

**A VIABILIDADE DO USO DE DRONES NA COMPLEMENTAÇÃO E
SUBSTITUIÇÃO DO FATOR HUMANO: OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS E EFICIÊNCIA
OPERACIONAL NA FORÇA AÉREA BRASILEIRA¹**

***THE FEASIBILITY OF USING DRONES TO COMPLEMENT AND REPLACE
HUMAN FACTORS: RESOURCE OPTIMIZATION AND OPERATIONAL EFFICIENCY IN THE
BRAZILIAN AIR FORCE***

Autor: João Victor Souza da Silva²
Orientador: Guilherme Augusto Spiegel Gualazzi³

RESUMO

Este estudo investiga a viabilidade e os desafios associados ao uso de drones em operações militares e de segurança, analisando seus benefícios e limitações. Originalmente desenvolvidos para reconhecimento e vigilância, os drones tornaram-se ferramentas essenciais para ampliar a consciência situacional, especialmente em cenários com efetivo reduzido e restrições orçamentárias. No entanto, esses dispositivos enfrentam desafios operacionais significativos, como limitações em condições climáticas adversas e em áreas próximas a aeroportos, onde podem comprometer a segurança de voo. Além disso, sua vulnerabilidade a ciberataques gera preocupações quanto à segurança dos dados e ao controle operacional. Embora os drones possam complementar ou mesmo substituir o fator humano em certas operações, esses riscos exigem avaliação criteriosa. A pesquisa destaca a necessidade de pessoal bem treinado e do uso estratégico das tecnologias disponíveis para maximizar a eficácia operacional, conforme demonstrado em diversos cenários militares e de segurança pública. A análise adota uma abordagem qualitativa, baseada em revisão documental, artigos acadêmicos, pesquisa bibliográfica e comparação de missões realizadas com e sem drones. O objetivo é avaliar a eficiência e a viabilidade dos drones como substitutos ou complementos ao efetivo humano nas Organizações Militares (OMs) da Força Aérea Brasileira (FAB), particularmente em contextos de restrições orçamentárias e redução de pessoal. Os resultados contribuem para a discussão sobre otimização de recursos e eficiência operacional em defesa, oferecendo subsídios para a tomada de decisão na integração de drones. O estudo reforça a importância de equilibrar vantagens tecnológicas com mitigação de riscos, assegurando o sucesso das missões e a segurança das operações.

Palavras-chave: aeronaves não tripuladas; consciência situacional; eficiência operacional; fator humano.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA)

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma *Ártemis*, 2025).

³ Professor de Tecnologias da Informação, Sistemas de Informação e Cibernética da AFA doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba, Brasil(2010)

Professor Titular da Academia da Força Aérea, Brasil. E-mail: gualazzigasg@fab.mil.br.

ABSTRACT

This study investigates the feasibility and challenges associated with the use of drones in military and security operations, analyzing their benefits and limitations. Originally developed for reconnaissance and surveillance, drones have become essential tools for enhancing situational awareness, especially in scenarios with reduced personnel and budget constraints. However, these devices face significant operational challenges, such as limitations in adverse weather conditions and in areas near airports, where they may compromise flight safety. Furthermore, their vulnerability to cyberattacks raises concerns regarding data security and operational control. Although drones can complement or even replace human personnel in certain operations, these risks require careful assessment. The research highlights the need for well-trained personnel and the strategic use of available technologies to maximize operational effectiveness, as demonstrated in various military and public security scenarios. The analysis adopts a qualitative approach, based on document review, academic articles, bibliographic research, and comparison of missions carried out with and without drones. The objective is to assess the efficiency and feasibility of drones as substitutes or complements to human personnel in the Military Organizations (OMs) of the Brazilian Air Force (FAB), particularly in contexts of budget constraints and personnel reduction. The results contribute to the discussion on resource optimization and operational efficiency in defense, offering support for decision-making regarding the integration of drones. The study reinforces the importance of balancing technological advantages with risk mitigation, ensuring mission success and operational safety.

Keywords: Unmanned aircraft; situational awareness; operational efficiency; human factor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aparência e tamanho relativo de aeronaves ISR tripuladas e não tripuladas	19
Figura 2 - Taxas de disponibilidade de aeronaves, 2014 a 2018	19
Figura 3 - Custo médio por hora de voo em milhares de dólares de 2020	20
Figura 4 - Custo de aquisição por aeronaves em Milhões de dólares	20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução do orçamento do Ministério da Defesa e posição do Brasil no ranking Global Fire Power (2012-2022)

12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo Unitário Recruta	14
Tabela 2 - Custo Unitário Recruta corrigido para janeiro de 2025	15
Tabela 3 - Estimativa de Custo Anual de Operação de Drones de Vigilância	16
Tabela 4 - Estimativa de Custo Anual de Operação de Drones de Vigilância em janeiro de 2025 considerando o IPCA como fator de correção	17
Tabela 5 - Responsabilidades no Custo de Operação	18
Tabela 6 - Custo de Soldado vs. Drone DJI Mavic 3 Enterprise	26
Tabela 7 - Drones versus. Aeronaves Tripuladas	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AvEx	Aviação do Exército
CAO	Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais
CBO	Congressional Budget Office
CPMA	Comando de Polícia Militar Ambiental
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DJI	Da-Jiang Innovations
FAB	Força Aérea Brasileira
FN	Fuzileiro Naval
GDP	Gross Domestic Product (Produto Interno Bruto)
HV	Hora de Voo
INAvEx	Instrução de Aviação do Exército
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
MINUSTAH	Missão das Nações Unidas para a Estabilização no Haiti
MONUSCO	Missão das Nações Unidas para a Estabilização na República Democrática do Congo
NBC T 16.11	Norma Brasileira de Contabilidade Técnica – Setor Público
OMs	Organizações Militares
ONU	Organização das Nações Unidas
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
RCA	Regulamento dos Serviços da Aeronáutica
RBAC-E	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial
REDEBIA	Rede de Bibliotecas Integradas da Aeronáutica
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SIGA	Brasil Sistema Integrado de Gestão Administrativa
SISLAER	Sistema de Legislação da Aeronáutica
US\$	United States Dollar (Dólar dos Estados Unidos)
UAS	Unmanned Aircraft System (Sistema de Aeronave Não Tripulada)
VANTs	Veículos Aéreos Não Tripulados

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1 REFERENCIAL TEÓRICO	9
1.1 DEFINIÇÃO E RELAÇÃO COM O AUMENTO DA CONSCIÊNCIA SITUACIONAL	9
1.2 VIABILIDADE ECONÔMICA	11
1.3 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS: EFETIVO HUMANO E AERONAVES TRIPULADAS VERSUS DRONES.	13
1.4 DESVANTAGENS EM OPERAR DRONES E SUAS LIMITAÇÕES EM RELAÇÃO AO EFETIVO HUMANO.	22
2 MÉTODOS DE ANÁLISE	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	29
AGRADECIMENTOS	32

INTRODUÇÃO

A gestão eficiente dos recursos financeiros tem sido um desafio constante para a Força Aérea Brasileira (FAB), especialmente diante das restrições orçamentárias intensificadas após a promulgação da Emenda Constitucional nº 95, em 2016, que estabeleceu um teto de gastos públicos por vinte anos (Brasil, 1988). Soma-se a isso a Lei nº 13.954/2019, que instituiu a Comissão Especial da Proteção Social dos Militares e determinou a redução do efetivo das Forças Armadas em 10% ao longo de dez anos (Brasil, 2019).

Nesse cenário, manter efetivos humanos especializados em missões de guarda e segurança nas Organizações Militares (OMs) exige elevados investimentos em capacitação, remuneração e suporte logístico. O avanço tecnológico, entretanto, tem oferecido alternativas para otimizar esses recursos sem comprometer a eficácia das operações. Entre essas alternativas, destaca-se o uso de drones, cada vez mais empregados em atividades anteriormente atribuídas exclusivamente ao fator humano. Este estudo inseriu-se no campo das inovações tecnológicas aplicadas à segurança e defesa, com foco na análise da viabilidade de utilização de drones em postos de serviço nas OMs da FAB.

A pesquisa teve como objetivo geral avaliar a aplicabilidade dos drones como substitutos ou complementos ao efetivo humano em missões de patrulha, guarda e segurança, visando à otimização de recursos, ao aumento da eficiência operacional e à preservação de vidas, especialmente em cenários marcados por escassez orçamentária e redução de pessoal. Para alcançar esse objetivo, foram definidos três objetivos específicos dispostos a seguir:

- a) investigar a evolução e as capacidades dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) no contexto da vigilância e monitoramento militar, com foco na ampliação da consciência situacional;
- b) avaliar a eficácia operacional dos drones no apoio a contingentes reduzidos, considerando seu potencial para reduzir custos e riscos à integridade física dos militares;
- c) identificar os principais desafios e limitações associados à operação desses sistemas, como as interferências climáticas, as vulnerabilidades cibernéticas e as restrições normativas em áreas sensíveis.

A análise do uso de drones revelou um importante *trade-off*⁴ entre os benefícios operacionais e os riscos inerentes à automação, como a dependência de sistemas tecnológicos sujeitos a falhas, ataques cibernéticos e limitações regulatórias. Embora os drones representem uma

⁴ Trade-off ou tradeoff é uma expressão em inglês que significa o ato de escolher uma coisa em detrimento de outra e muitas vezes é traduzida como "perde-e-ganha".

alternativa promissora para aumentar a eficiência e reduzir custos, sua adoção requer avaliação criteriosa das ameaças e vulnerabilidades envolvidas.

A pesquisa demonstrou que a substituição de militares por plataformas aéreas não tripuladas pode contribuir significativamente para a racionalização de recursos e o aprimoramento das missões de segurança, desde que sejam adotadas estratégias de mitigação de riscos e protocolos de segurança robustos. Ao final, o estudo contribuiu com subsídios técnicos e estratégicos relevantes para a formulação de políticas de defesa que conciliam inovação tecnológica, eficiência econômica e preservação da segurança operacional, além de promover reflexões sobre os limites e possibilidades da automação em ambientes militares.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor compreender o aumento da consciência situacional no contexto militar, especialmente em cenários de efetivo reduzido e restrições orçamentárias, e analisar a viabilidade da substituição do fator humano pelo uso de drones, é essencial, em primeiro lugar, explorar os conceitos, definições e aplicações deste dispositivo. Isso permitirá estabelecer uma base sólida para entender a relação entre drones e o aumento da consciência situacional. Além disso, é crucial compreender os principais benefícios de manter uma tropa, mesmo que reduzida, porém muito bem treinada, em face das limitações econômicas que impactam as operações da FAB. Contudo, ao investigar a viabilidade do emprego de plataformas mais automatizadas e técnicas, foi analisado o antagonismo *trade-off* entre o alívio proporcionado pelo uso dessas tecnologias e os riscos associados à automação visando responder se atualmente ainda é realmente eficiente substituir meios humanos por plataformas aéreas não tripuladas para a segurança das OMs.

1.1 DEFINIÇÃO E RELAÇÃO COM O AUMENTO DA CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

Os Veículos Aéreos Não Tripulados, ou drones, como são popularmente conhecidos, são miniaturas derivadas dos aviões não tripulados, produzidos continuamente pela indústria bélica há pelo menos 20 anos, com destaque para a produção nos Estados Unidos. Inicialmente surgiram na metade do século passado, funcionando como aeronaves de inspeção e instrumentos estratégicos de espionagem norte-americana durante a Guerra Fria. Na década de 1990, os drones começaram a ser

equipados com armas e, na virada do século 21, passaram a ser utilizados em combates (Shiratsuchi, 2014).

Considerando que os drones são, a princípio, uma tecnologia voltada para espionagem e vigilância militar, é importante destacar algumas outras aplicações em que são utilizados: produção de imagens pessoais, participação em guerras e conflitos civis, controle e monitoramento de doenças, e utilização na agricultura. Em muitas situações, os drones executam tarefas anteriormente realizadas apenas por aviões e helicópteros tripulados, como a captação de imagens aéreas para jornais ou esquemas de segurança, como observado na Copa das Confederações em 2013 e na Copa do Mundo FIFA de 2014 no Brasil. Originalmente criados como veículos de reconhecimento territorial, os VANTs foram bem recebidos no contexto militar por sua capacidade de preservar a vida de militares em missões arriscadas. Dessa forma, houve um investimento significativo no aprimoramento do transporte de cargas, no disparo de mísseis, no mapeamento de territórios e na transmissão online de dados por essas aeronaves (Salgado & Silva, 2015).

O uso de VANTs, ou drones, tem se tornado cada vez mais crucial para melhorar a consciência situacional em operações militares e civis, especialmente em contextos de efetivo reduzido e limitações operacionais. Esses dispositivos oferecem vantagens significativas sobre plataformas tripuladas, permitindo a coleta contínua e em tempo real de dados críticos em ambientes complexos e de difícil acesso, como áreas urbanas densamente povoadas e fronteiras. A capacidade dos drones de operar por longos períodos e em condições perigosas sem expor vidas humanas ao risco potencializa a eficiência das missões de vigilância, reconhecimento e comando, aumentando a capacidade das forças de segurança de reagir rapidamente e com precisão a situações que ameaçam a estabilidade e a segurança (Coutinho, 2017).

Como exemplo real do aumento da consciência situacional, em 13 de janeiro de 2013, o Conselho de Segurança das Nações Unidas autorizou o uso de VANTs, não armados, na Missão das Nações Unidas para a Estabilização da República Democrática do Congo (MONUSCO)⁵. O principal objetivo do uso desses VANTs na missão foi fornecer vigilância e coletar dados e informações para apoiar as Forças de Paz, permitindo um cumprimento mais eficiente dos mandatos e a proteção dos civis no país. Para alcançar esse objetivo, a MONUSCO empregou os VANTs em quatro tarefas essenciais: ampliar a consciência situacional dos tomadores de decisão no terreno, aumentando assim a capacidade de proteger civis e tropas de manutenção da paz; monitorar grupos armados e o tráfico de armas; avaliar os movimentos de refugiados deslocados para melhor atender

⁵ Missão das Nações Unidas para a Estabilização na República Democrática do Congo (ONU, 2010).

às suas necessidades; e avaliar os desafios ambientais, incluindo os danos causados por desastres naturais. As informações fornecidas pelos VANTs têm reforçado as operações em andamento, aprimorado a seleção de alvos, reduzido baixas, e economizando tempo e recursos. Já o caso da Missão das Nações Unidas para a Estabilização no Haiti (MINUSTAH)⁶, devido à redução do efetivo da tropa e à mudança na postura e nas tarefas atribuídas ao comando militar, o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados pode complementar as ações de coleta realizadas pelas tropas no terreno, mitigando o déficit de dados causado pela diminuição do efetivo e das atividades realizadas no país. Além disso, os VANTs, devido à sua ampla gama de aplicações, podem ser utilizados no planejamento e execução de operações, em atividades de Comando e Controle, e na avaliação pós-missão, reduzindo os riscos de confrontos, danos colaterais e baixas nas tropas (Coutinho, 2017).

1.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Considerando a limitação orçamentária, a alocação de um grande efetivo militar seria inviável, principalmente para a realidade brasileira. Diante disso, é necessário manter uma tropa reduzida, mas altamente profissional e bem treinada, capaz de operar em qualquer parte do território nacional com máxima prontidão e eficácia. Esta abordagem é especialmente pertinente em tempos de paz, quando a manutenção de um grande efetivo ocioso é desnecessária, conforme ressaltado por Dwight D. Eisenhower em seu discurso de despedida como presidente dos Estados Unidos da América em 1961.

“Nossas armas devem ser poderosas, prontas para ação instantânea, para que nenhum agressor em potencial seja tentado a arriscar sua própria destruição... Nos conselhos de governo, devemos nos proteger contra a aquisição de influência injustificada, seja buscada ou não, pelo complexo militar-industrial.” (EISENHOWER, 1961. tradução própria⁷).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, porém no contexto da Força Aérea Brasileira, onde é imperativo otimizar recursos, é de extrema importância aproveitar melhor as verbas, especialmente no que tange ao pagamento de pessoal. Atualmente, 80% dos gastos militares são destinados à área

⁶ Missão das Nações Unidas para a Estabilização no Haiti (ONU, 2004).

⁷No original : “Our arms must be mighty, ready for instant action, so that no potential aggressor may be tempted to risk his own destruction... In the councils of government, we must guard against the acquisition of unwarranted influence, whether sought or unsought, by the military-industrial complex.” (EISENHOWER, 1961).

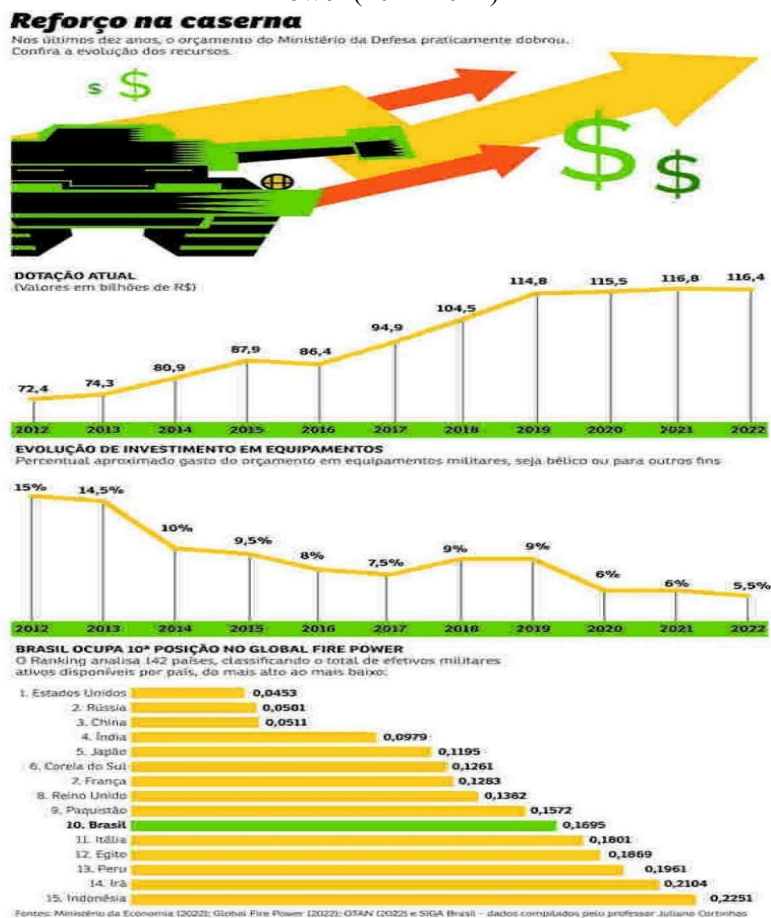
administrativa, que abrange os pagamentos de pessoal e aposentadorias, restando poucos recursos para a aquisição de equipamentos modernos e para o treinamento de tropas (Noberto, 2022).

Partindo desse pressuposto, torna-se evidente a necessidade de reduzir o efetivo, ao mesmo tempo em que o pessoal remanescente deve ser cada vez mais qualificado, sabendo utilizar equipamentos que compensam a carência de pessoal. Tecnologias como os drones podem, nesse contexto, suprir essa lacuna, assim como reportado anteriormente Coutinho (2017) em que analisou o aumento da eficiência das tropas destacadas no terreno no âmbito da ONU mesmo com o efetivo sendo reduzido.

A Lei nº 13.954, de 16 de dezembro de 2019 do Estatuto dos Militares estabelece que o Sistema de Proteção Social dos Militares assegura proteção contínua, o que implica custos adicionais com benefícios como aposentadorias e pensões. Além disso, a lei promove uma reestruturação na carreira e na previdência dos militares, aumentando o tempo de serviço para aposentadoria e ampliando a base de contribuição previdenciária para incluir pensionistas e inativos. Esse sistema também cria o Adicional de Compensação por Disponibilidade Militar e ajusta as regras de promoção, progressão na carreira e remuneração (Brasil, 2019a). Dessa forma, a legislação reforça a continuidade dos pagamentos de benefícios aos militares e seus dependentes, contribuindo para a sobrecarga financeira do sistema, o que impacta negativamente outras áreas como aquisição de material, desenvolvimento, treinamento e operações militares de não guerra⁸ conforme a figura 1.

⁸Operação em que as Forças Armadas, embora fazendo uso do Poder Militar, são empregadas em tarefas que não envolvam o combate propriamente dito, exceto em circunstâncias especiais, em que esse poder é usado de forma limitada. Podem ocorrer, inclusive, casos nos quais os militares não exerçam necessariamente o papel principal (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2009).

Gráfico 1 - Evolução do orçamento do Ministério da Defesa e posição do Brasil no ranking Global Fire Power (2012-2022)



Fonte: Orçamento da Defesa disparou, mas não houve investimento no poderio militar (Norberto, 2022).
<https://bit.ly/42PCnjj>

Portanto, mais eficaz do que manter um grande efetivo militar é investir em técnicas adequadas, treinamento de qualidade e uso estratégico de tecnologias, a exemplo do que ocorreu com Israel durante a Guerra do Yom Kippur⁹, em 1973. Apesar de contar com menos carros de combate e dispor de tecnologia inferior, o exército israelense conseguiu superar as forças sírias graças à preparação meticulosa e ao domínio do terreno nas Colinas de Golã. A falta de treinamento das tropas sírias contrastou fortemente com a eficiência tática israelense, evidenciando que a qualidade da preparação e o conhecimento estratégico superam em importância a mera superioridade numérica. Transpondo esse ensinamento para o contexto da Força Aérea Brasileira, especialmente no que se refere às missões de guarda, segurança e à otimização de recursos, fica

⁹ Yom Kippur é um feriado sagrado para os judeus, pois é celebrado o Dia do Perdão. Tendo em vista que era um dia sagrado para o judaísmo, que era um momento de paz, calma e religiosidade, e que o sistema de inteligência do exército israelense era falho, o Egito e a Síria aproveitaram para, no dia 6 de outubro de 1973, atacar Israel no Sinai e nas Colinas de Golã, iniciando a Quarta Guerra Árabe-Israelense (BENZAQUEN, 2023).

claro que o preparo técnico e o uso racional de meios oferecem vantagens significativas em comparação à manutenção de grandes contingentes, cujo custo se acentua ainda mais em tempos de paz (Teixeira, 2023).

1.3 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS: EFETIVO HUMANO E AERONAVES TRIPULADAS VERSUS DRONES.

Para realizar uma análise comparativa entre os custos de formação e manutenção do efetivo humano na Força Aérea Brasileira (FAB) e os custos envolvidos na aquisição, operação e manutenção de drones para segurança, é essencial considerar diversos fatores financeiros e operacionais.

O cálculo foi realizado com base em uma metodologia estruturada e conforme a NBC T 16.11¹⁰. Foi utilizado o método de custeio por absorção, que considera todos os tipos de custos — fixos, variáveis, diretos e indiretos — para se chegar ao valor total da formação, e para atualizar os valores de 2014 para 2025, foi aplicada a correção com base no IPCA¹¹. A partir da inflação acumulada no período, os valores de 2014 foram ajustados por meio de cálculos matemáticos, de modo a convertê-los para valores equivalentes em 2025, permitindo uma parametrização mais precisa e uma comparação mais consistente.

A coleta de dados feita por Fulop (2014) ocorreu por meio de observação direta e análise documental na unidade militar do Exército Brasileiro, organizando-se os custos em centros específicos: equipe de instrução (remuneração integral dos envolvidos diretamente na formação), equipe administrativa (remuneração proporcional), combustível (uso exclusivo para instruções), alimentação (baseada em etapas consumidas), munição (utilizada apenas em treinamentos), fardamento (depreciado conforme regulamento), saúde (proporcional ao efetivo), concessionárias (diferença no consumo de água) e créditos da Gestão do Tesouro (materiais de instrução).

Os valores foram organizados em planilhas, e o custo total foi dividido pelos 240 recrutas formados no período de 10 meses. O custo anual por recruta foi de R\$ 14.096,27, equivalente a R\$ 1.174,69 mensais, sendo que o soldo do recruta (R\$ 537,00) representou 45,7% desse total, como

¹⁰ A NBC T 16.11 é uma Norma Brasileira de Contabilidade que trata sobre o Sistema de Informação de Custos do Setor Público (SICSP). Esta norma estabelece como os custos dos produtos, serviços, projetos, atividades e outros objetos de custo das entidades públicas devem ser identificados, mensurados, registrados e evidenciados.

¹¹ 2 O IPCA (sigla para Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) é o índice oficial da inflação no país. Ou seja, ele indica a variação dos preços de um conjunto de produtos e serviços para o consumidor final (Nubank, 2025).

pode ser observado na Tabela 1. Mesmo com algumas limitações tecnológicas, o estudo seguiu princípios de transparência e confiabilidade, reforçando a importância de calcular os custos no setor público para melhorar a gestão dos recursos (Fulop, 2014).

Tabela 1 - Custo Unitário Recruta

CUSTO UNITÁRIO		
Custo	Valor Anual	Valor Mensal
Equipe Instrução	10.280,80	856,73
Equipe Administrativa	2.285,56	190,46
Combustível	17,44	1,45
Alimentação	419,76	34,98
Munição	41,95	3,50
Fardamento	554,15	46,18
Saúde	76,40	6,37
Concessionária	390,64	32,55
Gestão do Tesouro	29,58	2,47
Total	14.096,27	1.174,69

O valor do soldo do recruta (RS537,00) representa 45,7% do seu custo mensal.

Fonte: Custo da formação de um soldado recruta do exército brasileiro
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/140550>

A Tabela 2 apresenta, à esquerda, os valores originais da Tabela 1 e, à direita, os mesmos valores atualizados monetariamente com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) acumulado entre 1º de janeiro de 2014 e 1º de janeiro de 2025, sendo este percentual total no intervalo de 86,40%.

Tabela 2 - Custo Unitário Recruta corrigido para janeiro de 2025

Custo	CUSTO UNITÁRIO		CUSTO UNITÁRIO CORRIGIDO	
	Valor Anual (R\$)	Valor Mensal (R\$)	Valor Anual (R\$)	Valor Mensal (R\$)
Equipe Instrução	R\$ 10.280,80	R\$ 856,73	19.163,34	1.596,94
Equipe Administrativa	R\$ 2.285,56	R\$ 190,46	4.260,27	355,02
Combustível	R\$ 17,44	R\$ 1,45	32,51	2,7
Alimentação	R\$ 419,76	R\$ 34,98	782,43	65,2
Munição	R\$ 41,95	R\$ 3,50	78,19	6,52
Fardamento	R\$ 554,15	R\$ 46,18	1.032,93	86,08
Saúde	R\$ 76,40	R\$ 6,37	142,41	11,87
Concessionária	R\$ 390,64	R\$ 32,55	728,15	60,67
Gestão do Tesouro	R\$ 29,58	R\$ 2,47	55,14	4,6
Total	R\$ 14.096,27	R\$ 1.174,69	26.275,35	2.189,61

O custo corrigido levou em conta o IPCA entre jan/2014 a jan/2025 sendo o acumulado de 86,40%

Fonte: Elaboração própria.

Já os custos envolvidos na aquisição, operação e manutenção dos drones podem variar significativamente dependendo da marca, modelo, recursos e acessórios escolhidos. Para efeito de comparação de custo, foi considerada a aquisição de drones realizada pela Polícia Militar de Santa Catarina, por meio do Comando de Polícia Militar Ambiental (CPMA), que investiu R\$ 617 mil na aquisição de 19 drones DJI Mavic 3 Enterprise Thermal, cerca de R\$ 32.780,00 por unidade (valores em Fevereiro de 2025), distribuídos entre suas unidades operacionais (Passamai, 2025).

Os equipamentos empregados nas operações contam com recursos tecnológicos avançados, como câmeras térmicas de alta precisão e câmeras RGB de 48 megapixels com zoom óptico de até 56x. Cada unidade é equipada com sete baterias, conferindo elevada autonomia de voo. Esses drones são utilizados em diversas atividades, como fiscalização ambiental, monitoramento de áreas de preservação, detecção de focos de incêndio, observação de fauna silvestre, operações de busca e salvamento, além do combate a crimes ambientais, inclusive em áreas de difícil acesso ou com baixa visibilidade. De acordo com o coronel Jardel Carlito da Silva¹², “a tecnologia posiciona Santa Catarina como referência nacional em gestão ambiental, ampliando a eficiência e a precisão das ações da corporação” (Passamai, 2025).

O custo anual para manter um drone de vigilância operante pode variar significativamente, dependendo do modelo, da frequência de uso e das condições operacionais. Com base em estudos e relatórios disponíveis, é possível estimar os custos anuais considerando aquisição, manutenção, operação e outros fatores (Pinheiro, 2017).

A estimativa do custo anual de manutenção de drones foi obtida a partir da pesquisa de Ricardo Miranda Pinheiro¹³ em 2017. O autor considerou o modelo DJI Mavic 3 Enterprise, também utilizado pelos militares de Santa Catarina, diferenciando-se apenas pelo valor de aquisição. O valor original do equipamento, em 2017, era de R\$ 32.780,00. Para esta pesquisa, os valores foram atualizados para 2025, considerando o IPCA acumulado entre janeiro de 2017 e janeiro de 2025. Os custos apresentados incluem manutenção do motor, hélices, baterias e estrutura. O percentual de 19% foi estabelecido com base na experiência operacional com o modelo Sombra E. Ressalta-se que os valores podem variar conforme a frequência de uso e o ambiente operacional. As informações estão organizadas na tabela a seguir.

¹² O coronel Jardel Carlito da Silva foi promovido ao último posto em 11 de agosto de 2021 e incluiu na PMSC em março de 1992. Na instituição, realizou os cursos de Segurança Interativa, multiplicador de Polícia Comunitária, Táticas Policiais, Segurança de Dignatários, Táticas Avançadas de Combate Urbano e especialização e comando em policiamento ambiental (Da Costa Neto, 2023).

¹³ Oficial da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo.

Tabela 3 - Estimativa de Custo Anual de Operação de Drones de Vigilância

Equipamento	Valor de Aquisição (R\$)	Custo Anual Estimado (R\$)	Percentual (%)
RPAS SOMBRA E	56.510,00	10.736,00	19%
DJI Mavic 3 Enterprise	32.500,00	6.175,00	19% (estimado)

Fonte: Pinheiro, 2017

A Tabela 4 apresenta os valores da Tabela 3 atualizados para o ano de 2025, considerando a correção pelo IPCA acumulado entre janeiro de 2017 e janeiro de 2025 que foi de 48,92%.

Tabela 4 - Estimativa de Custo Anual de Operação de Drones de Vigilância em janeiro de 2025 considerando o IPCA como fator de correção

Equipamento	Valor de Aquisição (R\$)	Custo Anual Estimado (R\$)	Percentual (%)	Valor de Aquisição Corrigido (R\$)
RPAS SOMBRA E	56.510,00	10.736,00	19%	84.153,36
DJI Mavic 3 Enterprise	32.500,00	6.175,00	19% (estimado)	48.398,23

Fonte: Elaboração própria

A bateria do Agras T40¹⁴ apresenta uma vida útil prolongada, com capacidade para até 1.500 ciclos de recarga. Isso garante um desempenho consistente por um longo período, reduzindo a necessidade de substituições frequentes. Da mesma forma, considerando a bateria do Drone DJI Agras DB1560 — utilizada nos modelos T40 e T50 —, é possível traçar um paralelo com o modelo DJI Mavic 3 Enterprise. Levando em conta que o Mavic 3 Enterprise possui uma autonomia de voo de aproximadamente 45 minutos por carga, conforme informado pelo fabricante DJI Enterprise, e supondo seu uso diário com recarga completa, ao longo de 360 dias por ano, estima-se que o ciclo de vida do equipamento possa se estender por até 4 anos (DJI Agras T40, 2025)¹⁵.

O custo da hora de voo de uma aeronave, que, diferentemente dos drones, requer tripulação e manutenção constantes, é calculado com base em diversos fatores. Para exemplificar, utilizaremos o método de cálculo adotado pelo Exército Brasileiro. Esse método considera diferentes parcelas de custo, como custos fixos gerados pelo fabricante (preço da aeronave, opcionais, treinamento inicial, nível tecnológico e qualidade do material), custos variáveis controláveis pelo operador (mão de

¹⁴ Bateria para Drone DJI Agras DB1560 - T40 / T50.

¹⁵ Manual do Fabricante dos drones DJI modelos Agras T40.

obra, seguros, duração dos voos, terceirização de serviços, etc.) e custos variáveis sem domínio do operador (suprimentos, combustíveis, ferramentas, manutenção, entre outros). É importante destacar que os valores apresentados nesta pesquisa — como os custos anuais e de aquisição de drones e de soldados — não detalham explicitamente todas essas parcelas. Assim, ressalta-se que, no momento em que uma Organização Militar (OM) considerar a adoção dessa tecnologia, deve-se levar em conta a análise completa desses fatores, uma vez que eles impactam diretamente no custo final de operação e manutenção a longo prazo, a tabela 3 mostrará de maneira simplificada a Responsabilidades no Custo de Operação.

Tabela 5 - Responsabilidades no Custo de Operação

CLASSIFICAÇÃO DAS PARCELAS	RESPONSÁVEL	PARCELAS DO CUSTO
Custo fixo gerado pelo fabricante	Fabricante	<ul style="list-style-type: none"> - Preço do helicóptero básico - Preço dos opcionais - Preço do treinamento inicial - Nível tecnológico - Qualidade imputável ao material
Custo variável facilmente controlável pelo operador	Operador	<ul style="list-style-type: none"> - Custo da mão-de-obra das tripulações - Adoção de seguros de pessoal - Duração média dos voos - Custo das atividades terceirizadas de operação
Custo essencialmente variável sem domínio do operador		<ul style="list-style-type: none"> - Custo de gerenciamento da frota - Nível de competência do pessoal de manutenção - Tipo de manutenção praticada - Forma de utilização do tempo - Quantidade de tempo dedicado à manutenção - Adoção de seguros do material - Custo do suprimento - Custo das ferramentas - Custo dos equipamentos - Custo da aplicação de modificações - Custo do combustível, óleo e lubrificantes

Fonte: INAvEx_3009 CONH CALC HDV_Final_6nov09_geral PDF (bdex.eb.mil.br).

https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/1/1189/1/INAvEx_3009%20CONH%20CALC%20HDV_Final_6nov09_geral.pdf

O cálculo da hora de voo (HV) na Aviação do Exército (AvEx)¹⁶ considera custos diretos e indiretos da operação da frota. Despesas como manutenção, combustível, salários da tripulação e depreciação de infraestrutura compõem o custo total. A média dos gastos dos últimos cinco anos define o valor em dólares por hora de voo (US\$/HV). Custos diretos envolvem inspeções e

¹⁶ A Aviação do Exército (AvEx) é o segmento aéreo do Exército Brasileiro, operando aeronaves de asa rotativa (helicópteros) em conjunto com forças de superfície como a 12.^a Brigada de Infantaria Leve (Aeromóvel).

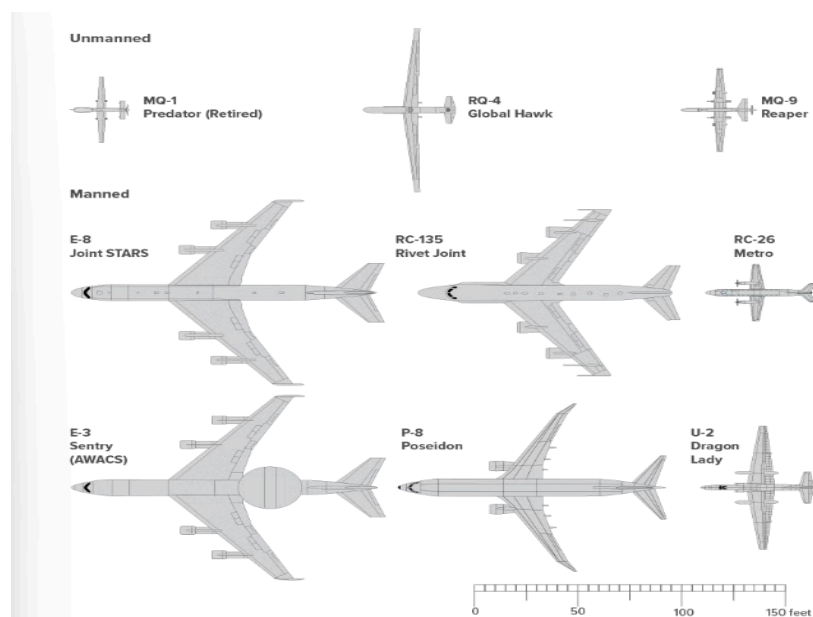
substituição de componentes; custos indiretos abrangem apoio técnico, atualização de manuais e manutenção predial. A depreciação das aeronaves é baseada em uma vida útil de 20 anos, e a de ferramentas e veículos, em 10 anos, no entanto, isso pode variar a depender do projeto. O esforço aéreo planejado influencia o custo, já que o aumento de horas voadas dilui despesas fixas. Tipos de aeronaves, condições operacionais e eficiência da manutenção também impactam os valores. A metodologia, prevista na Instrução de Aviação do Exército, busca padronizar os cálculos, otimizar recursos e garantir a disponibilidade da frota com custos controlados (InAvEx 3.009, 2009).

Portanto, considerando o custo de formação de um recruta — o mais baixo dentro de uma Organização Militar (OM) — e o cálculo da hora de voo de uma aeronave, é possível estabelecer uma base de comparação entre o custo de operar uma aeronave tripulada, um militar e um drone. Para melhor visualização, serão comparados os custos de operação de sistemas aéreos não tripulados e aeronaves tripuladas em missões semelhantes, como inteligência, vigilância e reconhecimento.

O Escritório de Orçamento do Congresso (CBO)¹⁷ comparou os custos do ciclo de vida por hora de voo entre o UAS RQ-4 da Força Aérea e a aeronave tripulada P-8 da Marinha, ambos empregados em missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR). Embora os UASs voem aproximadamente o dobro das horas anuais em relação às aeronaves tripuladas, eles apresentam taxas de perda significativamente maiores. Os custos de aquisição e operação por hora de voo do RQ-4 são inferiores, mas a diferença no custo total por hora — 17% menor que o do P-8 — é menos expressiva do que a diferença observada apenas nos custos operacionais recorrentes (38%). Isso ocorre porque a vida útil mais curta do RQ-4 dilui seu custo de aquisição em um número menor de horas. Além dos custos, a escolha entre UASs e aeronaves tripuladas considera fatores operacionais: UASs são mais adequados para missões prolongadas ou de alto risco, evitando perdas humanas, enquanto aeronaves tripuladas podem agregar maior valor militar em determinados cenários, devido à presença de pessoal a bordo. No estudo, o CBO analisou três UASs da Força Aérea (MQ-1, MQ-9 e RQ-4), cinco aeronaves tripuladas da Força Aérea (E-3, E-8, RC-26, RC-135 e U-2) e uma aeronave tripulada da Marinha (P-8). Embora o MQ-1 já tenha sido aposentado, seus dados de uso continuam a fornecer informações relevantes sobre o desempenho dos UASs da Força Aérea, a figura 1 abaixo mostra a aparência e tamanho relativo de aeronaves ISR tripuladas e não tripuladas (Edward et al., 2021).

¹⁷O Escritório de Orçamento do Congresso (CBO) é uma agência governamental dos Estados Unidos que fornece informações sobre o orçamento do país. O CBO é um órgão apartidário.

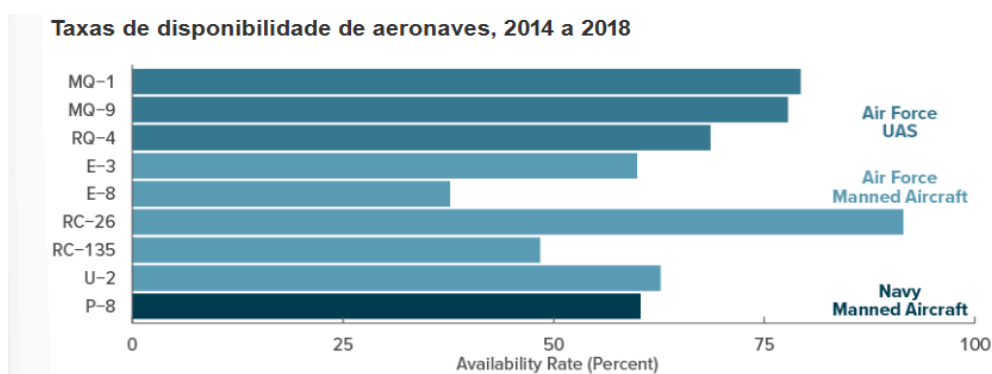
Figura 1 - Aparência e tamanho relativo de aeronaves ISR tripuladas e não tripuladas



Fonte :Usage Patterns and Costs of Unmanned Aerial Systems
https://www.cbo.gov/publication/57260?utm_source

A disponibilidade de aeronaves se refere à porcentagem de aeronaves com capacidade de missão que não estão armazenadas ou passando por reparos. A disponibilidade de UASs¹⁸ da Força Aérea tem sido maior do que a da maioria das aeronaves ISR¹⁹ tripuladas, conforme a figura 2 disposta abaixo (Edward et al., 2021).

Figura 2 - Taxas de disponibilidade de aeronaves, 2014 a 2018



Fonte :Usage Patterns and Costs of Unmanned Aerial Systems
https://www.cbo.gov/publication/57260?utm_source

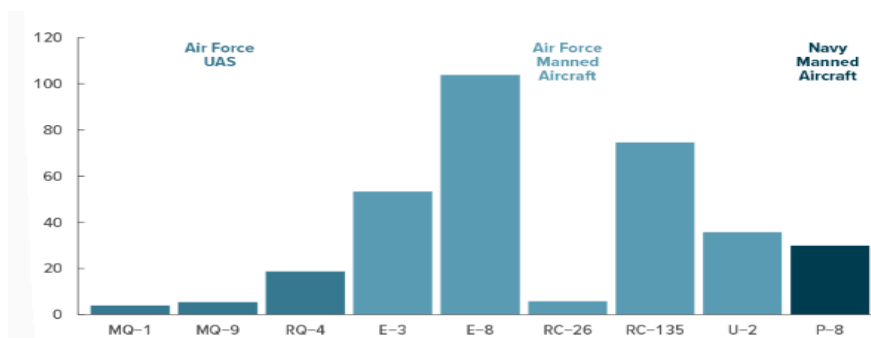
¹⁸ Um veículo aéreo não tripulado (VANT) ou sistema de aeronave não tripulado, comumente conhecido como drone, é uma aeronave sem piloto humano, tripulação ou passageiros a bordo, mas sim é controlado remotamente ou é autônomo.

¹⁹ Voos de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR, na sigla em inglês) têm desempenhado um papel estratégico essencial em conflitos modernos, especialmente em cenários como a guerra na Ucrânia.

A comparação entre sistemas tripulados e não tripulados (UASs) é complexa, devido às diferenças de missão, operação e processamento de dados (a bordo ou em solo). Muitas aeronaves de ISR tripuladas, como o E-3, E-8 e RC-135, utilizam plataformas antigas (como o 707 dos anos 1960) e apresentam custos operacionais mais elevados do que sistemas mais modernos. Para futuras decisões de aquisição, é essencial considerar tanto os custos de aquisição quanto os de operação. O Escritório de Orçamento do Congresso (CBO) utilizou três métricas para sua análise: (1) custos recorrentes por hora de voo; (2) custos de aquisição; e (3) custos do ciclo de vida por hora de voo, combinando aquisição e operação. Todos os valores foram corrigidos para dólares de 2020, buscando equilibrar eficiência econômica e capacidades operacionais, reconhecendo as vantagens específicas de cada sistema — como a adaptabilidade de tripulantes ou a resistência dos UASs em ambientes de alto risco (Edward et al., 2021).

Partindo disso, a figura 3 disposta abaixo, compara os custos médios por hora de voo em milhares de dólares entre as aeronaves tripuladas convencionalmente e remotamente pilotadas.

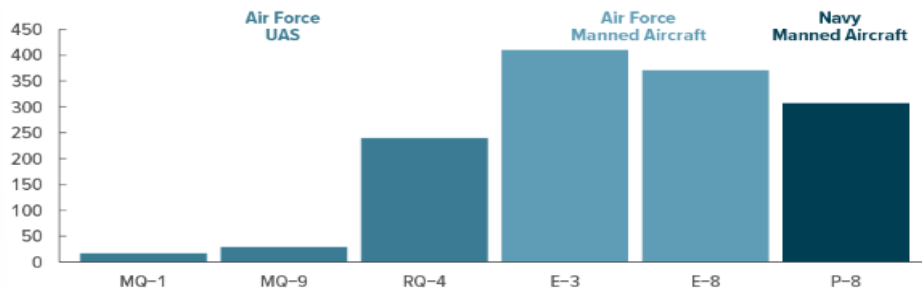
Figura 3 - Custo médio por hora de voo em milhares de dólares de 2020



Fonte :Usage Patterns and Costs of Unmanned Aerial Systems
https://www.cbo.gov/publication/57260?utm_source

Os custos recorrentes de sistemas não tripulados geralmente são menores porque as aeronaves são menores, têm apenas um motor e podem não ser mantidas com os mesmos padrões de segurança das aeronaves tripuladas. O RC-26 tripulado teve custos recorrentes especialmente baixos porque é uma aeronave turboélice pequena, de origem comercial, conforme disposto na figura 4 abaixo.

Figura 4 - Custo de aquisição por aeronaves em Milhões de dólares



Fonte: Usage Patterns and Costs of Unmanned Aerial Systems
https://www.cbo.gov/publication/57260?utm_source

Apesar de frequentemente ofuscada por debates legais e humanitários, a dimensão econômica é um fator essencial — embora muitas vezes negligenciado — na crescente adoção de veículos aéreos não tripulados (VANTs) em conflitos modernos. Considerados uma alternativa de menor custo para alcançar objetivos de segurança nacional, os drones oferecem vantagens financeiras significativas, sobretudo em cenários onde as restrições orçamentárias têm peso decisivo. Historicamente, as forças armadas tendem a adotar tecnologias mais eficientes e econômicas, em detrimento de métodos tradicionais mais caros, como evidenciado pelo uso do arco longo na Idade Média ou da metralhadora no século XX. Nesse contexto, sistemas como o MQ-9 Reaper, com custo unitário de cerca de US\$ 6,48 milhões e operação a US\$ 3.250 por hora (incluindo infraestrutura e pessoal), representam uma alternativa muito mais acessível em comparação a aeronaves tripuladas, como o caça F-35, cujo custo unitário é de US\$ 91 milhões, com gastos operacionais anuais de US\$ 5 milhões e US\$ 16.500 por hora de voo.

Essa diferença de custos se amplia ainda mais quando comparada à manutenção de tropas em campo. Em 2012, o custo anual para manter um soldado dos EUA no Afeganistão era de US\$ 2,1 milhões. Além dos custos de mobilização, os avanços na medicina de guerra — embora aumentem as taxas de sobrevivência — elevam significativamente os gastos com cuidados médicos prolongados. Desde 2001, os conflitos no Oriente Médio resultaram em um impacto humano e financeiro expressivo: 1.558 amputações, 118.829 casos de estresse pós-traumático (TEPT) e 287.911 lesões cerebrais traumáticas (LCT). O tratamento de um veterano com politrauma pode chegar a US\$ 136.000 por ano, por até 50 anos, e próteses avançadas podem custar até US\$ 150.000. Estima-se que os custos médicos futuros com veteranos do Iraque e Afeganistão ultrapassem US\$ 836,1 bilhões, sendo que metade dos ex-combatentes requisitou compensação por invalidez (Mclean, 2014).

Os custos sociais também são alarmantes: veteranos representam cerca de 20% dos suicídios nos EUA, quase 50.000 vivem em situação de rua, e um em cada oito buscou ajuda por abuso de álcool. Diante desse cenário, os drones surgem como uma alternativa percebida como mais econômica e menos onerosa para a condução de operações militares. Essa estratégia reflete o esforço dos Estados Unidos em evitar os erros da antiga União Soviética, que priorizou gastos militares em detrimento do bem-estar interno. Em contraste, países como a China têm investido proporcionalmente menos em defesa (2,2% do PIB contra 4,4% dos EUA), priorizando tecnologias modernas em vez de plataformas tradicionais (McClean, 2014).

1.4 DESVANTAGENS EM OPERAR DRONES E SUAS LIMITAÇÕES EM RELAÇÃO AO EFETIVO HUMANO.

Drones podem enfrentar limitações em diversas condições, como o mau tempo, que pode interferir no sinal, na transmissão de dados e na obtenção de imagens. Além disso, operar drones próximos a aeroportos pode comprometer a segurança de voo e a operação de aeronaves. Há também o risco de ataques de hackers, que podem interferir no sinal, acessar as imagens captadas pelos drones ou até mesmo assumir o controle desses dispositivos.

Recentemente, Gao et al (2021) exploraram as limitações climáticas que afetam a operação de drones em diferentes regiões do mundo. O estudo compara dados meteorológicos históricos com as tolerâncias operacionais relatadas pelos fabricantes de drones, destacando que a capacidade de voo ("flyability") dos drones é significativamente impactada por condições climáticas adversas, como alta precipitação, ventos fortes e temperaturas extremas. Drones comuns são especialmente sensíveis à precipitação e apresentam dificuldades em resistir a ventos superiores a 10 m/s, além de terem uma faixa de operação limitada a temperaturas entre 0 e 40°C. Em regiões polares e de alta altitude, a capacidade de voo é extremamente restrita devido ao frio extremo e aos ventos intensos, enquanto em áreas áridas, como o norte da África, as condições mais estáveis permitem uma maior capacidade de voo. A precipitação é identificada como a principal limitação para a operação de drones, especialmente para os modelos comerciais que não são projetados para operar em condições de chuva. Além disso, a capacidade de voo varia ao longo do ano, sendo mais limitada durante meses com condições climáticas adversas, o que pode restringir a eficácia dos drones em aplicações onde o tempo é um fator crítico (GAO et al., 2021).

Operar drones próximos a aeroportos apresenta várias desvantagens, principalmente relacionadas à segurança e ao cumprimento de normas regulatórias rigorosas. O Aeroporto de Congonhas, em São Paulo, teve suas operações interrompidas ao menos duas vezes entre 2018 e 2019 devido à presença de drones não autorizados nas proximidades, causando impactos significativos na navegação aérea e evidenciando os riscos associados ao uso de drones em áreas próximas a aeroportos (Souza; Henkes, 2023).

Além disso, as restrições impostas pela ANAC e pelo DECEA são rigorosas, visando prevenir colisões com aeronaves, o que limita significativamente a flexibilidade operacional dos drones (ANAC, 2017). A falta de conformidade com essas regras pode resultar em graves consequências, incluindo riscos de acidentes e sanções legais. Essas limitações tornam o uso de drones em áreas próximas a aeroportos uma operação desafiadora e de alto risco, que exige atenção constante às normativas de segurança.

Os drones, apesar de suas inúmeras vantagens, enfrentam sérios desafios relacionados à segurança cibernética, sendo vulneráveis a ataques de hackers. Hackers podem assumir o controle de drones, interferindo nas suas operações e causando potencialmente grandes danos, tanto em missões civis quanto militares. Esses ataques podem resultar em sequestro de drones para uso indevido, espionagem ou até mesmo o uso de drones como armas. Além disso, a capacidade de hackear drones levanta questões significativas sobre a segurança de dados e a privacidade, especialmente em contextos onde os drones são usados para vigilância. A crescente sofisticação dos hackers, combinada com a dependência crescente de tecnologias baseadas em drones, exige um foco contínuo em melhorar as defesas cibernéticas para proteger esses sistemas (Goodman, 2015).

2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Esta pesquisa possui natureza qualitativa e foi conduzida por meio da análise de documentos, artigos e revisão bibliográfica, utilizando fontes como Google Acadêmico, Redebia e SISLAER. Além disso, incluiu uma avaliação do desempenho em missões com drones, tomando como exemplo a operação MONUSCO, comparando-as com missões realizadas sem o emprego dessa tecnologia. As atividades analisadas abrangem reconhecimento, patrulha e vigilância, com o objetivo de coletar informações em contextos semelhantes às missões de guarda e segurança executadas no interior das Organizações Militares (OMs) da Força Aérea Brasileira (FAB), que

envolvem desde a proteção de instalações até escoltas — tarefas atualmente desempenhadas pelo efetivo de guarda da FAB.

O estudo teve como objetivo principal coletar dados para avaliar a viabilidade do uso de drones no âmbito interno das OMs, considerando tanto os benefícios quanto as limitações dessa tecnologia. Além disso, buscou-se verificar a possibilidade de substituir ou complementar o fator humano por meio de sistemas não tripulados, tendo em vista a escassez de recursos financeiros e a necessidade de manter a eficiência operacional mesmo com efetivo reduzido e orçamento limitado. Foram analisados regulamentos referentes aos custos com pessoal, bem como realizada uma estimativa de gastos para o treinamento da equipe responsável pela segurança interna das OMs. Em seguida, procedeu-se a uma comparação de custos entre métodos tradicionais e o emprego de drones, visando identificar alternativas mais eficientes que reduzam despesas desnecessárias. O estudo também focou na avaliação de novas tecnologias como ferramenta para otimizar custos, utilizando quadros comparativos para ilustrar os resultados.

A Tabela 1 apresenta o custo anual e mensal de um recruta, destacando que o soldo representa uma parcela significativa desse valor. A Tabela 2 atualiza esses valores para janeiro de 2025, aplicando correção monetária pelo IPCA acumulado. A Tabela 3 detalha a estimativa de custo anual de operação de drones de vigilância, baseada em dados reais de aquisição e manutenção. A Tabela 4 atualiza esses custos para 2025, considerando o IPCA, oferecendo uma visão mais realista do custo operacional de drones no cenário atual. A Tabela 5 apresenta as responsabilidades no custo de operação, evidenciando fatores que devem ser considerados pelas Organizações Militares (OMs) na adoção de novas tecnologias, pois as parcelas associadas à operação — como manutenção, depreciação, custos de infraestrutura e treinamento — não estão discriminadas detalhadamente nos valores apresentados ao longo deste estudo. Dessa forma, recomenda-se que, no momento da implementação, essas variáveis sejam avaliadas com atenção para assegurar a eficiência e sustentabilidade do investimento. Por fim, as Tabelas 6 e 7 realizam comparações entre o custo de soldados e drones DJI Mavic 3 Enterprise, e entre drones e aeronaves tripuladas, analisando critérios como custo total, vida útil, risco à vida, manutenção e flexibilidade operacional. Essas análises tiveram como finalidade demonstrar a viabilidade econômica e operacional da adoção de drones em missões de guarda e segurança na FAB, especialmente em cenários de restrição orçamentária, sem comprometer a eficácia das operações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos ao longo da pesquisa revelam um panorama claro sobre a viabilidade do uso de drones na Força Aérea Brasileira, particularmente em atividades de guarda e segurança. A comparação entre os custos de formação de um recruta, corrigidos para R\$ 26.275,35 por ano, e o custo de aquisição e operação de drones como o DJI Mavic 3 Enterprise, com aquisição corrigida de R\$ 48.815,20 e custo anual de manutenção estimado em R\$ 9.195,66, evidencia que, em médio e longo prazo, o investimento em drones representa uma alternativa competitiva em termos financeiros, especialmente considerando a vida útil operacional de aproximadamente 4 anos. Além do custo direto, deve-se considerar os encargos financeiros de longo prazo com militares, como aposentadorias e benefícios, conforme previsto na Lei nº 13.954/2019. Ao mesmo tempo, os dados apontam que drones, quando utilizados em missões como vigilância, monitoramento e patrulha, proporcionam uma ampliação da consciência situacional e eficiência operacional, especialmente em áreas de difícil acesso ou em condições de risco elevado.

A análise também demonstrou que, apesar das limitações climáticas, vulnerabilidades a ataques cibernéticos e restrições operacionais em áreas próximas a aeroportos, os drones oferecem uma alternativa viável e complementar ao efetivo humano, sendo ideais para missões de longa duração e baixo risco. Dados internacionais, como os do CBO norte-americano, mostram que drones como o MQ-9 Reaper custam menos de US\$ 6.500 por hora de voo, em contraste com aeronaves tripuladas como o F-35, que ultrapassam os US\$ 16.500. Embora aeronaves tripuladas ainda sejam indispensáveis em determinadas missões por sua adaptabilidade e decisão em tempo real, a tendência global é a crescente substituição parcial por veículos aéreos não tripulados, dada sua relação custo-benefício.

A performance das missões da ONU no Congo e Haiti, onde a presença de drones compensou a redução do efetivo humano, serve como forte argumento de que o emprego inteligente da tecnologia permite manter e até ampliar a efetividade de missões de segurança. Em contrapartida, é evidente que a simples substituição do fator humano não é recomendada sem o devido investimento em treinamento, infraestrutura tecnológica, protocolos de segurança e integração entre os sistemas. A utilização dos drones deve ser estratégica, associada a uma tropa enxuta, porém altamente capacitada. Assim, a viabilidade econômica e operacional do uso de drones está diretamente relacionada ao modelo de emprego adotado pela instituição, as Tabelas 6 e 7 dispostas abaixo mostram a comparação dos resultados de maneira mais simplificada abaixo.

Tabela 6 - Custo de Soldado vs. Drone DJI Mavic 3 Enterprise

Critério	Soldado FAB (recruta)	Drone DJI Mavic	Soldado FAB (valor corrigido)	Drone DJI Mavic (valor corrigido)
Custo Anual por Unidade	R\$ 14.096,27	R\$ 6.175,00	26.275,35	9.195,66
Custo de Aquisição/Inicial	Inclusa na formação	R\$ 32.780,00	Inclusa na formação	48.815,20
Vida útil estimada	Variável (até aposentadoria)	4 anos	Variável (até aposentadoria)	4 anos
Custo total em 4 anos	R\$ 56.385,08	R\$ 57.480,00	105.101,39	85.597,86
Risco à vida	Alto	Nulo	Alto	Nulo
Operacionalidade ininterrupta	Limitada (turnos)	Alta (múltiplas baterias)	Limitada (turnos)	Alta (múltiplas baterias)
Manutenção física e mental	Alta (inclusive pensão)	Baixa (técnica e periódica)	Alta (inclusive pensão)	Baixa (técnica e periódica)
Flexibilidade decisória	Alta	Limitada	Alta	Limitada
Treinamento adicional necessário	Sim	Sim (para operadores)	Sim	Sim (para operadores)

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Tabela 7 - Drones versus. Aeronaves Tripuladas

Critério	Drones (UAS)	Aeronaves Tripuladas
Custo médio por hora de voo	US\$ 3.250 (ex.: MQ-9)	US\$ 16.500 (ex.: F-35)
Custo de aquisição	US\$ 6,5 milhões (MQ-9)	US\$ 91 milhões (F-35)
Risco à vida	Nulo	Elevado
Efetividade em missões prolongadas	Alta	Média
Flexibilidade operacional	Média	Alta

Vulnerabilidade cibernética	Alta	Média
Capacidade de decisão autônoma	Baixa (depende do operador)	Alta (piloto a bordo)
Custos com pessoal (tripulação)	Baixos	Elevados
Exigência climática	Alta sensibilidade	Menor impacto
Tempo de resposta em emergência	Pode ser limitado	Imediato

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho inseriu-se no contexto da gestão eficiente de recursos na Força Aérea Brasileira (FAB), marcada por restrições orçamentárias decorrentes da Emenda Constitucional nº 95/2016 e pela redução de efetivo determinada pela Lei nº 13.954/2019. Diante desse cenário, emergiu o problema de pesquisa sobre a viabilidade e eficiência da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), ou drones, como alternativa para complementar ou substituir o fator humano em missões de guarda e segurança nas Organizações Militares (OMs), especialmente sob condições de escassez de recursos. O objetivo geral foi avaliar essa aplicabilidade, visando otimizar recursos, aumentar a eficiência operacional e preservar vidas. Para tal, buscou-se especificamente investigar a evolução e capacidades dos VANTs para vigilância e aumento da consciência situacional, avaliar sua eficácia no apoio a contingentes reduzidos, considerando custos e riscos, e identificar os desafios e limitações de sua operação.

A metodologia adotada foi de natureza qualitativa, baseada em revisão documental, análise de artigos acadêmicos, pesquisa bibliográfica e comparação de missões realizadas com e sem o uso de drones, consultando fontes como Google Acadêmico, Redebia e SISLAER.

Os resultados mais importantes indicaram que, economicamente, os drones apresentam uma vantagem significativa a médio e longo prazo. O custo anual de operação estimado para um drone como o DJI Mavic 3 Enterprise, corrigido para janeiro de 2025, é de R\$ 9.195,66, valor consideravelmente inferior ao custo anual unitário corrigido de um soldado recruta (R\$ 26.275,35), mesmo considerando o custo de aquisição do drone, também corrigido para R\$ 48.398,23, e sua vida útil estimada de 4 anos, a análise financeira favorece o investimento em drones. Além da economia direta nos custos anuais de operação, evitam-se os elevados custos de longo prazo

associados a pessoal militar, como aposentadorias e benefícios. Operacionalmente, demonstrou-se que os drones ampliam a consciência situacional e a eficiência, especialmente em missões de vigilância e patrulha em áreas de risco ou difícil acesso, como corroborado por experiências em missões da ONU. Contudo, a pesquisa também ressaltou limitações importantes, como a vulnerabilidade a condições climáticas adversas (chuva, vento, temperatura), a riscos de ciberataques e a restrições normativas para operação próxima a aeroportos.

Respondendo ao problema de pesquisa, conclui-se que o uso de drones para complementar e, em certas funções, substituir o fator humano em missões de segurança nas OMs da FAB é tecnicamente viável e economicamente vantajoso no atual contexto, conforme evidenciado pela comparação dos custos corrigidos. A adoção estratégica dessa tecnologia permite a otimização de recursos financeiros e de pessoal, alinhando-se à necessidade de eficiência imposta pelas restrições orçamentárias e de efetivo.

Desta forma, afirma-se que o objetivo geral da pesquisa foi atingido, fornecendo subsídios para a tomada de decisão sobre a integração de drones na FAB, ponderando seus benefícios frente às suas limitações e reforçando a necessidade de investimentos em capacitação, infraestrutura e protocolos de segurança para uma implementação eficaz e como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se a investigação aprofundada dos custos totais do ciclo de vida dos drones em períodos mais longos, a análise comparativa de desempenho entre diferentes modelos e sensores em cenários operacionais específicos da FAB, o desenvolvimento de estratégias de mitigação para as vulnerabilidades cibernéticas identificadas e o estudo dos impactos sociotécnicos e éticos da crescente automação e do potencial uso de inteligência artificial em sistemas aéreos não tripulados no ambiente militar.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC-E 94: **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil**. Brasília, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6023**: informação e documentação: referências - elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BENZAQUEN. **A Guerra do Yom Kippur** – 6 de outubro de 1973. Revista Relações Exteriores, 18 out. 2023. Disponível em: <<https://relacoesexteriores.com.br/a-guerra-do-yom-kippur/>>. Acesso em: 26 de ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.954, de 16 de dezembro de 2019a**. Altera a Lei nº 6.880, de 9 de dezembro de 1980, que dispõe sobre o Estatuto dos Militares; as Leis nº 4.375, de 17 de agosto de 1964, 5.821, de 10 de novembro de 1972, 12.705, de 8 de agosto de 2012; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 dez. 2019. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2019-2022/2019/Lei/L13954.htm>. Acesso em: 25 ago. 2024.

BRASIL. Casa Civil. **Lei n.º 13.954, de 16 de dezembro de 2019b**. Reestruturar a carreira militar e dispor sobre o Sistema de Proteção Social dos Militares. Brasília, DF: Casa Civil, 2019. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/113954.htm>. Acesso em: 07 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 8.237, de 30 de setembro de 1991**. Dispõe sobre a remuneração dos servidores militares federais das Forças Armadas e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8237.htm>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 05 de outubro de 1988. Brasília, DF: Casa Civil, [2020]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 07 set. 2024.

COUTINHO, Fabiano. **Veículos Aéreos Não-Tripulados**. Âncoras e Fuzis, n. 48, p. 79-83, 2017.

DA COSTA NETO. **Coronel Jardel Carlito da Silva assume a Diretoria de Pessoal da PMSC**. Jan 2023. Disponível em: <<https://www.pm.sc.gov.br/noticias/coronel-jardel-carlito-da-silva-assume-a-diretoria-de-pessoal-da-pmsc>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

DJI AGRAS T40 . Disponível em: <<https://www.dji.com/support/product/t40>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

EDWARD. KEATING, JKEDA **Padrões de uso e custos de sistemas aéreos não tripulados** . , junho. 2021. Disponível em: <www.cbo.gov/publication/57090>. Acesso em: 18 abr. 2025.

EISENHOWER, Dwight D. **Discurso de despedida como presidente dos EUA. 1961**. Disponível em: <<https://www.archives.gov/milestone-documents/president-dwight-d-eisenhowers-farewell-address>>. Acesso em: 24 ago. 2024.

FULOP, B. **Custo da formação de um soldado recruta do exército brasileiro**. 2014. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/140550>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

GAO, Mozhou; HUGENHOLTZ, Chris H.; FOX, Thomas A.; KUCHARCZYK, Maja; BARCHYN, Thomas E.; NESBIT, Paul R. **Weather constraints on global drone flyability**. Scientific Reports, v. 11, n. 12092, 26 out. 2021. Disponível

em:<<https://www.nature.com/articles/s41598-021-91325-w>. DOI:
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-91325-w>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. RAE - Revista de Administração de Empresas, v. 35, n. 2, p. 57–63, 1995. Disponível em:<<https://periodicos.fgv.br/rae/article/view/38183>>. Acesso em: 24 ago. 2024.

GOODMAN, Marc. **Future crimes: tudo está conectado, todos somos vulneráveis e o que podemos fazer sobre isso**. São Paulo: HSM Editora, 2015.

INAVEX. **Conhecimentos Básicos para o cálculo do custo da hora de voo das aeronaves da Aviação do Exército**. [s.l: s.n.]. Disponível em:
<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/1/1189/1/INAvEx_3009%20CONH%20CALC%20HDV_Final_6nov09_geral.pdf>.

MCLEAN, W. **Drones are cheap, soldiers are not: a cost-benefit analysis of war**. The conversation, 25 de junho de 2014. Disponível em:
<<https://theconversation.com/drones-are-cheap-soldiers-are-not-a-cost-benefit-analysis-of-war-27924>>. Acesso em: 27 jun 2025.

MEDIDA PROVISÓRIA No 1.293, DE 27 DE MARÇO DE 2025. . [s.l: s.n.]. Disponível em:
<<https://www.in.gov.br/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.293-de-27-de-marco-de-2025-620732999>>. Acesso em: 27 jun 2025.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Comando da Aeronáutica. Correspondência: RCA 34-1/2020 - **Regulamento Interno Dos Serviços Da Aeronáutica (RISAER)**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Brasília, DF, n. 229, p. 016478, 16 dez. 2020.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Comando do Exército. Manual de Campanha C 20-1 – **Glossário de Termos e Expressões para Uso no Exército**. 4. ed. Brasília, DF, 2009. Aprovado pela Portaria nº 090-EME, de 23 de setembro de 2009.

Missão das Nações Unidas para a Estabilização na República Democrática do Congo (MONUSCO). Nova York: ONU, 2010. Disponível em:
<<https://peacekeeping.un.org/en/mission/monusco>>. Acesso em: 27 jun 2025.

Missão das Nações Unidas para a Estabilização no Haiti (MINUSTAH). Nova York: ONU, 2004. Disponível em:<<https://peacekeeping.un.org/en/mission/minustah>>. Acesso em: 27 jun 2025.

NOBERTO, Cristiane. **Orçamento da Defesa disparou, mas não houve investimento no poderio militar**. Correio Braziliense, Brasília, 15 maio 2022. Disponível em:<<https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2022/05/5007980-orcamento-da-defesa-disparou-mas-nao-houve-investimento-no-poderio-militar.html>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

NUBANK. **O que é IPCA? Tudo sobre o índice oficial de inflação e seus impactos**. Disponível em:<<https://blog.nubank.com.br/o-que-e-ipca/>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

PASSAMAI. **Polícia Militar investe em drones de última geração para fiscalização ambiental**. Agência de Notícias SECOM, 25 fev. 2025. Disponível em:

<<https://estado.sc.gov.br/noticias/policia-militar-investe-em-drones-de-ultima-geracao-para-fiscalizacao-ambiental/>>. Acesso em: 18 abr. 2025

PINHEIRO. **SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA: estudo sobre a viabilidade do emprego na Polícia Militar do Espírito Santo** CARIACICA-ES 2017. Instituto superior de ciências policiais e segurança pública da polícia militar do espírito santo curso de especialização em gestão policial militar e segurança pública (CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS - CAO), 2017. Disponível em:<https://pm.es.gov.br/Media/PMES/Monografias/Monografia%20RPAS%20PMES%20_%20final_Ricardo%20Miranda%20Pinheiro.pdf>. Acesso em: 27 jun 2025.

SHIRATSUCHI, L. S. **O avanço dos drones**. Revista DBO, v. 33, n. 403, p. 20-25, mai. 2014. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1003261>>. Acesso em: 27 jun 2025.

SOUZA, Michel de; HENKES, Jairo Afonso. **O uso de drones pela Polícia Militar de Santa Catarina: uma abordagem sobre as vantagens para a instituição e as limitações dentro do espaço aéreo próximo a aeroportos**. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, v. 1, n. 3, p. 245–286, 2023. Disponível em:<<https://rbac.cia.emnuvens.com.br/revista/article/view/50>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

TEIXEIRA, Rafael Assunção. **A superioridade estratégica de Israel no emprego de carros de combate frente aos árabes na guerra do Yom Kippur**. 2023. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Ciências Militares) – Curso de Cavalaria, Academia Militar das Agulhas Negras, 2023.

TIAGO BARCELOS PEREIRA SALGADO; POLYANA INÁCIO REZENDE SILVA. **Trajeto vigilantes e a esperteza dos drones**. 3o simpósio internacional LAVITS: vigilância, tecnopolíticas, territórios. 13 à 15 de maio, 2015. Rio de Janeiro, Brasil, p. 291- 304, 2015. Disponível em:<<https://medialabufri.net/download/arquivos/lavits2015-anais/5/2.Resumo36.pdf>>. Acesso em: 27 jun 2025.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de uma imensa dedicação, renúncia e desejo de superação, cuja trajetória teve início em 2016, quando nasceu, dentro de mim, a vontade de servir à carreira das Armas. Embora tenha sido o protagonista dessa caminhada, jamais teria conseguido sequer concluir a primeira página do meu livro da vida sem o apoio daqueles que estiveram ao meu lado. Por isso, agradeço principalmente a Deus, por me conduzir pelo caminho certo, renovar minhas forças diariamente e sustentar minha fé nos momentos em que ela quase se esvaiu.

Sou profundamente grato ao meu estimado orientador, Professor Guilherme Augusto Spiegel Gualazzi, por sua constante disposição em me ajudar e por me inspirar a dar sempre o meu melhor. Seu vasto conhecimento e vocação para o ensino foram essenciais para o meu aprendizado e para o desenvolvimento deste projeto. Agradeço também ao meu pai, João Alves da Silva, por

acreditar em mim e confiar nas minhas decisões, e à minha madrastra, Francisca Moura de Souza, que cuidou de mim com um carinho que superou qualquer expectativa, desempenhando um papel ainda mais profundo do que o de uma mãe biológica. Estendo minha gratidão ao professor e mestre Pedro Leal Borges, e a todos os que, de alguma forma, me guiaram ao longo desta jornada. Agradeço ainda a outros membros da minha família, em especial a Stefanie Cintia de Souza Moreira da Silva e Keli Cintia de Souza Moreira, minha mãe e irmã; respectivamente, que estiveram presentes e firmes ao meu lado e nunca perderam a fé em mim.

“Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares [...]” Josué 1:9.