



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

ABORDAGEM AHP-TOPSIS EM AMBIENTE SIG PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES EM MUNICÍPIO DO NORDESTE BRASILEIRO

Ana Carolina dos Santos Reis¹; Jean Firmino Cardoso²; Laisa Cancian³; Isabela de Araújo Souza Freitas⁴; Rutineia Tassi⁵; Alejandro Ruiz-Padillo⁶

Palavras-chave: Inundações; Suscetibilidade; Análise Multicritério; TOPSIS.

INTRODUÇÃO

As inundações figuram entre os desastres naturais mais recorrentes e destrutivos em escala global, que causam expressivos prejuízos humanos, sociais e econômicos (Termeh et al., 2018). O crescimento populacional, a urbanização acelerada e as mudanças no uso e cobertura do solo têm intensificado a ocorrência desses eventos, especialmente em áreas urbanas vulneráveis (Doocy et al., 2013; Khodaei et al., 2025). No Brasil, ainda predomina uma abordagem reativa na gestão de riscos, o que evidencia a necessidade de estratégias preventivas e de planejamento territorial mais eficientes (Marengo et al., 2023).

Em Pernambuco, eventos de precipitação extrema têm evidenciado a elevada vulnerabilidade hidrológica de áreas com infraestrutura urbana limitada, em especial em municípios de pequeno e médio porte (Lima et al., 2021; Polycarpo et al., 2023). O município de Correntes, localizado no Agreste pernambucano, tem registrado episódios de chuvas intensas e transbordamento de rios que cortam a cidade, como o Rio Mundaú. Em julho de 2022, fortes precipitações causaram alagamentos, desalojaram moradores e danificaram a ponte de acesso à cidade, evidenciando a vulnerabilidade da região a eventos extremos (Valença, 2022).

Nesse contexto, o mapeamento da suscetibilidade a inundações é essencial para a gestão de bacias hidrográficas e redução dos impactos associados a eventos extremos (Termeh et al., 2018). Métodos de tomada de decisão multicritério integrados a Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido amplamente empregados para a identificação de áreas propensas a inundações, permitindo a análise conjunta de múltiplos fatores ambientais e antrópicos (Chaulagain et al., 2023).

Lima et al. (2025) avaliaram a suscetibilidade a inundações no município de Jequié (BA) por meio da integração de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e do

¹) Universidade Federal de Santa Maria, +55 81 99504-8666, reis.ana@acad.ufsm.br

²) Universidade Federal de Pernambuco, +55 81 98911-1366, jean.firmino@ufpe.br

³) Universidade Federal de Santa Maria, +55 55 99920-3724, laisa.cancian@gmail.com

⁴) Universidade Federal de Pernambuco, +55 81 99603-0452, isabela.souzafreitas@ufpe.br

⁵) Universidade Federal de Santa Maria, +55 55 98128-3297, ruti@ufsm.br

⁶) Universidade Federal de Santa Maria, +55 51 98317-5924, alejandro.ruiz-padillo@ufsm.br

Processo Analítico Hierárquico (AHP). Foram considerados nove fatores na análise, entre eles, variáveis de natureza topográfica, hidrológica, geológica e antrópica. Os resultados do AHP destacaram a influência de áreas com baixa declividade, baixa elevação, elevada urbanização e deficiência na drenagem urbana. Além disso, o estudo identificou que cerca de 60% da área apresentava classes de alta a muito alta vulnerabilidade.

No entanto, a análise isolada da importância desses fatores não é suficiente para determinar a vulnerabilidade de áreas de acordo com a contribuição agregada deles. Nesse contexto, surgem métodos multicritério como o TOPSIS que permitem definir índices agregados para cada ponto no território e assim facilitar seu georreferenciamento (Pathan et al., 2022).

Neste trabalho, propõe-se uma abordagem metodológica para o mapeamento da suscetibilidade a inundações no município de Correntes, em Pernambuco, Brasil, a partir da aplicação do método AHP-TOPSIS, com indicadores e pesos extraídos do estudo de Lima et al. (2025).

METODOLOGIA

Indicadores Analisados e Atribuição de Pesos

A escolha dos indicadores e a atribuição dos pesos seguem a proposta apresentada por Lima et al. (2025). Os indicadores considerados nesta análise são a altimetria (cotas altimétricas), a declividade, o uso e cobertura do solo, a pedologia do solo, os grupos hidrológicos do solo, a distância dos corpos hídricos, o índice topográfico de umidade e a curvatura da encosta. Os pesos adotados correspondem aos valores definidos por Lima et al. (2025) por meio do método AHP, o que garante coerência metodológica, redução da subjetividade e maior confiabilidade da análise multicritério.

Método Multicritério: TOPSIS

O método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) é uma técnica de tomada de decisão multicritério amplamente utilizada em estudos ambientais, baseada na ordenação de alternativas com base na proximidade em relação à solução ideal positiva e ao afastamento da solução ideal negativa (Hwang e Yoon, 1981).

Inicialmente, constrói-se a matriz de decisão $X = [x_{ij}]$, na qual x_{ij} representa o valor do critério j associado à alternativa i . Em seguida, realiza-se a normalização vetorial dos dados para eliminar diferenças de escala, expressa por:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i x_{ij}^2}} \quad (1)$$

Após a normalização, os valores são ponderados pelos pesos dos critérios, obtendo-se a matriz normalizada ponderada, conforme Equação 2.

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad (2)$$

em que w_j corresponde ao peso do critério j .

Para cada critério analisado, são definidas a solução ideal positiva (A^+) e a solução ideal negativa (A^-). Para critérios de benefício, a solução ideal positiva corresponde ao maior valor e a negativa ao menor valor; para critérios de custo, ocorre o inverso. Assim, é possível calcular as distâncias euclidianas de cada alternativa em relação às soluções ideal positiva (Equação 3) e negativa (Equação 4).

$$D_i^+ = \sqrt{(\sum_j (v_{ij} - A_j^+)^2)} \quad (3)$$

$$D_i^- = \sqrt{(\sum_j (v_{ij} - A_j^-)^2)} \quad (4)$$

Por fim, obtém-se o índice de proximidade relativa, que expressa o grau de similaridade de cada alternativa em relação à solução ideal positiva (Equação 5).

$$C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (5)$$

Valores mais elevados de C_i indicam maior proximidade da solução ideal positiva. Esse índice permite a separação espacial das áreas em cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) e permite a elaboração do mapa final de suscetibilidade a inundações.

RESULTADOS ESPERADOS

O mapeamento da suscetibilidade a inundações no município de Correntes (PE) deve revelar um padrão espacial associado às características físico-ambientais e à ocupação urbana local. Devido à inserção do município no Agreste pernambucano, com relevo suavemente ondulado, presença de cursos d'água e setores urbanos implantados em áreas de baixa declividade, é possível que as classes de média a alta suscetibilidade se concentrem principalmente nas áreas mais baixas e próximas aos corpos hídricos.

Espera-se que as áreas urbanizadas, caracterizadas por elevados níveis de impermeabilização do solo e menor capacidade de infiltração, apresentem maior propensão ao acúmulo de água superficial, sobretudo quando associadas a valores elevados do Índice Topográfico de Umidade (TWI) e a curvaturas convergentes da encosta. Por outro lado, é esperado que regiões situadas em cotas mais elevadas, com maiores declividades e maior cobertura vegetal, sejam classificadas como de baixa suscetibilidade à inundações.

Além disso, espera-se que a aplicação do método AHP-TOPSIS evidencie áreas prioritárias para intervenções estruturais e não estruturais no município. Dessa forma, é possível que os resultados forneçam subsídios técnicos relevantes para o planejamento urbano, a gestão da drenagem e a definição de estratégias preventivas voltadas à redução dos impactos de eventos extremos em Correntes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos AHP-TOPSIS vêm sendo empregados para identificação e a espacialização de áreas suscetíveis a inundações, ao empregar indicadores físico-ambientais consolidados e pesos derivados de estudos previamente validados, garantindo consistência e confiabilidade à análise multicritério. Dessa forma, a metodologia apresenta potencial replicável e adaptável a diferentes contextos territoriais, especialmente em regiões com limitações de dados hidrológicos, capaz de subsidiar o planejamento territorial, a gestão de riscos e a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos de eventos hidrológicos extremos. Nesta proposta, a metodologia será aplicada ao município de Correntes com o intuito de mapear a suscetibilidade local à eventos de inundações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, via PRH 48.1/UFPE (Processos ANP/FINEP N°48610.201019/2019-38 e FAPESP N°2024/10544-2), suportado com recursos provenientes do investimento de empresas

petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015. Agradece-se também a concessão da bolsa de mestrado (Processo Nº 2025/17670-6).

REFERÊNCIAS

CHAULAGAIN, D.; RAM RIMAL, P. et al. Flood susceptibility mapping of Kathmandu metropolitan city using GIS-based multi-criteria decision analysis. **Ecological Indicators**, v. 154, p. 110653, 2023.

DOOCY, S.; DANIELS, A. et al. The human impact of floods: a historical review of events 1980–2009 and systematic literature review. **PLOS Currents: Disasters**, v. 5, n. 5, 2013.

HWANG, C. L.; YOON, K. Methods for multiple attribute decision making. In: Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, v. 186. Berlin: Springer, 1981.

KHODAEI, H.; NASIRI SALEH, F. et al. Future flood susceptibility mapping under climate and land use change. **Scientific Reports**, v. 15, p. 12394, 2025.

LIMA, K. C. O.; FERRAZ, L. L. et al. Integrated use of the analytical hierarchy process method for mapping areas susceptible to flooding in the urban area in a city in southwest Bahia, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 167, p. 105778, 2025. DOI: 10.1016/j.jsames.2025.105778.

LIMA, M. C. G.; SOUZA, W. M. de et al. Efeitos da variabilidade climática e cenários futuros na bacia hidrográfica do rio Mundaú. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021. DOI: 10.5380/rbelima.v28i0.70188.

MARENGO, J. A.; ALCANTARA, E. et al. Flash floods and landslides in the city of Recife, Northeast Brazil after heavy rain on May 25–28, 2022: causes, impacts, and disaster preparedness. **Weather and Climate Extremes**, v. 39, p. 100545, 2023. DOI: 10.1016/j.wace.2022.100545.

PATHAN, A. I.; AGNIHOTRI, G. P.; SAID, S.; PATEL, D. AHP and TOPSIS based flood risk assessment: a case study of the Navsari City, Gujarat, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 7, p. 509, 2022. DOI: 10.1007/s10661-022-10111-x.

POLYCARPO, J. S. M.; MENDES, I. de S. et al. Geotecnologias para identificação de áreas sujeitas à enchentes na bacia do rio Una, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3469–3493, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.6.p3469-3493.

TERMEH, S. V. R.; KORNEJADY, A. et al. Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 438–451, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.262.

VALENÇA, J. Correntes (PE): fortes chuvas deixam 150 desalojados no Agreste de Pernambuco; veja imagens. **Jornal do Comércio**, 2022. Disponível em: <https://interior.ne10.uol.com.br/noticias/2022/07/15036472-correntes-pe-fortes-chuvas-deixa-150-desalojados-no-agreste-de-pernambuco-veja-imagens.html>. Acesso em: 15 dez. 2025.