

**INCORPORAÇÃO DE DRONES EM OPERAÇÕES DE BUSCA E SALVAMENTO:
ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA A FORÇA AÉREA BRASILEIRA NA OPERAÇÃO GOL
1907.**

***INCORPORATION OF DRONES IN SEARCH AND RESCUE OPERATIONS: FEASIBILITY
ANALYSIS FOR THE BRAZILIAN AIR FORCE IN THE GOL 1907 OPERATION***

Ivan Rodrigues da Cunha Junior¹

Prof Dr Alessandro Firmiano de Jesus²

RESUMO

O presente estudo investiga a viabilidade do uso de drones nas operações de busca e salvamento realizadas pela Força Aérea Brasileira (FAB), com foco na análise do acidente do voo Gol 1907. O objetivo é analisar como os veículos aéreos não tripulados (VANTs) podem melhorar a eficiência e a coordenação das missões, especialmente em áreas de difícil acesso. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, com base na análise documental de normas e relatórios oficiais, como o MCA 64-3 e a NSCA 64-1, além de estudos acadêmicos relevantes. Por meio desse processo, busca-se verificar a viabilidade da integração de VANTs nas operações de resgate, contribuindo para a modernização e eficácia das missões conduzidas pela FAB. São abordados aspectos técnicos e operacionais relacionados aos modelos de VANTs já empregados pela FAB, como o Hemes 450, Hemes 900 e Heron I, e analisada a ausência de diretrizes claras e específicas para seu uso específico em ações de busca e salvamento. Ao propor a incorporação dos VANTs à doutrina SAR brasileira, este trabalho busca contribuir para a modernização do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico, reforçando a capacidade de resposta da FAB diante de emergências. Trata-se, desse modo, de uma análise que interliga fundamentos teóricos, estudo de caso e reflexões

¹ Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma *Ártemis*, 2025).

² Prof Titular de Matemática na Academia da Força Aérea e integrante do Grupo de Pesquisa em Modelagem Matemática e Computacional - GMMC. E-mail firmianoafj@fab.mil.br

voltadas à preservação de vidas humanas e ao desenvolvimento das capacidades operacionais da FAB.

Palavras-chave: busca e salvamento; coordenação de operações; Força Aérea Brasileira; operação Gol 1907; Veículos Aéreos não tripulados (VANTs).

ABSTRACT

This study investigates the feasibility of using drones in search and rescue operations conducted by the Brazilian Air Force (FAB), focusing on the analysis of the Gol 1907 flight accident. The objective is to examine how unmanned aerial vehicles (UAVs) can enhance the efficiency and coordination of missions, especially in areas that are difficult to access. The research adopts a qualitative approach, based on the documental analysis of official regulations and reports, such as the MCA 64-3 and NSCA 64-1, in addition to relevant academic studies. Through this process, the study seeks to assess the feasibility of integrating UAVs into rescue operations, contributing to the modernization and effectiveness of the missions conducted by the FAB. The analysis addresses technical and operational aspects related to the UAV models already employed by the FAB, including the Hermes 450, Hermes 900 and Heron I. It also examines the lack of clear and specific guidelines for their use in search and rescue actions. By proposing the incorporation of UAVs into the Brazilian SAR doctrine, this work aims to contribute to the modernization of the Aeronautical Search and Rescue System and to strengthen the FAB's response capacity in emergency situations. This is, therefore, an analysis that interconnects theoretical foundations, a case study and reflections focused on the preservation of human lives and the development of the FAB's operational capabilities.

Keywords: search and rescue; operations coordination; Brazilian Air Force; Gol 1907 operation; Unmanned Aerial Vehicles (UAVs).

1 INTRODUÇÃO

No dia 29 de setembro de 2006, o país foi marcado por um dos mais trágicos acidentes da aviação civil: a colisão entre o Boeing 737, da empresa Gol Linhas Aéreas, o qual originou o falecimento de 154 indivíduos. Para além do impacto social e psicológico, o episódio relatado deixou explícito os inúmeros desafios enfrentados pelas operações de busca e salvamento em um âmbito do território nacional, com particularidades geográficas e ambientais que dificultam a atuação das equipes. Desse modo, a resposta oferecida pela FAB ao ocorrido, desencadeou limitações; restrições, que, quase duas décadas depois, ainda são evidentes.

Ademais, torna-se fundamental apontar a questão principal deste trabalho: analisar a incorporação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), conhecidos popularmente como drones, nas missões de busca e salvamento conduzidas pela FAB. Busca-se compreender de que maneira essas ferramentas podem ampliar a capacidade de resposta, garantir maior segurança às tripulações e otimizar a coordenação tática em situações de emergência - dando ênfase em regiões de acesso limitado, como a floresta amazônica ou áreas interioranas.

Este artigo, ao tomar como estudo de caso o acidente do voo Gol 1907, busca justamente evidenciar os potenciais ganhos operacionais da aplicação desses recursos tecnológicos, contribuindo para o debate sobre modernização militar, preparo estratégico e, acima de tudo, sobre a preservação de vidas humanas em situações-limite.

Conforme descrito na Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica, os documentos que regulamentam e padronizam procedimentos e atividades dentro do Comando da Aeronáutica (COMAER), o Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico (SISSAR) tem como objetivo empregar os meios necessários para garantir a prestação do Serviço de Busca e Salvamento, reforçando a importância da segurança na aviação (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2023b). O SISSAR foi estabelecido como parte integrante da estrutura do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) da Força Aérea Brasileira e segue as diretrizes da Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO, 2013). Entre suas competências estão a coordenação e execução de missões de busca e salvamento em território nacional e em águas jurisdicionais brasileiras.

Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 64-7), o SISSAR é responsável por prestar o Serviço de Busca e Salvamento em uma vasta região de aproximadamente 22 milhões de

quilômetros quadrados, que compreende todo o território brasileiro e suas águas jurisdicionais. Nesse sentido, operar um território de dimensões continentais, como o brasileiro, impõe desafios significativos às ações de busca e salvamento, devido à diversidade e à complexidade dos biomas presentes no país.

Essa diversidade ambiental exige planejamento meticuloso, capacitação constante e o uso de tecnologias adaptadas para garantir a eficácia das missões de Busca e Salvamento (SAR - Search and Rescue) em qualquer cenário no território nacional. Além disso, Angelo (2019)³, destaca que a contínua evolução tecnológica das plataformas aéreas não tripuladas e dos sensores que elas carregam alcançou um grau de maturidade que possibilita seu uso em missões cada vez mais desafiadoras.

Como referencial teórico, a análise girou em torno da aplicação de conceitos, a aplicabilidade presente na tecnologia militar no que diz respeito ao desenvolvimento de drones. Alguns recortes históricos foram trabalhados, como a Guerra Fria, evidenciando a capacidade operacional nas ações de reconhecimento contra a URSS. Em âmbito internacional, o uso de VANTs também se mostrou eficaz em situações de desastre, como nos incêndios florestais na Califórnia (2007), no terremoto do Haiti (2010), no desastre nuclear no Japão (2011) e em operações de resgate no mar Mediterrâneo (2013), (Cezne; Jumbert; Sandvik, 2016)⁴. Tais experiências demonstram que os drones são ferramentas versáteis, com potencial significativo para aprimorar a eficácia de missões de busca e salvamento, reduzindo riscos operacionais e acelerando os processos de localização e resgate.

Nesse contexto, Angelo (2019) salienta que forças aéreas de outros países, como a de Portugal, já reconhecem o potencial estratégico dos veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, e têm investido de forma consistente na sua integração às atividades operacionais. A incorporação visa não apenas à redução de custos operacionais e ao aumento da segurança das tripulações, mas também à ampliação da capacidade de vigilância, resposta rápida e cobertura de áreas de difícil acesso. Percebe-se que a importância do tema adquire especial relevância quando aplicada ao contexto das missões de busca e salvamento (SAR - Search and Rescue), cujas exigências demandam agilidade, precisão e eficácia nos processos de comando,

³ Capitão Aviador da Força Aérea Portuguesa, Armando Ricardo da Costa Ângelo

⁴ Eric **Cezne** é Pesquisador Júnior no Peace Research Institute Oslo (PRIO) e mestre em Relações Internacionais pela Norwegian University of Life Sciences (NMBU).

Maria Gabrielsen **Jumbert** é Pesquisadora Sênior no Peace Research Institute Oslo (PRIO).

Kristin Bergtora **Sandvik** é Diretora do Norwegian Centre for Humanitarian Studies e Pesquisadora Sênior no Peace Research Institute Oslo (PRIO).

controle e tomada de decisão. Nessas situações, cada minuto é crucial, e a utilização de plataformas mais versáteis pode representar a diferença entre o êxito da operação e a perda de vidas humanas.

Portanto, a presente pesquisa parte da seguinte pergunta norteadora: **de que maneira a incorporação de drones pode aprimorar a eficácia e a coordenação das operações de busca e salvamento (SAR) na Força Aérea Brasileira?** A análise desse problema se justifica diante da crescente complexidade das missões SAR, especialmente em um território de dimensões continentais como o brasileiro, que impõe desafios operacionais significativos à FAB. Nesse contexto, a introdução de novas tecnologias, como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), surge como alternativa promissora para a modernização e a otimização do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico (SISSAR), contribuindo para o cumprimento mais eficaz da missão de preservar vidas humanas. Ao final deste estudo, espera-se compreender como a adoção de tecnologias emergentes, como os drones, podem se integrar à doutrina SAR da FAB, contribuindo para a evolução do preparo operacional dos militares e para a consolidação de uma cultura organizacional voltada à inovação, à eficiência e à preservação da vida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TECNOLOGIA DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS)

De início, configura-se como definição inicial acerca dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) como aeronaves, sem um operador humano presente. É perceptível que o modo de controle pode ser realizado remotamente, através de sensores e satélites, capazes de executar diversas tarefas, tais como monitoramento, reconhecimento tático, vigilância, busca e salvamento. Harmonicamente os equipamentos de transmissão de dados, são capazes de transmitir, em tempo real, os dados recolhidos (DE CASTRO JORGE, 2013). Vale ressaltar, como apresentado por Silva (2018)⁵ a conveniência da aplicabilidade do termo “não tripulado” é mais correto do que se utilizar o termo “sem piloto”, onde este último deve ser usado apenas nos casos onde aeronaves convencionais (pilotadas) acabarem mantendo o rumo mesmo “sem piloto”, por motivos de acidente com o mesmo, inclusive com a possibilidade de pouso da aeronave através do “piloto automático”. Dessa forma, o potencial de aplicabilidade militar presente nessa tecnologia é latente.

Por conseguinte, paralelo a (Silva, 2018), o interesse pelo desenvolvimento de drones originou-se do surgimento das primeiras aeronaves. Sob o viés historiográfico, durante a Guerra Fria, e até mesmo em períodos anteriores, as versões relativamente avançadas desses dispositivos já demonstraram eficácia. Ao examinarmos a evolução desses sistemas, percebe-se que eles já possuíam capacidade operacional relevante, sendo utilizados pelos Estados Unidos em ações de reconhecimento contra a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS).

Com o passar do tempo, o amadurecimento da tecnologia propiciou, sobretudo em cenários militares, um maior emprego dos VANTs. Um relatório publicado em 2004 pelo *Defense Science Board*, vinculado ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos, evidenciou a importância dos drones em conflitos no Kosovo, Afeganistão e Iraque, destacando-se pela agilidade na obtenção e disseminação de informações relacionadas à Inteligência, Vigilância e Reconhecimento.

No contexto brasileiro, a Força Aérea Brasileira (FAB) iniciou, em 2010, a implementação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), abrindo um novo leque de possibilidades para o aprimoramento estratégico das missões conduzidas pela instituição. Atualmente, opera modelos como o Hermes 450 e o Hermes 900, fabricados pela Elbit Systems, além do Heron I, desenvolvido pela Israel Aerospace Industries (IAI). Esses sistemas são empregados em uma variedade de

⁵ Mestre em Relações Internacionais Moisés Camara da Silva.

operações, que vão desde a vigilância de fronteiras até missões de reconhecimento em áreas de difícil acesso, superando diversas limitações meteorológicas e logísticas associadas à operação de aeronaves tripuladas (Motta, 2023a).

Esses VANTs oferecem vantagens operacionais relevantes, como a capacidade de operar a altitudes de até 10 mil metros e autonomias de voo que variam entre 16 e 40 horas, dependendo do modelo. Além disso, o Hermes 900 e o Heron I são operados via satélite, o que elimina as restrições impostas pelo controle terrestre direto (Força Aérea Brasileira, 2014; Elbit Systems, 2020a; Elbit Systems, 2020b).

Paralelamente, de uma perspectiva internacional, o uso de VANTs em missões de busca e salvamento em áreas atingidas por desastres naturais tem se tornado cada vez mais comum. Entre os exemplos, destacam-se a atuação da Força Aérea dos Estados Unidos nos incêndios florestais ocorridos na Califórnia em 2007, a utilização desses veículos durante o terremoto que devastou o Haiti em 2010, o emprego de drones no monitoramento do desastre nuclear no Japão em 2011 e a participação da marinha italiana na operação humanitária Mare Nostrum, em 2013, com a aplicação desses equipamentos nas ações de busca e resgate de migrantes no mar Mediterrâneo, (Cezne; Jumbert; Sandvik, 2016).

Diante do exposto, os VANTs demonstram-se como ferramentas versáteis, com ampla aplicabilidade tanto em contextos militares quanto humanitários. Assim, consolidam-se como recursos indispensáveis nas operações modernas e resposta a situações de emergências, bem como a apresentada em Kersul (2016).

2.2 ANÁLISE DO ACIDENTE AÉREO: COLISÃO ENTRE O BOEING 737 E O LEGACY N600XL.

No Brasil, a responsabilidade pela investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos é atribuída ao SIPAER, sistema coordenado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Segundo o Relatório Final (CENIPA, 2008), que tem por finalidade apresentar o acidente ocorrido em 29 de setembro de 2006, tipificado como colisão em voo, ocorrência que envolveu O Boeing 737-8EH, matrícula PR-GTD, operado pela empresa brasileira Gol Linhas Aéreas, e o Embraer Legacy 600, matrícula N600XL, operado pela empresa norte-americana ExcelAire.

Todas as 154 pessoas a bordo do avião da Boeing morreram, porém os sete a bordo do Legacy sobreviveram após um pouso de emergência. A aeronave Legacy estava realizando um voo

de São José dos Campos (SP) para Fort Lauderdale nos Estados Unidos com uma parada em Manaus. Enquanto o Boeing voava para o Rio de Janeiro com uma parada técnica em Brasília. As duas aeronaves colidiram às 19h56 sobre Peixoto de Azevedo, no norte de Mato Grosso, a 37.000 pés na rota aérea UZ6. A asa direita do Legacy atingiu a asa esquerda do Boeing, criando um buraco na fuselagem do mesmo. Devido à energia do impacto o GOL 1907 entrou em uma descida vertical, desintegrando-se enquanto estava no ar. O Legacy foi severamente danificado, mas ainda se mantinha em situação controlável realizando um pouso em emergência na Base Aérea de Teste de Pouso Brigadeiro Veloso (SBCC), na Serra do Cachimbo (PA).

A investigação do CENIPA apontou diversos fatores que contribuíram para o acidente, incluindo falhas humanas, técnicas e organizacionais. Algumas das principais causas identificadas foram a falta de transmissão do transponder do Legacy, que parou de enviar informações durante uma grande parte do voo sem o conhecimento da tripulação, e a baixa familiaridade dos pilotos do Legacy com os padrões e procedimentos em uso no espaço aéreo brasileiro.

Como consequência do acidente, uma enorme mobilização de busca e resgate (SAR), sob o comando da Força Aérea Brasileira, foi iniciada. Os destroços do Boeing foram encontrados em 30 de setembro perto de uma área remota de mata fechada. Mais de 200 militares, equipes de engenharia, e diversas aeronaves como H-1H participaram da busca. A recuperação dos restos mortais foi um processo árduo devido à localização, à desintegração do avião e às condições meteorológicas. As vítimas foram identificadas em Brasília por equipes do Instituto Médico Legal (IML), que trabalhavam em conjunto com as equipes SAR para identificação das 154 vítimas.

Abaixo, a título de exemplificação, segue uma imagem feita pela Agência Força Aérea presente no livro *Ninguém ficou para trás: a operação de busca e resgate do voo 1907* do ano de 2016, referente a o avistamento dos destroços da aeronave:



Figura 1 A mais de 500 metros da clareira central, a cabine da aeronave está totalmente destruída e o local é utilizado como clareira secundária e ponto de referência.

Fonte: *Ninguém ficou para trás: a operação de busca e resgate do voo 1907*. Rio de Janeiro: Action Editora, 2016.

2.3 TECNOLOGIA COMO COMPONENTE DA MODERNIZAÇÃO OPERACIONAL MILITAR

A introdução de novas tecnologias em aplicações militares é crucial para a adaptação da doutrina e para a melhoria do treinamento operacional. No campo da aviação e de busca e salvamento (SAR), veículos aéreos não tripulados (VANTs), também conhecidos como drones, representam uma solução promissora para aumentar a efetividade das missões e salvar vidas humanas.

Conforme destacado por Saraiva (2023)⁶, o uso de drones no Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico Brasileiro (SISSAR) ainda não foi regulamentado nos manuais e treinamentos da Força Aérea Brasileira (FAB), o que demonstra uma lacuna que deve ser preenchida, considerando os desafios que o país enfrenta em um território de extensão continental e biomas tão distintos e difíceis de serem alcançados como a floresta amazônica.

A tecnologia como aliada à preparação operacional se torna ainda mais evidente quando consideramos como ela está diretamente relacionada à tomada de decisão, coordenação tática e eficiência logística, Saraiva (2023). Outrossim, NEVES (2018) afirma que o uso de VANTs Colaborativos, veículos aéreos não tripulados que colaboram entre si para atingir um objetivo,

⁶ Capitão Aviador Victor Hugo Sfredo Saraiva

reduzindo tempos de resposta e recursos necessários para localizar o alvo, poderiam reduzir as dificuldades latentes da localização dos alvos. Dito isso, pode-se afirmar que esta implementação representaria uma mudança doutrinária no contexto SAR, oferecendo assistência visual em tempo real, aumentando a segurança da tripulação e acelerando o tempo de resposta em momentos críticos vitais para o sucesso das operações.

Paralelamente, Experiências internacionais, como a da Força Aérea Portuguesa que em seus manuais, também reforçam o caráter transformador dos VANTs em missões de vigilância e resgate, mencionando a utilização de estações de alta precisão, que pode identificar objetos no mar, mesmo em condições meteorológicas adversas, Angelo (2019).

Diante disso, a literatura técnico-científica indica uma crescente necessidade de atualização doutrinária, desenvolvimento de pessoal e introdução de ferramentas tecnológicas que possam satisfazer as novas demandas da realidade operacional atual.

3 JUSTIFICATIVA

A atuação da FAB em operações de busca e salvamento é uma das missões mais complexas dentro do espectro que visa a defesa nacional. Em um país com dimensões como o Brasil, que reúne particularidades regionais, além de áreas remotas, os desafios operacionais se tornam ainda mais presentes. O caso do voo Gol 1907, evidenciou essas dificuldades. Indubitavelmente. A resposta da FAB foi marcada por esforço e dedicação, evidenciando, também, limitações logísticas, dificuldades de acesso e a ausência de ferramentas tecnológicas capazes de acelerar e otimizar a missão de resgate. Desde então, o avanço tecnológico - em especial no campo de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) - têm transformado a maneira como diversas forças armadas conduzem operações de resgate e reconhecimento. Países como Estados Unidos, Israel, Portugal e Itália já incorporaram os VANTs de forma sistemática a suas de busca, principalmente em cenários de desastres naturais e acidentes de difícil acesso. As experiências revelam ganhos importantes em termos de agilidade, precisão e segurança para as equipes na coleta de dados em tempo real.

Em paralelo a isso, mesmo com a existência de modelos - operados pela FAB - o uso concentra-se em ações de patrulhamento e inteligência, estando pouco presente no âmbito de busca e salvamento. Assim, este trabalho justifica-se pela necessidade de refletir sobre o papel estratégico que os drones podem desempenhar na modernização do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico. A partir da análise do Gol 1907, busca-se compreender como a incorporação desses recursos pode contribuir de forma concreta para o aprimoramento das capacidades operacionais da FAB. Discutir esse tema e pensar na coletividade, investir na eficiência da estrutura militar, bem como acompanhar a evolução tecnológica que redefine a trajetória da defesa e segurança até mesmo em uma escala global.

4 FONTES

A seleção das fontes utilizadas nesta monografia obedeceu a critérios de relevância, e atualidade, visando garantir a solidez da análise proposta. Diante da natureza técnica e estratégica no que tange a incorporação dos VANTs foi fundamental recorrer a documentos oficiais, manuais institucionais, estudos de caso, relatórios operacionais e publicações especializadas tanto nacionais quanto internacionais.

Entre os manuais consultados, destacam-se normas da própria FAB como MCA 64-3 e a NSCA 64-1, as quais regulamentam os procedimentos do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico, além do relatório oficial do CENIPA sobre o acidente do voo Gol 1907, que serve como base empírica para a construção deste trabalho. Também foram incorporados estudos acadêmicos produzidos por oficiais da aeronáutica e pesquisadores civis que abordam desde a aplicação em cenários de resgate, assim como as evoluções tecnológicas.

Desse modo, as fontes utilizadas neste trabalho embasam teoricamente a discussão, e também, sustentam a proposta de modernização do sistema operacional da FAB com dados, análises críticas e referenciais práticos, assegurando o rigor metodológico e um equilíbrio entre a teoria e a prática.

5 METODOLOGIA

Nesta pesquisa, adotou-se uma metodologia de revisão bibliográfica e análise documental, de caráter qualitativo, conforme as diretrizes propostas por Antônio Carlos Gil (2002), Mestre e Doutor em Ciências Sociais. Trata-se de uma pesquisa com abordagem descritiva, cujo objetivo é reunir, interpretar e discutir informações técnicas, relatórios oficiais, artigos científicos, entre outros documentos relevantes ao tema. A investigação busca analisar a viabilidade do uso de drones em operações de busca e salvamento conduzidas pela Força Aérea Brasileira (FAB), tendo como estudo de caso o acidente envolvendo o voo Gol 1907.

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos a partir de artigos científicos, normas regulamentadoras, revistas governamentais e reportagens, acessados por meio de bases de dados como Google Acadêmico e SciELO, além de sites institucionais e documentos oficiais. A análise documental incluiu a leitura e interpretação de normas elaboradas pela Força Aérea Brasileira (FAB), como o MCA 64-3 (Manual de Coordenação de Busca e Salvamento) e o NSCA 64-1 (Padrão do Sistema de Comando da Aeronáutica), além do relatório final do CENIPA sobre o acidente do voo Gol 1907 (CENIPA, 2008). Esses documentos foram confrontados com estudos acadêmicos que abordam o emprego de veículos aéreos não tripulados (VANTs) em missões de resgate, a exemplo dos trabalhos de Saraiva (2023) e Ângelo (2019)

A análise comparativa foi aplicada para examinar as diferentes tecnologias e aplicações operacionais dos VANTs empregados pela Força Aérea Brasileira, considerando suas respectivas capacidades, vantagens e limitações em cenários de busca e salvamento. Já a análise descritiva concentrou-se na caracterização técnica dos modelos RQ-450, RQ-900 e RQ-1150, avaliando sua autonomia, sensores embarcados e adequação a ambientes de difícil acesso, como os encontrados na operação do acidente do voo Gol 1907. Para integrar as diversas fontes consultadas, incluindo documentos normativos da FAB como o MCA 64-3 e o NSCA 64-1, relatórios do CENIPA e estudos acadêmicos, foi realizada uma análise qualitativa estruturada em categorias temáticas e baseada na organização interpretativa dos conteúdos. A análise comparativa permitiu identificar pontos de convergência e lacunas entre os documentos oficiais e os trabalhos científicos, enquanto a categorização temática agrupou as informações por áreas como logística, vigilância aérea e coordenação tática. Por fim, a interpretação integrada dessas informações possibilitou uma visão articulada sobre a potencial inserção dos drones na doutrina SAR da FAB

Por fim, espera-se, ao examinar o referencial teórico, alcançar o objetivo de analisar como a incorporação de drones pode aprimorar a eficácia e a coordenação das operações de busca e salvamento na Força Aérea Brasileira, utilizando o acidente Boeing da Gol 1907 como estudo de caso.

6 DESENVOLVIMENTO

6.1 DIFICULDADES DE OPERAÇÃO DE RESGATE.

Assim como é retratado no livro da jornalista Maria Tereza Kersul. “NINGUÉM FICOU PARA TRÁS, A Operação de Busca e Resgate do Voo 1907.” e em (CENIPA, 2008) a operação SAR, coordenada pela Força Aérea Brasileira, mobilizou militares especializados, aeronaves de transporte, helicópteros, estruturas de apoio logístico terrestre e aéreo, além de equipes de perícia e identificação de vítimas. A localização do ponto de impacto, confirmada no dia seguinte do acidente ocorrido, foi dificultada pela ausência de estradas, densa cobertura vegetal e pelo acesso exclusivamente aéreo. As equipes de resgate foram infiltradas por meio de helicópteros, com saltos e rapel, operando sob condições climáticas adversas. O ambiente estabelecia obstáculos como temperaturas superiores a 40 graus Celsius, umidade intensa, presença de animais peçonhentos e vegetação composta por árvores de até 40 metros de altura, o que comprometia a visibilidade aérea e dificultavam a movimentação das tropas.

Além disso, foi necessário construir clareiras improvisadas, denominadas Pontos de Içamento, abertas manualmente com facões e motosserras, para permitir o acesso dos helicópteros e possibilitar a evacuação vertical dos corpos. Para mais, sacolas plásticas reforçadas e lonas foram utilizadas para acondicionar os restos mortais, que eram transportados inicialmente até a Fazenda Jarinã, ponto de controle mais próximo, cerca de 41 quilômetros da área de impacto, e posteriormente levados à Base Aérea do Cachimbo. As fotografias presentes no relato de (KERSUL, 2016) revelam o uso de tendas improvisadas, tambores plásticos, mochilas táticas e outros recursos rudimentares de campo, evidenciando a escassez de infraestrutura e a necessidade de improvisação diante da hostilidade do terreno. A ausência de vias terrestres obrigava deslocamentos prolongados a pé, com carga pesada, e a instalação de postos avançados em locais sem proteção adequada contra o clima e os riscos biológicos.

Ademais, a dispersão dos destroços e dos corpos, provocada pela desintegração da aeronave em voo (CENIPA, 2008), exigiu buscas meticulosas e manuais em uma ampla área de mata fechada. Foram utilizados detectores de metais manuais, para localizar peças enterradas sob o solo. A recuperação dos gravadores de voo demandou escavações cuidadosas e durou vários dias. Em meio a esse cenário, é evidente que o uso de tecnologias baseadas em VANTs teria proporcionado vantagens significativas à operação. A varredura aérea preliminar da área de impacto poderia ter sido realizada com mais rapidez e precisão, permitindo a identificação de pontos de acesso mais

seguros e rotas de aproximação (Motta, 2023a). Nesse sentido, o mapeamento georreferenciado dos destroços e a marcação de coordenadas GPS poderia ter facilitado a navegação das equipes em solo e a coordenação das ações logísticas e de evacuação. Outrossim, a cobertura aérea contínua com drones equipados com câmeras, possibilitaria o acompanhamento em tempo real das atividades, a detecção de obstáculos e a redução de riscos operacionais.

Como exemplo, a seguir é apresentada uma imagem produzida pela Agência Força Aérea, extraída do livro *Ninguém ficou para trás: a operação de busca e resgate do voo 1907*, publicado em 2016, que retrata as dificuldades de operação e resgate:



Figura 2 Acampamento central ao lado da clareira e da fuselagem da aeronave.

Fonte: *Ninguém ficou para trás: a operação de busca e resgate do voo 1907*. Rio de Janeiro: Action Editora, 2016.



Figura 3 Abertura de uma das clareiras, utilizada como ponto de apoio ao resgate.

Fonte: *Ninguém ficou para trás: a operação de busca e resgate do voo 1907*. Rio de Janeiro: Action Editora, 2016.

6.2 DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS ANALISADAS

As opções avaliadas neste estudo foram selecionadas com base na atual disponibilidade de aeronaves Força Aérea Brasileira e em sua compatibilidade com operações de busca e salvamento, conforme apontado por Motta (2023b) e pelas possibilidades de uso discutidas por Cezne, Jumbert e Sandvik (2016). Além disso, é importante salientar que a operação desses vetores envolve pelo menos duas pessoas, um piloto e um coordenador tático, mas esse número pode ser muito maior, a depender da complexidade dos sensores utilizados, o que chama a atenção para as suas necessidades logísticas visando o seu pleno emprego.

Sob essa perspectiva, as principais opções dentro do contexto da Força Aérea Brasileira são: RQ-450, RQ-900 e RQ-1150:

Em primeira análise, o RQ-450 apresenta perfil voltado à mobilidade tática e à rápida atuação, sendo mais indicado para operações de curta duração e coleta ágil de dados em regiões específicas. Contudo, sua menor autonomia e alcance limitam seu uso em situações que exijam cobertura mais ampla (Elbit Systems, 2020a).

Já o RQ-900, destaca-se por sua longa autonomia e por contar com sensores avançados, capazes de capturar imagens de alta definição e fornecer informações detalhadas sobre o ambiente.

Seu excelente desempenho em missões de vigilância e inteligência proporciona uma visão abrangente e precisa do terreno, o que pode ser fundamental na identificação de destroços em áreas próximas ao local do acidente (Elbit Systems, 2020b).

“Além dos recursos já conhecidos do RQ-450 Hermes, entre as principais vantagens operacionais do Hermes 900 está o SkyEye. Trata-se de um conjunto de 10 câmeras de alta resolução que permitem a vigilância de uma região inteira. O software, que processa o conjunto de imagens, permite a visualização de maneira independente, o que permite monitorar dentro de uma mesma área diferentes alvos simultaneamente. Cerca de 10 pessoas serão necessárias para operar a nova ferramenta. Este sensor que equipa o Hermes 900 comprado pelo Brasil até o momento estava disponível apenas para as Forças Armadas de Israel.” (HERMES, 2014).

Por fim, o RQ-1150 se sobressai por sua flexibilidade operacional, sendo adequado a diversos tipos de cenários. Foi originalmente importado pela Polícia Federal (PF) e utilizado contra o tráfico de drogas e o contrabando, especialmente na faixa de fronteira, mostrando-se particularmente eficaz em missões de longa duração que exigem monitoramento constante. Apesar de seus sensores serem tecnicamente inferiores aos do RQ-900, seu custo-benefício e capacidade de adaptação representam vantagens relevantes (Israel Aerospace Industries, 2024) e Motta (2023b).

Nesse sentido, a alternativa RQ-900 se destaca por suas características relacionadas à versatilidade de emprego, elevada autonomia e capacidade de capturar imagens em alta resolução. Esses recursos permitem um mapeamento rápido e preciso do ambiente, o que contribui para a elaboração de estratégias mais eficientes de busca, além de potencializar o desempenho das equipes em solo, especialmente em locais de difícil acesso, como a Floresta Amazônica, ou mesmo em operações no litoral. Esse tipo de aplicação já é adotado, por exemplo, pela Força Aérea Portuguesa, conforme salientado pelo Capitão Aviador Armando Ricardo da Costa Ângelo.

A título de ilustração, apresenta-se abaixo uma tabela a qual evidencia algumas das capacidades técnicas de cada modelo analisado:

Designação	Raio de Operação	Altura máxima de Operação	Autonomia
RQ-450	250 quilômetros	9 mil metros	30 horas de voo
RQ-900	Sem restrição	5 mil metros	16 horas de voo
RQ-1150	250 quilômetros	9 mil metros	30 horas de voo

Figura 4 elaboração própria a partir da análise de dados.

Fonte: Motta (2023b) e (Silva 2022).

Observa-se acima uma tabela que visa sintetizar critérios técnicos fundamentais para a análise de desempenho operacional dos três modelos em análise: RQ-450, RQ-900 e RQ - 1150.

A primeira coluna, intitulada “Designação”, identifica o nome de cada aeronave, tornando-se fundamental para distinguir as diferentes plataformas, atuando como uma referência direta para as especificações das demais colunas.

A segunda coluna corresponde ao “Raio de operação”, à distância máxima de atuação da plataforma a partir de seu ponto de controle. Essa informação é importante para determinar a área de cobertura operacional do equipamento, principalmente para missões de busca e resgate a longas distâncias.

A terceira coluna tratada “Altura máxima de Operação” indicando a altitude, em metros, que cada aeronave pode atingir durante suas missões. Essa variável é relevante para o planejamento de voos em terrenos variados, incluindo regiões de grande altitude ou vegetação densa.

Por fim, a quarta coluna apresenta o termo “Autonomia”, a qual se refere ao tempo máximo que cada aeronave permanece em voo contínuo. Este fator é determinante para o sucesso de operações de buscas, nas quais a permanência prolongada no ar aumenta significativamente as chances de localizar vítimas, monitorar áreas extensas e manter vigilância constante sobre zonas críticas

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde sua origem, a Força Aérea Brasileira vem enfrentando desafios operacionais em missões de busca e salvamento, especialmente em função da complexidade geográfica e ambiental do território nacional. A análise do caso do acidente do voo Gol 1907 revelou as limitações logísticas e estruturais encontradas pelas equipes SAR, destacando a urgência da incorporação de tecnologias que ampliem a capacidade de resposta, aumentem a segurança e reduzam o tempo de operação em cenários inóspitos.

Nesse contexto, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) surgem como ferramentas tecnológicas altamente promissoras, capazes de transformar a doutrina e a prática das missões SAR conduzidas pela FAB. Sua aplicação já é observada com sucesso em experiências internacionais, tanto no campo militar quanto em ações humanitárias. Esses equipamentos oferecem cobertura aérea contínua, coleta de dados em tempo real e georreferenciamento preciso, elementos essenciais para a eficácia de operações em regiões de difícil acesso.

O estudo também revela a ausência de regulamentações específicas no escopo da doutrina SAR da FAB que prevejam o uso de drones. Essa lacuna normativa limita a integração plena dessas tecnologias às operações. Portanto, é imperativo que a instituição atualize seus manuais, invista na capacitação técnica das equipes e desenvolvam protocolos operacionais que contemplem o emprego dos VANTs como vetores regulares nas missões de busca e salvamento.

A convergência entre inovação tecnológica e missão institucional da FAB aponta para uma trajetória de modernização que reforça o compromisso com a preservação da vida humana. A adoção de drones no contexto SAR representa não apenas um avanço operacional, mas também um salto estratégico que pode redefinir os paradigmas da atuação aérea em situações de emergência.

Pesquisas futuras devem se concentrar em simulações operacionais com drones nos Centros de Coordenação SAR, na análise de custo-benefício de sua implementação em larga escala e no desenvolvimento de doutrinas específicas para o uso colaborativo de VANTs em território nacional.

REFERÊNCIAS

- ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. NPA 337 – DE:** Procedimentos referentes ao Trabalho de Conclusão de Curso de Formação de Oficiais da Academia da Força Aérea para o ano de 2024. Pirassununga: Academia da Força Aérea, 2024. Disponível em: <https://ensino2.fab.mil.br/afa/course/view.php?id=463>. Acesso em: 09 out. 2024.
- ÂNGELO, Armando Ricardo da Costa.** Utilização de UAVs no dispositivo SAR. [S.l.]: [s.n.], [s.d.].
- CEZNE, E.; JUMBERT, M. G.; SANDVIK, K. B.** Drones como veículos para a ação humanitária: perspectivas, oportunidades e desafios. *Conjuntura Austral*, [S.l.], v. 7, n. 33-34, p. 45–60, 2016. DOI: 10.22456/2178-8839.60267. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ConjunturaAustral/article/view/60267>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- COMANDO DA AERONÁUTICA. ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS – CENIPA.** Relatório Final A-022/CENIPA/2008. Disponível em: https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PR_GTD_N600XL_29_09_06.pdf. Acesso em: 20 jul. 2024.
- DE CASTRO JORGE, Lúcio André; INAMASU, Ricardo Y.** Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. *Ferramentas para agricultura de precisão*, v. 8, p. 109, 2013.
- ELBIT SYSTEMS.** Detalhes do produto Hermes 450. 2020a. Disponível em: <https://elbitsystems.com/products/uas/hermes-450/>. Acesso em: 26 set. 2024.
- ELBIT SYSTEMS.** Detalhes do produto Hermes 900. 2020b. Disponível em: <https://elbitsystems.com/product/hermes-900-5/>. Acesso em: 26 set. 2024.
- FAJER, Márcia.** Sistemas de investigação dos acidentes aeronáuticos da aviação geral: uma análise comparativa. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b29c/0b2f671b953fabaf4f2799a35cea6f8ef782.pdf>. Acesso em: [s.d.].
- FORÇA AÉREA BRASILEIRA.** Aeronave Remotamente Pilotada da FAB realiza primeiro voo de traslado. *Força Aérea Brasileira*, 23 set. 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39791/VOO%20IN%C3%89DITO%20-%20Aeronave%20>

[Remotamente%20Pilotada%20da%20FAB%20realiza%20primeiro%20voo%20de%20traslado.](#)

Acesso em: 25 fev. 2025.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. HERMES 900 reforça capacidade operacional da FAB no reconhecimento eletrônico. *Força Aérea Brasileira*, 27 mar. 2014. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/imprime/18093>. Acesso em: 27 ago. 2024.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. [S.l.]: Atlas, 2002. Disponível em: https://www.academia.edu/download/31031805/9482_lista_de_revisao_1%C3%83%E2%80%9Ao_bimestre_com_respostas_direito.pdf. Acesso em: [s.d.].

GONÇALVES, L.; DAMAS, B. Detecção automática de naufragos em missões SAR usando UAVs. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Damas-2/publication/381128380_Deteccao_automatica_de_naufragos_em_missoes_SAR_usando_UAVs/links/665ef9ab2f32b240a563a27a/Deteccao-automatica-de-naufragos-em-missoes-SAR-usando-UAVs.pdf. Acesso em: [s.d.].

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION – ICAO. ICAO Regional Accident/Incident Investigation Workshop for the NAM/CAR Regions. Montreal: ICAO, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/icao.pdf/view>. Acesso em: 08 out. 2024.

ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES. Heron. Disponível em: <https://www.iai.co.il/p/heron>. Acesso em: 30 set. 2024.

KERSUL, Maria Tereza. Ninguém ficou para trás: a operação de busca e resgate do voo 1907. Rio de Janeiro: Action Editora, 2016.

MARQUES, Pedro Miguel Carvalho. Pré-posicionamento de veículos aéreos não tripulados para missões de fiscalização marítima e busca e salvamento. 2021. Tese (Doutorado) – [Instituição não informada].

MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA. DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira. Brasília: EMAER, 2020. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/conteudo/D-QBRN/DCA_1-1_DOCTRINA_BSICA_DA_FORA_AEA_BRASILEIRA_-_VOLUME_2_2020.pdf. Acesso em: 18 jul. 2024.

MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA. DCA 3-1: Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Força Aérea Brasileira para os anos de 2022 a 2024, 30 jun. 2022. Disponível em:

<https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/seguranca-de-voos?download=244:dca-diretriz-do-comando-da-aeronautica>. Acesso em: 07 out. 2024.

MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Portaria DECEA nº 98/DGCEA, de 26 de julho de 2019. Aprova a reedição do MCA 64-3, Manual de Coordenação de Busca e Salvamento. *Boletim do Comando da Aeronáutica*, Rio de Janeiro, n. 144, 15 ago. 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Portaria DECEA nº 673/DSAR, de 23 de janeiro de 2023. Aprova a reedição da NSCA 64-1. *Boletim do Comando da Aeronáutica*, Rio de Janeiro, n. 30, fl. 2229, 13 fev. 2023.

MOTTA, M. “Olhos no céu”: a incorporação de veículos aéreos não tripulados israelenses pela Força Aérea Brasileira. *Hoplos – Revista de Estudos Estratégicos e Relações Internacionais*, v. 6, n. 11, p. 27–50, 2023a. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/hoplos/article/view/54696>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MOTTA, M. Olhos da Pátria: o emprego de aeronaves remotamente pilotadas pela Força Aérea Brasileira. 2023b. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/8061>. Acesso em: 10 abr. 2025.

NEVES, Tiago Duarte Neves. Veículos aéreos não tripulados colaborativos e a importância do emprego nas operações SAR. *Revista Marítima Brasileira*, v. 138, n. 01/03, p. 218-218, 2018. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistamaritima/article/download/645/638>. Acesso em: [s.d.].

SARAIVA, Victor Hugo Sfredo. Drones e SAR: um estudo sobre os ganhos da utilização dos vetores não tripulados para coordenação do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico. 2023. Tese (Doutorado) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica. Disponível em: https://www.redebia.dirensri.fab.mil.br/Direns_RI/acervo/detalhe/90382. Acesso em: [s.d.].

SCHRAMM, João Francisco. O domínio do ar: surgimento, impacto e evolução do poder aéreo nas duas grandes guerras mundiais. *Revista da UNIFA*, v. 32, n. 2, p. 37-46, 2019. Disponível em: <https://revistadaunifa.fab.mil.br/index.php/reunifa/article/view/250>. Acesso em: [s.d.].

SILVA, Lucas Roberto da. Os sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP): uma visão das atuais capacidades e tendências futuras dos países da América do Sul. 2022. 32 f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/11894>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SILVA, M. C. da. A “revolução militar” dos drones (2001 a 2018): da “caçada humana” no Afeganistão às várias frentes de batalha no Oriente Médio e ao aumento da escala da guerra entre as “grandes potências”. 2018. 160 f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3435>. Acesso em: 16 maio 2025.

VIEIRA, Felipe Koeller Rodrigues. Análise do resgate das vítimas de acidente aéreo como atividade de transporte: um estudo de caso do voo Gol 1907. *Revista Conexão SIPAER*, v. 2, n. 2, p. 227-242, 2011. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/89>. Acesso em: [s.d.].

VOLPATO, Gilson Luiz. Como escrever um artigo científico. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, Recife, v. 4, p. 97-115, 2007. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/93>. Acesso em: 04 jul. 2018