

Priorização de Drones Táticos de Pequeno Porte para o Corpo de Fuzileiros Navais: Uma Abordagem com o Método ZAPROS III-i

Gabriel Pereira de Oliveira Capela (UFF) *gabrielcapela@id.uff.br*
Marcos dos Santos (UFF) *marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br*
Carlos Francisco Simões Gomes (UFF) *cfsgl@bol.com.br*

Resumo

Com a Guerra da Ucrânia, ficou evidente que o emprego de drones de pequeno porte tornou-se essencial para operações de reconhecimento, vigilância e apoio tático em forças terrestres modernas. Nesse contexto, o Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil enfrenta a necessidade de reestruturar seu aparato, e a grande variedade de alternativas tecnológicas e atributos operacionais torna a escolha do equipamento mais adequado um desafio decisório complexo. Este estudo tem como propósito priorizar modelos de drones táticos leves utilizando o método ZAPROS III-i, pertencente aos métodos de análise de decisão verbal, que trabalha com julgamentos qualitativos e ordenação de preferências. Para isso, foram definidos critérios relevantes ao contexto militar, construídas escalas qualitativas de preferência e aplicadas comparações pareadas conforme a lógica ordinal do método. Os resultados apontam o drone *DJI Mavic 3 Enterprise* como o que melhor atende às necessidades operacionais. O trabalho contribui para uma seleção mais estruturada e transparente de sistemas aéreos não tripulados, apoiando decisões de aquisição que aumentam a segurança das tropas, a probabilidade de sucesso das missões e a eficiência no uso de recursos públicos.

Palavras-Chaves: *ZAPROS, MCDM, Corpo de Fuzileiros Navais, drones.*

1.0 Introdução

Nos últimos anos, forças armadas em todo o mundo têm acelerado seus processos de modernização diante de um ambiente operacional marcado por volatilidade, incerteza e rápida evolução tecnológica. Entre essas transformações, destaca-se a popularização dos drones de pequeno porte, capazes de realizar reconhecimento próximo, vigilância contínua e apoio direto às tropas, funções que ganharam grande visibilidade com a Guerra da Ucrânia. O emprego intensivo desses equipamentos demonstrou que plataformas relativamente acessíveis podem alterar significativamente a forma como operações terrestres são conduzidas, ampliando a consciência situacional das tropas e reduzindo riscos humanos.

No contexto brasileiro, o Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), parcela intrínseca da Marinha do Brasil (BRASIL, 2020a), configura-se como uma tropa especializada e de caráter expedicionário, essencial para a projeção do Poder Naval em terra por meio de Operações Anfíbias, em consonância com as atribuições estabelecidas pela Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2020b). Diante desse papel estratégico, o CFN enfrenta desafios significativos relacionados ao reaparelhamento e à modernização de suas capacidades operacionais, especialmente em um cenário marcado pela rápida evolução tecnológica e pela necessidade crescente de atualização contínua de seus meios.

A incorporação de tecnologias emergentes aos cenários operacionais militares tem se consolidado como elemento central para aumentar a capacidade de Comando e Controle e a segurança das tropas em campo. Para o CFN, cujas atribuições também incluem operações de paz, ações de garantia da lei e da ordem e missões de apoio a desastres naturais, cresce a necessidade de ampliar a consciência situacional e o alcance do reconhecimento tático em níveis de Pelotão e Companhia. Entre as soluções atualmente disponíveis, os drones táticos de pequeno porte destacam-se por oferecer elevada mobilidade, baixo custo operacional, versatilidade de emprego e rápida prontidão, podendo inclusive ser transportados por um único militar sem a necessidade de mochila específica. Tais características os consolidam como ferramentas estratégicas para missões de reconhecimento, vigilância e aquisição de alvos, tanto em operações de guerra quanto em situações de emprego limitado da força, contribuindo para o aprimoramento da eficiência operacional do CFN.

Apesar dessa relevância, a escolha do modelo de drone mais adequado configura-se como um problema complexo, dependente de múltiplos critérios técnicos, operacionais e logísticos. O mercado apresenta uma diversidade crescente de plataformas com características

bastante heterogêneas, variando em termos de autonomia, tipos de sensores embarcados, resistência ao vento, facilidade de transporte, segurança cibernética e custo de ciclo de vida. Há desde modelos ultracompactos, que podem caber na palma da mão, até sistemas mais robustos, equipados com motores a combustão e capazes de alcançar autonomies significativamente superiores.

Essa diversidade dificulta a comparação direta entre as alternativas, sobretudo porque muitos dos critérios relevantes envolvem julgamentos qualitativos, percepções dos especialistas militares e incertezas inerentes ao ambiente operacional. Além disso, valores numéricos apresentados pelos fabricantes nem sempre se traduzem em ganhos operacionais significativos, podendo induzir interpretações equivocadas. Por exemplo, para um Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav) que opere em raio de até 17 km, um drone com alcance de 30 km não é necessariamente inferior a outro que alcance 40 km, pois, além do raio de operação, as ações de reconhecimento passam a ser responsabilidade do escalão superior, empregando outro tipo de equipamento. Assim, uma avaliação puramente quantitativa pode avaliar erradamente determinado sistema para os fins requeridos. A ausência de um processo decisório estruturado pode, portanto, resultar na seleção de plataformas incompatíveis com as necessidades efetivas das unidades operativas, ou uma escolha não otimizada, gerando impactos negativos sobre o desempenho das operações e a segurança dos militares.

Diante desse cenário, torna-se necessário adotar metodologias de apoio à decisão capazes de lidar com múltiplos critérios, integrar avaliações qualitativas e garantir transparência, coerência e consistência no processo de escolha. Nesse contexto, métodos de apoio à decisão surgem como ferramentas essenciais para orientar escolhas estratégicas, embora nem sempre sejam capazes de lidar adequadamente com situações em que as preferências dos decisores são expressas de forma qualitativa ou quando a natureza dos critérios impede mensurações precisas. É justamente nesse ponto que a Análise de Decisão Verbal (VDA - *Verbal Decision Analysis*) se apresenta como uma abordagem apropriada e promissora, ao permitir a construção de ordenações de preferência a partir da linguagem natural para a descrição do problema (GRECO; SŁOWIŃSKI; WALLENIIUS, 2025). Diferentemente de métodos que exigem dados quantitativos, a VDA opera com comparações verbais e classificações ordinais, reduzindo a carga cognitiva dos decisores e mitigando inconsistências decorrentes de tentativas numéricas de expressar julgamentos qualitativos, sendo especialmente útil em contextos de elevada incerteza, nos quais os decisores não dispõem de informações completas ou não conseguem fornecer avaliações numéricas precisas, como ao tentar

quantificar em um único valor a capacidade do sensor óptico de um drone ou sua facilidade de transporte.

Entre os métodos da VDA, o ZAPROS III-i (PINHEIRO, P R; TAMANINI; MACHADO, 2014; TAMANINI *et al.*, 2015; TAMANINI; PINHEIRO, 2011), uma extensão do método ZAPROS III desenvolvido por Larichev (2001), desponta como uma técnica particularmente adequada para problemas multicritério que envolvem alternativas avaliadas de forma qualitativa. O método possibilita a construção de ordenações de preferência fundamentadas em comparações verbais rigorosamente estruturadas, sem a necessidade de atribuição direta de pesos ou valores cardinais.

O processo de elicitação de preferências no ZAPROS III-i não apenas busca garantir a consistência interna dos julgamentos, mas também desempenha um papel fundamental na redução dos casos de incomparabilidade entre alternativas, um dos principais desafios dos métodos de Análise de Decisão Verbal. Em sua forma tradicional, a ausência de valores numéricos e o uso exclusivo de escalas verbais podem limitar o poder de comparação, tornando inevitável que algumas alternativas permaneçam sem relação de preferência definida. O ZAPROS III-i, entretanto, introduz modificações estruturais no procedimento de comparação (especialmente na forma como as escalas de variação de qualidade são construídas e utilizadas) ampliando o número de pares comparáveis e permitindo a formulação de rankings mais completos. Dessa forma, em processos de aquisição militar, nos quais a justificativa das escolhas deve ser transparente, auditável e sustentada por critérios claramente definidos, o ZAPROS III-i pode oferecer vantagens metodológicas relevantes.

A aplicação do método ZAPROS III-i requer, inicialmente, uma etapa de estruturação do problema suficientemente robusta para captar as necessidades reais das unidades operacionais e refletir a diversidade de contextos em que o CFN atua. O mapa mental elaborado (Figura 1) cumpre esse papel ao organizar, de forma sistemática, os principais componentes que influenciam a decisão: os diferentes tipos de emprego do CFN, que vão desde operações de guerra naval até ações humanitárias; os critérios de avaliação técnica a serem utilizados; os desafios do processo decisório, incluindo a heterogeneidade das plataformas e os julgamentos qualitativos dos especialistas; os atores envolvidos, como militares especializados no manuseio de drones e os fabricantes; e as evidências do problema, representadas por relatórios operacionais, experiências internacionais e missões recentes com lacunas de reconhecimento; além é claro, do estudo do próprio método ZAPROS III-i. A representação gráfica dessas dimensões permite visualizar suas interdependências e contribui para identificar, de maneira

clara, os aspectos críticos que justificam a necessidade de aquisição de drones táticos de pequeno porte pelo CFN.

Figura 1 – Mapa Mental do Problema



Fonte: O Autor.

Um outro recurso empregado na etapa de estruturação é a Análise CATWOE, apresentada na Figura 2. Essa ferramenta permite examinar o problema de aquisição sob múltiplas perspectivas, contemplando os diferentes beneficiários da aquisição (*Customers*), os agentes responsáveis pela execução do processo (*Actors*), o processo transformacional desejado (*Transformation*), as visões de mundo que justificam a importância da mudança (*World View*), as restrições externas que condicionam a decisão (*Environment*) e os responsáveis formais pelo processo decisório (*Owners*). A Análise CATWOE, ao sintetizar essas dimensões, evidencia a interdependência entre necessidades, limitações institucionais e condicionantes estratégicos, reforçando a complexidade do processo aquisitivo.

Figura 2 – Análise CATWOE



Fonte: O Autor.

A integração dos resultados do mapa mental (Figura 1) e da Análise CATWOE (Figura 2) permite compreender de maneira mais precisa e sistemática porque o problema da aquisição de drones táticos de pequeno porte é crítico para o Corpo de Fuzileiros Navais. A ausência de sistemas leves e eficientes de reconhecimento limita a efetividade das operações em ambientes hostis.

Assim, a estruturação do problema, apoiada pelos instrumentos visuais e conceituais apresentados, confirma que a decisão em questão se configura como um desafio multicritério, de alta complexidade e diretamente relacionado à eficácia operacional do CFN. Diante disso, este estudo investiga como o método ZAPROS III-i pode auxiliar na priorização de drones táticos de pequeno porte para o CFN, com o intuito de subsidiar decisões de aquisição mais consistentes, aumentando a eficácia das operações e a adequada aplicação dos recursos públicos, fornecendo transparência ao processo de escolha.

2.0 Referencial Teórico

2.1 Análise de Decisão Verbal

A Análise de Decisão Verbal constitui uma família de métodos de apoio multicritério que se fundamenta no uso de julgamentos expressos em linguagem natural, evitando a necessidade de atribuição de valores numéricos às alternativas. Essa característica torna a VDA especialmente adequada em situações nas quais os decisores não conseguem, ou não desejam,

quantificar preferências com precisão, seja por restrições cognitivas, falta de dados ou natureza qualitativa dos critérios envolvidos. Seus principais métodos são os da família ZAPROS, PACOM e ORCLASS.

Segundo Arfer (2024), os métodos VDA têm como princípio central minimizar a carga cognitiva do decisor, ao mesmo tempo em que garantem consistência na elicitación das preferências. Uma das vantagens recorrentes da VDA é sua capacidade de produzir modelos transparentes e interpretáveis, aspecto fundamental em contextos nos quais a justificativa da decisão é tão importante quanto o resultado. Como destacado por Nunes *et al.* (2020), quando aplicada em problemas de seleção de profissionais de TI, a Análise de Decisão Verbal permitiu integrar fatores psicológicos, fisiológicos e comportamentais de maneira estruturada, mostrando que avaliações qualitativas podem ser tão informativas quanto medidas quantitativas tradicionais. Resultados semelhantes são observados em aplicações no campo da saúde, como nos estudos que empregam modelos híbridos entre Machine Learning e VDA para diagnóstico de autismo (DE ANDRADE *et al.*, 2021), detecção de demência em indivíduos infectados por HIV (PINHEIRO, L.I.C.C. *et al.*, 2021) e apoio ao diagnóstico de Covid-19 (DE ANDRADE *et al.*, 2023). Nessas situações, a VDA contribui para reduzir o número de critérios necessários, realçando atributos relevantes sem comprometer a validade do diagnóstico.

No âmbito metodológico, os avanços na Análise de Decisão Verbal também incluem o desenvolvimento de ferramentas e algoritmos voltados à garantia de consistência ordinal. O trabalho apresentado por Mechitov e Moshkovich (2020) propõe mecanismos para verificar e corrigir inconsistências em comparações par a par, reforçando a importância da transitividade como requisito de racionalidade. Por sua vez, o estudo de Furems (2020) propõem uma abordagem geral baseada na VDA para resolver problemas de classificação nos níveis ordinal, nominal-ordinal e nominal, implementada no método STEPCLASS.

Outra evolução relevante é a criação do método Artiruno (ARFER, 2024), que busca reduzir o número de perguntas feitas ao decisor por meio de inferências intermediárias durante a entrevista, ampliando a eficiência do processo. Embora o estudo aponte que o método tenha impacto limitado na decisão final dos usuários, demonstra que modelos verbais podem ser implementados computacionalmente de maneira simples e acessível.

Por fim, aplicações em contextos organizacionais, como o uso de métodos verbais em avaliações de desempenho científico (BAKANOVA, 2023) corroboram a versatilidade da VDA e sua capacidade de se adaptar a diferentes realidades decisórias.

2.2 Família ZAPROS

O método ZAPROS (sigla em russo para ‘Procedimentos fechados próximos a situações de referência’) integra a família de métodos de Análise de Decisão Verbal, sendo orientado para a solução de problemas de decisão multicritério não estruturados (LARICHEV, 2001a). O conceito fundamental do método, que é a construção de uma quasi-ordem ou ordenação parcial para um grande conjunto de alternativas, foi introduzido inicialmente por Larichev et al. (1974). O procedimento de elicitação de preferências, considerado psicologicamente válido, foi formalmente proposto na primeira versão do método (LARICHEV et al., 1978). Em 1992, Oleg Ivanovich Larichev enfatizou a validade cognitiva do ZAPROS, notando o uso de operações de processamento de informação admissíveis, como a comparação qualitativa de variações de qualidade (QV - *Quality Variation*) em escalas de critérios (LARICHEV, 1992).

O método ZAPROS foi comparado com métodos como o Processo Analítico Hierárquico e cones de preferência (LARICHEV et al., 1993) demonstrando vantagens comportamentais e um robusto mecanismo de verificação de inconsistências. A versão ZAPROS-LM (LARICHEV; MOSHKOVICH, 1995) aprofundou a avaliação qualitativa das alternativas, buscando evitar o recurso a valores numéricos e baseando-se na construção de uma Escala Ordinal Conjunta (JOS – *Joint Ordinal Scale*) a partir de informações obtidas próximas a "situações de referência".

Desenvolvimentos posteriores incluíram o ZAPROS-III (LARICHEV, 2001b), que, embora usando o procedimento de elicitação de preferências da versão original, introduziu uma estrutura diferente para a elaboração da regra de decisão, focada em uma justificação mais racional e estrita (LARICHEV, 2001a).

2.3 ZAPROS III-i

O método ZAPROS III-i é uma evolução do ZAPROS III e pertence à estrutura da Análise Verbal de Decisão, (TAMANINI *et al.*, 2011; TAMANINI; PINHEIRO, 2011). O ZAPROS III-i visa ranquear alternativas multicritério em cenários que envolvem um conjunto relativamente pequeno de critérios e valores de critérios, mas um grande número de alternativas. Uma característica proeminente do método é o uso de procedimentos psicologicamente válidos, nos quais as perguntas durante a elicitação de preferências são apresentadas na linguagem natural do decisor. A principal melhoria do ZAPROS III-i sobre a versão original reside na sua capacidade de reduzir os casos de incomparabilidade entre alternativas (TAMANINI; PINHEIRO, 2008, 2011).

O método é estruturado em três etapas principais (TAMANINI; PINHEIRO, 2011):

1. Formulação do Problema:

- Definição de $K = 1, 2, \dots, N$, representando um conjunto de N critérios;
- n_q representa a quantidade de possíveis valores (opções) de critério para o q -ésimo critério;
- $X_q = x_{iq}$ representa o conjunto de valores possíveis do q -ésimo critério, $|X_q| = n_q (q \in K)$, onde os valores do critério estão em ordem decrescente, do melhor para o pior;
- $Y = X_1 * X_2 * \dots * X_n$, representa o conjunto de vetores y_i , onde $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iN})$ e $y_i \in Y, y_{iq} \in X$, e $P = |Y|$, onde $|Y| = \prod_{i=1}^N n_i$; e
- $A = \{a_i\} \in Y$, $i = 1, 2, \dots, t$, onde o conjunto de t vetores representa a descrição das alternativas do problema.

2. Elicitação de Preferências: O foco é a construção da Escala Conjunta de Variações de Qualidade (JSQV - *Joint Scale of Quality Variations*). As preferências do decisor são elicitadas comparando as Variações de Qualidade dentro de um único critério ($A_1 - A_2$), e entre pares de critérios, comparando alternativas imaginárias ($A_1B_2C_1$ ou $A_2B_1C_1$). No ZAPROS III-i, as subetapas de referência são unificadas, otimizando o processo ao fazer apenas n perguntas em vez de $2n$.

Exemplificando:

Dado um problema em que as alternativas possuam 3 critérios (A, B e C) cada ($K=1,2,3$) e cada um deles tenha 3 valores (opções) de critério ($n_q = 3 \forall q \in K$). Nomeando as variações de qualidade para um critério X temos:

X_1 para $X_2 = x_1$; X_2 para $X_3 = x_2$; e X_1 para $X_3 = x_3$.

Considerando os pares de critério A e B, cada um contendo uma variação (queda) de qualidade (QV) a_1 ou b_1 , o decisor analisará qual alternativa imaginária seria preferível: $A_1B_2C_1$ ou $A_2B_1C_1$. No entanto, a resposta deve ser a mesma para a comparação das alternativas $A_1B_2C_3$ ou $A_2B_1C_3$. Se a resposta for a primeira opção, por exemplo, então a variação de qualidade b_1 é preferível (menos ruim) que a variação a_1 ($b_1 < a_1$).

3. Comparação de Alternativas: Cada alternativa tem uma função de qualidade $V(y)$. Para a comparação, os vetores de *ranks* dos valores dos critérios, que representam $V(y)$, são reorganizados em ordem ascendente. Os valores reordenados são então comparados com o vetor da outra alternativa usando a regra de dominância de Pareto. Em casos de incomparabilidade, o método pode recorrer à avaliação de todas as alternativas possíveis do problema para ranquear indiretamente as alternativas reais por transitividade, garantindo um ranqueamento completo.

Exemplificando:

Comparando as alternativas $Alt_1 = \{A_2, B_2, C_1\}$ e $Alt_2 = \{A_3, B_1, C_2\}$ e considerando que temos a seguinte JSQV $a_1 < b_1 < c_1 < a_2 < b_2 < c_2 < a_3 < b_3 < c_3$ (representando valores de 1 a 9, nessa ordem), formada através das comparações do passo anterior. A função de qualidade $V(Alt_1)$ é construída através da análise de variações positivas (melhorias) de Alt_1 para Alt_2 :

- No critério A houve piora (A_2 para A_3), logo considera índice 0;
- No critério B houve melhora (B_2 para B_1), logo considera índice 2 (relativo a b_1); e
- No critério C houve piora (C_1 para C_2), logo considera índice 0.

O $V(Alt_1)$ fica sendo definido como (0,2,0), ordenando-o temos (0,0,2).

Construindo $V(Alt_2)$ (melhorias) Alt_2 para Alt_1 :

- No critério A houve melhora (A_3 para A_2), logo considera índice 4 (relativo a a_2);
- No critério B houve piora (B_1 para B_2), logo considera índice 0; e
- No critério C houve melhora (C_2 para C_1), logo considera índice 3 (relativo a c_1).

O $V(Alt_2)$ fica sendo definido como (4,0,3), ordenando-o temos (0,3,4).

Comparando os dois vetores ordenados pela regra de dominância de Pareto (LARICHEV, 2001b):

$V(Alt_1) = (0,0,2)$; e $V(Alt_2) = (0,3,4)$.

Todos os índices de $V(Alt_1)$ são menores (melhores) ou iguais que os de $V(Alt_1)$ e tem pelo menos um melhor. Logo Alt_1 é preferível a Alt_2 .

3.0 Metodologia

A pesquisa adotou um desenho qualitativo-construtivista orientado ao apoio à decisão, combinando técnicas de estruturação de problemas e um método multicritério de Análise de Decisão Verbal, especificamente o ZAPROS III-i. O objetivo foi construir um modelo capaz de apoiar a seleção de drones táticos de pequeno porte adequados às necessidades operacionais do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN).

A primeira etapa consistiu na estruturação do problema, baseada em levantamento documental (manuais doutrinários, relatórios de exercícios e artigos científicos da base SCOPUS) e na elaboração de um mapa mental e de uma análise CATWOE. Esses instrumentos permitiram identificar atores, restrições, critérios relevantes e relações de interdependência, orientando a posterior modelagem multicritério.

Na etapa seguinte, procedeu-se à coleta e organização dos dados referentes aos drones disponíveis no mercado. As informações técnicas (como autonomia, alcance, sensores e peso) foram extraídas exclusivamente de fontes primárias, notadamente sites e documentos oficiais dos fabricantes (ATLAS UAS, 2022; DJI, 2025; ESDH, 2025; FLIR, 2025; FLIR, 2023; LOCKHEED MARTIN, 2018; PARROT, 2025; SKYDIO, 2025). Os critérios e suas respectivas categorias verbais de avaliação (Figura 3) foram definidos em conjunto com um especialista, pertencente ao Batalhão de Combate Aéreo do CFN, com experiência no emprego operacional de drones táticos no CFN, de modo a assegurar aderência às necessidades táticas da força.

Figura 3 – Critérios a serem analisados

C_1 -Autonomia	C_2 - Facilidade no Transporte	C_3 - Capacidade de sensores	C_4 - Alcance
C_{11} - Mais de 40min	C_{21} - Menos de 1kg, possibilidade de carregar na própria mochila	C_{31} - Sensores EO/IR ajustáveis	C_{41} - Consegue cobrir a profundidade de uma Cabeça de Praia (Mais 17km)
C_{12} - Até 40min	C_{22} - Entre 1 e 3kg, com case própria	C_{32} - Sensores EO/IR acoplados	C_{42} - Reconhecimentos de itinerários e objetivos próximos (Entre 3 e 17km)
-	C_{23} - Entre 3 e 5kg, com case própria	C_{33} - Sensores EO/IR acoplados de baixa capacidade	C_{43} - Ações de pequenos grupos em proximidades (Menos de 3km)

Fonte: O Autor.

A elicitação das preferências do especialista foi realizada mediante entrevista estruturada, conduzida de forma individual e assíncrona. O especialista forneceu julgamentos verbais e comparações ordinais entre variações de qualidade dos critérios, permitindo a construção da escala conjunta necessária ao método. A opção por trabalhar com um único especialista visou garantir coerência, profundidade técnica e alinhamento ao contexto operacional específico, evitando inconsistências típicas de painéis mais amplos.

A terceira etapa consistiu na aplicação do método ZAPROS III-i, escolhido por sua capacidade de lidar com julgamentos verbais e, sobretudo, por reduzir significativamente casos de incomparabilidade entre alternativas. Seguiu-se o procedimento clássico do método: definição das escalas verbais, elicitação das preferências, construção das relações de preferência/indiferença/incomparabilidade e posterior classificação das alternativas.

Por fim, a validação dos resultados ocorreu mediante verificação de coerência operacional pelo especialista e conferência de aderência aos requisitos táticos do CFN.

4.0 Resultados e Discussão

A figura 4 representa a Matriz de Decisão Inicial, construída através dos dados coletados moldados pelos níveis de critérios estabelecidos pelo especialista.

Figura 4 – Matriz de Decisão Inicial

Alternativas/ Critérios		C1	C2	C3	C4
DJI Mavic 3 Enterprise	A1	C ₁₁	C ₂₂	C ₃₂	C ₄₁
Parrot Anafi USA	A2	C ₁₂	C ₂₂	C ₃₂	C ₄₂
BLACK HORNET® 4 PRS	A3	C ₁₂	C ₂₁	C ₃₃	C ₄₃
Skydio X10	A4	C ₁₂	C ₂₂	C ₃₁	C ₄₂
Lockheed Martin INDAGO 3	A5	C ₁₁	C ₂₂	C ₃₁	C ₄₂
Atlas Pro UAS	A6	C ₁₂	C ₂₂	C ₃₁	C ₄₂
SKYRANGER R70	A7	C ₁₁	C ₂₃	C ₃₁	C ₄₂
SIRAS	A8	C ₁₂	C ₂₃	C ₃₂	C ₄₂

Fonte: O Autor.

Em seguida, foi construída a JSQV (Figura 5), com as comparações das variações dos níveis de critérios realizadas pelo especialista (conforme determina Tamanini e Pinheiro (2011)).

Figura 5 – JSQV

C_{21} - Menos de 1kg, possibilidade de carregar na própria mochila	→	C_{22} - Entre 1 e 3kg, com case própria	1
C_{31} - Sensores EO/IR ajustáveis	→	C_{32} - Sensores EO/IR acoplados	2
C_{41} - Consegue cobrir a profundidade de uma Cabeça de Praia (Mais 17km)	→	C_{42} - Reconhecimentos de itinerários e objetivos próximos (Entre 3 e 17km)	3
C_{22} - Entre 1 e 3kg, com case própria	→	C_{23} - Entre 3 e 5kg, com case própria	4
C_{11} - Mais de 40min	→	C_{12} - Até 40min	5
C_{32} - Sensores EO/IR acoplados	→	C_{33} - Sensores EO/IR acoplados de baixa capacidade	6
C_{42} - Reconhecimentos de itinerários e objetivos próximos (Entre 3 e 17km)	→	C_{43} - Ações de pequenos grupos em proximidades (Menos de 3km)	7
C_{21} - Menos de 1kg, possibilidade de carregar na própria mochila	→	C_{23} - Entre 3 e 5kg, com case própria	8
C_{31} - Sensores EO/IR ajustáveis	→	C_{33} - Sensores EO/IR acoplados de baixa capacidade	9
C_{41} - Consegue cobrir a profundidade de uma Cabeça de Praia (Mais 17km)	→	C_{43} - Ações de pequenos grupos em proximidades (Menos de 3km)	10

Fonte: O Autor.

Em seguida, foi determinada o FIQ (*Formal Index of Quality*) de cada alternativa (Figura 6). Um artifício para orientar as comparações e evitar a necessidade de comparar todas as alternativas individualmente (LARICHEV, 2001b). As alternativas foram comparadas seguindo a sua proximidade crescente pelo FIQ.

Figura 6 – FIQ

Alternativas/ Critérios	C1	C2	C3	C4	FIQ
A1	0	1	2	0	3
A2	5	1	2	3	11
A3	5	0	9	10	24
A4	5	1	0	3	9
A5	0	1	0	3	4
A6	5	1	0	3	9
A7	0	8	0	3	11
A8	5	8	2	3	18

Fonte: O Autor

Por fim, após as comparações necessárias, foi estabelecido o ranking apresentado na Figura 7, ressaltando o *DJI Mavic 3 Enterprise* como a melhor alternativa.

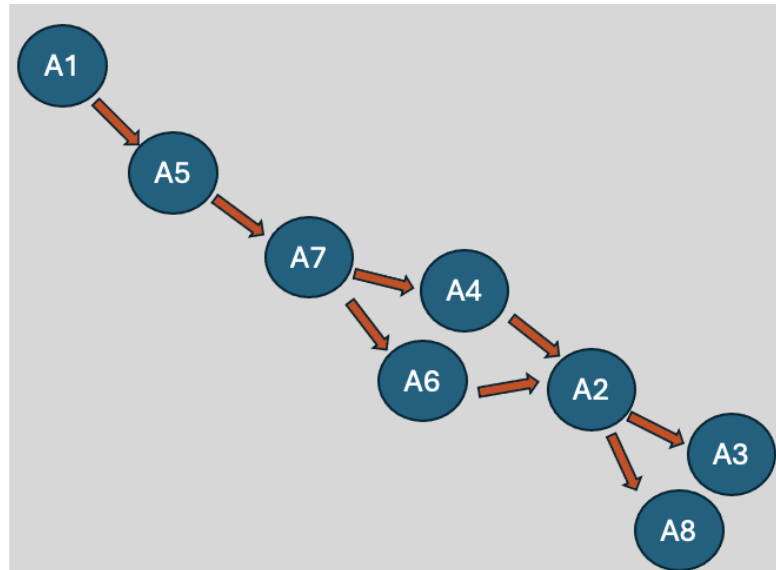
Figura 7 – Ranking Final

A1	DJI Mavic 3 Enterprise	1º
A5	Lockheed Martin INDAGO 3	2º
A7	SKYRANGER R70	3º
A4	Skydio X10	4º
A6	Atlas Pro UAS	
A2	Parrot Anafi USA	6º
A3	BLACK HORNET® 4 PRS	7º
A8	SIRAS	

Fonte: O Autor

A ordem de preferência também pode ser visualizada pelo grafo da Figura 8.

Figura 8 – Grafo de Preferências



Fonte: O Autor

A análise dos resultados, conforme estabelecido no ranqueamento da Figura 7, demonstra uma alta coerência do modelo de decisão com os requisitos operacionais e o contexto gerencial. A alternativa A1 (DJI Mavic 3 Enterprise) emergiu como a primeira colocada (1ª). Este resultado é gerencialmente sólido, pois a A1 é a única que combina o nível máximo de Autonomia (Mais de 40min) e o nível máximo de Alcance (Consegue cobrir a profundidade de uma Cabeça de Praia, mais de 17km). Em um contexto em que a capacidade de cobertura de grandes distâncias e tempo de voo são vitais, este desempenho superior justificou a posição.

As alternativas subsequentes, como a A5 (Lockheed Martin INDAGO 3) em 2º lugar, também exibiram alto desempenho em Autonomia e se destacaram na Capacidade de Sensores (Sensores EO/IR ajustáveis). A alternativa A7 (SKYRANGER R70), em 3º, embora tenha mantido a Autonomia máxima, apresentou uma ligeira penalidade na Facilidade de Transporte (Entre 3 e 5kg, com case própria). Esta hierarquia mostra que o modelo penalizou de forma clara os trade-offs nas categorias menos críticas, mas priorizou rigorosamente as capacidades operacionais essenciais, como Autonomia e Alcance/Sensores.

A validade do modelo é reforçada pela posição das alternativas de menor adequação. A alternativa A3 (BLACK HORNET® 4 PRS), por exemplo, ficou na 7ª posição. Embora seja altamente transportável, falhou drasticamente nos critérios de Capacidade de Sensores (baixa capacidade) e Alcance (Menos de 3km).

Em suma, os resultados calculados são altamente coerentes: eles fornecem uma solução implementável porque a decisão não se baseia apenas em um escore numérico, mas sim em

qual alternativa melhor se alinha com os níveis de desempenho pré-determinados, garantindo que a tecnologia escolhida (A1) atenda aos requisitos operacionais críticos.

7.0 Considerações Finais

A pesquisa atingiu o propósito estabelecido ao demonstrar a aplicabilidade e a eficácia do método ZAPROS III-i no apoio à seleção de drones táticos de pequeno porte para o CFN, atendendo aos requisitos de um processo decisório qualitativo, estruturado e alinhado às necessidades operacionais. A estruturação inicial do problema, associada à elicitação direta de um especialista e ao uso de critérios e escalas verbais construídos especificamente para o contexto tático, permitiu gerar uma ordenação justificável entre as alternativas avaliadas. Assim, o método mostrou-se adequado para lidar com julgamentos qualitativos, contribuindo para decisões mais transparentes.

Reconhece-se, entretanto, que a coleta de dados nesse tipo de estudo apresenta desafios significativos, especialmente pela disponibilidade limitada de especialistas verdadeiramente familiarizados com o emprego operacional dos sistemas e pela variabilidade nas informações técnicas fornecidas pelos fabricantes. Ainda assim, o processo adotado mostrou-se robusto o suficiente para produzir resultados confiáveis.

Além da aplicação realizada, esta pesquisa indica que o ZAPROS III-i possui potencial para apoiar outras decisões estratégicas no âmbito militar, particularmente aquelas que envolvem múltiplos critérios qualitativos, *trade-offs* difíceis de quantificar e necessidade de transparência no processo decisório. Exemplos incluem seleção de sensores, veículos autônomos, equipamentos de proteção e priorização de capacidades em planejamentos de força. Desse modo, este estudo contribui para ampliar o uso da Análise de Decisão Verbal em contextos operacionais.



REFERÊNCIAS

ATLAS UAS. **AtlasPro – Products.** Atlas UAS, 2022. Disponível em: <<https://www.atlasuas.com/products/atlaspro>>. Acesso em: 02 nov. 2025.

ARFER, K B. Artiruno: **A free-software tool for multi-criteria decision-making with verbal decision analysis.** Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, v. 31, n. 1–2, 2024.

BAKANOVA, N B. **Multicriteria Evaluation of Publication Performance of Research Organizations by Department.** Scientific and Technical Information Processing, v. 50, n. 6, p. 513–519, 2023.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-0-1: Manual Básico dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais.** 1. ed. Rio de Janeiro, 2020a.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa.** Brasília, DF, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_1.pdf>. Acesso em: 25 out 2025.

DE ANDRADE, E C et al. **A protocol for the diagnosis of autism spectrum disorder structured in machine learning and verbal decision analysis.** Computational and Mathematical Methods in Medicine, v. 2021, 2021.

DE ANDRADE, E C et al. **Hybrid model for early identification post-Covid-19 sequelae.** Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, v. 14, n. 11, p. 14739–14752, 2023.

DJI. **DJI Mavic 3 Enterprise – Specs.** DJI Enterprise, 2025. Disponível em: <<https://enterprise.dji.com/pt-br/mavic-3-enterprise/specs>>. Acesso em: 02 nov. 2025.

ESDH. **SIRAS Datasheet.** ESDH, 2025. Disponível em: <<https://esdh.com.au/wp-content/uploads/2025/08/SIRAS-Datasheet.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2025.

FLIR. **Black Hornet 4 PRS Datasheet.** FLIR Defense, 2025. Disponível em: <https://defense.flir.com/globalassets/defense/datasheets--brochures/black-hornet-4_prs_datasheet-a4-25-0211_web.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2025.

FLIR. **SkyRanger R70 Datasheet.** FLIR Defense, 2023. Disponível em: <https://defense.flir.com/globalassets/defense/datasheets--brochures/skyranger-r70-a4-23-0901_web.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2025.

FUREMS, E M. **A General Approach to Multiattribute Classification Problems Based on Verbal Decision Analysis.** Scientific and Technical Information Processing, v. 47, n. 5, p. 304–313, 2020.

GRECO, Salvatore; SŁOWIŃSKI, Roman; WALLENIOUS, Jyrki. **Fifty years of multiple criteria decision analysis: From classical methods to robust ordinal regression.** European Journal of Operational Research, v. 323, n. 2, p. 351–377, 2025.

LARICHEV, O. I.; ZUEV, Y. A.; GNEDENKO, L. S. **Method for classification of applied R&D projects.** In: EMELYANOV, S. V. (Ed.). Perspective Applied R&D Planning. Moscow: Nauka, 1974. p. 28–57. (Em russo).

LARICHEV, O. I.; ZUEV, Y. A.; GNEDENKO, L. S. **Method ZAPROS (Closed Procedures near Reference Situations) for the analysis of variants of complex decisions.** In: EMELYANOV, S. V. (Ed.). Multicriteria Choice for the Solution of Ill-Structured Problems. Moscow: VNIISI Proceedings, v. 5, p. 83–97, 1978. (Em russo).

LARICHEV, O I. **Cognitive validity in design of decision-aiding techniques.** Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, v. 1, n. 3, p. 127–138, 1992.

LARICHEV, O. I.; MOSHKOVICH, H. M.; MECHITOV, A. I.; OLSON, D. L. **Experiments Comparing Qualitative Approaches to Rank Ordering of Multiattribute Alternatives**. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, v. 2, p. 5–26, 1993.

LARICHEV, O I; MOSHKOVICH, H M. **ZAPROS-LM - A method and system for ordering multiattribute alternatives**. European Journal of Operational Research, v. 82, n. 3, p. 503–521, 1995.

LARICHEV, O I. **Method ZAPROS for Multicriteria Alternatives Ranking and the Problem of Incomparability**. Informatica (Netherlands), v. 12, n. 1, p. 89–100, 2001a.

LARICHEV, O I. **Ranking multicriteria alternatives: The method ZAPROS III**. European Journal of Operational Research, v. 131, n. 3, p. 550–558, 2001b.

LOCKHEED MARTIN. Indago Brochure, 2018. Disponível em: <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/rms/documents/indago/Indago_Brochure_New%202_9_19.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2025.

MECHITOV, A I; MOSHKOVICH, H M. **An efficient verifiable process for ordinal pairwise comparisons**. 2020, [S.l.]: Inderscience Publishers editor@inderscience.com, 2020. p. 133–156.

NUNES, L C et al. **Toward a novel method to support decision-making process in health and behavioral factors analysis for the composition of IT projects teams**. Neural Computing and Applications, v. 32, n. 15, p. 11019–11040, 2020.

PARROT. **Anafi USA – Drones**. Parrot, 2025 Disponível em: <<https://www.parrot.com/en/drones/anafi-usa>>. Acesso em: 02 nov. 2025.

PINHEIRO, L.I.C.C. et al. **An intelligent multicriteria model for diagnosing dementia in people infected with human immunodeficiency virus**. Applied Sciences (Switzerland), v. 11, n. 21, 2021.

PINHEIRO, P R; TAMANINI, I; MACHADO, T C S. **Verbal decision analysis applied on the choice of educational tools prototypes: A study case aiming at making computer engineering education broadly accessible**. International Journal of Engineering Education, v. 30, n. 3, p. 585–595, 2014.

SKYDIO. **Skydio X10**. Skydio, 2025. Disponível em: <<https://www.skydio.com/x10>>. Acesso em: 02 nov. 2025.

TAMANINI, I et al. **Hybrid approaches of verbal decision analysis in the selection of project management approaches**. 2015, [S.l.]: Elsevier B.V., 2015. p. 1183–1192.

TAMANINI, I et al. **Verbal decision analysis applied on the optimization of alzheimer’s disease diagnosis: A case study based on neuroimaging**. 2011, [S.l.: s.n.], 2011. p. 555–564.

TAMANINI, I; PINHEIRO, P R. **Challenging the Incomparability Problem: An Approach Methodology Based on ZAPROS**. 2008, [S.l.: s.n.], 2008. p. 338–347.

TAMANINI, I; PINHEIRO, P R. **Reducing incomparability in multicriteria decision analysis: An extension of the ZAPROS method**. Pesquisa Operacional, v. 31, n. 2, p. 251–270, 2011.