

Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas para Transportar Suprimentos nas Operações em Montanha: possibilidades do futuro testadas em Simulação Construtiva

Remotely Piloted Aircraft Systems for Supplying Mountain Operations: future possibilities tested in Constructive Simulation

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar e discutir a viabilidade da utilização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) para o transporte de suprimentos em Operações em Montanha, em comparação de aeronaves de asa rotativa, considerando a ameaça antiaérea. Este estudo foi apoiado, principalmente, em simulação construtiva, usando a ferramenta COMBATER (software *Sword*). Definiu-se um cenário, no qual um Pelotão de Reconhecimento demanda 57 kg de suprimento diário. Foram comparados três vetores (a aeronave *Fennec* (asa rotativa), o SARP TRV-150 e o SARP DJI *Flycart30*) e três itinerários idealizados, que exploraram elevações para minimizar exposição ao inimigo. Como resultado, a *Fennec* cumpriria a missão em menos tempo, mas foi abatida em 100 % das simulações. O TRV-150 apresentou sucesso parcial (66 %) com 33 % de baixas, enquanto o *Flycart30* alcançou até 89 % de entrega e 22–33 % de perdas, ocorridas sobretudo ao atravessar pontos altos do terreno. Sendo assim, apesar da maior duração do ressuprimento por SARP (de 23 a 42 minutos, contra \approx 17 min da *Fennec*), as dimensões reduzidas e o voo a baixa altitude garantiram maior sigilo e menor risco. Os SARP demonstraram ser alternativa mais segura e materialmente menos onerosa que aeronaves de asa rotativa para suprimento em terreno montanhoso, ainda que impliquem maior tempo de missão. Recomenda-se conduzir ensaios práticos com os equipamentos estudados para validar operacionalmente os achados da simulação.

Palavras-chave: Transporte. Suprimento. Montanha. SARP. Simulação.

ABSTRACT

This paper assesses the feasibility of using Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) for transporting supplies in mountain operations, as an alternative to rotary-wing aircraft, under antiaircraft threats. Using constructive simulation with the COMBATER tool (*Sword* software), we defined a scenario where a Reconnaissance Platoon requires 57 kg of daily supplies. Three vectors—the *Fennec* (rotary-wing), TRV-150 RPAS, and DJI *Flycart30* RPAS—and three routes leveraging terrain elevations to minimize enemy exposure were compared. The *Fennec* completed the mission faster but was shot down in 100% of simulations. The TRV-150 achieved 66% delivery success with 33% losses, while the *Flycart30* reached up to 89% delivery success with 22–33% losses, primarily when crossing high terrain points. Despite longer resupply times (23 to 42 minutes versus approximately 17 minutes for the *Fennec*), the smaller size and low-altitude flight of RPAS ensured greater stealth and reduced risk. RPAS proved a safer and less costly alternative for supply transport in mountainous terrain, despite longer mission times. Practical tests with the studied equipment are recommended to validate the simulation findings.

Keywords: Transportation. Supplies. Mountain. RPAS. Simulation.

Erik Ribeiro Souza

Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais –
ESAO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Email: erikribsouza@gmail.com

ORCID:
<https://orcid.org/0009-0006-2775-2159>

Elmar de Azevedo Burity

Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais –
ESAO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Email: elmarburity@gmail.com

ORCID:
<https://orcid.org/0009-0006-3099-2241>

Received: **10 Jun 2025**

Reviewed: **Jun/Jul 2025**

Received after revised: **29 Aug 2025**

Accepted: **1 Sep 2025**



RAN

Revista Agulhas Negras

eISSN (online) **2595-1084**

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1 Introdução

O Ambiente Operacional (AMBO) de Montanha tem como uma de suas características principais possuir acidentes no relevo com considerável desnível em relação ao terreno circunvizinho. Apresenta-se, portanto, em terrenos compartmentados, com encostas íngremes, ravinas profundas, paredões rochosos, precipícios, desfiladeiros e precariedade de caminhos (Brasil, 2022a). A complexidade imposta por essas condições dificulta o movimento de tropas e o fluxo logístico, exigindo soluções alternativas para o transporte de suprimentos. Outrossim, o rigor climático e a necessidade de manutenção do sigilo nas Operações, impõe riscos ao ressuprimento aéreo.

Neste contexto, destaca-se a importância e necessidade de estudos para validar a exploração de novas tecnologias capazes de superar tais obstáculos, dentre elas, os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), com potencial aplicação no apoio logístico a frações em áreas de difícil acesso. Assim, buscou-se, neste trabalho, analisar a viabilidade da utilização de SARP para o transporte de suprimentos em Operações em Montanha, em comparação com o uso de aeronaves de asa rotativa, considerando a ameaça antiaérea.

Para investigar a viabilidade considerando a ameaça antiaérea, foi feita uma pesquisa bibliográfica para considerar todos os aspectos doutrinários e práticos relacionados ao tema. Em sequência, foi utilizado o *software* COMBATER para modelar um cenário doutrinário em que uma fração está destacada em terreno montanhoso, sem via de acesso rodoviária disponível, impelindo a realização do ressuprimento aéreo. O *software* COMBATER é a customização do jogo de guerra SWORD, de empresa francesa, implantado desde a década passada para treinamento de Estados-maiores na Força Terrestre.

Por fim, espera-se que este estudo possa contribuir com o desenvolvimento doutrinário da logística, sobretudo no AMBO específico de Montanha, bem como consolidar a importância da inovação logística, capaz de oferecer um novo vetor. A estrutura deste artigo está definida como: apresentação do referencial teórico; descrição da metodologia adotada; apresentação e discussão dos resultados de uma simulação modelada para validar os objetivos; e, por fim, discute-se a viabilidade e a potencialidade do uso dos SARP em AMBO Montanha.

2 Referencial Teórico

Em caminho contrário a Ross (1996), os pesquisadores Sartori e Sartori (2004) defendem em seu estudo que existem sim montanhas no país e que estão principalmente nos planaltos. Para tanto,

apoiam-se na definição de montanha como uma grande elevação no terreno, com altitude superior a 300 metros.

O Manual de Campanha Brigada de Infantaria de Montanha (Brasil, 2022a) define o terreno montanhoso, por sua vez, como aquele que possui elevações superiores a 500 metros e que tem encostas íngremes como característica e a partir desta, pode-se verificar regiões como essas em todas as regiões do país.

O Ambiente Operacional de Montanha possui, ainda, outros desafios, como a severidade e instabilidade das condições meteorológicas, apresentando amplitude térmica e chuvas, nevoeiros e ventos com intensidade elevada (OTAN, 2024). A compartimentação do terreno também é uma característica distintiva, a qual dificulta o movimento nesse AMBO. Por exemplo, o deslocamento de viaturas ou a pé é restrito devido a precariedade de caminhos, principalmente de rodovias (Brasil, 2022a).

O controle das partes altas é um princípio básico para o combate em terreno montanhoso, visto que a escassez de estradas torna um objetivo vital nesse processo, por possibilitar o vasculhamento e domínio das vias de transporte no ambiente (OTAN, 2024). O conflito no Afeganistão de 1979 possibilitou diversos exemplos da vulnerabilidade de comboios logísticos passando por estradas em áreas montanhosas, com relatos de ataques com trechos minados em rodovias e emboscadas e combates diretos (Grau, 1996).

As características do AMBO de Montanha descritas até aqui tornam necessário um planejamento e controle detalhado das operações logísticas. Em determinados ocasiões, pode ser necessário o uso de pontos de transbordo, pré-posicionamento de suprimentos e meios de transporte não usualmente utilizados, como helicópteros, SARP, teleféricos, *all-terrain vehicles* (ATV), muares e até carregadores (OTAN, 2024).

De acordo com o Manual de Condução de Operações Táticas Terrestres no Ambiente de Montanha da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN, 2024), por causa das restrições de movimento nos terrenos montanhosos, todas essas opções podem e devem ser escalonadas para que o suprimento chegue ao elemento destacado no terreno mais próximo à Linha de Contato.

As tropas envolvidas em combates na Montanha consomem mais suprimentos, devido à natureza restritiva do terreno e a queda natural de temperatura, gerando uma necessidade de maior fluxo de suprimento. Com a limitação de ressuprimento das tropas, normalmente se leva consigo a suplementação possível, a fim de possibilitar a liberdade de ação (Brasil, 2020a).

Apesar disso, esta situação não é a ideal, visto que quanto maior o peso levado pelo combatente, maior é o seu cansaço, e, consequentemente, pior é o seu desempenho combativo (Knapik, 1989; Brasil, 2020b), porém essa situação pode ser atenuada com um ressuprimento

adequado. Por isso, a atividade de transporte de suprimentos é vital para o combate na Montanha e nesse, o emprego de aeronaves para o apoio logístico é desejável, considerando o transporte ou lançamento de cargas (Brasil, 2022a).

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) podem ser um mecanismo interessante a ser usado para finalidades logísticas, de acordo com o Manual de Campanha Vetores Aéreos da Força Terrestre. O uso para tal finalidade está relacionado ao transporte de suprimento em apoio à pequenas frações isoladas ou equipe precursoras, atuando geralmente em áreas hostis (Brasil, 2020c).

O suprimento aéreo realizado por aeronaves pode ser realizado por aerotransporte (Aetrnp), lançamento aéreo de suprimento (LAS) ou carga externa, o que proporciona grande rapidez, variadas rotas, eliminam obstáculos terrestres. Por outro lado, há vulnerabilidades a fogos inimigos e ataques aéreos, dependência de pontos de aterragem, condições meteorológicas favoráveis e do raio de ação das aeronaves (Brasil, 2015; 2021).

O aerotransporte depende da existência, conquista e preparação de campos e locais de pouso no AMBO, além da superioridade aérea e neutralização do fogo antiaéreo (Brasil, 2015). O LAS proporciona menor possibilidade de interferência inimiga, permitindo lançamentos de cargas com paraquedas. Apesar disso, há o risco de dispersão e danos aos suprimentos lançados (Brasil, 2017a; 2021). A atividade deve ter precisão, tendo em vista que qualquer erro poderia significar a queda de suprimentos nas encostas, inviabilizando a recuperação do material.

O transporte por carga externa em aeronaves de asa rotativa potencializa o risco de acidentes na medida em que aumenta o arrasto do ar contra a aeronave, limita a velocidade e impõe a utilização de pessoal especializado para enganchamento e liberação da carga (Brasil, 2022b).

Em relação aos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), a possibilidade de utilização para fins logísticos ainda esbarra em algumas questões práticas, porém já estão em uso há algum tempo. Isso pode ser constatado, por exemplo, em 2009, o Corpo de Fuzileiros Navais americano utilizou um SARP capaz de ressuprir tropas em lugares remotos do Afeganistão, pela primeira vez (Csaszar, 2017). Outro exemplo mais recente é da guerra entre a Rússia e a Ucrânia, onde observou-se novamente a utilização de SARP com o objetivo de transporte de carga. Alguns ARP da *Malloy Aeronautics* (TRV-150) foram enviados para as Forças Armadas Ucranianas, tendo sido efetivamente utilizados, conforme relatos e fotos de abatimentos (Jacobsen, 2022; Defense Express, 2023; Aviation Safety Network, 2023).

As Forças Armadas Americanas procuram implementar um sistema logístico remotamente pilotado desde 2019, conhecido como *Unmanned Logistic System-Air* (ULS-A). Nos últimos dois anos, com o sucesso de testes do TRV-150 e do TRV-400, ambos protótipos da *Malloy Aeronautics*, os Estados Unidos vêm investindo na compra de exemplares para implementar os chamados *Small*

ULS-A, com o objetivo de realizar o suprimento a tropas isoladas, e *Medium* ULS-A, com o objetivo de atender a necessidade de abastecimento de um batalhão a uma brigada (Allen, 2022; Seck, 2023; Souza, 2024).

Além dos importantes exemplos citados anteriormente acerca do uso de SARP, faz-se necessário levar em consideração, ainda, algumas situações que demandam cuidado e atenção para a utilização dos SARP em regiões montanhosas, tais como, as condições meteorológicas instáveis presentes no AMBO Montanha, com a possibilidade de perda de sustentação devido a ação de ventos ou mesmo devido a decolagem em terrenos inclinados (ANAC, 2017; Lima, 2017; Stewart; Martin, 2021).

Em áreas montanhosas, pode haver uma variação considerável no GPS, a existência de chuva, ausência e reflexão de luz, todos fenômenos que podem dificultar a navegação e operação da ARP (Heselton, 1998; Satomura *et al.*, 2005; ANAC, 2017; Pavani; Villani, 2018; Stewart; Martin, 2021).

Por último, é importante salientar algumas das ameaças para utilização dos SARP: as medidas ativas anti-SARP. As medidas são estabelecidas em sequência, com a detecção, identificação, decisão e engajamento (EUA, 2023). A detecção pode utilizar sensores por radar, radiofrequência, eletro-óptico, infravermelho e acústico, além dos sensores humanos (Lima Filho, 2021; EUA, 2023).

Já o engajamento para neutralização dos SARP envolve ações cinéticas ou não-cinéticas. As ações não-cinéticas podem ser através *spoofing*, ofuscamento por laser ou feixe de luz, laser de alta energia e *jamming* (interferência por alta frequência) (Lima Filho, 2021; Castrillo *et al.*, 2022; Filgueiras, 2023).

Quanto às ações cinéticas, pode-se enumerar armas lançadoras de rede, metralhadoras (em curto alcance), além de aves para abater SARP Categoria (Cat) “0” (cujo peso é menor que 10 quilos), mas principalmente sistemas de defesa antiaérea portáteis, como o RBS 70 NG e o IGLA, o último ainda que apresente certa dificuldade de neutralizar SARP Cat “0” a “2” (peso menor que 150 quilos), devido as suas pequenas estruturas (Castrillo *et al.*, 2022; Nikolakakos; Amyot-Bougeois; Astles, 2022; Rosa Filho, 2022).

Os relatos dos usos de utilização dos SARP citados e, com crescente avanço da tecnologia, faz-se necessário investigar quais seriam as vantagens da utilização desse sistema para transportar suprimentos em Ambiente Operacional de Montanha, considerando-os como substitutos das aeronaves de asa rotativa, quando for necessária a realização de suprimento por via aérea. Dois fatores importantes para a expansão do uso de ARP em AMBO de Montanha são definidos por Denevan (2014) como economia de custos em relação a plataformas tripuladas e por Perina (2018) como a ARP como meio de evitar o risco de expor o pessoal ao perigo nas missões militares.

3 Metodologia

Para verificar a existência de vantagens na realização de transporte de suprimentos em Ambiente Operacional de Montanha através da utilização de SARP, foi delineada uma metodologia, pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, com caráter exploratório e explicativa.

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de embasar o cenário a ser estabelecido para a pesquisa de laboratório. A pesquisa bibliográfica foi realizada em livros, artigos, manuais, monografias e dissertações obtidas na Biblioteca Digital do Exército Brasileiro e nas revistas publicadas pelo Exército Brasileiro. Analogamente os mesmos tipos de documentos foram buscados em banco de dados de Forças Armadas estrangeiras (*Army Publishing Directorate, Publicaciones de Defensa del Ejército de Tierra, Dudley Knox Library, Instituto Español de Estudios Estratégicos, Small Wars Journal*). Adicionalmente, buscou-se produções literárias de universidades e outros órgãos civis que pudessem contribuir com a pesquisa, por meio de indexadores de pesquisas, com autenticidade confirmada.

Com a realização da pesquisa bibliográfica, foi possível obter dados de *input*: as dimensões e dados técnicos dos SARP mais consolidados no mercado para transporte de cargas médias e pesadas, assim como de aeronave mais propícia para o mesmo fim. Após a obtenção de dados de *input*, foi modelado um cenário para uma simulação de combate. A Seção de Simulação da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais apoiou a pesquisa com a modelagem e execução da simulação de combate, a denominada pesquisa de laboratório, através da ferramenta COMBATER.

O *software* COMBATER é a customização do jogo de guerra *Sword*, desenvolvido pela empresa francesa *MASA GROUP*, tendo sido usado desde 2015 com êxito pelo Exército Brasileiro para treinamento na tomada de decisões de Estados-maiores principalmente, simulando operações desde o nível Companhia até Divisão de Exército. A ferramenta permite a simulação em uma variedade de ambientes operacionais no território brasileiro, sendo focada no nível tático (Gonçalves, 2018; Havlík *et al.*, 2022; Schmidt, 2023; Ribeiro, 2016; Silva *et al.*, 2025).

O *software* permite o emprego de cartas vetorizadas, banco de dados com quadro de dotação de material e quadro de cargos (Ribeiro, 2016). Além disso, permite ser utilizado remotamente por internet, distribuindo as tarefas de simulação entre diversos computadores, e a customização de diferentes tipos de veículos, pessoal, sistemas de armas, sensores e mecanismos de proteção ativa (Silva *et al.*, 2025). Os dados de geoinformação existentes no sistema, como modelo digital de elevação e dados vetoriais foram vitais para este trabalho.

A investigação foi realizada como parte das atividades do Curso de Mestrado Profissional em Gestão Operacional, desenvolvido pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, originando o presente trabalho. A partir dos resultados, o aluno pode desenvolver bases sólidas para a defesa de sua dissertação sobre a viabilidade do transporte de suprimentos Classe I nas Operações em Montanha por meio de SARP.

Os outputs advindos da simulação puderam ser verificados no próprio sistema. Outras análises adicionais puderam ser feitas por meio do *Microsoft Excel* para *Microsoft 365 MSO* (versão 2407 *Build* 16.0.17830.20166).

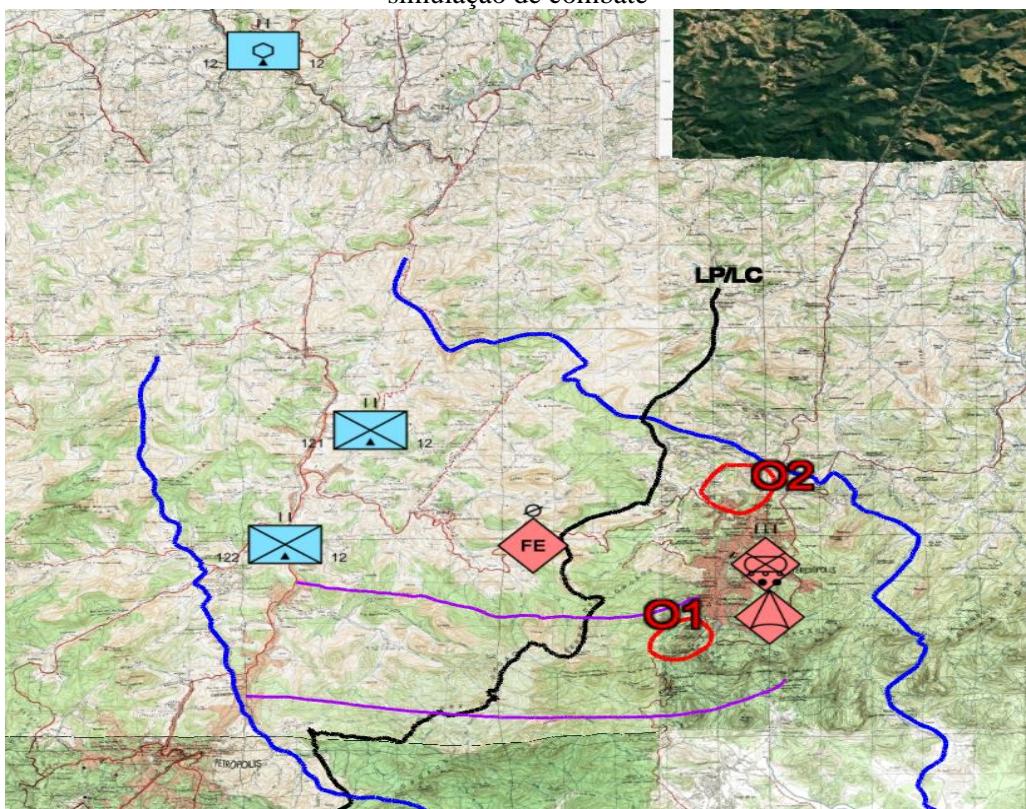
Para a simulação de combate, foi elaborada a Ordem de Operações Nr 1 da 12ª Bda Inf Mth (Brigada de Infantaria de Montanha), documento de planejamento, no qual a Grande Unidade atacaria dois objetivos: a Região de Alto do Soberbo (O1) e a Rg P Cot 978 (O2), ambas regiões mais elevadas que a localidade de Teresópolis. A finalidade seria criar condições favoráveis para a conquista da localidade de Teresópolis propriamente dita.

Para isso, a Brigada utilizaria o 121º BIL Mth (Batalhão de Infantaria Leve de Montanha) atacando a Norte, em um ataque limitado em O2, apenas para fixar o inimigo em sua posição, e o 122º BIL Mth a Sul, realizando o ataque principal em O1. Para conquistar O1, o 122º BIL Mth realizaria uma infiltração em terreno montanhoso, desde a localidade de Petrópolis até a Região de Alto do Soberbo.

Neste cenário, o inimigo possui 1 (um) Regimento de Infantaria Mecanizada (RI Mec) apoiado por Artilharia dotada de calibre 105 mm para defender, desde já, as posições atuais na localidade de Teresópolis, bem como 1 (uma) Seção de Artilharia Antiaérea (Seç AAAe) dotada de 3 Unidades de Tiro (míssil IGLA). Além disso, existem elementos de Forças Especiais inimigos infiltrados na Região de Sítio do Monte Alegre.

Para melhor entendimento, as informações básicas da O Op Nr 1 da 12ª Bda Inf Mth estão ilustradas no esquema de manobra representado na figura 1: a localização do 121º BIL Mth, 122º BIL Mth, dos Objetivos O1 e O2, dos elementos inimigos FE, do RI Mec Ini, da Seç AAAe Ini, os limites da 12ª Bda Inf Mth (representados pelas linhas azuis), os limites da faixa de infiltração das frações do 122º BIL Mth (representados em linhas roxas), e a linha de partida/linha de contato (representada em linha preta).

Figura 1: Esquema de manobra resumido da 12ª Bda Inf Mth utilizado para montagem do cenário para simulação de combate



Exemplo de carta topográfica

Após o estabelecimento do cenário geral da manobra, realizou-se a seleção de um escalão menor para a realização do teste: 1 (um) Pelotão de Reconhecimento (Pel Rec) do 122º BIL Mth. Este pelotão realizaria o reconhecimento de todo o itinerário na faixa de infiltração entre a localidade de Petrópolis e o O2, objetivo do Batalhão na manobra.

O Pel Rec Mth deveria ser suprido pela Área de Trens (AT) em local nas extremidades do O2, com o objetivo de manutenção da tropa em condições de combate e retorno para balizamento das demais frações do BIL Mth até o objetivo. Para fins de estudo, o peso de cada ração R2 utilizado foi equivalente a 2,375 quilos (BRASIL, 2022c). Ainda, o efetivo considerado para o Pel Rec Mth foi de 24 militares, o que cria a necessidade diária de remessa de 57 quilos em suprimento Classe I, apenas considerando rações R2.

A partir do estabelecimento destas premissas para o cenário simulado, pode-se selecionar as opções para realização do suprimento aéreo: uma aeronave *Fennec*, utilizada pela Aviação do Exército, uma ARP testada pelas forças armadas americanas, já apresentada na seção anterior, o TRV-150, e uma ARP produzida por uma empresa chinesa chamada DJI, a ARP *Flycart30* (Allen, 2022; DJI, 2024). Os dados de input sobre esses vetores aéreos podem ser observados no quadro 1.

Quadro 1: Resumo dos *inputs* dos vetores aéreos, inseridos no programa COMBATER

Vetores Aéreos	Velocidade de Cruzeiro	Alcance	Autonomia	Carga Máxima	Comprimento	Altura
HA-1 (<i>Fennec</i>)	180 km/h	614 km	180 min	136 kg (guincho)	10,93 m	3,14 m
TRV-150	100 km/h	70 km	36 min	68 kg	2,75 m	1 m
<i>Flycart30</i>	54 km/h	28 km	180 min	40 kg	1,9 m	1,59 m

Fonte: Brasil, 2020c; DJI, 2024; The Eletreic VTOL News, 2025

O comprimento e a altura do TRV-150 foram estimados. As velocidades de cruzeiro da Aeronave *Fennec* e da TRV-150 foram arredondadas para a dezena imediatamente inferior. Foi considerado necessário uma altura mínima das ARP de 5 metros em relação ao solo para o seu voo, enquanto que a aeronave de asa rotativa deveria permanecer a uma altura mínima de 60 metros em relação ao solo.

O software COMBATER não admite incluir um SARP de carga, então a missão de transporte de suprimento teve que ser modelada de outro jeito. Foram incluídas aeronaves de asa rotativa, com as velocidades, comprimento e altura das ARP TRV-150 e *Flycart30*.

Três possíveis itinerários de ressuprimento foram idealizados a partir da AT, buscando utilizar as elevações no caminho para evitar a artilharia antiaérea inimiga e conseguir realizar a atividade de ressuprimento, conforme se pode verificar na figura 2. “PS” significa Pedra do Sino, ponto mais alto na faixa de infiltração e ponto de controle estabelecido para a passagem das aeronaves na missão de ressuprimento.

Figura 2: Itinerários de ressuprimento aéreo do cenário utilizado para simulação de combate**Exemplo de fotografia aérea temática**

As Unidades de Tiro foram posicionadas de forma que a localidade de Teresópolis tivesse uma defesa em todas as direções, e em pontos elevados, por óbvio, conforme previsto no Manual de Campanha Defesa Antiaérea nas Operações (Brasil, 2017b).

Para a modelagem, foram utilizadas as cartas matriciais de ITAIPAVA (2715-4), TERESÓPOLIS (2716-3), PETRÓPOLIS (2745-2) e ITABORAÍ (MI 2746-1), além da imagem de satélite da região correspondente.

Por último, foi estabelecido um *input* importante: a taxa de engajamento dos mísseis IGLA com os alvos. Considerando que ambos os SARP possuem dimensões pequenas, comparando-se a um helicóptero, além dos pequenos valores atribuídos normalmente para a seção reta radar de drones (Semkin et al., 2020), estabeleceu-se que os SARP teriam um valor mais baixo em relação à aeronave de asa rotativa de taxa de engajamento.

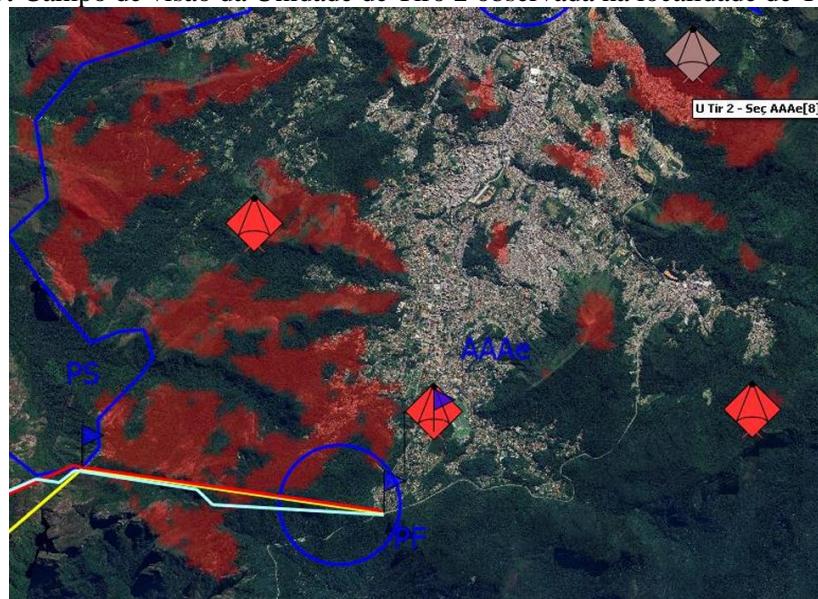
Não se encontrou algum estudo específico que desse valores para tal taxa, então arbitrariamente se estabeleceu o valor de 95% para a aeronave *Fennec*, enquanto que ambas as ARP teriam o valor de 80% como taxa de engajamento de um IGLA contra elas.

Considerando a quantidade de peso destinada ao Pel Rec e a capacidade de carga contra a produtividade das ARP, foi estabelecido que as ARP levariam as cargas por meio de enxame de drone, compostos por 9 (nove) ARP *Flycart30* e 3 (três) ARP TRV-150.

4 Resultados

Quando se locou a totalidade das Unidades de Tiro da Seç AAAe inimiga, pode-se verificar uma série de lacunas em seus campos de visão, devido ao terreno acidentado, conforme exemplificado na figura 3, na qual se obtém a ilustração em vermelho, do campo de visão da Unidade de Tiro número 2 (dois) disposta no terreno.

Figura 3: Campo de visão da Unidade de Tiro 2 observada na localidade de Teresópolis



Exemplo de fotografia aérea temática

Ao se observar o modelo digital de elevação do relevo dos itinerários apresentados, pode-se verificar que a região central da figura 2 apresenta as maiores elevações, dificultando sobremaneira a possibilidade de visada das Unidades de Tiro (U Tir) dispostas ao redor da localidade de Teresópolis pelo inimigo. Somente parte dos itinerários elencados são visados por alguma unidade de tiro. As U Tir não conseguem engajar os alvos nos momentos em que não os veem. Além disso, estas partes que permitem visada já são no final do itinerário, após a passagem pela Pedra do Sino.

Os itinerários apresentados na figura 2 possuem 18,26 km (linha amarela), 20,78 km (linha vermelha), e 18,41 km (linha azul claro). Utilizou-se essas distâncias para fazer uma verificação em relação ao tempo gasto para ressuprimento das tropas por meio aéreo. Para isso, considerou-se 5 (cinco) minutos gastos na descarga do material realizada na atividade de ressuprimento realizada pela aeronave *Fennec* e 1 (minuto) gasto na atividade de ressuprimento realizada pelas ARP.

O resultado apresentado no quadro 2 demonstra que a aeronave é o meio mais rápido para realizar o ressuprimento em todos os itinerários, ainda que o tempo de descarregamento do suprimento seja maior, cumprindo a missão em menos da metade do tempo da ARP *Flycart30* e ao menos 5 minutos a menos em relação ao TRV-150.

Quadro 2: Estimativa de tempo de ressuprimento para o Pel Rec Mth através dos itinerários amarelo, vermelho e azul claro, em minutos

TEMPO/ANV	FENNEC (180 km/h)			TRV-150 (100 km/h)			Flycart30 (54 km/h)		
AT-PF	6,1	6,9	6,1	11,0	12,5	11,0	20,3	23,1	20,5
Descarregamento	5	5	5	1	1	1	1	1	1
AT-PF-DESC-AT	17,2	18,9	17,3	22,9	25,9	23,1	41,6	47,2	41,9

Fonte: o autor

Por fim, obteve-se a porcentagem de baixas em equipamentos para cada itinerário e aeronave utilizada, bem como a taxa de sucesso de realização do ressuprimento. O sucesso na realização do ressuprimento foi considerado quando a aeronave conseguia entregar o suprimento Classe I à fração, ainda que ela fosse abatida em seu retorno. Já a taxa de baixas tratava somente sobre a perda de aeronave no processo de ressuprimento, desconsiderando em qual fase da atividade de ressuprimento se encontrava, sendo os resultados apresentados no quadro 3.

Quadro 3: Resultados da simulação do ressuprimento aéreo, utilizando o sistema COMBATER, separados pelo meio aéreo disponível, bem como pelo itinerário utilizado

Meio Aéreo	Itinerário	Baixas	Sucesso na Entrega
<i>Fennec</i>	Yellow	100%	0%
<i>Fennec</i>	Red	100%	0%
<i>Fennec</i>	Blue	100%	0%
TRV-150 (3)	Yellow	33%	66%
TRV-150 (3)	Red	33%	66%
TRV-150 (3)	Blue	33%	66%
<i>Flycart30 (9)</i>	Yellow	22%	89%
<i>Flycart30 (9)</i>	Red	33%	89%
<i>Flycart30 (9)</i>	Blue	33%	78%

Fonte: o autor, após observação no software COMBATER

Para todos os itinerários, a aeronave *Fennec* foi abatida antes de chegar ao ponto de ressuprimento (PF). No itinerário amarelo, a aeronave foi abatida pouco antes da Pedra do Sino, conforme observado na figura 4. Importa considerar que a altura mínima para a aeronave era de 60 metros em relação ao nível do solo.

Figura 4: Resultado da simulação de ressuprimento feito pela aeronave *Fennec* por meio do itinerário amarelo



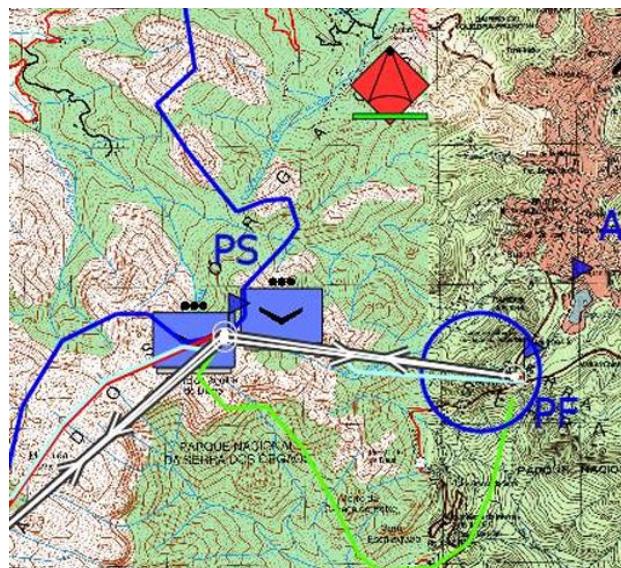
Exemplo de carta topográfica

Utilizando o vetor TRV-150, todos os itinerários apresentaram o mesmo resultado. Os 3 (três) vetores TRV-150 seguem seu itinerário sem problemas até a aproximação do ponto mais alto do itinerário, a Pedra do Sino (PS). Em todos os cenários, um dos três vetores foi abatido próximo ao ponto de controle referido. Nesse caso, é importante considerar que a altura mínima para as TRV-150 era de 5 metros em relação ao nível do solo. Desta feita, o ressuprimento foi feito parcialmente utilizando este vetor.

Com a última ARP, DJI *Flycart30*, foram utilizados 9 (nove) vetores por simulação, considerando o peso transportado por cada vetor, além da necessidade de desempenho operacional. Para os itinerários azul e vermelho, 3 (três) dos vetores foram abatidos no itinerário de ida ou de volta, porém a taxa de sucesso de entrega no itinerário vermelho é maior porque apenas um *Flycart30* foi abatido antes de realizar o ressuprimento, enquanto que, no itinerário azul, dois *Flycart30* foram abatidos antes.

O cenário com melhor desempenho foi usando o itinerário amarelo. Neste cenário, duas ARP *Flycart30* foram abatidas, uma no itinerário de ida e outra no itinerário de volta, o que proporcionou 89% do suprimento enviado ter chegado ao ponto de ressuprimento. Pode-se verificar o local de baixa das ARP na figura 5.

Figura 5: Resultado da simulação de ressuprimento feito pela aeronave DJI *Flycart30* por meio do itinerário amarelo



Exemplo de carta topográfica

Ocorreram duas baixas. A primeira baixa se deu em ponto pouco antes da Pedra do Sino, ponto mais alto da faixa de infiltração do 122º BIL Mth, enquanto que a segunda baixa ocorreu também em ponto antes da Pedra do Sino, entretanto, no sentido inverso, já no retorno. Em comum, as aeronaves estavam no momento da baixa em um ponto mais alto que o restante do itinerário.

Conforme se pode verificar na figura 6, a procura por caminhos fora da observação inimiga até a Pedra do Sino, facilita a inexistência de baixas até o itinerário passar pelo ponto mais alto. Entretanto, após a passagem pelo ponto de controle, as aeronaves se tornam mais vulneráveis à Ação Antiaérea inimiga, disposta de forma circular na localidade de Teresópolis.

Figura 6: Fotografia aérea com ressalto do modelo digital de elevação para iluminar a localização dos itinerários azul, amarelo e vermelho em relação ao terreno circunvizinho ao ponto de ressuprimento



Exemplo de fotografia aérea com modelo digital de elevação

5 Discussão dos resultados

O enxame de ARP DJI Flycart30 teve um melhor desempenho devido ao número maior de equipamentos utilizados em comparação com a ARP TRV-150. Com uma maior quantidade de alvos para engajar, as defesas antiaéreas inimigas conseguiram atingir em proporção parecida, porém muitas vezes precisavam de mais tempo para engajar todos os drones, o que determinou uma taxa de sucesso maior destes equipamentos, já que alguns equipamentos eram abatidos somente após a realização do ressuprimento. Ambos SARP tiveram resultados melhores em relação à aeronave *Fennec* devido ao fato de possuírem uma taxa de engajamento menor e ao fato de poderem se deslocar no terreno a uma altura menor que a aeronave. A utilização do terreno para estabelecer a furtividade do SARP foi crucial para o menor abatimento destes equipamentos.

A simulação demonstrou que o tempo de ressuprimento utilizando uma aeronave de asa rotativa pode ser menor que a metade do tempo utilizado por uma ARP mais lenta, como a DJI Flycart30, considerando já um tempo maior para descarregamento do suprimento. Apesar disso, ARP com velocidades de cruzeiro mais próximas, como a ARP TRV-150, cuja velocidade é de 100 km/h, o tempo não se torna um fator tão díspar.

É importante destacar que as variações climáticas inerentes ao ambiente operacional não puderam ser simuladas, por não haver ferramenta disponível no COMBATER para isto. Além disso,



não foram simuladas outras medidas ativas contra SARP por parte do inimigo, como o uso de metralhadoras, *jamming*, feixes de luz, entre outros.

Para validar estes dados, seria importante a experimentação dos equipamentos em situação real no ambiente operacional. Apesar disso, os equipamentos possuem altos custos e não estão previstos para serem adquiridos pela Força Terrestre, no momento.

Entretanto, permanece o estudo como uma demonstração da possibilidade de utilização dos SARP para ressuprimento de cargas para frações isoladas no terreno montanhoso, ainda que tenha sido desenvolvida em simulação construtiva. O ressuprimento para os Pelotões de Reconhecimento seriam vitais para aumentar a capacidade de combate dessas frações.

6 Conclusão

Este trabalho verificou se o uso de SARP para o transporte de suprimento em Operações em Montanha é viável, em comparação com aeronaves de asa rotativa, considerando a ameaça antiaérea inimiga. Para isso, foi adotado um percurso metodológico composto por uma revisão bibliográfica, seguida da construção, simulação, de um cenário tático para exemplificar uma situação na qual seria necessária a realização de um ressuprimento aéreo para uma fração isolada no terreno montanhoso. Após, foi realizada a simulação construtiva com apoio da ferramenta COMBATER.

Entende-se que este estudo inicial permite demonstrar que a utilização de ARP para transportar suprimentos em terrenos compartimentados e contestados pelo inimigo pode ser mais viável do que utilizar aeronaves de asa rotativa para este fim. Desta feita, o objetivo foi parcialmente alcançado.

Realizando a simulação para verificar a segurança em relação a Artilharia Antiaérea em terreno montanhoso, pode-se verificar que a aeronave de asa rotativa, devido as suas dimensões e necessidade de realizar voos em altura maior, fica muito mais exposta, tornando-se um alvo mais fácil.

Nas simulações realizadas, em diferentes itinerários, elaborados com a intenção de realização de voos desenfiados – fora do alcance da visão inimiga - em baixa altura, a aeronave *Fennec* foi abatida todas as vezes, antes da chegada ao ponto de ressuprimento, o que indicou que é uma opção fraca para este tipo de missão.

A simulação realizada para as ARP TRV-150 e ARP *Flycart30* considerou a utilização de enxame de drones para apoiar a realização do ressuprimento, bem como permitir um melhor desempenho operacional – quanto menor a carga transportada, maior a velocidade que a ARP pode

desenvolver. Em relação a ARP *Flycart30*, de qualquer forma, seriam necessárias 2 (duas) ARP para transportar os 57 quilos que se propunha a transportar neste cenário.

Assim, na simulação realizada, utilizou-se 3 (três) drones TRV-150 para realização do ressuprimento, enquanto que se utilizou 9 (nove) drones *Flycart30* para a mesma missão.

Em todos os cenários e itinerários, o sucesso na entrega foi maior que 50%, a menor taxa foi de 66%, ou seja, foram entregues 38 quilos de suprimento ao Pelotão de Reconhecimento em Montanha do 122º BIL Mth. Apesar de não haver cenário com aproveitamento máximo, a entrega mínima de dois terços da quantidade prevista de suprimento já é um grande avanço.

Ainda, utilizando as ARP, o maior percentual de baixas materiais foi de 33%, ou seja, 1 ARP TRV-150 ou 3 ARP *Flycart30*. Comparando com a baixa da aeronave *Fennec* em todos os cenários, bem como a adição da equipe de voo na aeronave de asa fixa, é consideravelmente melhor apontar que as ARP sejam a opção ideal, com menor risco material e pessoal para este tipo de operação.

Ainda, pode-se considerar a manutenção do sigilo proposta pelo voo a baixíssima altura das ARP e pelas dimensões reduzidas apresentadas como características vantajosas para este tipo de aeronave em detrimento das aeronaves de asa rotativa.

Portanto, as vantagens apresentadas pelas aeronaves remotamente pilotadas com capacidade de transporte de carga no transporte de suprimentos em operações no terreno montanhoso são: uma maior manutenção do sigilo, conferindo maior segurança à missão, além da efetividade na realização do ressuprimento à tropa isolada, enquanto que o menor desempenho das ARP foi ressuprindo dois terços da tropa apoiada.

Apesar disso, importa ressaltar que o tempo dispendido na missão de ressuprimento ainda é maior quando realizada pelo vetor ARP, mesmo considerando um tempo maior para descarregamento do suprimento na missão realizada pela aeronave *Fennec*. A velocidade de cruzeiro superior da aeronave de asa rotativa compensa o tempo maior dispendido para o descarregamento.

Diante do exposto nesta pesquisa, interessa a realização de estudos práticos com os equipamentos citados neste artigo, com o objetivo de verificar a operacionalização dos resultados obtidos em simulação, bem como o desempenho operacional das ARP no ambiente operacional de Montanha. A experimentação com a ARP é crucial para validar os achados e consolidar a opção do SARP como viável para a logística militar.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Orientações para Usuários de Drones**. 1. ed. Brasília: ANAC, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/orientacoes_para_usuarios.pdf. Acesso em: 08 abr. 2025.
- ALLEN, M. S. **Acquisitions**: It takes a collaborative “village” to create capability. *Marine Corps Gazette*, Quantico, Virginia, Mar 2022. Disponível em: <https://www.mca-marines.org/wp-content/uploads/Acquisitions.pdf>. Acesso em: 23 mar 2025.
- AVIATION SAFETY NETWORK. Incident Malloy Aeronautics TRV-150 47, Wednesday 31 May 2023. ASN, 2023. Disponível em: <https://asn.flightsafety.org/wikibase/343450>. Acesso em: 19 set. 2024.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Caderno de Instrução O Pelotão de Reconhecimento do Batalhão de Infantaria Leve de Montanha**. EB70-CI-11.435. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2020a.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Caderno de Instrução Transporte de Carga Individual**. EB70-CI-11.454. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2020b.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Caderno de Instrução Técnicas Aeromóveis**. EB70-CI-11.474. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2022b.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha Batalhão de Dobragem, Manutenção de Paraquedas e Suprimento pelo Ar**. EB70-MC-10.336. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2021.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha Brigada de Infantaria de Montanha**. EB70-MC-10.324. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2022a.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha Companhia de Suprimento do Batalhão Logístico**. EB70-MC-10.318. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2022c.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha Defesa Antiaérea nas Operações**. EB70-MC-10.235. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2017b.
- BRASIL. Exército. Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha Vôtores Aéreos da Força Terrestre**. EB70-MC-10.214. 2. ed. Brasília, DF: COTER, 2020c.
- BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **Manual Técnico de Aerotransporte**. EB60-MT-34.404. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: DECEX, 2015.
- BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **Manual Técnico de Lançamento Aéreo de Suprimento**. EB60-MT-43.406. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: DECEX, 2017a.
- CASTRILLO, V. U.; MANCO, A.; PASCARELLA, D.; GIGANTE, G. A Review of Counter-UAS Technologies for Cooperative Defensive Teams of Drones. **Drones**, v. 6, n. 3, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504-446X/6/3/65/pdf?version=1646121421>. Acesso em: 19 set. 2024.
- CSASZAR, L. M. **The Joint Tactical Aerial Resupply Vehicle Impact on Sustainment Operations**. 2017. 98 p. Dissertação (Mestrado em Artes e Ciências Militares) - U.S. Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, 2017. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1038627>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- DEFENSE EXPRESS. Ukraine to Get a New Batch of Malloy Drones, and in this case, The Size Matters. **Defense Express**, 22 jul. 2023. Disponível em: https://en.defence-ua.com/analysis/ukraine_to_get_a_new_batch_of_malloy_drones_and_in_this_case_the_size_matters-7395.html. Acesso em: 19 set. 2024.

DENEVAN, T. **Cost-based analysis of Unmanned Aerial Vehicles/Unmanned Aerial Systems in filling the role of logistical support.** 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado) - Naval Postgraduate School, Monterey, 2014. Disponível em: <https://www.hndl.org/c/view?docid=816136>. Acesso em: 08 abr. 2025.

DJI. **DJI FlyCart 30** - Manual do Usuário v1.1. DJI, 2024. Disponível em: https://dl.djicdn.com/downloads/DJI_FlyCart_30/202406UM/DJI_FlyCart_30_User_Manual_v1.1.pdf. Acesso em: 23 mar. 2025.

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. Departament of Army. **Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS).** ATP 3-01.81. Washington: Headquarters, 2023. Disponível em: <https://irp.fas.org/doddir/army/atp3-01-81.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

FILGUEIRAS, V. de S. **Defesa Antidrone: Aspectos Doutrinários do Emprego de Meios de Guerra Eletrônica.** 2023. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/13461/1/MO%206923%20-%20VICTOR%20de%20Souza%20FILGUEIRAS.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

GONÇALVES, A. F. B. **A utilização do programa COMBATER na aplicação de exercícios de simulação construtiva no Curso de Infantaria da EsAO:** a prática das atividades de S1 e S4 dos Batalhões de Infantaria no exercício de simulação construtiva aplicado pela EsAO no ano de 2017. 2018. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/3671/1/CapBELL%C3%89GON%C3%87ALVES_Esao.pdf. Acesso em: 08 abr. 2025.

GRAU, L. W. **The Bear Went Over The Mountain: Soviet Combat Tactics in Afghanistan.** 2. ed. Washington: NDU Press, 1996. Disponível em: https://www.files.ethz.ch/isn/139681/1996-08_Bear_Went_Over_Mountaine.pdf. Acesso em: 30 jan. 2024.

HAVLÍK, T.; BLAHA, M. POTUŽÁK, L.; PEKAŘ, O.; ŠLOUF, V. Wargaming Simulator MASA SWORD for Training and Education of Czech Army Officers. In: Proceedings of the 16th European Conference on Games Based Learning, v. 16, n. 1, 2022, Lisboa, Portugal. **Anais eletrônicos** [...] Lisboa: European Conference on Games Based Learning, 2022. Disponível em: <https://papers.academic-conferences.org/index.php/ecgl/article/download/914/762/2736>. Acesso em: 08 abr. 2025.

HESELTON, R. R. **Elevation Effects on GPS Positional Accuracy.** 1998. Dissertação (Mestrado) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 1998. Disponível em: <https://vttechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/36763/Thesis18.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

JACOBSEN, M. The dubious prospects for cargo-delivery drones in Ukraine. **War on the Rocks**, 25 maio 2022. Disponível em: <https://warontherocks.com/2022/05/the-dubious-prospects-for-cargo-delivery-drones-in-ukraine/>. Acesso em: 19 set. 2024.

KNAPIK, J. **Loads carried by soldiers: Historical Physiological, Biomechanical and Medical Aspects.** Relatório Técnico. Natick, Massachusetts: U S Army Research Institute of Environmental Medicine, 1989. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA212050>. Acesso em 20 mar. 2024.

LIMA, H. **RPAS Multirrotor** - Teoria de Voo. Salvador: GRAER, 2017. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2017/09/Teoria-de-Voo-RPAS-V.5.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

LIMA FILHO, P. D. de B. A Defesa Anti-SARP. **Revista Doutrina Militar Terrestre**, Brasília, v. 9, n. 28, 4. trim. 2021. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/DMT/article/download/8926/7704/>. Acesso em 08 abr. 2025.

NIKOLAKAKOS, G.; AMYOT-BOUGEOIS, M.; ASTLES, B. A state-of-art review and analysis of tactical-level ground based air defence systems and airborne threats. Relatório Científico - **Defence Research and Development Canada**, Ottawa, abr. 2022. Disponível em: https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc395/p814997_A1b.pdf. Acesso em: 08 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE (OTAN). Nato Standardization Office. **Allied Tactical Publication Conduct of Land Tactical Operations in Mountainous Environment**. ATP-3.2.1.3. A. ed. Bruxelas: NSO, 2024. Disponível em: <https://iamms.org/wp-content/uploads/2024/07/ATP-3.2.1.3-EDA-V1-E.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

PAVANI, M. F. F.; VILLANI, T. R. K. **Sistema de Pouso Autônomo de Drones Assistido por Imagens**. 2018. Trabalho Final - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/c9a1b965-2790-458a-9c5c-67a4a3014ee3/Marcus%20Pavani%20-%20ThiagoVillani%20-%20mono%20Versao_Final.pdf. Acesso em: 08 abr. 2025.

PERINA, F. M. **Proposta de emprego do sistema de aeronaves remotamente pilotadas (SARP) categorias 0 e 1, em apoio aos Batalhões de Infantaria, durante o investimento em área edificada**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/4465/1/Cap%20Inf%20Francisco%20Marcelino%20Perina.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

RIBEIRO, M. C. **Adestramento de Estado-Maiores Conjuntos com Emprego de Simulação Construtiva**. 2016. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1114>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ROSA FILHO, P. C. G. **A necessidade de integração da defesa anti SARP às defesas antiaéreas de baixa, média e grande altura e curto, médio e longo alcance**. 2022. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/11893/1/A%20NECESSIDADE%20DE%20INTERGRA%C3%87%C3%83O%20DA%20DEFESA%20ANTI%20SARP%20%C3%80S%20DEFESA%20ANTIA%C3%89REAS%20DE%20BAIXA%2C%20M%C3%80C3%89DIA%20E%20GRANDE%20ALTURA%20E%20CURTO%2C%20M%C3%80C3%89DIO%20E%20LONGO%20ALCANCE.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. 1996. **Os Fundamentos da Geografia da Natureza**. In: ROSS, Jurandyr Luciano Sanches (org). Geografia do Brasil. São Paulo: Edusp. p.13 - 65. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=V5xaWPTL IYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 24 mar. 2024.

SARTORI, P. L. P.; SARTORI, M. da G. B. Um Brasil de Montanhas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 61–74, 2004. DOI: 10.5902/2179460X9684. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9684>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SATOMURA, M.; SHIMADA, S.; GOTO, Y.; NISHIKORI, M. GPS measurements to investigate the reason why GPS is less accurate in mountain areas. In: A Window on the Future of Geodesy, 2005, Sapporo. **Anais....** Sapporo, 2005. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-27432-4_8. Acesso em: 08 abr. 2025.

SCHMIDT, R. **Análise da simulação virtual no sistema de ensino militar**. 2023. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/13477/1/MO%206947%20-%20Rafael%20SCHMIDT.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SECK, H. H. Marine Corps wants \$13M for automated war zone air delivery drones. **Marine Corps Times**. 5 maio 2023. Disponível em: <https://www.marinecorpstimes.com/news/your-marine-corps/2023/05/05/marine-corps-wants-13m-for-automated-war-zone-air-delivery-drones/>. Acesso em 23 mar 2025.

SEMKIN, V.; HAARLA, J.; PAIRON, T.; SLEZAK, C.; RANGAN, S.; VIIKARI, V.; OESTGES, C. Analyzing Radar Cross Section Signatures of Diverse Drone Models at mmWave Frequencies. **IEEE Access**, v. 8, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9032332>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SILVA, E. C.; GONÇALVES, A. J. F.; KANZLER, E. A. N.; AMARAL, A. D. F. Software Combater: uma possibilidade de inovação nas instruções de organização e emprego das armas da Escola de Aperfeiçoamento de Sargentos das Armas. **O Adjunto: Revista Pedagógica da Escola de Aperfeiçoamento de Sargentos das Armas**, v. 12, p. 89-102, 3 fev. 2025. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/adj/article/view/13276/10557>. Acesso em: 05 jun. 2025.

SOUZA, F. O. **Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARP): empregabilidade nos processos especiais de suprimento**. 2024. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: < <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/14141/1/MO%207093%20-%20FILIPE%20Oliveira%20de%20Souza%20-%20verificar.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2025.

STEWART, M. P.; MARTIN, S. T. **Unmanned Aerial Vehicles: Fundamentals, Components, Mechanics, and Regulations**. In: BARRERA, N. Unmanned Aerial Vehicles. 247 p. 1. ed. Hauppauge, NY: Nova Science, 2021. Disponível em: <https://novapublishers.com/wp-content/uploads/2020/10/Unmanned-Aerial-Vehicles.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

THE ELETRIC VTOL NEWS. Malloy Aeronautics T150 (production aircraft). 2025. Disponível em: <https://evtol.news/malloy-aeronautics-trv-150>. Acesso em: 23 mar. 2025.