

Modelo Computacional do Método SAPEVO H² para Problemas de Tomada de Decisão Multicritério Complexos

Raphael Gonzaga Duarte (SENAI RJ) *phduart@yahoo.com.br*

Miguel Ângelo Lellis Moreira (UFF) *miguellellis@hotmail.com*

Marcos dos Santos (Escola Naval) *marcosdossantos@ime.eb.br*

Resumo

Este artigo propõe uma estrutura computacional fundamentada no método SAPEVO-H² para aperfeiçoar a tomada de decisão em contextos complexos. A integração entre recursos tecnológicos com a metodologia SAPEVO-H² permite uma análise multicritério mais consistente e precisa. O trabalho apresenta o arcabouço teórico, sua base axiomática e a adequação à decisão em grupo, destacando o papel do suporte computacional. Os resultados evidenciam seu potencial ao fornecer avaliações robustas e confiáveis, úteis para áreas que exigem decisões complexas. Além de ser uma nova abordagem computacional, gratuita e acessível à literatura de apoio à decisão, o estudo abre perspectivas para investigações futuras, ampliando a aplicação da metodologia em diferentes campos científicos, com vistas a promover maior eficiência nos processos decisórios.

Palavras-Chaves: *Sistemas de Suporte à Decisão, Apoio Multicritério à Decisão, Método SAPEVO-H².*

Abstract

This article proposes a computational framework based on the SAPEVO-H² method to enhance decision-making in complex contexts. The integration of technological resources with the SAPEVO-H² methodology allows for a more consistent and accurate multi-criteria analysis. The work presents the theoretical framework, its axiomatic basis, and its suitability for group decision-making, highlighting the role of computational support. The results demonstrate their potential by providing robust and reliable evaluations, useful for areas that require complex decisions. In addition to being a new computational approach, free and accessible to decision support literature, the study opens perspectives for future research, expanding the application of the methodology in different scientific fields, with a view to promoting greater efficiency in decision-making processes.

Keywords: *Decision Support Systems, Multicriteria Decision Support. SAPEVO-H² Method.*

1. Introdução

Todos os aspectos da nossa vida envolvem a tomada de decisões, e decisões adequadas podem criar equilíbrio na vida, proporcionando grandes confortos, resultados benéficos e lucros financeiros (Akram et al, 2021). A tomada de decisão é um processo cognitivo humano que consiste em escolher uma alternativa entre múltiplas opções (Herrera-Viedma et al, 2021)

Na literatura sobre processos de tomada de decisão, a sobrecarga de informação tem sido considerada um tipo particular de complexidade de tarefa, onde o aumento da quantidade de informação disponível para os tomadores de decisão é visto como um fator de complexidade (Jelokhani-Niaraki e Malczewski, 2015). A tomada de decisão tornou-se em essência, uma ciência matemática, sendo fundamental termos um entendimento conciso desta valiosa habilidade, para com isso, fazermos as melhores escolhas (Maêda et al, 2025).

No contexto de processos decisórios complexos, métodos de análise e tomada de decisão multicritério são aplicados quando há a necessidade de selecionar, classificar, ordenar ou descrever as alternativas presentes em um processo de tomada de decisão complexo com múltiplos critérios e objetivos conflitantes (Gomes, 2020). A tomada de decisão multicritério é considerada uma das metodologias mais comumente utilizada para aumentar a qualidade dos processos de tomada de decisão na ciência, governo, negócios e engenharia (Assis et al, 2023)

Considerando a quantidade de variáveis e a complexidade de alguns modelos, o aumento das capacidades de tecnologia da informação tornou possível criar um ambiente interativo ao buscar a melhor escolha com base nos compromissos do tomador de decisão (Razmak e Aouni, 2015). O uso de softwares auxilia na compreensão das recomendações decisórias por meio da exploração avançada dos resultados e de recursos gráficos, possibilitando o uso dos modelos matemáticos por pessoas técnicas e não técnicas das mais diversas áreas (Moreira, 2024).

Nesse contexto, o estudo propõe um modelo computacional baseado no método SAPEVO-H² (Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors – Hybrid and Hierarchical), direcionado à análise de problemas complexos que envolvem múltiplos critérios de avaliação e a participação de diversos stakeholders. A estrutura computacional permite a interação entre os decisores e viabiliza a exploração tanto de preferências individuais quanto das preferências agregadas do grupo, integrando representações gráfica e resultados numéricos como instrumentos de apoio ao processo decisório.

O estudo está dividido em quatro seções. A primeira já foi apresentada. A Seção 2 apresenta o referencial teórico. A Seção 3 apresenta um estudo de caso exemplificando a aplicação em um problema real. Por fim, a Seção 4 apresenta os resultados e discute limitações, conclusões e propostas para trabalhos futuros.

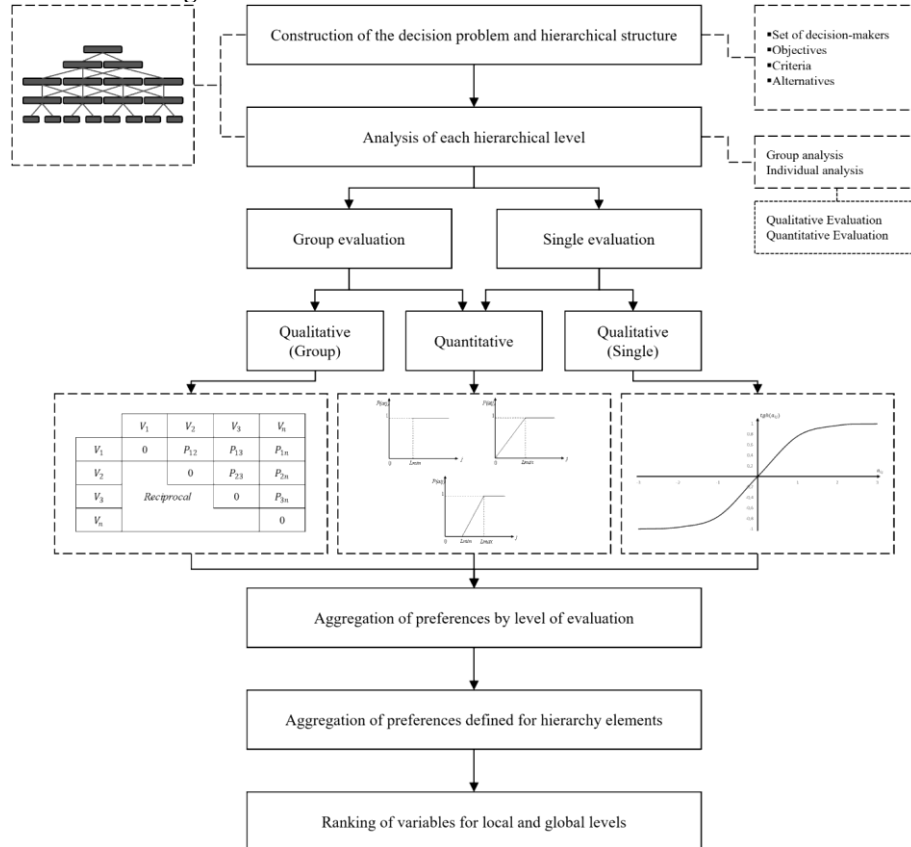
2. Referencial Teórico

Os métodos multicritério de análise e tomada de decisão (MDCA) são um conjunto de abordagens formais que buscam levar em conta múltiplos critérios explícitos ao ajudar indivíduos ou grupos a explorar decisões que importam (Marques, 2021). Atualmente, problemas complexos podem ser resolvidos utilizando equações matemáticas, estatística, teorias econômicas e dispositivos de computador que ajudam a calcular e estimar automaticamente as soluções para problemas de tomada de decisão (Taherdoost e Madanchian, 2023)

O método SAPEVO-H² é entendido como uma extensão do método SAPEVO para avaliação em grupo. Ele se configura como um modelo híbrido e hierarquizado destinado à condução de processos decisórios em ambientes complexos, que possibilita a participação de grupos de decisores distribuídos em diferentes níveis do problema, viabilizando a estruturação hierárquica dos elementos constituintes, parcial e metodologicamente selecionados (Moreira et al, 2025).

Ainda conforme descrito por Moreira (2025), o método SAPEVO-H² constitui um arcabouço metodológico flexível, desenvolvido para apoiar processos decisórios em ambientes complexos e estruturados hierarquicamente. No contexto do uso de Inteligência Artificial aplicada à educação, em que a avaliação de soluções tecnológicas demanda a consideração de múltiplas perspectivas, critérios e abordagens metodológicas, o SAPEVO-H² viabiliza a participação simultânea de diferentes decisores. Cada participante pode contribuir com avaliações parciais ou integrais sobre subconjuntos hierárquicos de variáveis, em consonância com sua especialização e responsabilidades operacionais.

Os resultados gerados pelo modelo refletem, de forma indireta, as preferências manifestadas pelos decisores em avaliações conduzidas em distintos níveis da hierarquia. Quando agregadas de maneira sistemática, essas avaliações locais favorecem a construção de uma visão global de priorização, bem como a compreensão do impacto relativo das variáveis consideradas no processo decisório.

Figura 1 – Estrutura axiomática do método SAPEVO-H²


Fonte: Moreira et al (2025)

A estrutura axiomática do SAPEVO-H² fundamenta-se na representação ordinal das preferências dos decisores e em regras de agregação que garantem coerência, comparabilidade e hierarquização dos julgamentos em um ambiente multicritério e de decisão em grupo. O método assume que as preferências podem ser expressas por ordenações consistentes entre critérios e alternativas, permitindo transformar julgamentos qualitativos em vetores e matrizes ordinalmente estruturados. Esses elementos são então normalizados e agregados segundo princípios híbridos — combinando informações individuais e coletivas — e organizados de forma hierárquica, assegurando que a importância relativa dos critérios seja propagada ao longo dos níveis do modelo.

Com base no processo de agregação aditiva, o método hierárquico possibilita obter índices de desempenho que permitem que as alternativas sejam classificadas de forma superior local e globalmente. Por se tratar de um modelo hierárquico, é possível analisar o desempenho das alternativas sob diferentes critérios e atributos, promovendo uma compreensão mais detalhada e explicativa dos resultados.

3. Metodologia

A proposta inicia-se tendo como base para a avaliação dos critérios pertencentes ao conjunto C , em que $c_j \in C, j = 1, 2, 3, \dots, m$, bem como para a avaliação das alternativas pertencentes ao conjunto A , em que $a_i \in A, i = 1, 2, 3, \dots, n$. Utilizando a atribuição ordinal, adota-se uma escala de sete pontos no intervalo $\{-3, 3\}$, que converte descrições verbais em pontuações numéricas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala ordinal do método SAPEVO=H²

Preferência verbal	Pontuação
Absolutamente pior	-3
Muito pior	-2
Pior	-1
Equivalente	0
Melhor	1
Muito melhor	2
Absolutamente melhor	3

Fonte: Adaptado de Moreira et al (2024)

Vale ressaltar que o modelo funciona a partir de avaliações coletivas, nas quais cada etapa de apreciação de critérios e alternativas é conduzida por um grupo de decisores pertencentes ao conjunto D , em que $d_k \in D, k = 1, 2, 3, \dots, l$. Após o cálculo das somas das atribuições em cada matriz, as pontuações obtidas são normalizadas com base nos valores mínimo e máximo dessas somas, conforme apresentado na Equação (1), resultando nos escores normalizados dos critérios e das alternativas em relação a cada critério:

$$v_i = \frac{a_i - \min(a_i)}{\max(a_i) - \min(a_i)} \quad (1)$$

Na sequência, os escores normalizados são integrados à estrutura hierárquica do SAPEVO-H², permitindo a propagação dos pesos ao longo dos diferentes níveis do modelo. Nessa etapa, realiza-se o cálculo dos pesos globais dos critérios por meio da combinação hierárquica dos pesos locais, preservando as relações de dependência entre níveis. O SAPEVO-H² promove a harmonização interníveis, assegurando coerência entre as escalas de avaliação e evitando distorções decorrentes de diferenças estruturais entre os critérios. Por fim, os escores das alternativas em cada critério são agregados de forma ponderada pelos pesos globais, resultando nos valores globais das alternativas e na consequente ordenação final, que expressa a preferência coletiva do grupo decisor.

4. Resultados e Discussão

O modelo computacional referente ao método SAPEVO-H² está disponível na plataforma web www.sapevo-h2.com. O sistema dispõe de uma interface interativa e de fácil



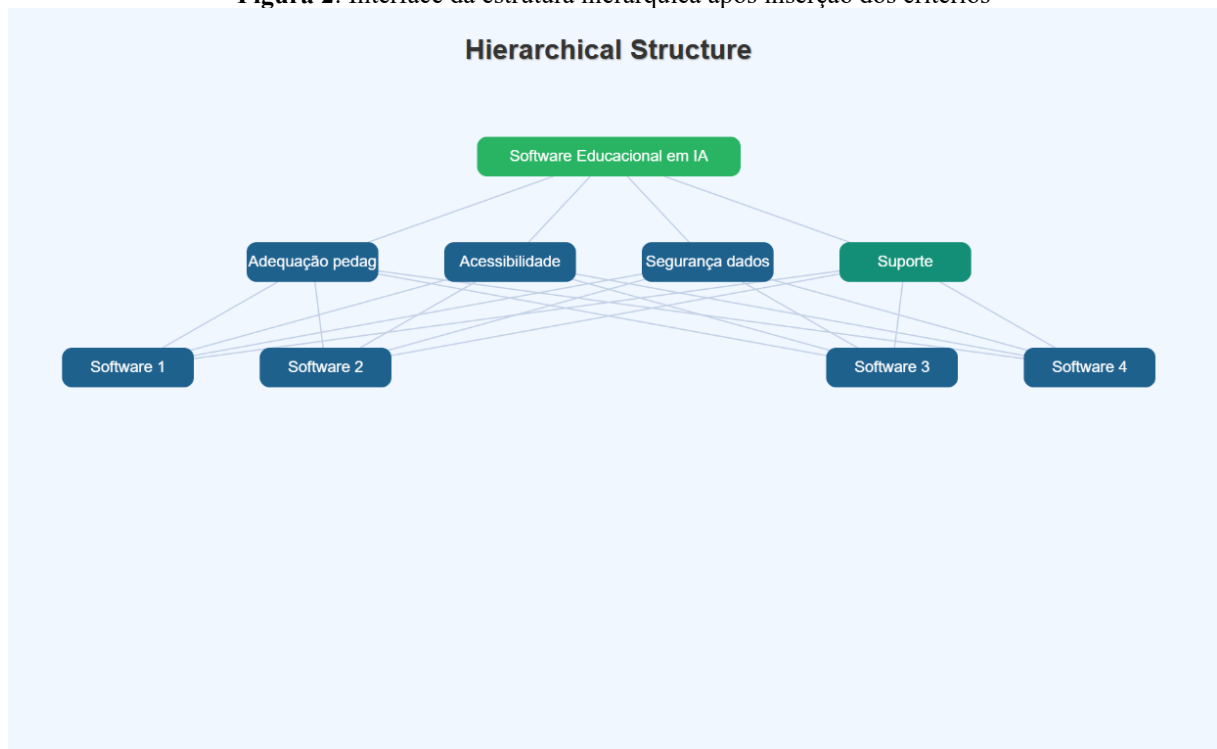
utilização, possibilitando a execução de análises numéricas e gráficas. Além de viabilizar a operacionalização do modelo, a plataforma reúne materiais didáticos, que apoiam a difusão do conhecimento e a capacitação dos usuários. O software possui registro junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

O sistema pode ser acessado a qualquer momento, viabilizando a estruturação de problemas de avaliação multicritério e a interação entre os decisores participantes. O modelo oferece um ambiente de avaliação assíncrono: uma vez que o processo decisório é criado e registrado em banco de dados por meio de um identificador único, os decisores passam a poder acessar o problema, registrar suas preferências individuais e acompanhar os resultados e análises de consistência.

Após a conclusão das avaliações individuais, a situação problemática pode ser reexaminada por meio da agregação das preferências e da disponibilização dos resultados aos avaliadores. Como extensão do modelo, incorpora-se ainda uma análise de reversão de ranking (*rank reversal*), que possibilita verificar os resultados sob diferentes composições de stakeholders, incluindo ou excluindo participantes, a fim de identificar a variabilidade associada às preferências estabelecidas.

Para evidenciar a viabilidade de aplicação do modelo computacional em um contexto real, esta seção apresenta um estudo de priorização de projetos sob uma abordagem multicritério, fundamentado na metodologia SAPEVO-H². O problema decisório consiste na priorização de iniciativas de IA na educação técnica de nível médio, estruturado em cinco alternativas (projetos) avaliadas segundo quatro critérios:

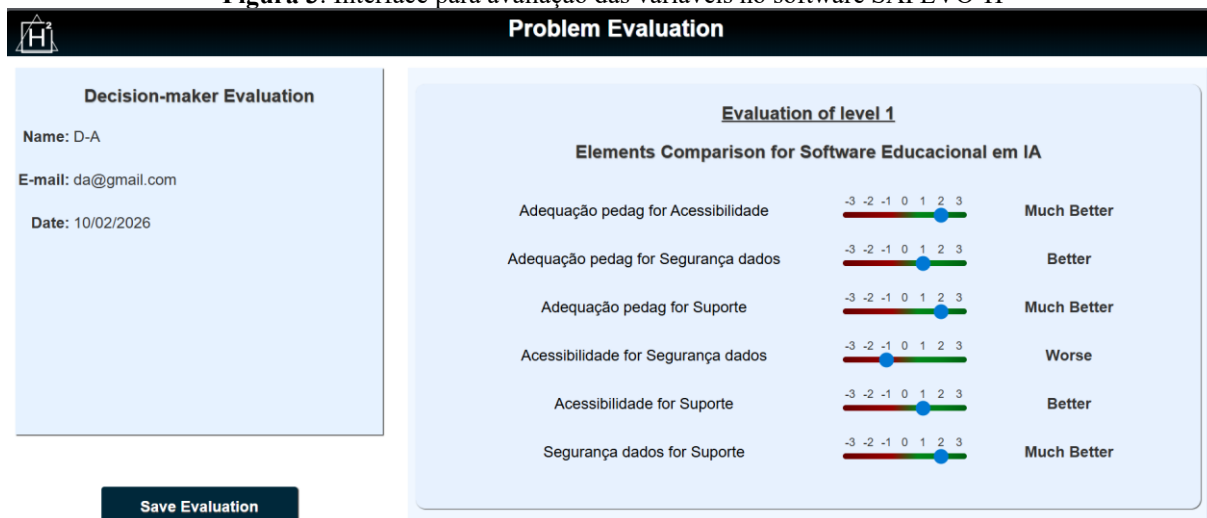
- Adequação pedagógica: avalia como a plataforma apoia objetivos educacionais e metodologias de ensino, oferecendo recursos didáticos alinhados ao currículo;
- Acessibilidade: facilidade de uso para alunos e professores, interface intuitiva e suporte a dispositivos variados, garantindo ampla adoção e reduzindo barreiras de aprendizagem;
- Segurança e privacidade de dados: conformidade com normas de proteção de dados, transparência no uso das informações dos usuários e mecanismos de controle sobre armazenamento e compartilhamento de dados;
- Suporte tecnológico: disponibilidade de suporte técnico e atualização contínua.

Figura 2: Interface da estrutura hierárquica após inserção dos critérios

Fonte: Resultados obtidos através do software SAPEVO-H²

Para o processo de avaliação, o grupo de decisores é composto por três stakeholders líderes da organização (D-A, D-B e D-C). Cada decisor acessa o sistema e estabelece suas preferências, inicialmente avaliando os critérios (obtendo seus pesos) e, em seguida, avaliando os projetos em cada critério.

Cada projeto é importante para cada critério, de acordo com as preferências e conhecimento técnico dos líderes. A Figura 3 mostra a interface para avaliação das variáveis no software SAPEVO H².

Figura 3: Interface para avaliação das variáveis no software SAPEVO-H²


Fonte: Resultados obtidos através do software SAPEVO-H²

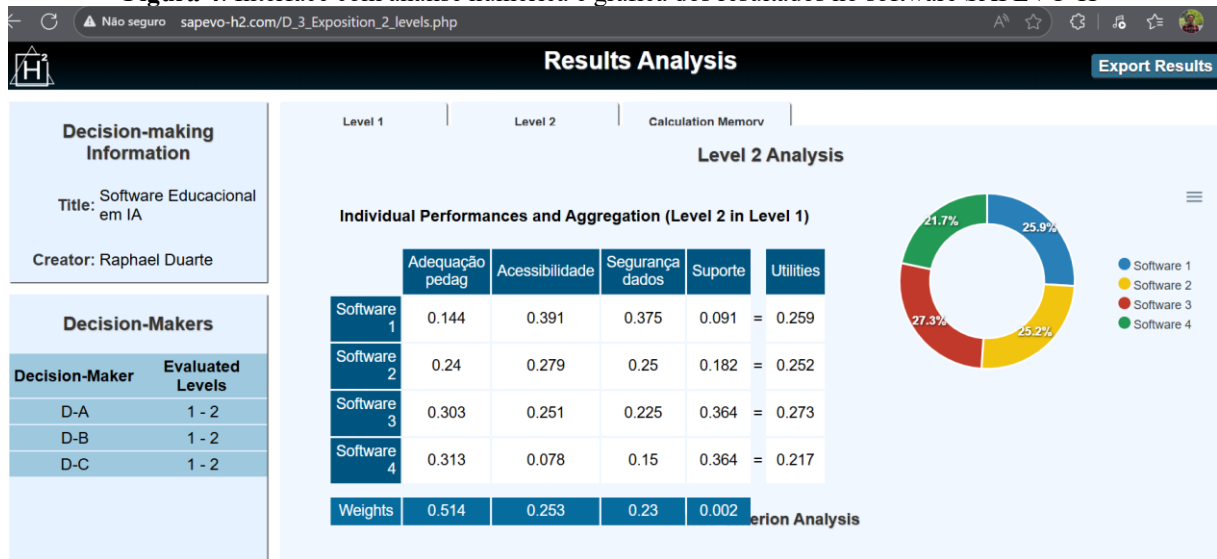
A Tabela 2 apresenta o resultado agregado obtido através da plataforma, com as preferências coletivas do grupo. O critério de maior relevância foi a Adequação Pedagógica, seguida de Acessibilidade, Segurança de Dados e Suporte.

Tabela 2 – Resultado agregado

Software	Adequação Pedagógica	Acessibilidade	Segurança de dados	Suporte	Utilidade
Software 1	0,144	0,391	0,375	0,091	0,259
Software 2	0,24	0,279	0,25	0,182	0,252
Software 3	0,303	0,251	0,225	0,364	0,273
Software 4	0,313	0,078	0,15	0,364	0,217
Pesos	0,514	0,253	0,23	0,002	

Fonte: Dados originais da pesquisa

No ranqueamento das alternativas, o software 3 apresentou a maior preferência agregada (27,3%). Em seguida figuram os softwares 1, 2 e 4. O software também combina recursos gráficos e numéricos que conferem maior robustez à análise, possibilitando uma visualização clara das variáveis de maior influência no processo decisório.

Figura 4: Interface com análise numérica e gráfica dos resultados no software SAPEVO-H²


Fonte: Resultados obtidos através do software SAPEVO-H²

Quanto às limitações, o sistema pode ser operado por um único decisor, embora seja recomendado o uso com dois ou mais participantes. Os problemas modelados permanecem armazenados e podem ser recuperados posteriormente por meio de um código de identificação, inclusive com a possibilidade de inclusão de novos decisores.

Como contribuição social, a estrutura computacional promove o aprendizado do modelo matemático em um ambiente de avaliação transparente. O software é gratuito e favorece a integração entre stakeholders, garantindo clareza na inserção de dados e na expressão de preferências.

5. Considerações Finais

O estudo apresenta uma ferramenta computacional de apoio à decisão em grupo fundamentada em análise multicritério, implementada com base no método SAPEVO-H². O método é direcionado à avaliação de cenários complexos compostos por múltiplas alternativas e critérios, incorporando explicitamente a heterogeneidade das preferências dos decisores e a diversidade de perspectivas no processo decisório.

A aplicação promove a integração do grupo por meio de uma interface interativa, estruturada em ambiente computacional em nuvem, permitindo a conexão simultânea de participantes por diferentes dispositivos. Essa arquitetura favorece a colaboração entre decisores e assegura acessibilidade e rastreabilidade das informações inseridas no sistema.



O estudo de caso evidencia a viabilidade operacional do modelo, demonstrando sua usabilidade e sua capacidade de explicitar preferências individuais e coletivas, o que possibilita a identificação estruturada de prioridades em projetos de sustentabilidade.

Conclui-se que o método SAPEVO-H², aliado à sua implementação computacional, constitui uma ferramenta consistente de apoio à decisão para problemas de elevado impacto, especialmente em contextos que demandam transparência e formalização na estruturação das preferências. Pesquisas futuras podem ampliar a aplicação do modelo em cenários com maior dimensionalidade, envolvendo um número superior de variáveis e decisores, com o objetivo de avaliar o desempenho computacional da plataforma e promover seu contínuo aperfeiçoamento.

REFERÊNCIAS

- AKRAM, M.; KAHRAMAN, C.; ZAHID, K. 2021. **Group decision-making based on complex spherical fuzzy VIKOR approach.** *Knowledge-Based Systems*. 216, 106793.
- ASSIS, G.S. de; SANTOS, M. dos; BASILIO, M.P. 2023. **Use of the WASPAS Method to Select Suitable Helicopters for Aerial Activity Carried Out by the Military Police of the State of Rio de Janeiro.** *Axioms*. 12, 77.
- GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. dos; TEIXEIRA, L. F. H. D. S. D. B.; SANSEVERINO, A. M.; BARCELOS, M. R. D. S. 2020. **SAPEVO-M: a group multicriteria ordinal ranking method.** *Pesquisa Operacional*, 40, e226524.
- HERRERA-VIEDMA, E; PALOMARES, I.; CONG-CONG, L.; CABRERIZO, F. J.; DONG, Y. CHICLANA, F. 2021. **Revisiting Fuzzy and Linguistic Decision Making: Scenarios and Challenges for Making Wiser Decisions in a Better Way.** *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 51, nº 1, pp. 191-208.
- JELOKHANI-NIARAKI, M.; MALCZEWSKI, J. 2015. **Decision complexity and consensus in Web-based spatial decision making: A case study of site selection problem using GIS and multicriteria analysis,** *Cities*, Volume 45, pages 60-70.
- MAÊDA, S. M. D. N.; COSTA, I. P. de A. C.; MOREIRA, M. Â. L.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. dos. 2025. **YOSHIO—proposta de um novo método de apoio multicritério à decisão.** XIII Simpósio de Engenharia de Produção.
- MARQUES, M.; REYNOLDS, K. M.; MARTO, M.; LAKICEVIC, M.; CALDAS, C.; MURPHY, P. J.; BORGES, J. G. 2021. **Multicriteria Decision Analysis and Group Decision-Making to Select Stand-Level Forest Management Models and Support Landscape-Level Collaborative Planning.** *Florestas*, 12(4), 399
- MOREIRA, M. Â. L.; ALVES, V. B. A. da S.; TEIXEIRA, L. F. H. S.; TRIPOLI, A.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. 2025. **Integração do Método SAPEVO-H² ao Planejamento Baseado em Capacidades: Modelagem Estratégica para a Defesa Nacional.** Anais do LVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- MOREIRA, M. Â. L.; COSTA, I. P. de A.; COSTA, A. P. de A.; TEIXEIRA, L. F. H. S.; JUNIOR, M. A. P. de C.; PEREIRA, M. T.; SANTOS, M. 2024. **Computational Proposal for the SAPEVO-M Method: Technological Framework for Complex Decision-Making.** *Procedia Computer Science*, 242, 1050-1057.
- MOREIRA, M. Â. L.; DINIZ, B. P.; COSTA, I. P. de A.; COSTA, A. P. de A.; PEREIRA, D. A. de M.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. 2025. **Integration of the SAPEVO-H² Method into Capability-Based Planning: Strategic Modeling for National Defense.** 12th International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM).
- MOREIRA, M.Â.L.; GOMES, C.F.S.; PEREIRA, M.T.; SANTOS, M. dos. 2023. **SAPEVO-H² a Multi-criteria Approach Based on Hierarchical Network: Analysis of Aircraft Systems for Brazilian Navy.** In: Machado, J., *et al.* Innovations in Industrial Engineering II. *icieng* 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.
- RAZMAK, J.; AOUNI, B. 2015. **Decision Support System and Multi-Criteria Decision Aid: State of the Art and Perspectives.** *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 22, page 101-117.
- TAHERDOOST, H.; MADANCHIAN, M. 2023. **Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts.** *Encyclopedia*, 3(1), 77-87.