

O uso de aeronaves remotamente pilotadas e método AHP no planejamento logístico da FAB: análise das capacidades das ARP para seleção de locais para unidades celulares de intendência.

Lorena Peres Barcellos  0009-0002-2125-2664

Instituto de Economia, Finanças e Administração da Aeronáutica, IEFA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

João Paulo Martins dos Santos  0000-0002-0957-7119

Divisão de Ensino/Academia da Força Aérea, AFA, Pirassununga, SP, Brasil.

Rafael Freitas de Lima  0009-0002-0110-4349

Controle Interno/Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, IFI, São José dos Campos, SP, Brasil.

RESUMO

Este estudo investiga a seleção de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) no planejamento logístico da Força Aérea Brasileira (FAB), com foco na seleção de locais para a instalação de Unidades Celulares de Intendência (UCI) por meio da Análise Hierárquica de Processos. Em cenários de difícil acesso e emergência, a tomada de decisão é desafiada por limitações de tempo e segurança, tornando essencial o uso de tecnologias que aprimorem a eficiência logística. A pesquisa busca avaliar se os dados e imagens fornecidos pelas ARP são capazes de atender aos critérios fundamentais para a instalação das UCI, como acessibilidade, segurança e disponibilidade de recursos. A metodologia adotada inclui uma revisão bibliográfica sobre tecnologias de sensoriamento remoto e a aplicação do método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) na avaliação das ARP em operação na FAB. Os resultados apontam que a aeronave RQ-900 apresentou o melhor desempenho, sendo a mais eficiente para esse tipo de aplicação. O estudo amplia a compreensão sobre a integração de novas tecnologias no apoio logístico militar, fortalecendo a capacidade operacional das forças armadas e promovendo maior eficácia nas operações.

Palavras-chave: Brasil; Dispositivos Aéreos não Tripulados; Técnicas de Apoio para a Decisão; Militares.

The use of remotely piloted aircraft and the AHP method in FAB's logistics planning: analysis of RPA capabilities for selecting locations for cellular logistic units

ABSTRACT

This study investigates the selection of Remotely Piloted Aircraft (RPA) in the logistical planning of the Brazilian Air Force (FAB), focusing on selecting sites for Cellular Logistics Units (CLU) installation, through the Analytic Hierarchy Process (AHP). In scenarios involving difficult access and emergencies, decision-making is often constrained by time and safety limitations, making it essential to leverage technologies that enhance logistical efficiency. The research aims to evaluate whether the data and images provided by RPA meet key criteria for CLU's installation, such as accessibility, safety, and resource availability. The methodology adopted includes a literature review on remote sensing technologies and applies Analytic Hierarchy Process (AHP) method to assess RPA currently in operation within the FAB. The results indicate that the RQ-900 aircraft demonstrated the best performance, being the most efficient for this type of application. The study aims to broaden the understanding of the integration of new technologies into military logistical support, strengthening the operational capacity of the armed forces and enhancing operational effectiveness.

Keywords: Brazil; Unmanned Aerial Vehicles; Decision Support Techniques; Military.

El uso de Aeronaves Pilotadas Remotamente y el Método AHP en la planificación logística de la FAB: Análisis de las Capacidades de las ARP para la selección de lugares para unidades celulares de intendencia

RESUMEN

Este estudio investiga la selección de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) en la planificación logística de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), con un enfoque en la selección de lugares para la instalación de Unidades Celulares de Intendencia (UCI) mediante el Análisis Jerárquico de Procesos. En escenarios de difícil acceso y emergencia, la toma de decisiones se ve desafiada por limitaciones de tiempo y seguridad, lo que hace esencial el uso de tecnologías que mejoren la eficiencia logística. La investigación busca evaluar si los datos e imágenes proporcionados por las ARP son capaces de cumplir con los criterios fundamentales para la instalación de las UCI, como accesibilidad, seguridad y disponibilidad de recursos. La metodología adoptada incluye una revisión bibliográfica sobre tecnologías de teledetección y la aplicación del método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) en la evaluación de las ARP en operación en la FAB. Los resultados indican que la aeronave RQ-900 presentó el mejor



rendimiento, siendo la más eficiente para este tipo de aplicación. El estudio amplía la comprensión sobre la integración de nuevas tecnologías en el apoyo logístico militar, fortaleciendo la capacidad operativa de las fuerzas armadas y promoviendo una mayor eficacia en las operaciones.

Palabras clave: Brasil; Vehículos Aéreos no Tripulados; Técnicas de Apoyo para la Decisión; Militares.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento logístico é essencial para o êxito das operações da Força Aérea Brasileira (FAB), especialmente em cenários que exigem respostas rápidas e eficazes (Brasil, 2022). Nesse contexto, destacam-se as Unidades Celulares de Intendência (UCI), estruturas temporárias capazes de prover suporte logístico em regiões com infraestrutura limitada, oferecendo serviços como suprimentos, alimentação e alojamento (De Brito Oliveira, 2015; Da Silva, 2006; Tartarel, 2023).

A definição do local ideal para instalar uma UCI envolve múltiplos critérios, como acessibilidade, segurança e disponibilidade de recursos naturais. No modelo atual, essa escolha depende majoritariamente de inspeções in loco, o que impõe riscos e limitações operacionais, principalmente em áreas remotas ou de difícil acesso (Gomes, 2010).

O uso de tecnologias de sensoriamento remoto, notadamente por meio de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), tem se mostrado uma alternativa eficiente tanto em contextos civis quanto militares. Equipadas com sensores avançados, essas aeronaves permitem o mapeamento detalhado do terreno e a coleta de dados em tempo real, otimizando a tomada de decisão (Chiroli; Yokota, 2016; Da Silva Nascimento; Denadai, 2023). Seu emprego em situações emergenciais, como nos desastres do Haiti (2010), Japão (2011) e Nepal (2015), demonstrou a eficácia da tecnologia em ambientes de alta complexidade (Cezne; Jumbert; Sandvik, 2016).

No Brasil, as ARPs foram utilizadas em ações como o mapeamento da região atingida pelo rompimento da barragem de Mariana (Dias *et al.*, 2018; Droneng, 2021), reforçando sua aplicabilidade também no contexto nacional. Em termos militares, a incorporação dessas aeronaves pode aprimorar a coleta de dados logísticos, tornando o processo decisório mais ágil, seguro e preciso (Souza; Ferreira; Dutra, 1998; Barcelos, 2017).

Para decisões complexas como a escolha do local de instalação de uma UCI, é essencial contar com metodologias estruturadas. A análise multicritério, em especial o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), destaca-se por sua capacidade de ponderar e hierarquizar critérios conflitantes (Saaty, 2008; Zambon *et al.*, 2005). No presente estudo, foi aplicada a abordagem de julgamento holístico proposta por Godoi (2014), que simplifica o processo e amplia a consistência dos resultados.

Diante desse cenário, o presente trabalho busca responder à seguinte questão: As ARPs da FAB apresentam viabilidade como ferramenta de apoio à decisão logística na escolha de locais para instalação de UCI, considerando critérios logísticos estabelecidos com base em



documentos doutrinários e validação por especialistas? Para isso, propõe-se como objetivo principal investigar essa aplicabilidade e, como objetivos específicos, identificar os critérios logísticos mais relevantes, comparar o desempenho das ARPs disponíveis e avaliar a viabilidade do AHP como ferramenta de apoio à decisão logística.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

2.1 Unidades Celulares Intendência

As UCI são estruturas temporárias e modulares projetadas para oferecer suporte logístico em regiões afastadas ou com infraestrutura comprometida. Elas têm como missão garantir a sustentação básica das operações militares, provendo itens como alimentação, água potável, materiais de consumo, armamento e munição, além de serviços de saúde, lavanderia e alojamento (Gomes, 2010).

Esse modelo logístico está descrito em documentos doutrinários da FAB, como o Manual de Unidade Celular de Intendência (MCA 400-3), que orienta a atuação das UCIs em ambientes operacionais (Brasil, 2024). Sua aplicação se dá tanto em cenários de guerra quanto em missões humanitárias, apoio a desastres naturais e grandes eventos, nos quais a presença da FAB se faz necessária por tempo determinado.

A flexibilidade das UCI permite o atendimento a diferentes tipos de força-tarefa, adaptando-se ao contexto operacional com agilidade. Para isso, a escolha do terreno adequado é uma etapa crítica. A infraestrutura local, o acesso por vias seguras, a proximidade de recursos naturais e a segurança da área são fatores determinantes que afetam diretamente a eficácia da missão (Brasil, 2022; Gomes, 2010).

Contudo, esse processo decisório ainda depende, em grande parte, de deslocamentos prévios de equipes técnicas para reconhecimento do terreno, o que pode resultar em riscos operacionais, atraso na instalação e elevado custo de mobilização. Nesse sentido, a adoção de tecnologias capazes de oferecer dados confiáveis a distância, como o sensoriamento remoto por meio de ARPs, surge como alternativa inovadora e estratégica.

2.2 Sensoriamento Remoto e Aeronaves Remotamente Pilotadas

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite a obtenção de informações sobre a superfície terrestre por meio de sensores que captam energia refletida ou emitida, sem contato direto com o objeto estudado (Chiroli; Yokota, 2016). Essa técnica tem sido amplamente empregada em diversas áreas, como geoprocessamento, agricultura de precisão, monitoramento ambiental e, mais recentemente, em aplicações de segurança e defesa.

As ARPs representam uma importante plataforma para o sensoriamento remoto. Dotadas de câmeras e sensores de alta resolução, essas aeronaves são capazes de produzir imagens detalhadas, com cobertura ampla e frequência elevada, mesmo em áreas de difícil acesso. Sua operação não tripulada proporciona segurança às equipes e redução de custos logísticos, tornando-as uma ferramenta versátil e eficaz (Da Silva Nascimento; Denadai, 2023).



No contexto militar, as ARPs vêm sendo incorporadas progressivamente às operações das Forças Armadas, com emprego em atividades de reconhecimento, vigilância e apoio ao planejamento tático. A literatura internacional aponta o uso de drones em ações humanitárias e situações de desastre, como os terremotos no Haiti (2010), Japão (2011) e Nepal (2015), evidenciando sua utilidade em ambientes de elevada complexidade operacional (Cezne; Jumbert; Sandvik, 2016).

No Brasil, experiências como o mapeamento das áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Mariana, em 2015, demonstraram o potencial das ARPs para produzir dados em alta resolução com rapidez e precisão, contribuindo para o gerenciamento de crises (Dias *et al.*, 2018; Droneng, 2021). A FAB, embora já disponha de aeronaves como o RQ-450 e o RQ-900, ainda está em processo de ampliação da utilização dessas plataformas no apoio logístico (Barcelos, 2017, Souza; Ferreira; Dutra, 1998).

A literatura técnica e doutrinária destaca que, quando integradas a sistemas de comando e controle, as ARPs podem fornecer informações estratégicas relevantes para a condução de operações logísticas, principalmente em áreas de difícil acesso (Barcelos, 2017; Godoi, 2014). Essa capacidade sugere um potencial ainda pouco explorado na FAB, como no planejamento da instalação de estruturas temporárias, a exemplo das Unidades Celulares de Intendência, o que justifica a abordagem proposta neste estudo.

2.3 Metodologia

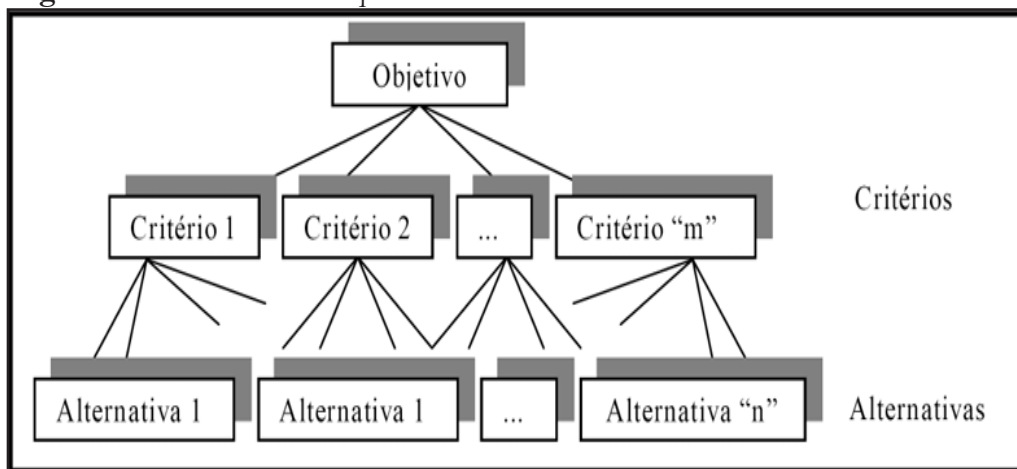
Para o atendimento dos objetivos da análise propostos, adotou-se o método multicritério AHP, associado à aplicação de questionários a especialistas do Grupamento de Apoio de Logística de Campanha (GALC) e do Primeiro Esquadrão do Décimo Segundo Grupo de Aviação (1º/12º GAV), Esquadrão Hórus. A qualificação dos julgadores é evidenciada pela patente mínima de Capitão entre os participantes identificados *a posteriori*, ressaltando-se a existência de dois respondentes cujas patentes não foram identificadas.

A aplicação do AHP teve por finalidade hierarquizar os critérios considerados essenciais para a seleção de locais destinados à instalação de UCI, bem como avaliar as capacidades das ARPs da FAB no apoio a esse processo decisório. O método foi selecionado como principal ferramenta de análise em razão de sua aptidão para estruturar e comparar múltiplos critérios de forma sistemática e objetiva, favorecendo a tomada de decisão em contextos caracterizados por elevada complexidade.

O método AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty nos anos 1970 e se caracteriza pela decomposição do problema em uma hierarquia de decisões, onde alternativas e critérios são avaliados em pares, com base em uma escala de prioridade relativa (Saaty, 1980; Saaty, 2008; Saaty, 2013). No contexto deste estudo, o AHP foi utilizado para comparar as alternativas (modelos de ARPs) com os critérios logísticos definidos, como segurança da área, acessibilidade, disponibilidade de recursos naturais, entre outros, permitindo uma análise mais clara e fundamentada dos dados. A Figura 1 é ilustrativa.



Figura 1 – Estrutura hierárquica básica.



Fonte: Marins, Souza, Barros, 2009, p. 3

Para garantir a coerência e consistência nas comparações feitas pelos especialistas, foi adotada a abordagem de julgamento holístico, proposta por Godoi (2014). Essa abordagem permite que os especialistas possam fazer julgamentos mais subjetivos e intuitivos, sem perder a precisão e a sistematicidade, utilizando uma escala de comparações que considera tanto a experiência quanto o conhecimento técnico. O Quadro 1 traz os detalhes.

Quadro 1: Escala fundamental ajustada para julgamento holístico

Intensidade de importância	Definição
1	Baixa importância (ajuste na escala nominal para facilitar o julgamento holístico)
2	Importância ligeiramente superior
3	Importância moderada
4	Mais moderada
5	Forte importância
6	Mais forte
7	Importância muito forte
8	Muito mais forte
9	Importância absoluta ou extrema importância
n,1 a n,9	Quando as atividades são muito próximos um decimal é adicionado a 1 para mostrar a sua diferença, conforme apropriado

Fonte: Godoi, 2014

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários estruturados, aplicados de forma individual aos especialistas, que avaliaram os critérios e alternativas propostas. O método AHP permitiu, dessa forma, consolidar as preferências e avaliar a importância relativa de cada critério e alternativa, utilizando cálculos de ponderações e frequências para uma análise quantitativa. Essa integração entre métodos qualitativos e quantitativos, conforme destacado por Triviños (2013), possibilitou uma interpretação mais completa e robusta dos dados, alinhando as percepções dos especialistas com as necessidades logísticas da FAB.

A metodologia foi dividida em três etapas principais:

1. **Coleta de dados:** Aplicação dos questionários aos especialistas, com base nos critérios definidos.
2. **Aplicação do AHP:** Análise dos dados coletados, utilizando o AHP para ponderar e comparar os critérios e alternativas.
3. **Análise dos resultados:** Interpretação dos resultados, considerando a revisão bibliográfica e o referencial teórico, para consolidar as conclusões do estudo.

2.3.1 Coleta de Dados

A coleta de dados foi conduzida por meio de uma pesquisa de opinião com Oficiais Intendentes da FAB que atuam no GALC. Este é o órgão responsável por coordenar o apoio logístico operacional da Intendência às unidades desdobradas em diferentes tipos de terrenos no território nacional, tanto em situações de treinamento e adestramento quanto em missões reais (Força Aérea Brasileira, 2021). A pesquisa teve como objetivo identificar os critérios logísticos mais relevantes para a seleção de locais adequados à instalação de UCI.

Com base no conhecimento prático e operacional dos especialistas, foram definidos os seguintes cinco critérios principais para avaliação das alternativas (modelos de ARPs):

1. **Segurança (C1):** Avaliação da segurança do local e da região circundante, incluindo o risco de ameaças naturais ou humanas que possam impactar a instalação da UCI.
2. **Acessibilidade do Terreno (C2):** Condições das vias terrestres e a possibilidade de transporte aéreo ou fluvial, considerando a necessidade de acesso contínuo às UCIs.
3. **Tipo e Condições do Terreno (C3):** Análise do solo, relevo, presença de vegetação e fauna, que pode afetar a viabilidade das operações e a instalação das UCIs.
4. **Água e Esgoto (C4):** Disponibilidade de infraestrutura básica para água e esgotamento sanitário, essenciais para garantir a funcionalidade das UCIs.
5. **Rede Elétrica (C5):** Acesso a energia elétrica para garantir o funcionamento das UCIs, principalmente para o abastecimento de equipamentos e sistemas necessários.

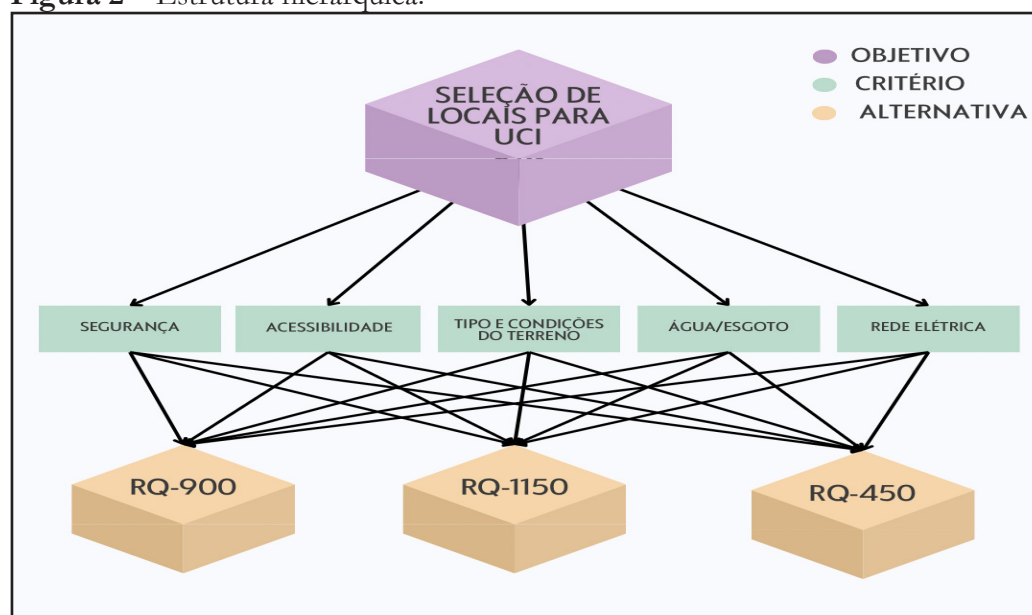


Além disso, foi realizada uma pesquisa de opinião com Oficiais Aviadores da FAB, especificamente com membros do 1º/12º GAV, Esquadrão Hórus, unidade responsável pela operação de aeronaves não tripuladas (ARPs), como os modelos Hermes 450 e Hermes 900 (Força Aérea Brasileira, 2014; Força Aérea Brasileira, 2022). Esses oficiais forneceram dados cruciais sobre o desempenho das ARPs da FAB, mais especificamente os modelos RQ-900 (A1), RQ-1150 (A2) e RQ-450 (A3), em relação aos critérios estabelecidos.

Avaliou-se, assim, a capacidade das aeronaves em atender a cada critério, com base em aspectos como autonomia de voo, sensores embarcados, capacidade de carga e outras características técnicas, conforme o conhecimento prático dos oficiais aviadores. O feedback dos especialistas permitiu priorizar as capacidades das ARPs em função das necessidades logísticas da FAB para a instalação das UCIs, considerando as condições específicas do terreno e os requisitos operacionais.

Esses critérios foram estruturados em uma matriz de comparação que permitiu a avaliação das alternativas com base na importância relativa de cada critério. O processo de hierarquização e ponderação dos critérios foi realizado utilizando o método AHP, como descrito na subseção anterior, permitindo uma análise sistemática e fundamentada dos dados coletados. A Figura 2 é ilustrativa.

Figura 2 – Estrutura hierárquica.



Fonte: Godoi, 2014

3 RESULTADOS

3.1 Definição de Critérios

Como primeiro resultado obtivemos a definição dos critérios, que foi baseada nas respostas dos oficiais do GALC, que possuem experiência direta na instalação de UCI em operações reais. Os critérios identificados refletem os principais desafios logísticos enfrentados e os requisitos fundamentais para garantir o correto funcionamento das unidades instaladas. Os cinco critérios foram definidos como:

- Critério 1 - Segurança do local: A segurança do local é um fator determinante, pois locais instáveis ou com risco de ameaças externas podem comprometer não apenas a operação da UCI, mas também a integridade dos militares envolvidos.
- Critério 2 - Acessibilidade do terreno: O acesso ao local é essencial para garantir a chegada de suprimentos e deslocamento de militares. Esse critério avalia a existência de vias terrestres pavimentadas ou não, disponibilidade de acesso por meios aéreos e fluviais e a possibilidade de uso de transporte alternativo em situações adversas.
- Critério 3 - Tipo e condições do terreno: A composição do solo, a topografia da área e a presença de obstáculos naturais, como vegetação densa ou terrenos alagadiços, impactam diretamente a instalação e funcionamento da UCI. Locais com baixa estabilidade geotécnica podem comprometer a estrutura das instalações.
- Critério 4 - Disponibilidade de água e esgoto: O acesso a recursos hídricos é fundamental para garantir abastecimento de água potável e saneamento adequado. Além disso, esse critério avalia a existência de infraestrutura para esgotamento sanitário, reduzindo impactos ambientais e garantindo condições adequadas de higiene.
- Critério 5 - Rede elétrica: A presença de infraestrutura elétrica facilita a instalação da UCI, mas, na ausência dessa infraestrutura, é necessário avaliar a viabilidade do uso de fontes alternativas, como geradores a diesel e painéis solares.

3.2 Definição das Alternativas

As três aeronaves avaliadas foram selecionadas com base em sua disponibilidade na FAB e sua capacidade de desempenhar missões de reconhecimento (Motta, 2023) e sensoriamento remoto em apoio à logística de campanha. A escolha das alternativas considerou os seguintes fatores:

- A1 - RQ-900: Essa aeronave apresenta maior autonomia de voo e sensores de última geração, proporcionando imagens de alta resolução e dados detalhados sobre o terreno. Seu desempenho avançado em missões de inteligência e reconhecimento a torna a opção mais completa para apoiar a decisão logística (Elbit Systems, 2020b).
- A2 - RQ-1150: Caracteriza-se por sua flexibilidade operacional e capacidade de operar em diferentes cenários, sendo adequada para missões de longa duração e análise situacional prolongada. Embora tenha sensores menos avançados que a RQ-900, seu custo-benefício é um diferencial (Israel Aerospace Industries, 2024).



- A3 - RQ-450: Trata-se de um modelo compacto, ideal para missões táticas de curta distância e coleta rápida de informações. Sua mobilidade e agilidade operacionais são vantajosas, mas sua limitação de autonomia e alcance pode ser um fator restritivo (Elbit Systems, 2020a).

3.4 Priorização de Critérios

A priorização dos critérios foi realizada por meio do método de julgamento holístico. Para isso, foi aplicado um formulário, via Google Forms, a Oficiais Intendentes da FAB, que atribuíram pesos relativos à importância de cada critério. Os pesos fornecidos pelos especialistas foram consolidados através da média aritmética desses valores. Como resultado, os seguintes pesos foram obtidos: Critério 1 = 5,000000, Critério 2 = 5,000000, Critério 3 = 5,666667, Critério 4 = 4,333333 e Critério 5 = 4,333333.

Após a definição dos pesos relativos, o software RStudio, com o auxílio do pacote AHPWR, foi utilizado para gerar a matriz de julgamentos paritários dos critérios, seguindo a abordagem do julgamento holístico (Alcoforado. 2024), (Alcoforado; Sousa; Longo, 2022). Essa matriz reflete a comparação da importância dos quatro critérios entre si, conforme avaliado pelos especialistas, e está representada no Quadro 2.

Quadro 2: Priorização dos critérios

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Critério 1	1	1	0,6	1,67	1,67
Critério 2	1	1	0,6	1,67	1,67
Critério 3	1,67	1,67	1	2,33	2,33
Critério 4	0,6	0,6	0,43	1	1
Critério 5	0,6	0,6	0,43	1	1

Fonte: o autor

O processo seguinte envolveu a verificação da consistência da matriz construída, por meio do cálculo da Razão de Consistência (CR). O valor obtido foi inferior ao limite de 10%, ele comprova que os julgamentos realizados pelos especialistas foram consistentes, garantindo a confiabilidade da priorização dos critérios.

3.5 Avaliação das Alternativas

A avaliação das alternativas utilizou o julgamento holístico para a criação das matrizes de julgamento paritárias. Nesse processo, os Oficiais Aviadores atribuíram pesos às aeronaves, considerando sua capacidade de atender a cada critério estabelecido.

No caso do critério segurança (C1), os especialistas avaliaram o desempenho de cada aeronave, atribuindo os seguintes pesos relativos: RQ-900 (A1) = 5,166667, RQ-1150 (A2) = 4,333333 e RQ-450 (A3) = 4,000000. Com base nesses pesos, o software foi utilizado para gerar a matriz de julgamento paritário das alternativas em relação a esse critério, conforme apresentado no Quadro 3.



Quadro 3: Avaliação das alternativas à luz do critério segurança

	RQ-900	RQ-1150	RQ-450
RQ-900	1.0000000	1.833333	2.166667
RQ-1150	0.5454545	1.000000	1.333333
RQ-450	0.4615385	0.750000	1.000000

Fonte: o autor

Para o critério de acessibilidade (C2), os especialistas atribuíram os seguintes pesos relativos às aeronaves: RQ-900 (A1) = 4,666667, RQ-1150 (A2) = 4,166667 e RQ-450 (A3) = 3,500000. Com base nesses valores, a matriz de julgamento paritário das alternativas em relação a esse critério obtida está ilustrada no Quadro 4.

Quadro 4: Avaliação das alternativas à luz do critério acessibilidade

	RQ-900	RQ-1150	RQ-450
RQ-900	1.0000000	1.500000	2.166667
RQ-1150	0.6666667	1.000000	1.666667
RQ-450	0.4615385	0.600000	1.000000

Fonte: o autor

Considerando o critério de tipo e condições do terreno (C3), os pesos relativos às aeronaves foram: RQ-900 (A1) = 5.166667, RQ-1150 (A2) = 4.833333 e RQ-450 (A3) = 4.166667. Com base nesses valores, a matriz de julgamento paritário das alternativas em relação a esse critério obtida está representada no Quadro 5.

Quadro 5: Avaliação das alternativas à luz do critério tipo e condições do terreno

	RQ-900	RQ-1150	RQ-450
RQ-900	1.000000	1.333333	2.000000
RQ-1150	0.750000	1.000000	1.666667
RQ-450	0.500000	0.600000	1.000000

Fonte: o autor

Considerando o critério disponibilidade de água e esgoto (C4), os pesos relativos às aeronaves foram: RQ-900 (A1) = 3.833333, RQ-1150 (A2) = 3.166667 e RQ-450 (A3) = 2.666667. Com base nesses valores, a matriz de julgamento paritário das alternativas em relação a esse critério está representada no Quadro 6.

Quadro 6: Avaliação das alternativas à luz do critério disponibilidade de água e esgoto

	RQ-900	RQ-1150	RQ-450
RQ-900	1.0000000	1.6666667	2.166667
RQ-1150	0.6000000	1.000000	1.500000
RQ-450	0.4615385	0.6666667	1.000000

Fonte: o autor

Considerando o critério disponibilidade de rede elétrica (C5), os pesos relativos às aeronaves foram: RQ-900 (A1) = 4.000000 RQ-1150 (A2) = 3.500000 e RQ-450 (A3) = 2.500000. Com base nesses valores, a matriz de julgamento paritário das alternativas em relação a esse critério está representada no Quadro 7.

Quadro 7: Avaliação das alternativas à luz do critério disponibilidade de rede elétrica

	RQ-900	RQ-1150	RQ-450
RQ-900	1.000000	1.50000	2.500000
RQ-1150	0.6666667	1.000000	2.000000
RQ-450	0.4000000	0.500000	1.000000

Fonte: o autor

Após a construção das quatro matrizes correspondentes à avaliação das alternativas, procedeu-se à análise de consistência dessas matrizes, por meio do cálculo da Razão de Consistência para cada uma delas. Os valores obtidos estão detalhados no Quadro 8, demonstrando a confiabilidade dos julgamentos realizados.

Quadro 8: Valores da Razão de Consistência

Matrizes	Segurança	Acessibilidade	Tipo/condições	Água/esgoto	Rede elétrica
CR	0.00139	0.00196	0.00106	0.00196	0.00318

Fonte: o autor

Dessa forma, verifica-se que todas as matrizes de julgamento paritário das alternativas foram consideradas consistentes, pois apresentaram razões de consistência com valores inferiores a 0,1.

Após a avaliação dos critérios e alternativas e a construção das matrizes de julgamento paritário, os dados foram consolidados em uma base de dados por meio do software RStudio. Com o uso do pacote AHPWR, foi possível obter o resultado do método AHP, ou seja, os pesos globais das alternativas. A Figura 3 apresenta o resultado gerado pelo programa.

Figura 3 – Tabela dos pesos globais das alternativas

Criteria	Weights	A	B	C	CR
--Alternatives	100%	46.92%	32.18%	20.9%	0.11%
--C1	20.84%	10.36%	5.88%	4.59%	0.14%
--C2	20.84%	9.74%	6.81%	4.29%	0.2%
--C3	32.43%	14.35%	11.15%	6.93%	0.11%
--C4	12.95%	6.26%	3.94%	2.75%	0.2%
--C5	12.95%	6.21%	4.4%	2.34%	0.32%

Fonte: o autor



Assim, a classificação das aeronaves disponíveis, com base em sua capacidade de selecionar locais para a instalação de UCI, está apresentada no quadro 9.

Quadro 9: Ranking das alternativas

Alternativas	Peso global	Classificação
RQ-900	0.469	1°
RQ-1150	0.322	2°
RQ-450	0.209	3°

Fonte: o autor

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a relevância da utilização de ARPs como ferramenta de apoio à tomada de decisão logística no âmbito da FAB. A análise multicritério, conduzida por meio do método AHP com abordagem holística, permitiu não apenas hierarquizar critérios logísticos relevantes, mas também evidenciar o desempenho diferenciado das plataformas atualmente em operação.

Entre os principais resultados, destaca-se a superioridade da aeronave RQ-900, cuja performance nos quesitos segurança, acessibilidade e capacidade de análise do terreno a posicionou como a alternativa mais eficaz para apoiar a escolha de locais para instalação de UCI. Essa conclusão é especialmente significativa diante da crescente demanda por operações ágeis em áreas remotas, onde o tempo de resposta e a acurácia das informações são determinantes para o sucesso da missão.

Ao considerar a totalidade da evidência disponível — incluindo experiências práticas dos oficiais envolvidos e a literatura especializada —, percebe-se uma convergência entre o avanço tecnológico das ARPs e a necessidade de modernização dos processos decisórios no ambiente logístico militar. A capacidade dessas aeronaves em captar e transmitir dados em tempo real, com elevada resolução e confiabilidade, representa um diferencial frente aos métodos tradicionais de reconhecimento, que demandam maior tempo, exposição ao risco e recursos humanos especializados.

Outro ponto relevante foi a validação do método AHP com julgamento holístico como uma abordagem viável e eficiente para esse tipo de decisão. A simplicidade da aplicação, aliada à consistência dos resultados, demonstra que esse modelo pode ser replicado em outras análises operacionais da FAB, contribuindo para padronizar e tornar mais transparente o processo de escolha entre alternativas complexas.

Ainda que os resultados apontem para a robustez do modelo adotado, é importante destacar que a aplicação foi delimitada às aeronaves atualmente disponíveis e a critérios logísticos previamente estabelecidos. Essa delimitação, embora necessária para viabilizar a análise, implica em limitações relevantes: por exemplo, a ausência de custos operacionais pode conduzir a uma priorização que, em cenários reais, se revelaria menos eficiente sob a ótica financeira; de forma semelhante, a não consideração de restrições climáticas e geográficas pode impactar a viabilidade prática da instalação das UCI em determinadas regiões. Assim, os resultados



devem ser compreendidos como um recorte analítico da realidade atual, oferecendo uma base consistente, mas passível de aprimoramento. Nesse sentido, estudos futuros poderão ampliar o escopo da pesquisa, incorporando variáveis de ordem operacional e econômica, de modo a fornecer subsídios ainda mais abrangentes ao processo decisório.

Nesse contexto, uma hipótese que pode ser explorada em trabalhos posteriores é a integração de análises multicritério com simulações operacionais em tempo real, a fim de potencializar ainda mais a capacidade preditiva e estratégica das decisões logísticas na FAB. Essa perspectiva reforça a importância de investir não apenas em equipamentos, mas também em metodologias que ampliem a eficiência do planejamento e da execução das missões.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como objetivo principal analisar a aplicabilidade das ARPs no apoio à escolha de locais para instalação de UCI, utilizando como base o método de Análise Hierárquica de Processos (AHP), em sua vertente de julgamento holístico. A partir dessa proposta, buscou-se estruturar um modelo de decisão que fosse ao mesmo tempo prático, confiável e alinhado à realidade operacional da FAB.

A definição dos critérios logísticos, obtida com a contribuição de especialistas da área, e a posterior avaliação das ARPs disponíveis evidenciaram que essas tecnologias, quando bem direcionadas, representam um importante diferencial para o aprimoramento do planejamento logístico militar. O estudo confirmou a hipótese inicial de que as ARPs são capazes de fornecer informações úteis e confiáveis para subsidiar a escolha de terrenos adequados, reduzindo incertezas e riscos associados a operações em áreas remotas.

Ao longo da análise, também se demonstrou que o método AHP, com a abordagem holística, é aplicável de maneira eficaz mesmo em cenários complexos e dinâmicos, possibilitando a comparação equilibrada entre alternativas e critérios sem sobrecarregar os decisores.

Com base nos dados levantados e na experiência prática relatada pelos especialistas, é possível afirmar que o uso de ARPs representa não apenas uma inovação operacional, mas também um avanço na maneira como a logística de campanha pode ser pensada e executada. Essa constatação reforça a necessidade de integrar, de forma estruturada, essas tecnologias aos processos decisórios logísticos da FAB.

Como desdobramento futuro, recomenda-se a ampliação do escopo de avaliação para outros tipos de missão e contextos geográficos, bem como a incorporação de variáveis econômicas, ambientais e sociais no modelo multicritério. Além disso, estudos mais aprofundados sobre a integração entre os sistemas de sensoriamento remoto e as plataformas de comando e controle poderão oferecer novas possibilidades para o uso estratégico das ARPs.



Informações sobre os autores:

Lorena Peres Barcellos

<https://orcid.org/0009-0002-2125-2664>

<http://lattes.cnpq.br/3042915722830095>

barcelloslpb@fab.mil.br

Instituto de Economia, Finanças e Administração da Aeronáutica, IEFA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Graduada em Administração Pública e em Ciências da Logística pela Academia da Força Aérea (AFA). Possui formação complementar pela Escola Nacional de Administração Pública (ENAP) nas áreas de orçamento público, gestão de riscos, contratos administrativos e inteligência de negócios aplicada ao planejamento governamental. Atualmente é Aspirante a Oficial Intendente da Força Aérea Brasileira.

João Paulo Martins dos Santos

<https://orcid.org/0000-0002-0957-7119>

<http://lattes.cnpq.br/8043024792815551>

jp2@alumni.usp.br

Divisão de Ensino/Academia da Força Aérea, AFA, Pirassununga, SP, Brasil. Graduado em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, mestrado em Matemática pela mesma instituição e doutorado em Ciências pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atualmente é Docente da Academia da Força Aérea (AFA), atuando no ensino de Matemática e Estatística. Seus interesses de pesquisa incluem Computação Científica, modelagem matemática e simulação numérica.

Rafael Freitas de Lima

<https://orcid.org/0009-0002-0110-4349>

rafaelrfl.sjc@gmail.com

Controle Interno/Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, IFI, São José dos Campos, SP, Brasil. Oficial Intendente da Força Aérea Brasileira. Possui formação militar pela EPCAR e pela Academia da Força Aérea, além de especializações e MBAs em Logística Empresarial, Supply Chain Management, Gestão de Projetos, Gestão Pública e Planejamento Estratégico. Ao longo da carreira, exerceu funções de gestão, controle interno, logística, contratos administrativos e intendência operacional em diversas organizações da Aeronáutica.

Contribuições dos autores:

Lorena Peres Barcellos foi responsável pela conceituação do estudo, curadoria dos dados, análise formal, desenvolvimento da metodologia, implementação dos algoritmos e rotinas computacionais, visualização dos resultados e elaboração da versão inicial do manuscrito. A revisão e a edição do texto foram realizadas em conjunto com João Paulo Martins dos Santos.

João Paulo Martins dos Santos participou da curadoria dos dados, análise formal, desenvolvimento



metodológico, implementação computacional, visualização dos resultados, supervisão das atividades de pesquisa e revisão crítica do manuscrito.

Como citar este artigo:

ABNT

BARCELLOS, L. P.; SANTOS, J. P. M.; LIMA, R. F. O uso de aeronaves remotamente pilotadas e método AHP no planejamento logístico da FAB: análise das capacidades das ARP para seleção de locais para unidades celulares de intendência. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 1-19, 2026.

APA

BARCELLOS, L. P.; SANTOS, J. P. M.; LIMA, R. F. (agosto, 2026) O uso de aeronaves remotamente pilotadas e método AHP no planejamento logístico da FAB: análise das capacidades das ARP para seleção de locais para unidades celulares de intendência. **Revista da UNIFA**, 39 (1), P. 1-19.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, Luciane Ferreira. **Aplicação do método AHP com R:**
ALCOFORADO, L. F.; SANTOS, J. M.; LONGO, O. C. L.; LEVY, A.; LÓPEZ, J. (Orgs.). Aplicações em R: encurtando distâncias nas ciências. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786587023397> Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1249. Acesso em 5 abril. 2025. ALCOFORADO, L. F.; SOUSA, L.; LONGO, O. C. AHPWR: Compute Analytic Hierarchy Process. [S.l.], 2022. R package, versão 0.1.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=AHPWR>. Acesso em: 07 abr. 2025.

BARCELOS, Anna Carolina. **O uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) em monitoramentos de campo: aplicabilidades e viabilidades**. 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20639>. Acesso em: 10 abr 2025.

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.



CHIROLI, Daiane Maria de Genaro; YOKOTA, Edson de Oliveira. Proposta do uso de VANT nas ações de logística humanitária no estado do Paraná-Brasil. *Espacios*, [s.l], Vol. 37, n. 22, p. 13, 2016.

DA SILVA, Luiz Amedeo Iozzi. **A estrutura de apoio logístico da Força Aérea Brasileira em relação à doutrina de Comando combinado**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeroespaciais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2006.

DA SILVA NASCIMENTO, Ana Juvelina; DENADAI, Marcelo Scantamburlo. Sensoriamento remoto com o uso do drone. **Tekhne e Logos**. v.14, n.2, p. 10-17, 2023. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/834/505>. Acesso em: 10 abr 2025.

DE BRITO OLIVEIRA, Natália. **Logística da Força Aérea Brasileira para operações de resposta a desastres naturais**. 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/25678/25678.PDF>. Acesso em 19 ago 2025.

DIAS, Adriano de Oliveira *et al.* **Mariana, o maior desastre ambiental do Brasil: uma análise do conflito socioambiental**. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo (Org.) Planejamento e gestão territorial: a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos. Criciúma, SC: EDIUNESC, 2018. Cap. 20. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/pgt20>.

DRONENG. **O uso de drones em desastres ambientais**. Blog Droneng, 2021. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/o-uso-de-drones-em-desastres-ambientais/>. Acesso em: 13 out. 2024.

ELBIT SYSTEMS. **Detalhes do produto Hermes 450**. 2020a: Elbit Systems. Disponível em: <https://elbitsystems.com/products/uas/hermes-450/>. Acesso em: 26 set. 2024.

ELBIT SYSTEMS. **Detalhes do produto Hermes 900**. 2020b: Elbit Systems. Disponível em: <https://elbitsystems.com/product/hermes-900-5/>. Acesso em: 26 set. 2024.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. Aeronave Remotamente Pilotada da FAB realiza primeiro voo de traslado. Força Aérea Brasileira, 23 de setembro de 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39791/VOO%20IN%C3%89DITO%20-%20Aeronave%20Remotamente%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 de março de 2014. Reaparelhamento. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/imprime/18093>. Acesso em: 27 ago. 2024.



FORÇA AÉREA BRASILEIRA. Intendentes dão suporte logístico contínuo às Operações e Exercícios da FAB. Força Aérea Brasileira, 23 de agosto de 2021. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37773/DIA%20DA%20INTEND%C3%80NCIA%20-%20Intendentes%20d%C3%A3o%20suporte%20log%C3%ADstico%20cont%C3%ADnuo%20%C3%A0s%20Opera%C3%A7%C3%B5es%20e%20Exerc%C3%ADcios%20da%20FAB>. Acesso em: 25 fev. 2025.

GODOI, Wagner da Costa. Método de Construção das Matrizes de Julgamento Paritários no AHP - Método do julgamento holístico. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, n. 03: p.474-493, 2014. D.O.I: 10.3895/S1808-04482014000300001.

GOMES, Kesia Guedes Arraes. **Um método multicritério para localização de unidades celulares de intendência da FAB**. 2010. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. DOI: <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.14984>.

ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES. **Heron: Multi-Role Male UAS**. Disponível em: <https://www.iai.co.il/p/heron>. Acesso em: 30 set. 2024.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. **O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: um Estudo de Caso**. XLI SBPO 2009: Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, [S. l.], p. 1778-1788, 2009.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral de Apoio (COMGAP). Portaria GABAER nº 346/GC3, de 9 de agosto de 2022. Aprova a diretriz que dispõe sobre a Doutrina de Logística da Aeronáutica (DCA 2-1/2022). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 151, f. 11631, 12 ago. 2022.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Administração (DIRAD). Portaria DIRAD nº 425/AB6, de 13 de março de 2024. Aprova a edição do Manual de Unidade Celular de Intendência (MCA 400-3/2024). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 058, 26 mar. 2024.

MOTTA, Murilo. **Olhos da Pátria: o emprego de aeronaves remotamente pilotadas pela Força Aérea Brasileira**. 2023. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/446c4ecc-9a42-4996-97b1-c4e529f2f964/content>. Acesso em: 19 ago. 2025.

SAATY, Thomas Lorie. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, Pittsburgh, v. 1, n. 1, p.83-98, 2008.



SAATY, T. L. On the Measurement of Intangibles: A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons. **Notices of the American Mathematical Society**, Providence, v. 60, n. 2, p.192-208, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1090/noti944>.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.

SOUZA, Marcone Jamilson Freitas; FERREIRA, Guilherme Castro; DUTRA, Vagner Gonçalves. Metaheurísticas Simulated Annealing e Iterated Local Search aplicadas ao problema de P-Mediana Capacitado: Um Estudo de Caso. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_074_524_11404.pdf. Acesso em 16 jun 2025.

TARTAREL, Nicholle Ribeiro Guimarães Santino. **Ação Humanitária da Força Aérea Brasileira (FAB) no Território Yanomami**: um estudo de caso. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio Janeiro, 2023. Orientadora: Margarida Rocha Bernardes. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1841>. Acesso em: 16 jun. 2025.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a Pesquisa Qualitativa em Educação – O Positivismo, A Fenomenologia, O Marxismo. Formação (Online), v. 1, n. 20, p. 3-6, 2013. DOI: <https://doi.org/10.33081/formacao.v1i20.2335>.

ZAMBON, Kátia Livia *et al.* Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 2, p. 183-199, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-74382005000200002>.

Recebido: 25 ago 2025

Aceito: 14 maio 2026

