

# Ranqueamento de drones de Guerra Eletrônica para a Marinha do Brasil por meio do método híbrido AHP-TOPSIS-2N

Arthur Pinheiro de Araújo Costa<sup>3</sup>, José Victor de Pina Corriça<sup>3</sup>, Edgard Braz Alves<sup>3</sup>, Sérgio Mitihiro do Nascimento Maêda<sup>1</sup>, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros Teixeira<sup>2</sup>, Igor Pinheiro de Araújo Costa<sup>1,2</sup>, Carlos Francisco Simões Gomes<sup>1</sup> e Marcos dos Santos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói /RJ – Brasil

<sup>2</sup>Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV), Rio de Janeiro/ RJ – Brasil

<sup>3</sup>Marinha do Brasil (MB), Rio de Janeiro/ RJ – Brasil

<sup>4</sup>Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro/ RJ – Brasil

**Resumo** – Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia capaz de auxiliar o processo de seleção de drones de Guerra Eletrônica (GE) pela Marinha do Brasil (MB), com o método AHP-TOPSIS-2N, um método multicritério híbrido composto pelos métodos Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). A aplicação da metodologia resultou em duas listas de ordenação e priorização de drones, proporcionando transparência e simplicidade ao processo de tomada de decisão. Foram analisados nove modelos utilizados pelas Forças Armadas de países desenvolvidos, à luz de seis critérios operacionais, táticos e econômicos. Após a aplicação do método, selecionou-se o MQ-9 Reaper como o drone mais adequado a ser adquirido pela MB. Este estudo traz valiosa contribuição à academia e a sociedade, pois representa a aplicação de um método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) no estado da arte para apoiar o processo decisório em um problema real.

**Palavras-Chave** – Apoio Multicritério à Decisão (AMD), AHP-TOPSIS-2N, Guerra Eletrônica.

## I. INTRODUÇÃO

O emprego de Aeronaves Não Tripuladas (UAV - Unmanned Aerial Vehicle), popularmente conhecidas por drones, em Medidas de Guerra Eletrônica (MGE) tem sua relevância comprovada em combate no decorrer da história. Além disso, UAV de Guerra Eletrônica (GE) são amplamente utilizados pelas grandes potências bélicas mundiais, as quais já perceberam a importância dessa plataforma no contexto da guerra moderna e investem vultosas quantias na aquisição e fabricação de aeronaves não tripuladas.

Os UAV possuem consideráveis vantagens em relação às aeronaves convencionais e poderão substituir o homem em muitas atividades, como já acontece em diversas situações do cotidiano. Por outro lado, existem inúmeros UAV de GE sendo fabricados e utilizados por diversas potências bélicas.

Arthur Pinheiro de Araújo Costa, thurcos91@gmail.com, Tel. +55-84-99601-1040, José Victor de Pina Corriça, jvctor97@gmail.com, Tel. +55-92-98336-1621, Edgard Braz Alves, e6garbraz@icloud.com, Tel. +55-21-99685-2387, Sérgio Mitihiro do Nascimento Maêda, sergiomnaeda@gmail.com, Tel. +55-21-98865-9501, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros Teixeira, luiz.frederico@marinha.mil.br, Tel. +55-21-99983-1103, Igor Pinheiro de Araújo Costa, igorpin89@gmail.com, Tel. +55-21-97184-2699, Carlos Francisco Simões Gomes, cfs1@bol.com.br, Tel. +55-21-99614-7151, Marcos dos Santos, marcosdossantos\_doutorado\_uff@yahoo.com.br, Tel. +55-21-99813-6603.

Os drones são usados tanto para fins defensivos, quanto ofensivos; seus tamanhos e capacidades diferentes proporcionam diversas aplicabilidades no meio militar. Nesse contexto, o ambiente do campo de batalha exibe pontos de fusão entre UAV e GE, e usando essa relação, pode-se incrementar a qualidade do resultado de ambas, numa ótima sinergia [1].

Ao contrário dos sistemas convencionais, o abate ou a perda de UAV não causa tantos desgastes políticos como a perda de vidas humanas das plataformas tradicionais [2]. Retirar militares da frente de combate e substituir aeronaves tripuladas não faria sentido se os UAV não desempenhassem missões semelhantes com eficácia, no mínimo, equiparável. Suas características como plataforma única que combina o uso de diversas tecnologias complementares, especialmente de observação prolongada e de missões de inteligência e engodo, tornam-na um armamento de utilidade singular em contextos de GE, que é, atualmente, uma das hipóteses de envolvimento de potências em conflitos internacionais [3]. Verifica-se que o emprego de UAV gera vantagens, que alicerçam hipóteses altamente otimistas nesses tipos de missões, o que justifica a substituição gradual de aviões tripulados por UAV.

Ante o exposto, aprofundar conhecimentos neste assunto pode ser interessante para o Ministério da Defesa (MD), além da MB, vislumbrando-se uma série de possibilidades de emprego de UAV em GE, analisando suas características, recursos e vantagens em operações navais. O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia capaz de auxiliar o processo de seleção de drones de GE pela MB, considerando suas possibilidades de emprego e o ganho tático, operacional e estratégico que esses equipamentos agregariam ao país. Diante dessa necessidade, dada a quantidade, diversidade e complexidade dos modelos de drones existentes, a tarefa de selecionar uma opção mais adequada às necessidades militares, visando dar suporte às operações navais, não é nada simples [4].

Neste contexto, o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é usado para descrever um conjunto de abordagens formais que buscam levar em conta, de forma explícita, vários critérios para ajudar as partes interessadas e grupos a explorar decisões importantes [5]. Apesar da diversidade de abordagens, métodos e técnicas multicritério, os componentes básicos do AMD são um conjunto finito ou infinito de ações (alternativas, soluções, cursos de ação etc.), pelo menos dois

critérios e pelo menos um Decisor (DM – Decision Maker). Diante desses elementos básicos, o AMD é uma atividade que auxilia na tomada de decisões, principalmente no que se refere à escolha, classificação ou ordenação das ações [6].

Os modelos de drones existentes utilizados nas principais Forças Armadas do mundo podem ser analisados à luz de vários critérios, como velocidade, armamentos, autonomia, capacidade de carga, e alguns mais complexos, como manobrabilidade, sistemas e tecnologias agregadas [4]. Nesta pesquisa, ao analisar as aeronaves e critérios estabelecidos, verificou-se que havia uma forte característica compensatória na análise dos dados. Portanto, dentre os diversos métodos de AMD disponíveis, foi aplicado o método AHP-TOPSIS-2N, por se tratar de um modelo compensatório, com a vantagem de gerar duas ordenações com os mesmos dados, proporcionando uma análise de sensibilidade do resultado. O método combina um conceito de hierarquia com pesos associado à verificação do quanto uma alternativa está mais próxima e mais distante de uma alternativa ideal [7].

A relevância deste trabalho consiste em contribuir para o aumento da capacidade de defesa e soberania do país. Foram analisados nove modelos de drones utilizados pelas Forças Armadas de países desenvolvidos (com eficácia comprovada em GE). Para isso, o método AHP-TOPSIS-2N foi aplicado para avaliar as aeronaves à luz de seis critérios. As alternativas e critérios foram analisados considerando a opinião de três oficiais da MB, com mais de quinze anos de carreira militar e ampla experiência e conhecimento em GE.

Este artigo está estruturado em cinco seções. Esta introdução descreve os objetivos da pesquisa. A seção 2 apresenta o referencial teórico. A seção 3 fornece a metodologia, enquanto a seção 4 apresenta o estudo de caso e resultados alcançados. Por fim, a Seção 5 conclui a pesquisa.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### A. O AMD aplicado em problemas militares

Os métodos multicritério são muito úteis para apoiar o processo de tomada de decisão, pois consideram juízos de valor e não apenas questões técnicas, para avaliar alternativas a fim de resolver problemas reais, apresentando-se de forma altamente multidisciplinar [8]. A literatura acadêmica contém diversos exemplos de aplicação de métodos de AMD no campo militar. Dentre os métodos de AMD, o AHP é considerado uma das ferramentas de tomada de decisão mais conhecidas e amplamente difundidas, tendo o maior número de aplicações relatadas na literatura [9]–[11].

Em relação às aplicações do método AHP em problemas militares, destacam-se: avaliação e classificação de sensores de redes militares [12]; ordenação e avaliação de sistemas de armas [13]; seleção do melhor local para a instalação de uma base naval militar [14]; seleção da melhor aeronave de treinamento militar avançado para a Força Aérea Espanhola [15]; posicionamento do sistema de vigilância dentro de um projeto de segurança nacional na Turquia [16]; avaliação dos critérios de aeronavegabilidade para aeronaves militares [17]; seleção de veículos terrestres para o fornecimento de unidades militares destinadas a operações multinacionais [18]; e seleção de alunos de pós-graduação do Instituto de Ciências da Defesa da Academia Militar da Turquia [19].

Em relação à aplicação do TOPSIS, destacam-se os estudos realizados por [20] para obter a classificação da

ameaça de alvos militares, e [21] no gerenciamento de risco de obsolescência nas Forças Armadas dos Estados Unidos da América (EUA).

De acordo com [22], a adoção de uma combinação de metodologias permite a identificação das variáveis e uma análise racional das informações. Neste sentido, a literatura acadêmica apresenta diversas aplicações que combinam os métodos AHP e TOPSIS. [23] combinaram as técnicas AHP e TOPSIS para avaliar a eficácia do combate aéreo de aeronaves militares. No estudo, o método AHP foi usado para determinar os pesos relativos de múltiplos critérios de avaliação e para sintetizar as classificações das aeronaves analisadas. O método TOPSIS foi empregado para obter um valor de desempenho geral nítido para cada alternativa para tomar uma decisão final.

No que tange ao emprego de abordagem multicritério na seleção de UAV, destaca-se o estudo realizado por [24], que aplicaram os métodos AHP e TOPSIS para avaliar alternativas de drones. Primeiro, o AHP foi usado para determinar os pesos dos critérios, enquanto o TOPSIS foi aplicado para ordenar as alternativas de veículos no problema de decisão.

A revisão da literatura revelou várias aplicações dos métodos AHP e TOPSIS para apoiar o processo de tomada de decisão em problemas militares. A modelagem apresentada neste artigo inclui, além da modelagem híbrida composta pelos dois métodos, duas normalizações dos resultados. Esse recurso permite uma análise de sensibilidade, o que confere segurança, transparência e simplicidade ao processo de tomada de decisão [25].

### B. O método AHP-TOPSIS-2N

O método híbrido AHP-TOPSIS-2N, proposto inicialmente por [26], consiste em duas técnicas multicritério de tomada de decisão, usualmente adotadas em cenários complexos, caracterizados por objetivos múltiplos e conflitantes: os métodos AHP e TOPSIS. Para compreender o método, é necessário um conhecimento prévio das duas técnicas que o compõem.

O AHP, proposto por [27], é uma metodologia multicritério que visa selecionar ou escolher as melhores alternativas em um processo que considera diferentes critérios de avaliação. De acordo com [28], o método AHP permite a comparação de critérios quantitativos e qualitativos.

De acordo com [9], é um método compensatório e hierárquico, indicado principalmente para problemas com um número médio de alternativas e critérios, considerando a discriminação de resultados e esforço cognitivo nas comparações pareadas. Além disso, os conceitos de hierarquia e regras de decisão compensatória estão de acordo com a cultura militar, o que facilita a análise pelos especialistas.

O AHP é uma ferramenta abrangente desenvolvida para construir modelos de decisão e estabelecer prioridades de decisão em relação a um conjunto finito de alternativas [29]. As comparações são feitas usando uma escala de julgamentos absolutos (Tabela I), bem como valores intermediários entre os dois julgamentos que representam a diferença relativa entre duas alternativas à luz de um determinado critério [30].

Grau de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade sobre outra
5	Forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida sobre outra
9	Extremamente importante	A evidência é a favor de uma atividade sobre outra, na maior medida possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos	Eles são usados para expressar preferências que estão entre os valores da escala acima

Uma das vantagens do método AHP é a possibilidade de identificar as inconsistências do DM. Uma razão de consistência (CR) inferior a 0,10 é considerada aceitável. CR maior que 0,10 gera a necessidade de o tomador de decisão fazer avaliações ou julgamentos novamente [31].

O método TOPSIS, apresentado por [32], ordena as alternativas de acordo com a proximidade da Solução Ideal Positiva (PIS). A melhor alternativa é aquela que está mais próxima do PIS e mais distante da Solução Ideal Negativa (NIS). Para a aplicação do método AHP-TOPSIS-2N, [26] definem nove etapas, descritas abaixo:

I. Estabelecimento da Matriz de Decisão, expressando a pontuação de cada alternativa em relação a cada critério analisado;

II. Confecção da Matriz de Ponderação, utilizando a escala fundamental de Saaty, mediante a avaliação par a par de cada critério;

III. Mediante aplicação do método AHP, são obtidos os pesos de cada critério. Ressalta-se a importância do cálculo da RC, a qual deve ser menor que 0,1 para garantia da consistência da análise;

IV. Obtenção da Matriz de Decisão normalizada: no caso do método AHP-TOPSIS-2N são utilizadas duas diferentes normalizações [26] (1), (2):

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{(\sum x_{ij})^2}} \quad (1)$$

$$p_{ij} = \frac{p_{ij} - \min p_{ij}}{\max p_{ij} - \min p_{ij}} \quad (2)$$

V. Construção da Matriz de Decisão Normalizada Ponderada: as matrizes ponderadas são obtidas mediante multiplicação dos pesos calculados no passo III pelas matrizes normalizadas:

VI. Obtenção da SIP (A+) e SIN (A-) (3);

$$A^+ = \{p_1^+, p_2^+, \dots, p_m^+\}; \quad A^- = \{p_1^-, p_2^-, \dots, p_m^-\} \quad (3)$$

VII. Cálculo das distâncias euclidianas de cada uma das alternativas em relação a SIP (Di+) e a SIN (Di-) [26] (4)(5):

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2} \quad (4)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2} \quad (5)$$

VIII. Cálculo da proximidade relativa à alternativa ideal (6):

$$C_i^+ = \frac{D_i^-}{D_i^+ - D_i^-} \quad (6)$$

IX. Ordenação das preferências.

Como principais aplicações do método destacam-se a priorização e distribuição de portfólios de investimentos [26]; seleção da melhor configuração de poço de petróleo para o desenvolvimento de um campo [33]; ordenação da execução de furos de alívio em revestimentos de poços de petróleo sob risco de colapso [34]; e seleção de empresa incubadora [7].

### III. METODOLOGIA

De acordo com a classificação proposta por [35], esta pesquisa pode ser caracterizada como qualitativa-quantitativa mista, combinando estudo de caso e modelagem matemática [36]. A Marinha do Brasil é o objeto de pesquisa, apresentado anteriormente nas Seções 1 e 2, juntamente com a justificativa para sua escolha.

Os detalhes do objeto são apresentados na Seção 4, como alternativas no modelo de AMD proposto, que são drones de GE a serem adquiridos pela MB. A modelagem matemática aplicada passa por quatro etapas principais, resumidas a seguir (Figura 1): estruturação (identificação do objetivo da decisão, critérios e alternativas); mensuração (designação de pesos para os critérios e pontuações para as alternativas); síntese dos resultados obtidos por consenso dos três especialistas.

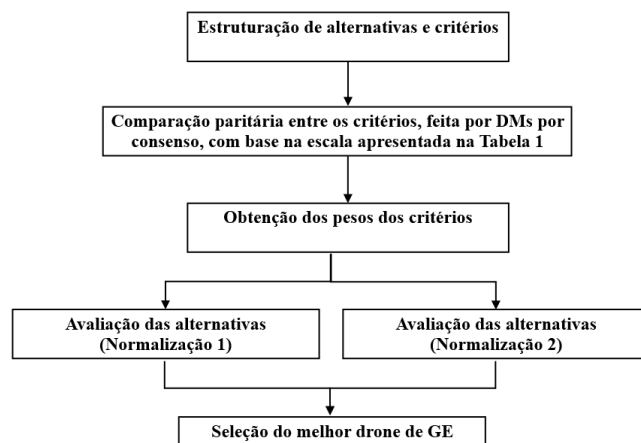


Fig. 1. Passos da Metodologia aplicada.

### IV. ESTUDO DE CASO

Para a viabilidade da análise, três oficiais (DMs) da MB, com larga experiência e reconhecimento em operações de GE, foram consultados. Os autores realizaram entrevistas por meio de videoconferência com os especialistas, que avaliaram nove modelos de drones usados em FA de países desenvolvidos, com comprovada eficácia em GE, à luz de seis critérios. Os dados foram coletados em julho de 2021.

### A. Matriz de decisão

Neste artigo, foram analisados nove modelos de drones, dentre os mais utilizados em GE nas Marinhas do mundo inteiro, à luz de seis critérios táticos, operacionais e econômicos (Tabela II).

TABELA II - MATRIZ DE DECISÃO.

UAV	Custo (US\$ milhões)	MAGE	Velocidade máx. (nós)	Altitude de voo máx. (km)	Autonomia máxima (horas)	Mísseis
<i>Global Hawk</i>	220	SIM	310	20	30	0
<i>MQ-9 Reaper</i>	17	SIM	240	15	27	6
<i>Scan Eagle</i>	5	SIM	60	6	18	0
<i>Heron</i>	46	SIM	100	10	45	0
<i>Hermes 900</i>	8	SIM	110	9	36	0
<i>ASN 209</i>	5	NÃO	100	5	10	0
<i>Aerossonde Fixed Wing</i>	12	SIM	65	6	14	0
<i>Kronshtadt Orion</i>	13	NÃO	100	8	24	4
<i>Hunter-B</i>	30	NÃO	540	18	10	0

Para melhor entendimento da problemática em lide, na Tabela III estão descritas as definições dos critérios adotados.

TABELA III - DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS.

Crítérios	Definição
Custo (US\$ milhões)	Preço, em US\$ milhões, por unidade de drone de GE
MAGE	Equipamento passivo capaz de detectar e classificar emissões, permitindo a obtenção da posição do inimigo
Velocidade máx. (nós)	Velocidade máxima em voo horizontal alcançada pelo UAV
Altitude de voo máx. (km)	Máxima altitude de voo alcançada pelo UAV
Autonomia máxima (horas)	Quantidade de tempo, expressa em horas, que o drone pode permanecer em voo sem que seja necessário reabastecimento da aeronave
Mísseis	Capacidade máxima de carregamento de mísseis pelo drone durante um pouso/decolagem

### B. Obtenção dos pesos dos critérios

Para a obtenção dos pesos dos critérios, foram realizadas entrevistas por meio de videoconferência com os três especialistas em conjunto para estabelecer os graus das avaliações paritárias. A aplicação dessa abordagem teve como objetivo identificar a existência de possíveis variações abruptas nas avaliações dos DMs. A Tabela IV ilustra a comparação par a par entre os critérios, com base na escala fundamental de Saaty (Tabela I). Os graus atribuídos na avaliação pelos pares foram obtidos por consenso dos três Mestres.

TABELA IV - COMPARAÇÃO PARITÁRIA ENTRE OS CRITÉRIOS E PESOS OBTIDOS.

Crítérios	Custo	MAGE	Velocidade máx.	Altitude máx.	Autonomia máx.	Mísseis	Pesos
Custo	1	3	2	3	2	3	31,44%
MAGE	1/3	1	1/3	1/2	1/3	2	8,92%
Velocidade máx.	1/2	3	1	2	1/2	2	17,61%
Altitude máx.	1/3	2	1/2	1	1/2	2	12,19%
Autonomia máx.	1/2	3	2	2	1	2	21,97%
Mísseis	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1	7,87%

Após avaliação paritária dos critérios, observa-se que o critério com maior peso foi o Custo (31,4%), seguido pela autonomia (21,97%) e velocidade máxima (17,61%). Ressalta-se que, após obtenção dos pesos dos critérios, os DMs validaram os resultados. Segundo os especialistas, os valores são coerentes com a missão a ser desempenhada pelo drone selecionado.

Além disso, considerando o Teorema 1 [27], dado que o número de alternativas é maior que quatro, o índice de consistência CR deve ser menor ou igual a 0,1. Nesse caso,  $CR = 0,0496$ , inferior ao aceitável. Portanto, os valores dos pesos obtidos após a análise dos DMs podem ser considerados consistentes.

### C. Resultados

A Tabela V apresenta a ordenação das alternativas após os dois processos de normalização. Para obter os valores de  $D_i^+$ ,  $D_i^-$  e  $C_i^+$ , foram aplicadas as Eqs. (4), (5) e (6), respectivamente.

TABELA V - ORDENAÇÃO DAS ALTERNATIVAS.

Alternativa	Normalização 1				Normalização 2			
	$D_i^+$	$D_i^-$	$C_i^+$	Ordenação	$D_i^+$	$D_i^-$	$C_i^+$	Ordenação
<i>MQ-9 Reaper</i>	0,10	0,30	0,76	1°	0,16	0,35	0,68	1°
<i>Hunter-B</i>	0,12	0,29	0,71	2°	0,25	0,35	0,58	4°
<i>Hermes 900</i>	0,13	0,30	0,70	3°	0,20	0,36	0,64	2°
<i>Kronshtadt Orion</i>	0,13	0,29	0,68	4°	0,25	0,32	0,56	5°
<i>Scan Eagle</i>	0,16	0,30	0,65	5°	0,28	0,33	0,54	6°
<i>Heron</i>	0,14	0,26	0,65	6°	0,20	0,35	0,63	3°
<i>ASN 209</i>	0,16	0,30	0,64	7°	0,32	0,31	0,49	8°
<i>Aerossonde Fixed Wing</i>	0,16	0,28	0,64	8°	0,39	0,31	0,52	7°
<i>Global Hawk</i>	0,31	0,10	0,24	9°	0,35	0,22	0,38	9°

Analisando os resultados, verifica-se que a alternativa *MQ-9 Reaper* obteve a primeira colocação nas duas normalizações, levando em consideração a avaliação de todos os especialistas. Portanto, este drone pode ser considerado o UAV de GE mais indicado a ser adquirido e empregado pela MB. De um modo geral, todas as alternativas apresentaram ordenações semelhantes nos dois cenários, com pequenas variações nos limiares  $D_i^+$ ,  $D_i^-$  e  $C_i^+$ , o que fornece confiabilidade e robustez aos resultados alcançados.

Abordando os fatores que justificam a escolha do drone *MQ-9 Reaper*, observa-se que esta alternativa apresentou bom desempenho em todos os critérios, principalmente nos atributos com maior importância após análise dos especialistas.

## V. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo auxiliar o processo decisório em um problema militar real, por meio de um estudo de caso. Os resultados obtidos podem apoiar a Alta Administração da Marinha em um problema complexo que afeta a soberania e defesa do país.



A análise proposta indicou o UAV *MQ-9 Reaper* como o drone de GE mais adequado a ser adquirido pela MB, por ter obtido o melhor resultado em ambos os cenários avaliados. O algoritmo proposto apresentou resultados robustos e confiáveis, em virtude da possibilidade de avaliar duas formas de normalização. Tal característica permite observar o comportamento das alternativas em ambos os cenários, fornecendo informações adicionais ao decisor.

O método AHP-TOPSIS-2N mostrou-se eficiente para a análise proposta, possibilitando a obtenção dos pesos dos critérios, levando em consideração a opinião de múltiplos DMs, além do conceito de verificar o quanto uma alternativa está mais próxima e mais distante de uma alternativa ideal. O método pode ser usado para resolver os mais diversos problemas reais do cotidiano, sendo um método especialmente útil para apoiar a tomada de decisão de alto nível em problemas operacionais, táticos e estratégicos.

Por fim, sugere-se que este modelo de ordenação utilizando o AHP-TOPSIS-2N possa ser expandido em outras aplicações, servindo de base para tomadas de decisão nas mais diversas áreas dos setores público e privado.

#### REFERÊNCIAS

- [1] M. G. Erdemli, "General Use of UAS in EW Environment-EW Concepts and Tactics for Single or Multiple UAS Over the Net-Centric Battlefield," NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA, 2009.
- [2] M. de S. Nogueira, "Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados no Sistema Tático de Guerra Eletrônica (SITAGE)," Comando de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército - CCOMGEX. 2008, Accessed: Jul. 16, 2021. [Online]. Available: [http://www.ccomgex.eb.mil.br/cige/sent\\_colina/7\\_edicao\\_agosto\\_08/Artigos](http://www.ccomgex.eb.mil.br/cige/sent_colina/7_edicao_agosto_08/Artigos).
- [3] H. F. Peres, "Novos desafios securitários: as implicações da tecnologia de veículos aéreos não tripulados para o sistema internacional," 2015.
- [4] M. Â. L. Moreira, I. P. de A. Costa, M. T. Pereira, M. dos Santos, C. F. S. Gomes, and F. M. Muradas, "PROMETHEE-SAPEVO-M1 a Hybrid Approach Based on Ordinal and Cardinal Inputs: Multi-Criteria Evaluation of Helicopters to Support Brazilian Navy Operations," *Algorithms*, vol. 14, no. 5, p. 140, 2021, doi: 10.3390/a14050140.
- [5] V. Belton and T. Stewart, *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media, 2002.
- [6] S. Greco, J. Figueira, and M. Ehrgott, *Multiple criteria decision analysis*, vol. 37. Springer, 2016.
- [7] A. S. Oliveira et al., "Multiple Criteria Decision Making and Prospective Scenarios Model for Selection of Companies to Be Incubated," *Algorithms*, vol. 14, no. 111, Mar. 2021, doi: 10.3390/a14040111.
- [8] M. dos Santos, R. S. Quintal, A. C. da Paixão, and C. F. S. Gomes, "Simulation of Operation of an Integrated Information for Emergency Pre-Hospital Care in Rio de Janeiro Municipality," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 55, pp. 931–938, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.07.111.
- [9] M. dos Santos, I. P. de A. Costa, and C. F. S. Gomes, "Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method," *Int. J. Anal. Hierarchy Process*, vol. 13, no. 1, 2021, doi: 10.13033/ijahp.v13i1.833.
- [10] S. M. do N. Maêda; et al., "Multi-criteria analysis applied to aircraft selection by Brazilian Navy," *Production*, vol. 31, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1590/0103-6513.20210011.
- [11] C.-C. Liu, T.-Y. Wang, and G.-Z. Yu, "Using AHP, DEA and MPI for governmental research institution performance evaluation," *Appl. Econ.*, vol. 51, no. 10, pp. 983–994, 2019.
- [12] C. Bisdikian, L. M. Kaplan, and M. B. Srivastava, "On the quality and value of information in sensor networks," *ACM Trans. Sens. Networks*, vol. 9, no. 4, 2013, doi: 10.1145/2489253.2489265.
- [13] C. Zhang, C.-B. Ma, and J.-D. Xu, "A new fuzzy MCDM method based on trapezoidal fuzzy AHP and hierarchical fuzzy integral," 2005, vol. 3614, no. PART II, pp. 466–474, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-26944467567&partnerID=40&md5=42c5462050765996ac66dd621ccb f823>.
- [14] O. S. Suharyo, D. Manfaat, and H. D. Armono, "Establishing the location of naval base using fuzzy MCDM and covering technique methods: A case study," *Int. J. Oper. Quant. Manag.*, vol. 23, no. 1, pp. 61–87, 2017, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85014439577&partnerID=40&md5=f46baba391bd10544ce5f43d4b1f7 750>.
- [15] J. M. Sánchez-Lozano and O. N. Rodríguez, "Application of Fuzzy Reference Ideal Method (FRIM) to the military advanced training aircraft selection," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 88, 2020, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106061.
- [16] F. Çarman and C. Tuncer Şakar, "An MCDM-integrated maximum coverage approach for positioning of military surveillance systems," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 70, no. 1, pp. 162–176, 2019, doi: 10.1080/01605682.2018.1442651.
- [17] M. B. Şenol, "Evaluation and prioritization of technical and operational airworthiness factors for flight safety," *Aircr. Eng. Aerosp. Technol.*, vol. 92, no. 7, pp. 1049–1061, 2020, doi: 10.1108/AEAT-03-2020-0058.
- [18] S. Starčević, N. Bojović, R. Junevičius, and V. Skrickij, "Analytical hierarchy process method and data envelopment analysis application in terrain vehicle selection," *Transport*, vol. 34, no. 5, pp. 600–616, 2019, doi: 10.3846/transport.2019.11710.
- [19] T. Altunok, Ö. Özpeynirci, Y. Kazançoğlu, and R. Yılmaz, "Comparative analysis of multi-criteria decision making methods for postgraduate student selection," *Egit. Arastirmalari - Eurasian J. Educ. Res.*, no. 40, pp. 1–15, 2010, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77957593455&partnerID=40&md5=4b52454f0e8341c8cba15c87e408 dc49>.
- [20] H. Zhang, B. Kang, Y. Li, Y. Zhang, and Y. Deng, "Target threat assessment based on interval data fusion," *J. Comput. Inf. Syst.*, vol. 8, no. 6, pp. 2609–2616, 2012, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84861421837&partnerID=40&md5=b3bda65a8b9244eff9a6bc3e81f78 941>.
- [21] O. Adetunji, J. Bischoff, and C. J. Willy, "Managing system obsolescence via multicriteria decision making," *Syst. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 307–321, 2018, doi: 10.1002/sys.21436.
- [22] F. de C. Pereira, H. D. Verocai, V. R. Cordeiro, C. F. S. Gomes, and H. G. Costa, "Bibliometric Analysis of Information Systems Related to Innovation," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 55, pp. 298–307, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.052>.
- [23] J. Wang, K. Fan, Y. Su, S. Liang, and W. Wang, "Air combat effectiveness assessment of military aircraft using a fuzzy AHP and TOPSIS methodology," 2008, pp. 655–662, doi: 10.1109/ASC-ICSC.2008.4675442.
- [24] M. Hamurcu and T. Eren, "Selection of Unmanned Aerial Vehicles by Using Multicriteria Decision-Making for Defence," *J. Math.*, vol. 2020, 2020.
- [25] L. Gomes, A.-R. Mury, and C. F. S. Gomes, "Multicriteria ranking with ordinal data," *Syst. Anal.*, vol. 27, no. 2, pp. 139–146, 1997.
- [26] L. P. de Souza, C. F. S. Gomes, and A. P. De Barros, "Implementation of new hybrid AHP-TOPSIS-2N method in sorting and prioritizing of an it CAPEX project portfolio," *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, vol. 17, no. 04, pp. 977–1005, 2018.
- [27] T. L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation: McGraw-Hill," Inc. New York, NY, 1980.
- [28] J. F. S. Costa, A. R. Borges, and T. dos Santos Machado, "Analytic Hierarchy Process Applied to Industrial Location: A Brazilian Perspective on Jeans Manufacturing," *Int. J. Anal. Hierarchy Process*, vol. 8, no. 1, 2016.
- [29] Q. Dong and O. Cooper, "A peer-to-peer dynamic adaptive consensus reaching model for the group AHP decision making," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 250, no. 2, pp. 521–530, 2016.
- [30] S. Dožić and M. Kalić, "An AHP approach to aircraft selection process," *Transp. Res. Procedia*, vol. 3, pp. 165–174, 2014.
- [31] J. L. García, A. Alvarado, J. Blanco, E. Jiménez, A. A. Maldonado, and G. Cortés, "Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an analytic hierarchy process," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 100, pp. 60–69, 2014.

- [32] C.-L. Hwang and K. Yoon, "Methods for multiple attribute decision making," in Multiple attribute decision making, Springer, 1981, pp. 58–191.
- [33] D. Colombo, M. dos Santos, and C. F. S. Gomes, "SELEÇÃO DA MELHOR CONFIGURAÇÃO DE POÇO DE PETRÓLEO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM CAMPO UTILIZANDO O MÉTODO AHP TOPSIS 2N," An. do XIX Simpósio Pesqui. Operacional e Logística da Mar. Rio Janeiro, 2019.
- [34] H. M. Barbosa, C. F. S. Gomes, and M. dos Santos, "APLICAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO AHP-TOPSIS-2N PARA ORDENAÇÃO DA EXECUÇÃO DE FUROS DE ALÍVIO EM REVESTIMENTOS DE POÇOS DE PETRÓLEO SOB RISCO DE COLAPSO," An. do XIX Simpósio Pesqui. Operacional e Logística da Mar. Rio Janeiro, 2019.
- [35] J. W. Creswell and J. D. Creswell, Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage publications, 2017.
- [36] J. W. M. Bertrand and J. C. Fransoo, "Operations management research methodologies using quantitative modeling," Int. J. Oper. Prod. Manag., vol. 22, no. 2, pp. 241–264, 2002.