conteúdo nacional, o Brasil passará da posição de usuário tardio para tornar-se protagonista regional no emprego de sistemas não tripulados, reforçando a soberania e contribuindo para a estabilidade hemisférica, estimulando a base industrial de defesa e oferecendo retorno social tangível em segurança pública, fiscalização ambiental e resposta a desastres.

A incorporação progressiva de uma frota integrada de sistemas não tripulados, em substituição parcial a aeronaves tripuladas convencionais, revela-se não apenas tecnicamente viável, mas também estrategicamente vantajosa sob a ótica da sustentabilidade fiscal. A reorganização dos vetores de inteligência, vigilância e reconhecimento com base em plataformas não tripuladas demonstra alto potencial de racionalização de despesas, reduzindo significativamente os custos operacionais agregados ao ciclo anual de missões, sem comprometer a cobertura aérea

demandada. Ao mesmo tempo, viabiliza a liberação de recursos para outras prioridades estratégicas, como capacitação, modernização de sensores ou fortalecimento da logística.

Com base nos resultados desta tese, recomenda-se que futuros estudos se concentrem na análise de experiências internacionais em países com realidades institucionais comparáveis à do Brasil. A investigação de modelos de governança integrada de SARP's nessas nações pode oferecer lições valiosas sobre como articular estruturas conjuntas entre as Forças Armadas, desenvolver capacidades autóctones e superar restrições orçamentárias. Outro eixo de pesquisa relevante é identificar se a Base Industrial de Defesa brasileira tem capacidade de atender às demandas de integração, considerando a maturidade tecnológica, os gargalos logísticos e as oportunidades de fomento à inovação nacional com independência crítica em áreas sensíveis. A construção de modelos econômicos e cenários alternativos, com diferentes níveis de conteúdo nacional e escalas de produção, pode oferecer dados concretos para decisões orçamentárias estratégicas. Ademais, a criação de indicadores de maturidade interforças será essencial para monitorar a evolução da integração entre Marinha, Exército e Aeronáutica, permitindo aferir avanços reais em interoperabilidade, capacitação conjunta e compartilhamento de capacidades, fortalecendo a coesão operacional do sistema proposto.

Encerrando este estudo, reafirmo que a criação de SARP's integrado nas Forças Armadas brasileiras não é mera aspiração tecnológica, mas uma decisão estratégica viável, sustentada por evidências empíricas, análise comparativa e avaliação econômica rigorosa. A investigação demonstrou que a convergência de doutrina, comando-e-controle, capacitação conjunta e financiamento plurianual pode transformar plataformas hoje dispersas em uma capacidade estatal coesa, capaz de ampliar a superioridade informacional, reduzir custos operacionais e fomentar autonomia industrial.

Conclui-se, portanto, que a hipótese inicial foi validada: a organização de um SARP's integrado não é apenas viável, mas estratégica. Sua implementação permitirá às Forças Armadas brasileiras atuarem com maior prontidão, eficácia e eficiência. O desafio deixado a decisores e pesquisadores, portanto, não é de ordem técnica: é alinhar vontades institucionais para que a janela de oportunidade não se feche diante da velocidade com que o cenário de segurança internacional se transforma.

REFERÊNCIAS

ABIMDE. Exército inicia operação do VANT Hórus FT-100. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança, 2015. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/aviacao/ft-sistemas-e-eb-iniciam-operacao-do-vant-horus-ft-100>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AEL SISTEMAS. Hermes 900 – Medium Altitude Long Endurance UAS. Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://www.ael.com.br/en/hermes-900.html>. Acesso em: 16 maio 2025.

AEREO.JOR.BR. Enchente no RS: FAB usa drone para auxílio nos resgates de pessoas. 5 maio 2024. Disponível em: <https://forcaaerea.com.br/enchente-no-rs-fab-usa-drone-para-auxilio-nos-resgates-de-pessoas/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AÉREO.JOR.BR. Kryptus apresenta equipamentos e soluções de cibersegurança e criptografia adotados pelas Forças Armadas na 6ª Mostra BID Brasil. AÉREO.jor.br, 9 dez. 2021. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2021/12/09/kryptus-apresenta-equipamentos-e-solucoes-de-ciberseguranca-e-criptografia-adotados-pelas-forcas-armadas-na-6a-mostra-bid-brasil/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AEROVIRONMENT, Inc. Puma AE RQ 20A Small Unmanned Aircraft System – Datasheet. S.l.: AeroVironment, 2019. Disponível em: https://www.avinc.com/images/uploads/product_docs/PumaAE_Datasheet_Web_v1.2.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

AEROVIRONMENT, Inc. Switchblade 300 Loitering Munition System – Datasheet. S.l.: AeroVironment, 2023. Disponível em: <https://www.avinc.com/lms/switchblade>. Acesso em: 10 jun. 2025.

AFCEA International. BADDELEY, Adam. Brazil Develops Satellite Communications Road Map. SIGNAL Magazine, 1 ago. 2012. Disponível em: <https://www.afcea.org/signal-media/international/brazil-develops-satellite-communications-road-map>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AFRICA DEFENSE FORUM. Determination in the Desert: After Five Years, France's Operation Barkhane Sees Progress Toward Peace in the Sahel. Africa Defense Forum, 18 maio 2020. Disponível em: <https://adf-magazine.com/2020/05/determination-in-the-desert/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

AGÊNCIA FAPESP. O voo do Falcão. Revista Pesquisa FAPESP, nov. 2013. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/o-voo-do-falcao/17915/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AGÊNCIA MARINHA DE NOTÍCIAS. Novo drone da Marinha amplia serviços de busca e salvamento marítimo. Brasília, 12 out. 2024. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/defesa-naval/novo-drone-da-marinha-amplia-servicos-de-busca-e-salvamento-maritimo>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Certificação de aeronaves remotamente pilotadas. Brasília: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/certificacao>. Acesso em: 10 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). RBAC nº 61 – Licenças, habilitações e certificados para pilotos. Brasília: ANAC, 2022. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61>. Acesso em: 10 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). RBAC-E nº 94 – Requisitos gerais para aeronaves remotamente pilotadas de uso civil. Brasília: ANAC, 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac-e/rbac-e-no-94>. Acesso em: 10 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC nº 91. Regras gerais de operação para aeronaves civis. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/empresas-aereas/taxi-aereo/normas-do-setor/rbac-91>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ARMED SERVICES COMMITTEE (EUA). U.S. Army Unmanned Aircraft Systems: Testimony before the Subcommittee on Airland of the Committee on Armed Services. Washington, D.C., 16 mar. 2016. Disponível em: https://www.armed-services.senate.gov/imo/media/doc/Perkins_03-16-16.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

ARMY TECHNOLOGY. Horus FT 100 Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Londres, 18 ago. 2016. Disponível em: <https://www.army-technology.com/projects/horus-ft-100-unmanned-aerial-vehicle-uav/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AVIBRAS. Nota à imprensa – Avibras recebe aprovação de plano de recuperação judicial. São José dos Campos, 6 jul. 2023. Disponível em: <https://www.avibras.com.br/site/midia/noticias/503-nota-a-imprensa-06-07-2023.html>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BLAKCORI, Njomeza. The evolving UAS threat: lessons from the Russian-Ukrainian war since 2022 on future air defence challenges and requirements. [S.l.]: Integrated Air and Missile Defence Center of Excellence, [s.d.]. Disponível em: <https://iamd-coe.org/wp-content/uploads/2024/02/The-Evolving-UAS-Threat-Lessons-from-the-Russian-Ukrainian-War-Since-2022-on-Future-Air-Defence-Challenges-and-Requirements.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

BOTELHO, Tomás de A. T.; CALVELLI, Jorge E.; LARA, Patrick B. A. Interoperabilidade de Comando e Controle: proposta de simbologia comum para C2. Sigge – Ita, 2016. Disponível em: https://www.sige.ita.br/edicoes-anteriores/2016/st/ST_07_1.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. MCA 37-371/2024: Plano de Unidades Didáticas do Curso de Operador Militar de Aeronave Remotamente Pilotada (COMARP). Brasília: COMPREP, 2024a. Portaria COMPREP nº 362/SPOG-50, de 4 de março de 2024. Disponível em: [link interno sic]. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. PCA 400-239 – Plano Específico do Comando de Preparo para Desativação das Aeronaves RQ-450WE da Força Aérea Brasileira. Brasília: COMPREP, 2023a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. ICA 100-40 – Aeronaves não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro. Portaria DECEA nº 928/DNOR8, 15 maio 2023b. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=36012>. Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Boletim Técnico-Administrativo Logístico nº 259. Brasília: Comando de Material do Exército, 2025a.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. Portaria COTER/C Ex nº 333, de 26 de setembro de 2023: Aprova a Norma Operacional EB70-N-13.001 de

Emprego dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas. Brasília: COTER, 2023c. Disponível em: https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/005_normas/01_normas_diversas/09_comando_de_operacoes_terrestres/port_n_333_coter_26set2023.html. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Contrato n.º 045-COLOG/CMAvEx-COEX/2024: Contrato de Suporte Logístico do SARP Categoria 2 Nauru 1000C. Brasília: Comando Logístico, 2024b.

BRASIL. Exército Brasileiro. EB70-MC-10.214 – Vetores Aéreos da Força Terrestre. 2.ª ed. 2020a. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/6703>. Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. EB20-D-08.079 – Diretriz de Iniciação do Projeto de Implantação do SARP Categoria 1. Brasília: EME, 2024c. Disponível em: Sistema SGEx. Acesso restrito.

BRASIL. Exército Brasileiro. Manual de Campanha – Bateria de Busca de Alvos (EB70 MC 10.378). Edição experimental. Brasília: Comando de Operações Terrestres, 2022a. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/10468/1/EB70-MC-10.378%20-%20Bateria%20de%20Busca%20de%20Alvos.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria C Ex nº 2.152, de 5 de janeiro de 2024: Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10 IG 01.018). 3ª ed. Brasília: Comando do Exército, 2024d. Disponível em: https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/01_gerais/port_n_2152_cmndo_eb_05jan2024.html. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria COTER/C Ex nº 317, de 10 de agosto de 2023: Diretriz para a Experimentação Doutrinária do Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Categoria 2 (SARP Catg 2). Brasília: COTER, 2023d.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria EME/C Ex nº 1.408, de 24 de setembro de 2024: Aprova a Diretriz de Obtenção de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas – Categoria 1 (EB20-D-08.079), 2024e. Boletim do Exército nº 40, de 4 de outubro de 2024.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria EME/C Ex nº 887, de 30 de setembro de 2022: Aprova a Compreensão das Operações (COMOP) nº 002/2022 – Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP). Brasília: Estado Maior do Exército, 2022b. Disponível em: https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/07_publicacoes_diversas/04_estado_maior_do_exercito/port_n_887_eme_30set2022.html. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. Diretriz para o Comando da Aeronáutica DCA 400-107/2025. Brasília: COMDABRA, 2025b. Documento interno. Não disponível para consulta pública.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – DCA 1-1. Brasília: COMDABRA, 2020. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/conteudo/d-qbrn/dca_1-1_doutrina_bsica_da_fora_area_brasileira_-_volume_1_2020.pdf. acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Lei n.º 13.115, de 20 abr. 2015: Plano Plurianual 2016-2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13115.htm. Acesso em: 14 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa Livro Branco de Defesa Nacional. Brasília: Ministério da Defesa, 2020c.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando de Preparo. Programa de Trabalho Anual do Comando de Preparo – PTA/COMPREP 2023. Brasília: COMPREP, 2023e. Disponível em: https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/PTA_COMPREP_2023.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Doutrina de Operações Conjuntas – MD30-M-01 (2. ed., vols. 1-2). Brasília: Ministério da Defesa, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md30-m-01-vol-1-2a-edicao-2020-dou-178-de-15-set.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Doutrina Militar de Defesa Cibernética – MD31-M-07. 2. ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2023f. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/estado-maior-conjunto-das-forcas-armadas/doutrina-militar/publicacoes-1/publicacoes/MD31M07DoutrinaMilitardeDefesaCiberntica2Edio2023.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Portaria nº 213/DGMM, de 12 de dezembro de 2022: Normas para o Emprego e Operação de SARPs na Aviação Naval. Rio de Janeiro: Diretoria-Geral do Material da Marinha, 2022c. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Operação Taquari 2: Forças Armadas seguem com apoio às vítimas das enchentes no RS. 2024f. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/noticias/operacao-taquari-2-forcas-armadas-seguem-com-apoio-as-vitimas-das-enchentes-no-rs>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Orçamento e Finanças. 2025c. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/orcamento-e-financas-1>. Acesso em: 14 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa. Brasília: Ministério da Defesa, 2020d. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 606/MD, de 11 de junho de 2004: Dispõe sobre diretrizes para obtenção de VANTs. Diário Oficial da União, Brasília, 2004. Disponível em: <https://mdlegis.defesa.gov.br>. Acesso em: 23 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portfólio de Projetos Estratégicos de Defesa – PPED 2020–2031. Brasília: Ministério da Defesa, 2022e. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/orgaos-vinculados/conselho-superior-de-governanca-do-ministerio-da-defesa/pped-aprovado-consug-25-07-22.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BUSINESS INSIDER. The US Army plans to flood its forces with drones, making sure every division has them by next year. Publicado em mai. 2025. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/us-army-all-division-deploy-drones-by-2026-hegseth-pentagon-2025-5>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão Mista de Orçamento. Parecer Setorial – Área Temática VIII – Defesa. Brasília, 2022b. Disponível em: https://www.camara.leg.br/internet/comissao/index/mista/orca/orcamento/or2023/rel_setor/setor08/rel_apresentado.pdf. Acesso em: 14 jun. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Relatório setorial da Defesa no Orçamento de 2023 aponta carência de recursos para institutos militares. Brasília, 2022a. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/noticias/925341-relatorio-setorial-da-defesa-no-orcamento-de-2023-aponta-carencia-de-recursos-para-institutos-militares/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

COSTA, H. M. Tecnologia e Defesa Nacional: O uso de drones nas Forças Armadas Brasileiras. São Paulo: Editora Estratégica, 2019.

DEFENSE INFORMATION SYSTEMS AGENCY (DISA). RDT&E Budget Justification (PE 0305208K: Distributed Common Ground/Surface Systems). Washington, D.C., abr. 2022. Disponível em: https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/fy2023/budget_justification/pdfs/03_RDT_and_E/DISA_PB2023.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

DEFESA AÉREA & NAVAL. Drones da Santos Lab ajudam na segurança das Olimpíadas. São Paulo, 12 ago. 2016. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/drones-da-santos-lab-ajudam-na-seguranca-das-olimpiadas/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

DEFESA AÉREA & NAVAL. TROPICALEX 2023 – Primeiro emprego operacional do RQ-1 ScanEagle pela Marinha do Brasil. 16 out. 2023. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/aviacao/tropicalex-2023-primeiro-emprego-operacional-do-rq-1-scanagle-pela-marinha-do-brasil>. Acesso em: 11 jun. 2025.

DEFESANET. FAN, Ricardo. Com cibersegurança e criptografia aeroembarcadas, Link-BR2 entra em fase final de integração. DEFESANET, 31 out. 2024. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/aviacao/com-ciberseguranca-e-criptografia-aeroembarcadas-link-br2-entra-em-fase-final-de-integracao/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

DEFESANET. Hermes 450: o vigilante das fronteiras brasileiras. 2013. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/defesa/hermes-450-o-vigilante-das-fronteiras-brasileiras/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). JADC2 Strategy – Summary. Washington, D.C.: U.S. Department of Defense, mar. 2022b. p. 1–2. Disponível em: <https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). Modernization Strategy. Washington, D.C.: Office of the Chief Information Officer, 2019. Disponível em: <https://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/DoD-C3-Strategy.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). Report on Unmanned Aircraft Systems Integration in the National Airspace System. Washington, D.C., 2022a. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Reports/>. Acesso em: 26 maio 2025.

DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2020–2040. Washington, D.C.: U.S. DoD, 2020. Disponível em: <https://www.defense.gov/Newsroom/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). Unmanned Systems Integrated Roadmap: Fiscal Years 2013–2038. Washington, D.C.: U.S. Department of Defense, 2013. Disponível em: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc949794/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

DEPARTMENT OF THE AIR FORCE. RQ-4 Global Hawk Factsheet. 2016. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104516/rq-4-global-hawk/>. Acesso em: 25 maio 2025.

DIAS, Marcos de Souza. Aeronaves remotamente pilotadas: o desafio da capacitação dos recursos humanos para o futuro da Aviação Naval. Monografia (Curso de Estado-Maior para Oficiais), Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/egn/sites/www.marinha.mil.br/egn/files/059%20--%20AERONAVES%20REMOTAMENTE%20PILOTADAS%20-%20O%20DESAFIO%20DA%20CAPACITACAO%20DOS%20RECURSOS%20HUMANOS%20PARA%20O%20FUTURO%20DA%20AVIACAO%20NAVAL.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025

DJI. Matrice 300 RTK – Especificações técnicas. 2025. Disponível em: <https://www.dji.com/br/matrice-300/specs>. Acesso em: 11 jun. 2025.

DOT&E (Office of the Director, Operational Test & Evaluation). Global Command and Control System – Joint (GCCS-J) FY 2022 Report. Washington, D.C., 2022. p. 1. Disponível em: <https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2022/dod/2022gccs-j.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ECEME – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Considerações sobre o orçamento de defesa no Brasil. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://ompv.eceme.eb.mil.br/dqbrn/desastres-e-mudancas-climaticas/desastres-e-mudancas-climaticas-seminarios/69-geopolitica-e-defesa/766-consideracoes-sobre-o-orcamento-de-defesa-no-brasil>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ELBIT SYSTEMS. Annual Report 2022. Haifa: Elbit Systems Ltd., 2023.

EMBRAER. Embraer Defesa & Segurança conclui aquisição de 40 % de participação na XMobots. São José dos Campos: Embraer, 12 set. 2023. Comunicado de imprensa. Disponível em: <https://embraer.com/br/pt/news?slug=embraer-defesa-seguranca-conclui-aquisicao-de-40-participacao-na-xmobots>. Acesso em: 10 jun. 2025.

EUROCONTROL. Standard Inputs for Economic Analyses. Ed. 10. Brussels: Eurocontrol, 2024. Disponível em: <https://ansperformance.eu/standard-inputs>. Acesso em: 19 maio 2025.

FERNANDES JÚNIOR, A. J.; SILVA, J. D. S. Aplicações dos SARP no SISFRON: panorama e perspectivas. In: O Projeto Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP). Brasília: CIEEEx, 2019.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. FAB emprega VANT Heron I em apoio à Operação Ostium. Brasília: CECOMSAER, 2023. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/41469>. Acesso em: 11 jun. 2025.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. FAB repõe unidade do Hermes 900 após acidente. 2024a. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/427XX>. Acesso em: 11 jun. 2025.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. IVR – Base Aérea de Santa Maria dá início a treinamento de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento. Brasília: FAB, 2025. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/43840/IVR%20-%20Base%20A%C3%A9rea%20de%20Santa%20Maria%20d%C3%A1%20in%C3%ADcio%20a%20treinamento%20de%20Intelig%C3%A2ncia,%20Vigil%C3%A2ncia%20e%20Reconhecimento>. Acesso em: 16 jul. 2025.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. Tecnologia – FAB realiza Operação ÍRIS 2024 e avança no desenvolvimento do Sistema Link-BR2. Brasília, 2024b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/42358/TECNOLOGIA%20-%20FAB%20realiza%20Opera%C3%A7%C3%A3o%20IRIS%202024%20e%20avan%C>

3%A7a%20no%20desenvolvimento%20do%20Sistema%20Link-BR2. Acesso em: 11 jun. 2025.

FREIRE, Maria Eduarda Laryssa Silva. A interoperabilidade entre as Forças Armadas brasileiras: uma análise da Operação Ágata. 2018. 82 f. Monografia (Graduação) — Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

GALEOTTI, Mark. Putin's Wars: From Chechnya to Ukraine. Oxford: Osprey Publishing, 2022a. Disponível em: <https://www.ospreypublishing.com/us/putins-wars-9781472847539>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GALEOTTI, Mark. The Weaponisation of Everything: A Field Guide to the New Way of War. New Haven; London: Yale University Press, 2022b. DOI: 10.12987/9780300265132. Disponível em: <https://doi.org/10.12987/9780300265132>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL SYSTEMS Inc. MQ-1C Gray Eagle ER Featured at U.S. Army's Project Convergence Capstone 5. 1 maio 2025. Disponível em: <https://www.ga-asi.com/ga-asi-mq-1c-gray-eagle-er-featured-at-us-army-s-pc-c5>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GITMAN, Lawrence J.; ZUTTER, Chad J. Principles of Managerial Finance. 12. ed. Boston: Pearson Addison Wesley, 2010. Disponível em: <https://studylib.net/doc/26027682/gitman--lawrence-j.--zutter--chad-j---principles-of-managerial-finance--12th-ed-pearson--2010->. Acesso em: 10 jun. 2025.

GUALAZZI, Guilherme Augusto Spiegel et al. RPAs Armadas: O desafio brasileiro. Brasília: Ministério da Defesa, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/XV_cadn/rpasa_armadas_oa_desafio_brasileiro.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

HUFFPOST. Expertos elogian la 'Operación Telaraña' pero advierten de una respuesta 'violenta' de Putin. 3 jun. 2025. Disponível em: <https://www.huffingtonpost.es/global/expertos-elogian-operacion-telarana-advierten-respuesta-violenta-putin.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.

IGESPAC; FGFEM – Instituto de Governo, Estratégia, Segurança, Política de Defesa e Fomento ao Ensino Militar. Mapeamento da base industrial de defesa brasileira e desafios tecnológicos. Brasília: IGESPAC, jun. 2023. Disponível em: https://www.academia.edu/26867252/Mapping_of_the_Defense_Industrial_Base_of_Brazil_Mapeamento_da_Base_Industrial_de_Defesa_do_Brasil. Acesso em: 12 jun. 2025.

INDRA / DEFESANET. Indra entrega terminais táticos do SISCOMIS. Brazilian Space, 20 jul. 2012. Disponível em: <https://brazilianspace.blogspot.com/2012/07/indra-entrega-terminais-taticos-do.html>. Acesso em: 11 jun. 2025.

INFODEFENSA. La Policía Federal cede sus Heron 1 a la FAB. 2019. Disponível em: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3130637/policia-federal-cede-heron-1-fab>. Acesso em: 11 jun. 2025.

INSITU, Inc. RQ-21A Blackjack UAS Product Card. Bingen, WA: Insitu, 2021. Disponível em: <https://www.insitu.com/products/rq21a>. Acesso em: 10 jun. 2025.

IPEA. Compras públicas para inovação no Brasil: novas possibilidades legais. Brasília: Ipea, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11623/16/Compras_publicas_para_inovacao_no_Brasil.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

KAYA, Karen. Turkish-Made Bayraktar TB2 Drones Play Important Role in Ukraine. Foreign Military Studies Office, jun. 2022. Disponível em: <https://fmso.tradoc.army.mil/2022/turkish-made-bayraktar-tb2-drones-play-important-role-in-ukraine/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

KOFMAN, Michael. Drones are transforming the battlefield in Ukraine, but in an evolutionary fashion. War on the Rocks, 14 mar. 2024. Disponível em: <https://warontherocks.com/2024/03/drones-are-transforming-the-battlefield-in-ukraine-but-in-an-evolutionary-fashion/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

LEITE, P. M. G. Implantação de um Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas na Marinha do Brasil: desafios e perspectivas. Trabalho de Conclusão de Curso (CApA), Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/846919/1/TCC%20CApA_Paulo%20Leite.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

LEITE, Paulo. A utilização do SARP-E na Marinha do Brasil: os recursos tecnológicos embarcados e a possível utilização nas operações de guerra naval. Monografia (Capitão de Fragata) — Escola de Guerra Naval/Marinha do Brasil, 2023. Disponível em: https://repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/846919/1/TCC%20CApA_Paulo%20Leite.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.

LOCKHEED MARTIN. Stalker VXE-30 Product Card. Bethesda, MD: Lockheed Martin, 2021. Disponível em: <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/aero/documents/Stalker/StalkerVXE30ProductCard.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MARQUES JUNIOR, Fernando. Política cultural das Forças Armadas do Brasil: uma proposição. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2018.

MONTEIRO, Édio. Emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas em Operações Militares de Garantia da Lei e da Ordem. Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2019. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/3579/1/Cap%20C3%89dio%20Monteiro.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

MPO – Ministério do Planejamento e Orçamento. Manual Técnico de Orçamento 2025. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www1.siof.planejamento.gov.br/mto/lib/exe/fetch.php/mto2025:mto2025.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

MUNDOGEO. Marinha do Brasil incorpora drone Nauru 500C em missões de busca e salvamento. 12 nov. 2024. Disponível em: <https://mundogeo.com/2024/11/12/marinha-do-brasil-incorpora-drone-nauru-500c-em-missoes-de-busca-e-salvamento/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MUNDOGEO. Santos Lab lança VANT com tecnologia inédita no mundo. São Paulo, 16 abr. 2013. Disponível em: <https://mundogeo.com/2013/04/16/santos-lab-lanca-vant-com-tecnologia-inedita-no-mundo/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

NATIONS-MILITARY EQUIPMENT LIST. Helicopters – Multipurpose Price Table. 2024. Disponível em: <https://nations-militaryequipmentlist.com/helicopters>. Acesso em: 19 maio 2025.

NATO. AJP-3.3.7 – Allied Joint Doctrine for Unmanned Aircraft Systems. Bruxelas: NATO Standardization Office, 2021. Disponível em: https://www.coemed.org/files/stanags/01_AJP/AJP-3.3_EDB_V1_E_3700.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.

NEVES, Alex Jorge das; SILVA, Peterson Ferreira da; MONTEIRO, Aristides. Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras em Perspectiva. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9317/1/td_2480.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

OTAN. STANAG 4586: Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability. Brussels: NATO Standardization Office, 2022

PORTAL DEFESA. FAB adquire VANT Hermes 900. 27 mar. 2014. Disponível em: <https://portaldefesa.com/3325-fab-adquire-vant-hermes-900/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

REUTERS. Israel Aerospace, Santos Lab partner on drones for agriculture. Jan. 9, 2019. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/legal/government/israel-aerospace-santos-lab-partner-on-drones-for-agriculture-idUSL8N1Z91BA/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SANTANA, D. L. Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados: empregabilidade em processos especiais de suprimento. [s.l.]: ECEME, 2023. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/14141/1/MO%207093%20-FILIPE%20Oliveira%20de%20Souza%20-%20verificar.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SENADO FEDERAL. Emenda Constitucional 95/2016 (Norma 40523493). Brasília, 2016. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/40523493>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SILVA, Marcello Muniz da. Estrutura de custos, tributação e competitividade na indústria de construção naval: comparando Coreia do Sul, China e Brasil. Brasília: IPEA, 2014. Texto para Discussão, n. 1976. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/6ca0818c-e987-456e-bb0d-fdc601277a99/content>.

SIQUEIRA, André. O emprego de aeronaves remotamente pilotadas nas operações de Garantia da Lei e da Ordem durante a Intervenção Federal no Rio de Janeiro. Velho General, 2 ago. 2020. Disponível em: <https://velhogeneral.com.br/2020/08/02/o-emprego-de-aeronaves-remotamente-pilotadas-nas-operacoes-de-garantia-da-lei-e-da-ordem-durante-a-intervencao-federal-no-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

SOBRAL, Gilson Antonio da Silva. Interoperabilidade: uma visão atual e perspectivas para as Forças Armadas do Brasil. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2022.

SPOTTER. Força Aérea Brasileira – Hórus – SPOTTER. 2022. Disponível em: https://www.spotter.com.br/esquadros/horus_02.htm. Acesso em: 11 jun. 2025.

STELLA TECNOLOGIA. Atobá: ARP de média altitude e longa autonomia. São José dos Campos: Stella Tecnologia, 2024. Disponível em: <https://www.stellatecnologia.com/atoba/>. Acesso em: 11 jun. 2025

STUTZRIEM, Larry. Drones Take on the Arctic. Air & Space Forces Magazine, jan. 2024. Disponível em: <https://www.airandspaceforces.com/article/drones-take-on-the-arctic/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TEDESCHI, Pietro; SCIANCALEPORE, Savio; DI PIETRO, Roberto. Satellite-Based Communications Security: a survey of threats, solutions, and research challenges. ArXiv, 21 dez. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2112.11324>. Acesso em: 12 jun. 2025. arxiv.org

THE NEW YORKER. The Turkish Drone That Changed the Nature of Warfare. 9 maio 2022. Disponível em: <https://www.newyorker.com/magazine/2022/05/16/the-turkish-drone-that-changed-the-nature-of-warfare>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. AIR FORCE. AFDP 3-03 – Counterland Operations. LeMay Center for Doctrine Development and Education, Air University, 2024a. Disponível em: https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP_3-03/AFDP-3-03.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. AIR FORCE. Air Force Distributed Common Ground System Fact Sheet. Washington, D.C., 2023a. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104525/air-force-distributed-common-ground-system/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. AIR FORCE. Air Force Doctrine Publication 3-03: Counterland Operations. Maxwell AFB: LeMay Center, 2024b. Disponível em: https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP_3-03/3-03-AFDP-COUNTERLAND.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. AIR FORCE. Battlefield Airborne Communications Node (BACN). Washington, D.C.: U.S. Air Force, 2023b. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/486818/battlefield-airborne-communications-node-bacn/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. AIR FORCE. Boosts Arctic Surveillance with MQ-9 Reaper and RQ-4 Global Hawk Drones. Defense News Aerospace, set. 2024c. Disponível em: <https://www.defensenews.com>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. AIR FORCE. Scan Eagle Fact Sheet. Washington, D.C.: U.S. Air Force, 2023c. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104532/scan-eagle/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction. CJCSI 6232.01F – Link 16 System Management Policy, Enclosure C. Washington, D.C., 12 jan. 2023a. Disponível em: <https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Library/Instructions/CJCSI%206232.01F.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Chairman of the Joint Chiefs of Staff. CJCSI 6240.01E – Responsibilities for the Joint Tactical Operations Interface Training Program. Washington, D.C.: Joint Chiefs of Staff, 13 ago. 2012. Disponível em: https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Library/Instructions/6240_01.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Chairman of the Joint Chiefs of Staff. Link 16 Joint Key Management Plan (CJCSM 6520.01B). Washington, D.C., 28 abr. 2015. Disponível em: https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/training/jid/cjcsm6520.01b_link16.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Defense Innovation Unit. DIU Announces Strategic Allocation of 2024 Budget and Plan to Scale Commercial Tech Adoption. Mountain View, CA: DIU, 20 jun. 2024a. Disponível em: <https://www.diu.mil/latest/diu-announces-strategic-allocation-of-2024-budget-and-plan-to-scale>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Department of Defense. Fact Sheet: Strategy for Countering Unmanned Systems. Washington, D.C.: U.S. Department of Defense, 5 dez. 2024b. Disponível em: <https://media.defense.gov/2024/Dec/05/2003599149/-1/-1/0/FACT-SHEET-STRATEGY-FOR-COUNTERING-UNMANNED-SYSTEMS.PDF>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Department of Defense. Joint All-Domain Command and Control Strategy: Summary. Washington, D.C.: U.S. DoD, 2022a. Disponível em: <https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.PDF>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Department of Defense. Unmanned Aircraft Systems: Roles, Missions, and Future Concepts. Congressional Research Service, 2023b. Disponível em: <https://sgp.fas.org/crs/weapons/R47188.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. 319th Reconnaissance Wing – Sixteenth Air Force. 2024c. Disponível em: <https://www.16af.af.mil/About-Us/Unit-Fact-Sheets/Display/Article/1963031/319th-reconnaissance-wing/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. 432nd Wing, 432nd Air Expeditionary Wing – Creech Air Force Base. 2024d. Disponível em: <https://www.creech.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/449126/432nd-wing-432nd-air-expeditionary-wing/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. Air Combat Command. 2024e. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104461/air-combat-command/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. MQ-9 Reaper – Holloman Air Force Base. 2024f. Disponível em: <https://www.holloman.af.mil/About/Fact-Sheets/Display/Article/3730530/mq-9-reaper/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. MQ-9 Reaper. 2023c. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104470/mq-9-reaper/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. RQ-4 Global Hawk. 2023d. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104516/rq-4-global-hawk/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Air Force. XQ-58A Valkyrie. 2023e. Disponível em: <https://afresearchlab.com/technology/xq-58a-valkyrie/>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Department of the Army. ATP 3-01.81 – Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS). Fort Eustis, VA: U.S. Army Training and Doctrine Command, 11 ago. 2023f. Disponível em: <https://irp.fas.org/doddir/army/atp3-01-81.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Department of the Navy. MQ-25A Stingray: Program Overview. Washington, D.C.: U.S. Navy, 2022b. Disponível em: <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2160662/mq-25a-stingray/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Government accountability office (GAO). Joint All Domain Command and Control: Ongoing Efforts Are Helpful but Dependent on Key Decisions. GAO 23-105495, Washington, D.C., 2023g. Disponível em: <https://www.gao.gov/products/gao-23-105495>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. Joint Chiefs of Staff. Joint Publication 3-30: Joint Air Operations. Washington, D.C.: JCS, 2019a.

UNITED STATES. Joint Chiefs of Staff. Joint Publication 3-52 – Joint Airspace Control. Washington, D.C., 2019b. Disponível em: https://irp.fas.org/doddir/dod/jp3_52.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. MARINE CORPS. Detect, track, identify, defeat: I CsUAS works to defend against drones, small unmanned aircraft systems. Marine Corps Base Quantico, VA: Marines.mil, 14 jul. 2022. Disponível em: <https://www.marines.mil/News/News-Display/Article/3093556/detect-track-identify-defeat-i-csuas-works-to-defend-against-drones-small-unman/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. MARINE CORPS. MCWP 3-42.1: Unmanned Aerial Vehicle Operations. Washington, D.C.: U.S. Marine Corps Combat Development Command, 14 ago. 2003. Disponível em: <https://irp.fas.org/doddir/usmc/mcwp3-42-1.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. NAVY. Close-Range UAS (ScanEagle). 28 set. 2021a. Disponível em: <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2160330/close-range-uas/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. NAVY. MQ-8C Fire Scout Fact File. 27 set. 2021b. Disponível em: <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2159302/mq-8c-fire-scout/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. NAVY. Navy MQ-4C Triton Unmanned Aircraft System. 2021c. Disponível em: <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2228385/mq-4c-triton-uav/>. Acesso em: 25 maio 2025.

UNITED STATES. NAVY. Unmanned Carrier Aviation – MQ-25A Stingray. Patuxent River, MD, 2024. Disponível em: <https://www.navair.navy.mil/product/Unmanned-Carrier-Aviation>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES. NAVY. Northrop Grumman MQ-8 Fire Scout Fact Sheet. Naval Air Systems Command, 2021d.

XMOBOTS. Nauru 1000C – UAS tático brasileiro para Defesa e Segurança. São Carlos: XMobots, 2024a. Disponível em: <https://xmobots.com.br/nauru-1000c/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

XMOBOTS. Nauru 500C – Drone VTOL de alta autonomia para Defesa e Segurança. São Carlos: XMobots, 2024b. Disponível em: <https://xmobots.com.br/nauru-500c/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

YOUNG, Angelo. Brazil Exports First Military Drone: Flight Technologies FT-100 Horus Heads To Unnamed African Country. INTERNATIONAL BUSINESS TIMES, 8 abr. 2014. Disponível em: <https://www.ibtimes.com/brazil-exports-first-military-drone-flight-technologies-ft-100-horus-heads-unnamed-african-1647774>. Acesso em: 11 jun. 2025.

ZONA MILITAR. ScanEagle da Marinha do Brasil participa de exercício conjunto com Forças Armadas brasileiras. Zona Militar, 2025. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/artigos/especial-dan-10-anos-marinha-testa-vant-scanegale-no-npaoc-apa>. Acesso em: 11 jun. 2025.