

APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD) E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Anna Caroline de Azevêdo Barcelos Moratelli

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156-209, São Domingos, Niterói
carolineanna@id.uff.br

Yasmin Nunes Alves

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156-209, São Domingos, Niterói
ynalves@id.uff.br

Francisco de Assis Aguiar Alves

Universidade Federal Fluminense
Rua Aloisio da Silva Gomes, nº 50, Granja dos Cavaleiros, Macaé
franciscoalves@id.uff.br

Marcos dos Santos

Instituto Militar de Engenharia
Praça Gen. Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Carlos Francisco Simões Gomes

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156-209, São Domingos, Niterói
cfsg1@bol.com.br

RESUMO

Este estudo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com análise bibliométrica sobre a integração de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCDM) e Inteligência Artificial (IA), entre 2012 e 2025, com base na *Scopus*. Para a seleção, triagem e categorização dos artigos foi aplicado o Método PAPER, e o *software Bibliometrix* para análise dos dados. Após a triagem de 311 artigos, 56 atenderam aos critérios definidos. Os resultados indicam que a integração de MCDM e IA proporciona ganhos em estabilidade, acurácia, predição e eficiência em decisões complexas, com destaque para modelos híbridos aplicados em setores como educação, saúde, logística e planejamento urbano. A análise apontou um crescimento anual de 19,38% nas publicações, refletindo o crescente interesse da comunidade científica pelo tema. Entretanto desafios como a instabilidade dos modelos, dependência de dados robustos e subjetividade na definição de pesos ainda persistem, apontando oportunidades para estudos futuros.

PALAVRAS-CHAVE. Métodos Multicritérios. Inteligência Artificial. Análise Bibliométrica.

2. ADM – Métodos Multicritério para Ajuda de Tomada de Decisão

10. IA – PO e IA

ABSTRACT

This study presents a Systematic Literature Review (RSL) with bibliometric analysis on the integration of Multicriteria Decision Support Methods (MCDM) and Artificial Intelligence (AI), between 2012 and 2025, based on *Scopus*. For the selection, screening and categorization of the articles, the PAPER Method was applied, and the Bibliometrix software for data analysis. After screening 311 articles, 56 met the defined criteria. The results indicate that the integration of MCDM and AI provides gains in stability, accuracy, prediction, and efficiency in complex decisions, with emphasis on hybrid models applied in sectors such as education, health, logistics, and urban planning. The analysis pointed to an annual growth of 19.38% in publications, reflecting the growing interest of the scientific community in the topic. However, challenges such as the instability of the models, dependence on robust data, and subjectivity in the definition of weights persist, pointing to opportunities for future studies.

KEYWORDS. Multicriteria Methods. Artificial intelligence. Bibliometric Analysis.

2. ADM – Multicriteria Methods for Decision Making Aid

10. AI – PO and IA

1. Introdução

A tomada de decisão multicritério é uma abordagem eficaz para lidar com problemas complexos que envolvem múltiplos critérios concorrentes, permitindo uma avaliação estruturada de alternativas diante de informações conflitantes e incertas [Kaabi, 2022]. Os Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCDM) oferecem suporte ao decisor na compreensão das compensações envolvidas com o objetivo de alcançar decisões mais consistentes e racionais [Alamoodi *et al.*, 2024].

Paralelamente a Inteligência Artificial (IA) tem revolucionado os processos de análise e tomada de decisão em diversos setores, como saúde, indústria, finanças, educação e logística. Com a capacidade de simular atividades cognitivas humanas, como aprendizado, raciocínio e percepção, a IA já representa uma das principais tecnologias com potencial econômico estimado em até US\$15,7 trilhões até 2030 na economia mundial [Batwara, Kayande e Kediya, 2025].

Estudos recentes destacam seu uso crescente para melhorar o desenvolvimento organizacional, reduzir custos e otimizar processos [Albahri *et al.*, 2024; Nguyen, Nguyen e Nguyen 2024]. A integração de MCDM e IA vem ganhando destaque na literatura por potencializar a eficácia em decisões complexas, ao unir a estrutura metodológica dos métodos multicritérios aos algoritmos e técnicas de IA. Essa convergência tem sido aplicada em diversas áreas e países, oferecendo oportunidades relevantes e estratégicas para o aprimoramento em processos decisórios.

Com base no exposto, este estudo apresenta uma análise bibliométrica minuciosa, para mapear e analisar publicações sobre a integração entre os Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCDM) e Inteligência Artificial (IA), de 2012 a 2025, com dados da base *Scopus*. A investigação busca identificar os métodos multicritérios mais recorrentes, as ferramentas computacionais utilizadas, os benefícios reportados na integração com IA, os desafios enfrentados e os setores que mais adotam essa abordagem.

A metodologia adotada envolveu o método PAPER para triagem e categorização dos artigos, e o *Bibliometrix*, para a análise bibliométrica. A pesquisa foi fundamentada na base *Scopus*. Este artigo está organizado da seguinte maneira: Seção 1 – introduz e contextualiza.; Seção 2 – fundamentação teórica e os principais artigos; Seção 3 – metodologia; Seção 4 – resultados da análise bibliométrica; e Seção 5 – considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

A literatura acadêmica contém muitos exemplos da aplicação do MCDM a Inteligência Artificial (IA). He *et al.*, [2016] utilizam uma abordagem *fuzzy* baseada em TOPSIS e *Rough Set* para análise de mecanismo de falha de produto infantil. É apresentado um método geral de decomposição de causas-raiz com base em uma árvore relacional para falhas em produtos recém-nascidos.

Kaabi, Jauber e Ladhari [2018] utilizam modelos de classificação híbridos baseados em Algoritmo Genético (Metaheurística), Soma Ponderada (WS) e Técnica para Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS) para realizar a classificação de estoque ABC.

Görçün *et al.*, [2025] utilizam robôs inteligentes (AI-ICR), embarcada ao método de agregação particionada Arquimedian-Dombi para a gestão de resíduos urbanos. Abdulkareem *et al.*, [2024] *Deep Learning* associado ao *Entropy* e VIKOR, para triagem de resíduos profundos.

Peng *et al.*, [2012] examinam a eficácia da abordagem proposta, aplicando o algoritmo de aprendizado de máquina *k-means* integrado aos métodos WSM, PROMETHEE II e TOPSIS para estimar o número de clusters em quinze conjuntos de dados públicos. Sharma, Mukherjee e Bera [2023] utilizam modelos de processo baseados em IA e NSGA-II integrado com MCDM, para melhoria da qualidade de processos de fabricação multivariados.

Seifi, Ehteram e Dehghani [2021] propuseram uma estrutura integrada de estimativa de incerteza multimodelo bayesiana para quantificar a incerteza em previsões globais de irradiação horizontal global, utilizando modelos híbridos de IA com algoritmos metaheurísticos, e aplicaram

o método WASPAS para classificação das alternativas. Zabihi *et al.*, [2023] integram os métodos multicritérios TOPSIS, OWA e AHP com algoritmos de Regressão Logística, SVM e Redes Neurais para prever o risco de inundação na província do Irã.

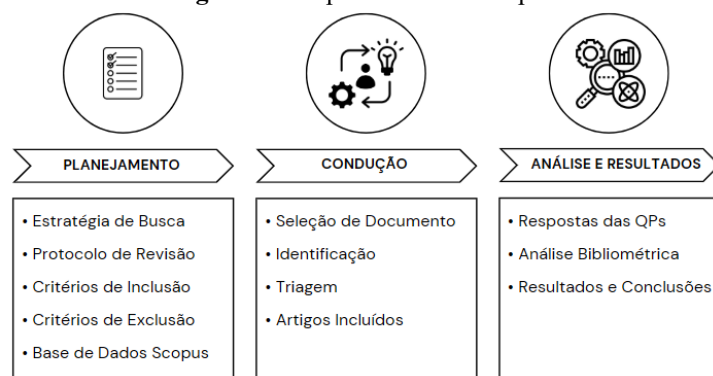
A revisão de literatura revelou diversas aplicações que combinam MCDM e IA para apoiar o processo de tomada de decisão em problemas multicritérios. Essa integração tem se mostrado eficaz por tratar problemas complexos e incertos, aumentando a precisão das decisões, ampliando a capacidade dos modelos e otimizando os processos. Observa-se uma tendência crescente no uso dessas abordagens em contextos reais, devido ao seu potencial inovador e impacto direto no apoio à decisão.

3. Metodologia

Este estudo consiste em uma Revisão Sistemática da Literatura que analisa a produção científica referente a integração entre Métodos Multicritérios de Apoio à Tomada de Decisão e Inteligência Artificial em problemas multicritérios, no período de 2012 a abril 2025. De acordo com Soares [2022] esse tipo de investigação, ao empregar técnicas bibliométricas e estatística, caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e exploratória que tem por objetivo mapear o estado da arte de um determinado campo de estudo.

Dessa forma, esta revisão adota uma abordagem sistemática para identificar, analisar e classificar publicações científicas. Para a condução da pesquisa, empregou-se o Método PAPER (*Priorization of Academic PapErs With R*), proposto por Pereira Júnior, Santos e Gomes [2024]. A Figura 1 apresenta as etapas do método.

Figura 1 - Etapas do Método Paper



Fonte: Autores [2025]

Anteriormente à primeira fase do Método PAPER, foram delineadas as Questões de Pesquisa (QPs) com o objetivo de orientar a Revisão Sistemática da Literatura, são elas:

QP1 – Quais métodos multicritério de apoio à decisão são mais frequentemente combinados com técnicas de Inteligência Artificial em aplicações práticas?

QP 2 – Quais *softwares*, linguagens de programação ou ferramentas computacionais têm sido utilizados para integrar os métodos MCDM com técnicas de IA?

QP 3 – Os estudos que combinam técnicas de IA com métodos MCDM indicam, em suas conclusões, que a integração contribuiu positivamente para o processo decisório, seja por ganhos em eficiência, qualidade das decisões ou inovação?

QP4 – Quais são os principais desafios técnicos e/ou operacionais relacionados à aplicação de IA em métodos MCDM?

QP5 – Quais áreas ou setores têm adotado com maior frequência a aplicação conjunta de IA e métodos MCDM?

Dessa forma, deu-se o início à fase de planejamento. Para isso, definiu-se as *strings* de busca, os operadores booleanos e a terminologia em inglês, considerando a sua predominância nas publicações indexadas nas bases.

A primeira estratégia adotada foi: TITLE-ABS-KEY ((“IA” AND “MCDA”) OR (“IA AND “MCDM”)), a qual resultou em apenas 8 artigos, para ampliar as buscas, utilizou-se uma nova estratégia: TITLE-ABS-KEY ((“*artificial intelligence*” AND “MCDA”) OR (“*artificial intelligence*” AND (“MCDM”))). Com essa abordagem, foram encontrados 584 documentos. Em seguida, adotou-se o Protocolo de revisão PICO para conduzir a pesquisa, um acrônimo para *Population, Intervention, Comparison e Outcomes*:

P – População: Pesquisas indexadas na base de dados *Scopus*. **I – Intervenção:** Publicações sobre o uso de Métodos de Apoio Multicritério à Decisão integrados a Inteligência Artificial para apoiar os processos de tomada de decisão. **C – Comparação:** métodos tradicionais sem aplicação de IA. **O – Saídas:** Identificar as tendências metodológicas, os principais Métodos de Apoio Multicritério à Decisão utilizados, a linguagem de programação aplicada ou auxílio de alguma ferramenta computacional, as áreas predominantes de aplicação, os benefícios e os desafios associados à essa integração entre MCDM e IA.

Os critérios de inclusão adotados nesta revisão consideram: documentos únicos; artigos científicos que abordem especificamente a integração entre Inteligência Artificial e Métodos Multicritérios de Apoio a Tomada de Decisão, artigos completos indexados em periódicos científicos.

Por conseguinte, os critérios de exclusão envolveram: remoção de duplicatas, exclusão de documentos que não atenderam os requisitos de profundidade metodológica e consistência exigidos para a análise.

Concluída a fase do planejamento, deu-se início a segunda fase, correspondente à condução da revisão conforme sugerido por Pereira Júnior, Santos e Gomes, [2024]. Para esta etapa adotou-se o Protocolo PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*, proposto por Page *et al.*, [2021], dividido em três etapas principais: (i) identificação, (ii) triagem e (iii) documentos incluídos.

Na etapa de identificação, as buscas foram realizadas na base de dados Scopus, no mês de abril de 2025, resultando em 584 documentos.

Após a identificação dos documentos, realizou-se a remoção das duplicatas (7 registros) e a exclusão dos registros não classificados (266 documentos), como artigos de conferência, revisão, análise e capítulos de livro, resultando em 311 artigos aptos à triagem. Na etapa de triagem, os resumos dos artigos foram analisados com objetivo de identificar evidências relevantes para responder às questões de pesquisa previamente definidas. Como resultado, 180 artigos foram excluídos por apresentarem conteúdo fora do escopo da revisão, como ausência da integração entre Método Multicritérios de Apoio à Decisão e Inteligência Artificial.

Foram selecionados 131 registros, os quais compõem esta revisão sistemática da literatura. Concluída essa etapa, deu-se início a terceira etapa do PRISMA, com a leitura integral dos artigos, estes foram categorizados de acordo com a aderência as questões de pesquisa. Conforme proposto por Pereira Junior, Santos e Gomes [2024], o método Paper estabelece um sistema de atribuição de notas de zero a dois, para cada uma das questões de pesquisa (QPs), de acordo com o seguinte critério: 0 – questão não respondida, 1 – questão parcialmente respondida e 2 – questão respondida.

A pontuação final de cada artigo é denotada pela soma das notas atribuídas às QPs, a nota de corte é definida pelo *software* do método, o qual delimita que apenas os artigos que atingiram notas pelo menos 50% a pontuação máxima sejam incluídos. No presente estudo, foram definidas cinco questões de pesquisa, resultando em uma pontuação máxima de 10 pontos. Dessa forma, foram considerados registros que obtiveram nota igual ou maior que 5 pontos.

Com base nos critérios de pontuação definidos pelo método PAPER, os 131 artigos foram analisados e devidamente pontuados, resultando na aprovação de 56 artigos que atingiram a pontuação exigida (≥ 5 pontos) e, portanto, foram incluídos para revisão da literatura.

A análise bibliométrica corresponde à última etapa do método Paper, conforme descrito por Júnior, Santos e Gomes, [2024]. Nessa fase, recomenda-se a utilização do *software Bibliometrix*, desenvolvido em R, para a realização de análises avançadas e detalhadas da produção científica selecionada. Os resultados podem ser conferidos na análise bibliométrica (Item 4).

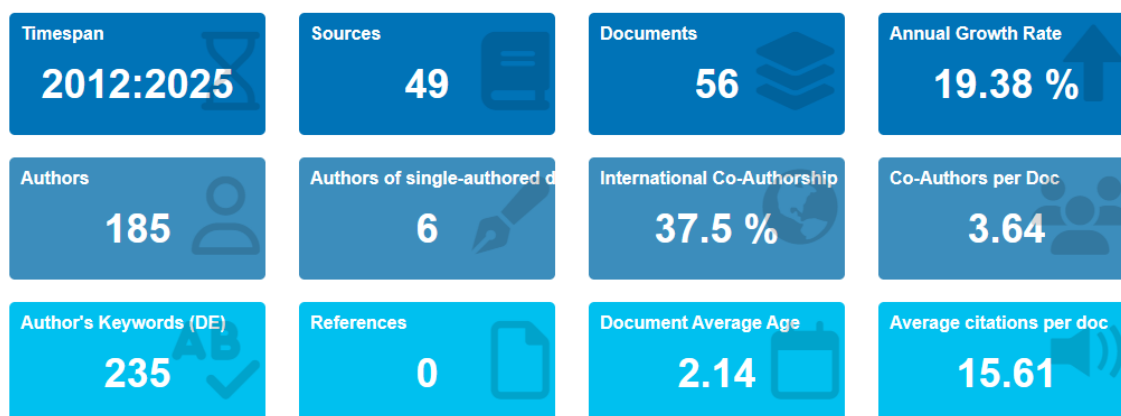
4. Análise Bibliométrica

A pesquisa foi conduzida com o uso do Zotero, para organização e gestão dos 56 artigos selecionados, e do RStudio, essencial para a integração dos dados extraídos da base *Scopus*. O RStudio, permite a leitura individual dos arquivos, detecção e remoção de duplicados, e a conversão dos dados em formato “.bib”, garantindo compatibilidade com o *Bibliometrix* possa processar e analisar as informações com precisão.

O *Bibliometrix* é um pacote R que oferece funções para limpeza de dados e cálculo de medidas bibliométricas, permitindo coleta e processamento de dados de publicações em bases online, gerando indicadores bibliométricos importantes [Kökçam *et al.*, 2024].

Foram observados 56 artigos publicados entre 2012 e abril de 2025, totalizando 185 autores com média de 3,64 coautores por artigos e crescimento anual de 19,38%, evidenciando aumento do interesse científico na integração entre Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão e Inteligência Artificial, conforme Figura 2.

Figura 2 - Resumo dos artigos analisados



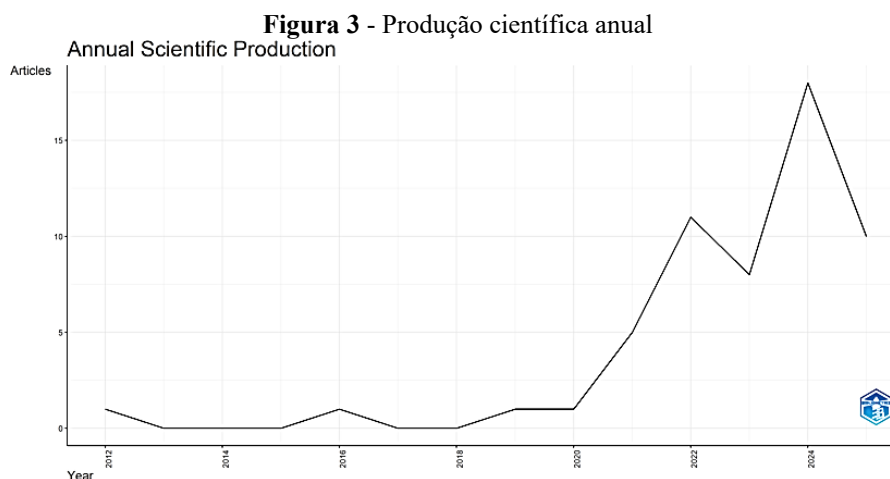
Fonte: *Bibliometrix* [2025]

Os artigos estão distribuídos em 49 fontes diferentes, indicando uma diversidade nos periódicos da temática. A taxa de coautoria internacional é de 37,5%, isso evidencia a relevância global e atração de pesquisadores de diversos países. Dos artigos analisados, 6 foram publicados por autores únicos, reforçando a predominância de abordagens colaborativas. A média de palavras-chaves foi de 235, sugerindo ampla variedade de aplicação do tema associado à integração de MCDM e IA.

A Figura 3 apresenta a produção científica anual dos artigos entre 2012 e abril de 2025. Observa-se crescimento discreto e estável até 2019, com avanço progressivo a partir de 2020, e pico em 2024, ano que concentrou o maior número de publicações. Esse comportamento evidencia uma tendência emergente na literatura e crescente interesse científico pelo tema.

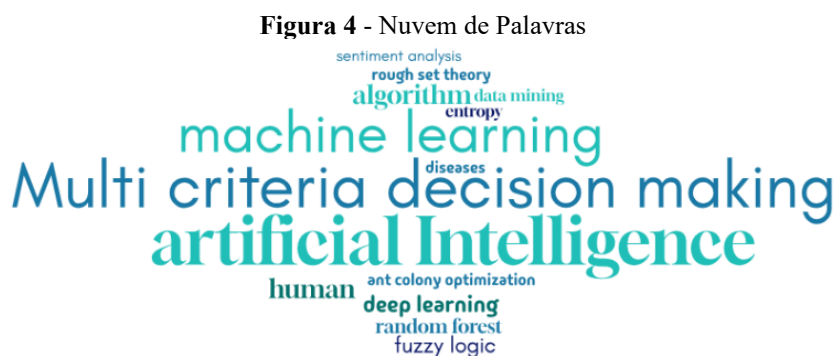
O crescimento evidenciado no gráfico reflete a diversidade e sofisticação metodológica dos estudos publicados nos últimos anos. Trabalhos recentes como Abdulla e Baryaniis [2024] combinam *machine learning* com método AHP em sistemas de apoio à tomada de decisão. Outro estudo como Albahri [2024], evidencia que a integração da IA com MCDM contribui para previsão e avaliação de riscos, sugerindo assim ganhos em eficácia e inovação no processo decisório.

Para além, observou-se o surgimento de estruturas híbridas inovadoras, a exemplo da associação de algoritmos genéticos com TOPSIS [Kaabi, 2022] e da aplicação de *deep learning* com métodos multicritério VIKOR e EDAS [Abdulkareem *et al.*, 2024; Belhadi *et al.*, 2022]. Ismail *et al.*, [2024] integram os métodos BWM, AHP, TOPSIS e WSM para avaliar a resiliência sustentável da cadeia de suprimentos com técnicas da Indústria 4.0, 5.0 e *big data analytics*



Fonte: Bibliometrix [2025]

Destaca-se ainda o uso recorrente de linguagens como Python e MATLAB, com suporte de bibliotecas como *TensorFlow*, *Kera*, *NumPy*, *FuzzyNumbers*, *scikit-learn* e de ferramentas como AutoML, MedCalc, GIS, CLP e ChatGPT, evidenciando a sofisticação computacional nas pesquisas. A amplitude de setores como saúde, segurança, indústria, educação, meio ambiente, manufatura e transporte, refletem a versatilidade do tema e justifica o volume crescente de estudos a partir de 2020. A Figura 4 apresenta a nuvem de palavras extraídos dos artigos selecionados.



Fonte: WordClouds [2025]

Observa-se uma ênfase nos termos "*Multicriteria decision making*" e "*Artificial Intelligence*", o que corrobora o alinhamento temático da amostra com os objetivos da pesquisa. Destacam-se termos como "*machine learning*", "*Fuzzy logic*", "*deep learning*", "*random forests*", "*rough set theory*", evidenciando a diversidade das técnicas de IA combinadas aos métodos MCDM. A Tabela 1 apresenta a frequência dessas palavras.

Tabela 1 - Palavras mais frequentes

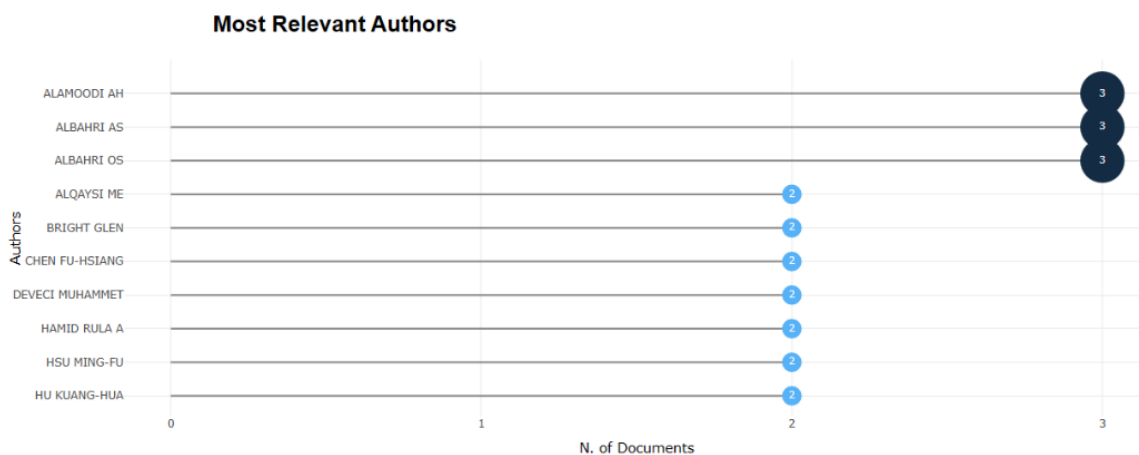
Palavra	Frequência
<i>Multi criteria decision making</i>	83
<i>Artificial Intelligence</i>	29

<i>Machine learning</i>	18
<i>Algorithm</i>	8
<i>Deep learning</i>	7
<i>Fuzzy logic</i>	7
<i>Random forest</i>	6
<i>Data mining</i>	3
<i>Entropy</i>	3
<i>Sentiment analysis</i>	3

Fonte: Autores [2025]

O termo “*Multi criteria decision making*” aparece em destaque com 83 ocorrências, seguido de “*artificial intelligence*” com 29, reforçando a centralidade temática proposta, seguido de 18 ocorrências para “*machine learning*”. A Figura 5 apresenta a distribuição de artigos por autor mais relevantes.

Figura 5 - Distribuição de artigos por autor mais relevante



Fonte: *Bibliometrix* [2025]

A Figura 5 destaca os autores Alamoodi AH, Albahri AS e Albrahri OS, com três publicações cada, como os principais contribuintes para o avanço da temática. Em seguida, Alqaysi, Bright Glen, Chen Fu-Hsiang, Deveci Muhammet e Hsu Ming-Fu, com 2 publicações. A maioria dos autores, apresenta apenas uma publicação, evidenciando que a produção científica é distribuída entre diversos autores, sem predominância autoral. A Tabela 2 apresenta o fator H dos autores com maior relevância na amostra estudada.

Tabela 2 - Fator H

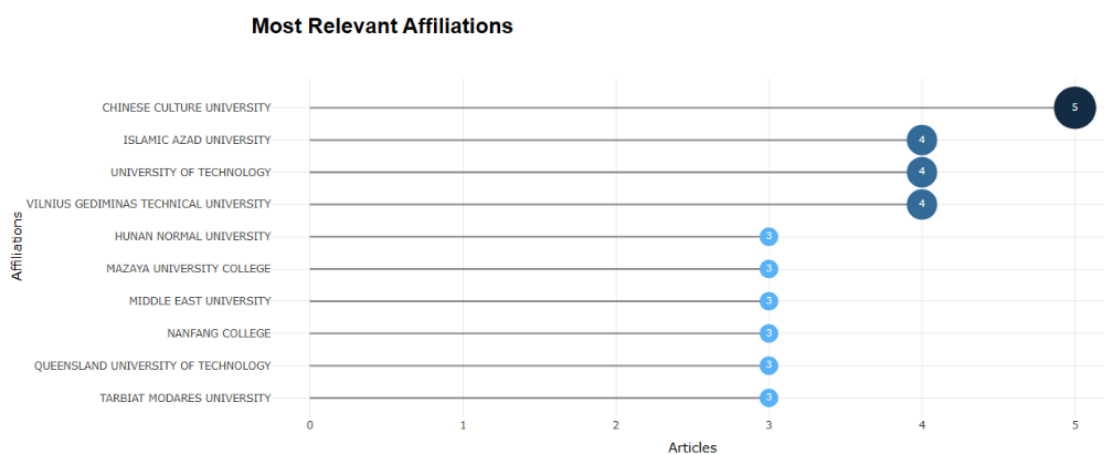
Autor	Fator H
Alamoodi AH	3
Albahri AS	3
Albahri OS	3
Alqaysi ME	2
Chen Fu-Hsiang	2
Deveci Muhammet	2
Hamid Rula A	2

Hsu Ming-Fu	2
Hu Kuang-Hua	2
Joudar Shahad Sabbar	2

Fonte: Bibliometrix [2025]

Os três primeiros autores da Figura 5 possuem Fator H igual a 3, indicando o maior número de publicações da temática, maior consistência e impacto nas citações recebidas. Em seguida, os outros sete autores possuem Fator H igual a 2, o que demonstra uma produção relevante e recorrente. A Figura 6 apresenta as dez instituições mais relevantes em número de publicações científicas.

Figura 6 - Instituições mais relevantes



Fonte: Bibliometrix [2025]

As instituições mais relevantes incluem a *Chinese Culture University*, com cinco publicações, seguida da *Islamic Azad University*, *University of Technology* e *Vilnius Gediminas Technical University*, cada uma com quatro artigos. Outras instituições registraram três publicações, indicando uma distribuição institucional relativamente equilibrada. Observa-se, que há uma ausência de concentração institucional na produção. Este cenário reforça uma pulverização temática entre os centros de pesquisa. A Tabela 3 e a Figura 7 apresentam a produção científica por país.

Tabela 3 - Distribuição de artigos por país ou território

País	Publicações
Iraque	31
China	30
Irã	20
Índia	16
Turquia	8
Austrália	6
Arábia Saudita	6
Egito	5
Indonésia	5
Lituânia	5

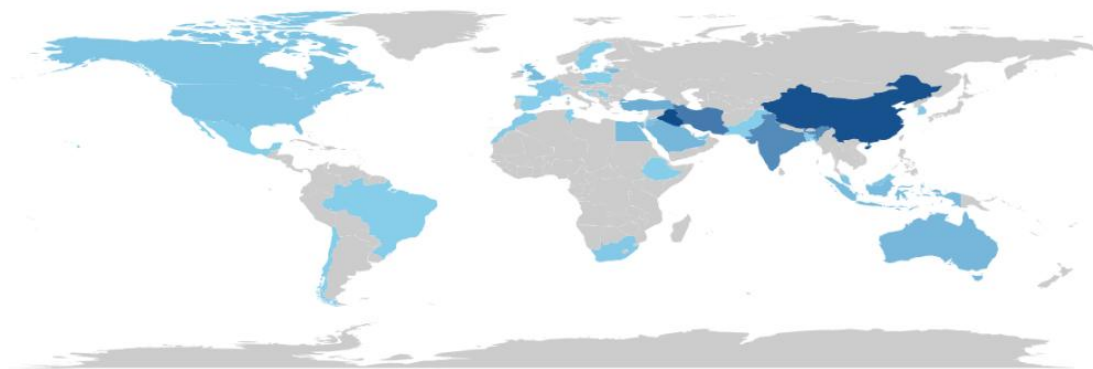
Fonte: Bibliometrix [2025]

Países como Turquia, Austrália, Arabia Saudita, Egito, Indonésia e Lituânia demonstram contribuições ativas, demonstrando um progresso na internacionalização do tema. A ampla distribuição do tema sugere que esse campo de estudo é estratégico em diferentes contextos socioeconômicos com alta aplicação global para resolução de problemas.

A distribuição geográfica apresentada na Figura 7 mostra a integração dos MCDM a IA evidenciando uma concentração expressiva das publicações na Ásia e Oriente Médio, a saber, Iraque liderando com 31 publicações, China (30), Irã (20) e Índia (16), cujos tons mais escuros de azul apresentam maior volume de contribuições. Já os tons azul-claro evidenciam contribuições mais pontuais como, Brasil, França, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Chile, Etiópia e Austrália.

Figura 7 - Produção científica por país

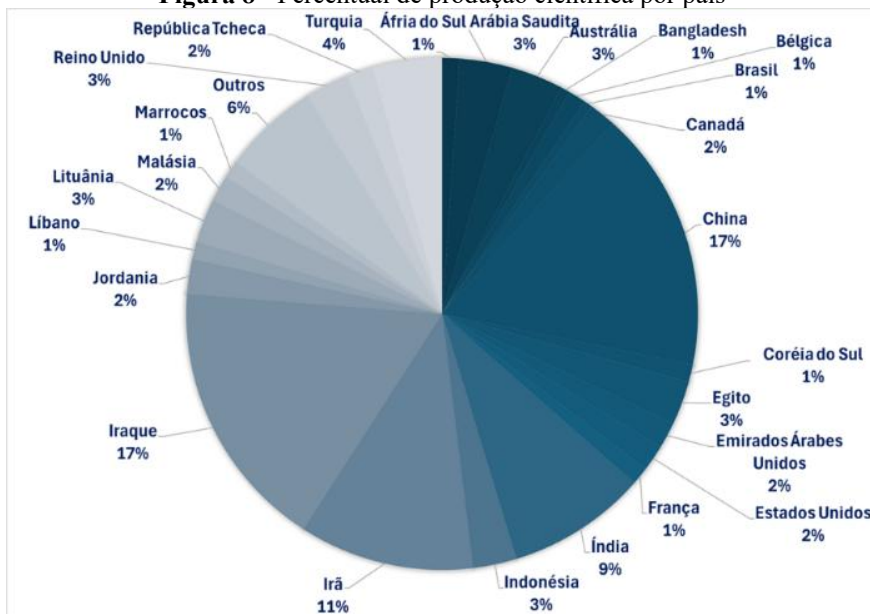
Countries' Scientific Production



Fonte: Bibliometrix [2025]

A Figura 8 mostra o percentual de produção científica por país, esta reforça a Figura 7 e a Tabela 3, evidenciando que 54% das publicações se concentram em quatro países Iraque, China, Irã e Índia. As demais contribuições se distribuem em diferentes regiões com destaque para América do Norte e do Sul, África, Europa e Oceania.

Figura 8 - Percentual de produção científica por país



Fonte: Autores [2025]

Em síntese, a análise bibliométrica permitiu interpretação ampla da produção científica analisada sobre a integração entre Métodos Multicritérios de Apoio à Tomada de Decisão e Inteligência Artificial. As informações do Bibliometrix possibilitaram identificar tendências temáticas e evolução da literatura, consolidando a base teórica e contribuindo para as questões de pesquisa.

5. Considerações Finais

Esse estudo evidenciou o avanço significativo da literatura científica na integração entre Métodos Multicritério de Apoio à Decisão e Inteligência Artificial por meio de uma revisão sistemática da literatura com base em critérios rigorosos e analisada com o suporte do Método PAPER e do *Bibliometrix*, foi possível mapear as principais contribuições metodológicas, aplicações em contexto real e as tendências emergentes neste campo.

Os resultados mostram que a integração entre MCDM e IA gerou ganhos em estabilidade, desempenho, alta acurácia, predição e eficiência decisória. Modelos híbridos mostram eficácia maior quando comparados a métodos tradicionais. Essa melhoria pode ser comprovada pela satisfação dos decisores e pelas métricas como redução de erro, AUROC, SRC e PRC.

Quanto aos desafios dessa integração, destacam-se a instabilidade dos modelos em contextos diversos, a baixa explicabilidade das técnicas, a dependência de dados de qualidade e a subjetividade na definição dos pesos. Vale destacar as limitações computacionais, viés cultural, e complexidade na fusão dos dados comprometem a robustez e a escalabilidade das soluções em contextos reais.

Como proposta para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar a integração entre MCDM e IA, principalmente em ambientes com dados não estruturados. Destaca-se a necessidade de métodos automatizados de definição dos pesos, pela ampliação empírica dos modelos híbridos em diferentes áreas e aprimorar o detalhamento quanto às linguagens e frameworks utilizados. Diante disso, esse artigo não apenas sistematiza o conhecimento existente, mas abre caminhos para novas investigações que possam consolidar e expandir esse campo de estudo.

REFERÊNCIAS

Abdulla, A., e G. Baryannis. 2024. “A Hybrid Multi-Criteria Decision-Making and Machine Learning Approach for Explainable Supplier Selection”. *Supply Chain Analytics* 7. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2024.100074>.

Alamoodi, A.H., O. Zughoul, D. David, S. Garfan, D. Pamucar, O.S. Albahri, A.S. Albahri, S. Yussof, e I.M. Sharaf. 2024. “A Novel Evaluation Framework for Medical LLMs: Combining Fuzzy Logic and MCDM for Medical Relation and Clinical Concept Extraction”. *Journal of Medical Systems* 48 (1). <https://doi.org/10.1007/s10916-024-02090-y>.

Albahri, A.S., Y.L. Khaleel, M.A. Habeeb, R.D. Ismael, Q.A. Hameed, M. Deveci, R.Z. Homod, O.S. Albahri, A.H. Alamoodi, e L. Alzubaidi. 2024. “A Systematic Review of Trustworthy Artificial Intelligence Applications in Natural Disasters”. *Computers and Electrical Engineering* 118. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109409>.

Abdulkareem, K.H., M.A. Subhi, M.A. Mohammed, M. Aljibawi, J. Nedoma, R. Martinek, M. Deveci, W.-L. Shang, e W. Pedrycz. 2024. “A Manifold Intelligent Decision System for Fusion and Benchmarking of Deep Waste-Sorting Models”. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 132. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.107926>.

Batwara, A., R.A. Kayande, e S. Kediya. 2025. “Critical Drivers of AI Integration in Industrial Processes for Enhancing Smart Sustainable Manufacturing: Decision-Making Framework”.

Process Integration and Optimization for Sustainability. <https://doi.org/10.1007/s41660-025-00503-0>.

Belhadi, A., S. Kamble, S. Fosso Wamba, e M.M. Queiroz. 2022. “Building Supply-Chain Resilience: An Artificial Intelligence-Based Technique and Decision-Making Framework”. *International Journal of Production Research* 60 (14): 4487–4507. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1950935>.

He, Yi-Hai, Lin-Bo Wang, Zhen-Zhen He, e Min Xie. 2016. “A Fuzzy TOPSIS and Rough Set Based Approach for Mechanism Analysis of Product Infant Failure”. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.06.002>.

Görçün, Ö.F., A. Saha, P.V. Ravi Kumar, e B.K. Debnath. 2025. “A Hybrid Rough Aggregation Approach for the Selection of Artificial Intelligence-Based Industrial Cleaning Robots Used in Public Spaces from the Perspective of Urban Waste Management”. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 150. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109566>.

Kaabi, H. 2022. “Comparative Analysis of MultiCriteria Inventory Classification Models for ABC Analysis”. *International Journal of Information Technology and Decision Making* 21 (5): 1617–46. <https://doi.org/10.1142/S0219622022500262>.

Kaabi, H., Khaled J., e Talel, L. 2018. “A Genetic Algorithm-Based Classification Approach for Multicriteria ABC Analysis”. *International Journal of Information Technology and Decision Making*. World Scientific Publishing Co. Pte Ltd. <https://doi.org/10.1142/S0219622018500475>.

Kökçam, A.H., C. Erden, A.S. Demir, e T.F. Kurnaz. 2024. “Bibliometric Analysis of Artificial Intelligence Techniques for Predicting Soil Liquefaction: Insights and MCDM Evaluation”. *Natural Hazards* 120 (12): 11153–81. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06630-0>.

Ismail, M. M., Zenat A., Amal F., Abdel-Gawad, e Mona M. 2024. “Toward Supply Chain 5.0: An Integrated Multi-Criteria Decision-Making Models for Sustainable and Resilience Enterprise”. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*. Regional Association for Security and crisis management. <https://doi.org/10.31181/dmame712024955>.

Nguyen, T.M.H., V.P. Nguyen, e D.T. Nguyen. 2024. “A New Hybrid Pythagorean Fuzzy AHP and COCOSO MCDM Based Approach by Adopting Artificial Intelligence Technologies”. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence* 36 (7): 1279–1305. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2022.2143908>.

Page, M. J; Mckenzie, J. E; Bossuyt, P. M; *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 2021, n. 71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

Peng, Y., Y. Zhang, G. Kou, e Y. Shi. 2012a. “A Multicriteria Decision Making Approach for Estimating the Number of Clusters in a Data Set”. *PLoS ONE* 7 (7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041713>.

Pereira Júnior, E.; Dos Santos, M.; Gomes, C. F. S. *Método Paper*. 2024. Disponível em: <<https://www.metodopaper.com.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2025.

Seifi, A., Mohammad, E., e Majid, D. 2021. “A Robust Integrated Bayesian Multi-Model Uncertainty Estimation Framework (IBMUEF) for Quantifying the Uncertainty of Hybrid Meta-

Heuristic in Global Horizontal Irradiation Predictions”. *Energy Conversion and Management*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114292>.

Sharma, A. K., Indrajit, M., e Sasadhar, B. 2023. “A Novel Machine Learning-Based Multiobjective Robust Optimisation Strategy for Quality Improvement of Multivariate Manufacturing Processes”. *International Journal of Production Research*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2093683>.

Soares, W. D.; Abritta, M. L. R.; Freitas, D. A.; *et al.* Pesquisa qualitativa e quantitativa: um estudo comparativo. In: Revisão bibliográfica: o uso da metodologia para a produção de textos. 1. ed. *Editora Científica Digital*, 2022. p. 39-45. DOI: 10.37885/220508792.

Zabihi, O., Maryam, S., Mohammad, G., Mehran, A., e Mostafa, H.-K. 2023. “A Smart Sustainable System for Flood Damage Management with the Application of Artificial Intelligence and Multi-Criteria Decision-Making Computations”. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103470>.