APLICAÇÃO DE MÉTODOS MULTICRITÉRIO NA GESTÃO DA EROSÃO COSTEIRA: REVISÃO SISTEMÁTICA E TENDÊNCIA PARA APOIO À DECISÃO EM GRUPO.

Maria Alyne dos Santos Lima [1] ; Wesley Douglas Oliveira Silva [2]; Águida Vitória Lopes de Souza [3]; Hemmyly Cawanne Alves Pedro [4]; João Victor Isidoro dos Santos [5]; Iago José de Lima Silva [6]; e Rogerio Leite dos Santos [7].

RESUMO – A erosão costeira constitui um dos principais desafios ambientais das zonas litorâneas, sendo intensificada por processos naturais e pressões antrópicas associadas às mudanças climáticas e à urbanização desordenada. Nesse contexto, este estudo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre erosão costeira associada à aplicação de métodos multicritério e tomada de decisão em grupo no suporte à gestão costeira. A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect e SciELO, considerando publicações entre 2015 e 2025. Foram identificados inicialmente 312 estudos, dos quais 55 artigos foram selecionados após critérios de elegibilidade. Os resultados evidenciam predominância do uso dos métodos AHP, ANP e TOPSIS integrados a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), destacando-se aplicações voltadas à análise de vulnerabilidade costeira e priorização de áreas sob risco erosivo. Observou-se crescimento expressivo da produção científica a partir de 2018, com maior concentração em 2024. A análise bibliométrica revelou forte associação entre os temas “coastal erosion”, “climate change”, “coastal vulnerability” e “remote sensing”. As lacunas identificadas incluem a limitada incorporação de dados em tempo real e modelos adaptativos integrados às mudanças climáticas. Conclui-se que os métodos

1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, maria.alyne@ctec.ufal.br
2) Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, wesley.oliveira@feac.ufal.br
3) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, aguida.souza@ctec.ufal.br
4) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, cawanneh@gmail.com
5) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, vitorisidoro.rhs@gmail.com
6) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, iago.silva@icat.ufal.br
7) Graduando em Engenharia Florestal no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3261-1676, rogerio.santos@ceca.ufal.br

multicritério constituem ferramentas promissoras para subsidiar estratégias participativas e sustentáveis de gestão costeira.

Palavras-Chave – erosão costeira; decisão multicritério; vulnerabilidade costeira; SIG; gestão costeira integrada.

ABSTRACT– Coastal erosion is one of the main environmental challenges affecting coastal zones, intensified by natural processes and anthropogenic pressures associated with climate change and unplanned urbanization. In this context, this study presents a systematic literature review on coastal erosion associated with multicriteria methods and group decision-making for coastal management support. The bibliographic search was conducted in the Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and SciELO databases, considering publications between 2015 and 2025. Initially, 312 studies were identified, of which 55 articles were selected after eligibility criteria were applied. The results show the predominance of AHP, ANP, and TOPSIS methods integrated with Geographic Information Systems (GIS), especially in applications related to coastal vulnerability analysis and prioritization of erosion risk areas. A significant growth in scientific production was observed after 2018, reaching its peak in 2024. Bibliometric analysis revealed strong associations among the themes “coastal erosion”, “climate change”, “coastal vulnerability”, and “remote sensing”. The identified gaps include the limited incorporation of real-time data and adaptive models integrated with climate change scenarios. It is concluded that multicriteria methods represent promising tools to support participatory and sustainable coastal management strategies.

Keywords – coastal erosion; multicriteria decision-making; coastal vulnerability; GIS (Geographic Information Systems); integrated coastal management.

1. INTRODUÇÃO

A erosão costeira representa um dos processos ambientais mais relevantes das zonas litorâneas, promovendo perda de sedimentos, retração da linha de costa e alterações geomorfológicas significativas (Vousdoukas et al., 2020). Esse fenômeno resulta da interação entre fatores naturais, como ondas, correntes e variações do nível do mar, e fatores antrópicos associados à urbanização costeira, obras de engenharia e alterações no balanço sedimentar (Pradhan et al., 2024).

Nas últimas décadas, os impactos das mudanças climáticas têm intensificado os processos erosivos em diferentes regiões costeiras do mundo, aumentando a vulnerabilidade ambiental e socioeconômica de comunidades litorâneas (Nicholls et al., 2018). Nesse contexto, a gestão

costeira demanda ferramentas capazes de integrar múltiplos critérios ambientais, sociais e econômicos, permitindo priorizar áreas críticas e apoiar estratégias adaptativas sustentáveis.

Os métodos multicritério aplicados à tomada de decisão em grupo têm sido amplamente utilizados em estudos ambientais por possibilitarem a integração de diferentes perspectivas e níveis de informação (Belton e Stewart, 2019). Associados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), esses métodos permitem análises espacializadas da vulnerabilidade costeira, contribuindo para o planejamento territorial e definição de políticas públicas.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da aplicação de métodos multicritério e decisão em grupo na gestão da erosão costeira, identificando tendências científicas, principais métodos utilizados, lacunas existentes e perspectivas futuras.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi desenvolvida com o objetivo de identificar e analisar a produção científica relacionada à erosão costeira e à aplicação de métodos multicritério no suporte à tomada de decisão em grupo. Para isso, adotou-se uma abordagem baseada em revisão sistemática da literatura associada à análise bibliométrica, permitindo compreender a evolução das pesquisas, os principais métodos empregados, as tendências temáticas e as lacunas existentes na área. Essa abordagem mostra-se adequada diante da complexidade dos processos erosivos costeiros, que envolvem múltiplas variáveis ambientais, sociais e econômicas, exigindo ferramentas capazes de integrar diferentes critérios e perspectivas no contexto da gestão costeira.

2.1 Estratégia de Pesquisa Bibliográfica

A revisão sistemática foi conduzida a partir de buscas bibliográficas nas bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect e SciELO, selecionadas por sua relevância científica e abrangência temática (Krassakis et al., 2023). Foram utilizados descritores em português e inglês relacionados à erosão costeira, métodos multicritério e tomada de decisão em grupo.

2.2 Estratégia de Busca

As buscas foram realizadas por meio da combinação de palavras-chave relacionadas à erosão costeira, vulnerabilidade costeira, mudanças climáticas, geotecnologias e métodos multicritério de apoio à decisão. Para ampliar a abrangência da pesquisa e garantir a

recuperação de estudos relevantes, foram utilizados operadores booleanos (AND e OR), adaptando-se a sintaxe conforme as especificidades de cada base de dados consultada.

A string de busca utilizada foi estruturada da seguinte forma:

("coastal erosion" OR "coastal vulnerability" OR "coastal vulnerability to erosion") AND ("climate change" OR "sea-level rise") AND ("remote sensing" OR "geographical information system" OR "GIS") AND ("multi-criteria decision making" OR "analytical hierarchy process" OR "AHP" OR "group decision making" OR "decision support system") AND ("coastal management" OR "coastal zone management" OR "coastal risks").

As palavras-chave utilizadas na construção da estratégia de busca foram definidas com base nos termos mais recorrentes identificados na literatura científica, destacando-se: "climate change", "coastal erosion", "coastal vulnerability", "remote sensing", "geographical information system", "GIS", "analytical hierarchy process", "coastal risks", "coastal zone management", "sea-level rise" e "coastal vulnerability index". Esses termos foram posteriormente confirmados por meio da análise de coocorrência de palavras-chave realizada no software VOSviewer, evidenciando sua relevância e frequência nos estudos selecionados, na Figura 1, mostra a rede de palavras chaves geradas a partir dos dados fornecidos.

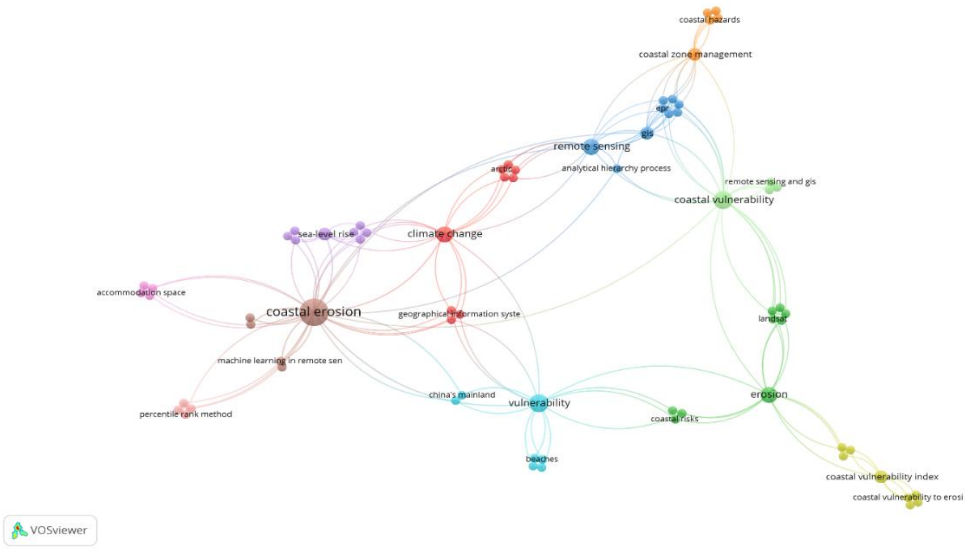


Figura 1 - Rede de palavras-chave
Fonte: Esta pesquisa (2026).

2.3 Critérios de Seleção dos Estudos

O recorte temporal da pesquisa compreendeu publicações entre 2015 e 2025, com foco em estudos sobre erosão costeira, vulnerabilidade ambiental, gestão costeira integrada e métodos

multicritério aplicados à tomada de decisão (Vousdoukas et al., 2020; Pradhan et al., 2024). Inicialmente, foram identificados 312 estudos, dos quais 104 permaneceram após a remoção de duplicatas e análise preliminar dos títulos e resumos. Posteriormente, os trabalhos passaram por avaliação de elegibilidade com base em critérios metodológicos e de relevância temática, resultando na seleção final de 55 artigos para compor a revisão sistemática, conforme apresentado na Figura 2.

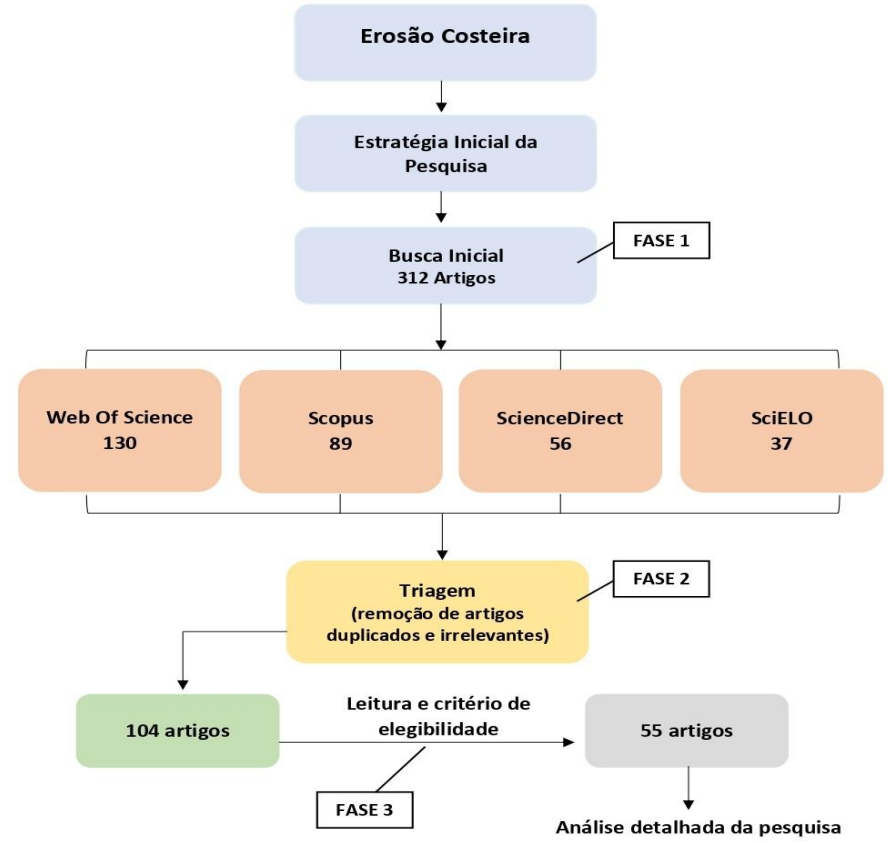


Figura 2 – Fluxograma de aplicação de estratégias de busca para selecionar artigos
Fonte: Esta pesquisa (2026).

2.4 Procedimentos de Revisão Sistemática

A revisão foi estruturada em três etapas: identificação, triagem e elegibilidade (Krassakis et al., 2023). Foram considerados estudos relacionados à erosão costeira, vulnerabilidade ambiental, gestão costeira integrada e aplicação de métodos multicritério em processos decisórios.

As questões de pesquisa utilizadas foram:

QP1. Quais métodos de decisão em grupo são mais empregados?

QP2. Como ocorre a alocação de recursos?

QP3. Qual o papel dos atores envolvidos?

QP4. Quais lacunas existem?

QP5. Quais tendências emergentes se destacam?

2.5 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica foi realizada com auxílio do software VOSviewer, permitindo identificar redes de coautoria, densidade temática, evolução temporal das palavras-chave e agrupamentos científicos relacionados à erosão costeira e vulnerabilidade ambiental (Colak et al., 2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Evolução Temporal das Publicações Científicas

Os resultados da análise bibliométrica demonstram um crescimento contínuo das publicações relacionadas à erosão costeira e aos métodos multicritério aplicados à gestão ambiental ao longo do período analisado. Enquanto entre 2015 e 2017 a produção científica ainda era limitada, indicando uma fase inicial de consolidação do tema, a partir de 2018 observou-se um aumento expressivo no número de estudos, impulsionado principalmente pelas pesquisas sobre vulnerabilidade costeira, mudanças climáticas e uso de geotecnologias. O maior volume de publicações foi registrado em 2024, evidenciando a crescente relevância científica da temática e o fortalecimento de abordagens interdisciplinares apoiadas por sensoriamento remoto, análise espacial e gestão costeira integrada, conforme apresentado na Figura 3.

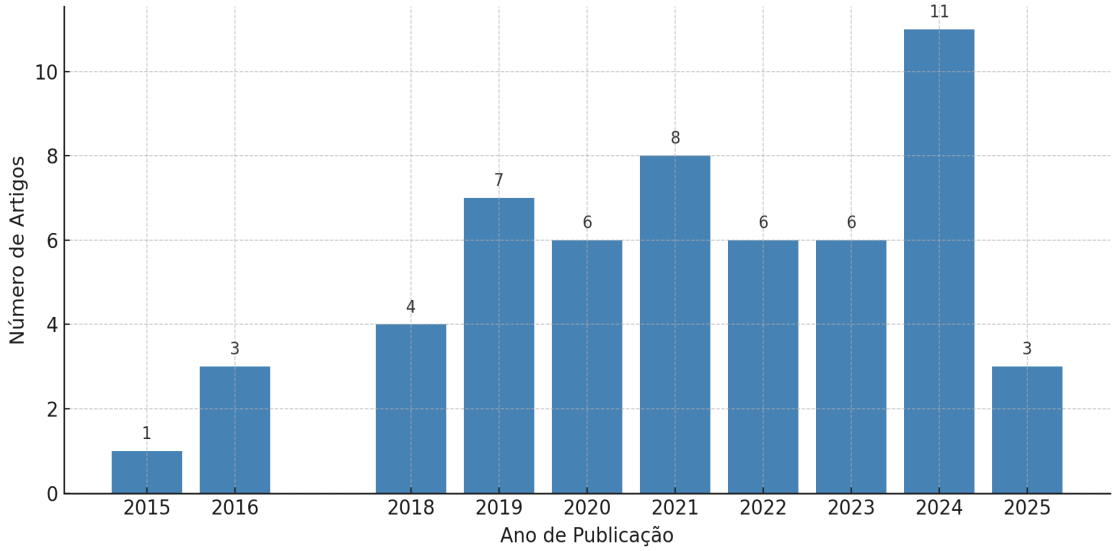


Figura 3 – Evolução temporal das publicações
Fonte: Esta pesquisa (2026).

Além disso, os resultados sugerem que os estudos recentes apresentam maior integração entre análise espacial, modelagem ambiental e suporte multicritério à decisão, evidenciando uma tendência de fortalecimento das abordagens quantitativas e participativas aplicadas aos ambientes costeiros.

3.2 Redes de Coautoria Científica

A análise das redes de coautoria revelou a existência de diferentes clusters de pesquisadores interconectados, indicando o fortalecimento das colaborações científicas internacionais e a formação de núcleos especializados de pesquisa. Os agrupamentos identificados demonstram elevada interação entre autores que atuam principalmente nas áreas de vulnerabilidade costeira, mudanças climáticas, sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a Figura 4 apresenta a rede de coautoria.

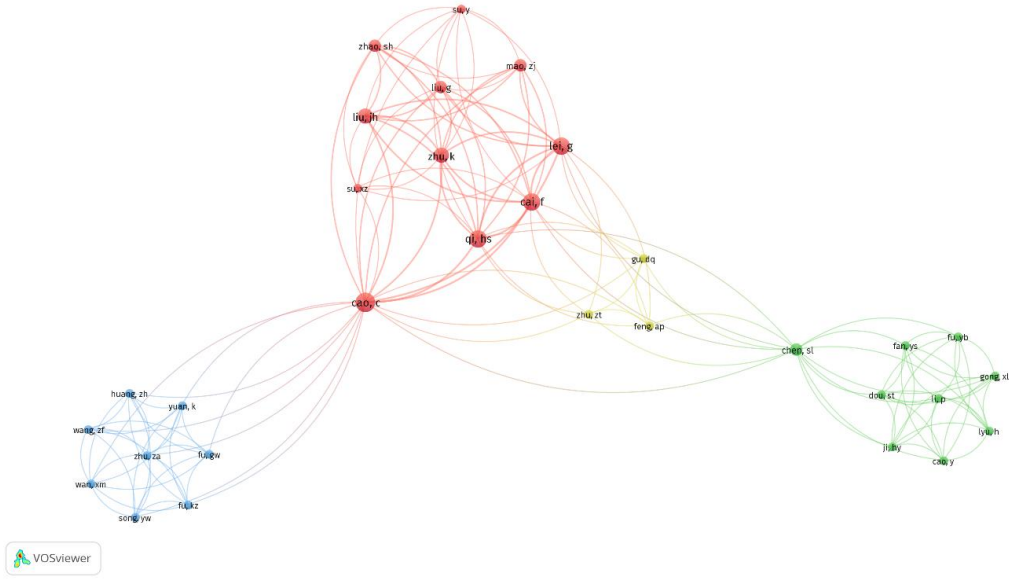


Figura 4 - Rede de coautoria
Fonte: Esta pesquisa (2026).

Os resultados evidenciam que alguns autores desempenham papel central na articulação e disseminação do conhecimento científico, conectando diferentes grupos de pesquisa. Observou-se elevada colaboração em estudos sobre vulnerabilidade costeira e métodos multicritério, indicando o caráter interdisciplinar dessas temáticas. Além disso, verificou-se a expansão das redes de cooperação científica nos últimos anos, impulsionada pela crescente preocupação com os impactos das mudanças climáticas em áreas costeiras, o que demonstra o potencial de crescimento da área e o fortalecimento das parcerias internacionais.

3.3 Análise de Palavras-Chave

A análise das palavras-chave permitiu identificar os principais temas abordados nos estudos selecionados, evidenciando as tendências predominantes da literatura científica relacionada à erosão costeira. As palavras mais recorrentes foram “coastal erosion”, “climate change”, “coastal vulnerability” e “remote sensing”, indicando forte associação entre erosão costeira, mudanças climáticas e análise espacial aplicada à gestão ambiental, como mostra Figura 5.

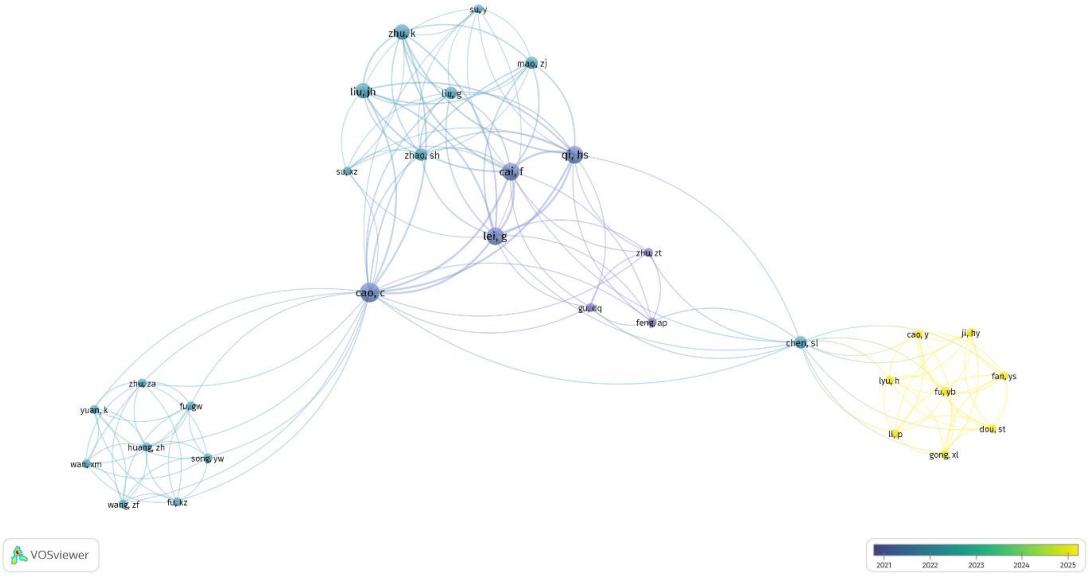


Figura 5 - Análise temporal da rede de coautoria
Fonte: Esta pesquisa (2026).

A forte conexão entre as palavras-chave indica que os estudos recentes têm adotado abordagens integradas para analisar a dinâmica costeira, combinando geotecnologias, índices de vulnerabilidade e ferramentas de apoio à decisão. Além disso, temas como gestão costeira integrada, análise de riscos, aumento do nível do mar, mudanças climáticas e vulnerabilidade costeira destacam-se como os principais focos de investigação, evidenciando sua crescente relevância na literatura científica internacional.

3.4 Aplicação dos Métodos Multicritério

Os estudos analisados demonstraram predominância da aplicação dos métodos AHP (Analytic Hierarchy Process), ANP (Analytic Network Process) e TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), frequentemente integrados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Saaty, 1980; Saaty, 1996; Hwang e Yoon, 1981). Essas metodologias têm sido amplamente utilizadas para classificação de vulnerabilidade costeira, priorização de áreas críticas e apoio ao planejamento ambiental.

Os métodos multicritério demonstraram elevada eficiência na integração de variáveis ambientais, sociais e econômicas relacionadas à erosão costeira, permitindo análises abrangentes e suporte à tomada de decisão em cenários complexos. Sua associação com geotecnologias tem ampliado a capacidade de análise espacial e monitoramento ambiental, contribuindo para estratégias mais eficazes de gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas.

Outro aspecto importante identificado na literatura refere-se à utilização de processos participativos envolvendo especialistas, gestores públicos e comunidades locais, fortalecendo a legitimidade das decisões e favorecendo a construção coletiva de soluções voltadas à redução da vulnerabilidade costeira (Reed, 2008)

3.5 Lacunas e Tendências Emergentes

Apesar dos avanços científicos observados, ainda persistem lacunas na aplicação de métodos multicritério à gestão da erosão costeira, especialmente relacionadas à integração de dados em tempo real, cenários futuros de mudanças climáticas e diferentes escalas de análise (Linkov et al., 2014). Além disso, desafios na integração de dados socioeconômicos e ambientais permanecem presentes, enquanto tendências como inteligência artificial, monitoramento em tempo real, sensoriamento remoto de alta resolução e sistemas híbridos de apoio à decisão apontam para abordagens cada vez mais integradas e eficientes na gestão costeira.

4. CONCLUSÕES

A revisão sistemática demonstrou que a aplicação de métodos multicritério na gestão da erosão costeira apresenta crescimento significativo nos últimos anos, especialmente associada ao uso de Sistemas de Informação Geográfica e sensoriamento remoto.

Os métodos AHP, ANP e TOPSIS destacam-se como as principais ferramentas empregadas para análise de vulnerabilidade costeira e priorização de áreas críticas. A literatura evidencia ainda a importância da tomada de decisão em grupo como mecanismo de fortalecimento da governança costeira e legitimação das ações de gestão ambiental.

Apesar dos avanços metodológicos observados, persistem desafios relacionados à incorporação de dados dinâmicos, integração de inteligência artificial e desenvolvimento de modelos adaptativos voltados aos impactos das mudanças climáticas.

Conclui-se que os métodos multicritério constituem ferramentas estratégicas para subsidiar políticas públicas e ações sustentáveis de gerenciamento costeiro, contribuindo para redução da vulnerabilidade e aumento da resiliência das zonas litorâneas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro concedido por meio do Código de Financiamento 001, fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradecemos, igualmente, à Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento pelo suporte acadêmico, científico e institucional oferecido ao longo da realização do estudo.

REFERENCIAS

BELTON, Valerie; STEWART, Theodor J. “Multiple criteria decision analysis: an integrated approach”. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.

COLAK, H. et al. “GIS and remote sensing integration for coastal erosion assessment”. Environmental Monitoring and Assessment, Dordrecht, v. 196, n. 5, p. 1-18, 2024.

HWANG, C. L.; YOON, K. “Multiple attribute decision making: methods and applications”. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

KRASSAKIS, P. et al. “Group decision-making methods applied to coastal management”. Environmental Science and Policy, Amsterdam, v. 145, p. 52-66, 2023.

LINKOV, I. et al. “Risk and resilience approaches in coastal management”. Environment Systems and Decisions, New York, v. 34, n. 3, p. 395-404, 2014.

NICHOLLS, Robert J. et al. “Climate change and coastal vulnerability”. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018.

PRADHAN, B. et al. “Coastal erosion drivers and human impacts”. Journal of Environmental Management, London, v. 356, p. 120615, 2024.

REED, M. S. “Stakeholder participation for environmental management: a literature review”. Biological Conservation, Amsterdam, v. 141, n. 10, p. 2417-2431, 2008.

SAATY, Thomas L. “Decision making with dependence and feedback: the analytic network process”. Pittsburgh: RWS Publications, 1996.

SAATY, Thomas L. “The analytic hierarchy process”. New York: McGraw-Hill, 1980.

VOUSDOUKAS, Michalis I. et al. “Sandy coastlines under threat of erosion”. Nature Climate Change, London, v. 10, p. 260-263, 2020.