



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS E RISCO DE DESLIZAMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA COM ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Isabelle Sales Alves de Sousa¹; Jean Firmino Cardoso²; Artur Paiva Coutinho³; José Miguel Reichert⁴ & Antonio Celso Dantas Antonino⁵

Palavras-chave: drenagem urbana, risco geotécnico, desastres naturais.

INTRODUÇÃO

O território brasileiro abriga aproximadamente 3.000 km² de áreas classificadas como de alto e altíssimo risco para a ocorrência de deslizamentos, inundações e enxurradas, abrangendo ao menos 825 municípios em situação crítica de vulnerabilidade (Marengo et al., 2023). Esse quadro evidencia a relevância da gestão dos sistemas de drenagem urbana, cuja fragilidade institucional ainda representa um entrave significativo em grande parte dos municípios.

Esse cenário é agravado pelo processo de expansão urbana, que tem promovido alterações expressivas no uso e ocupação do solo, com aumento das áreas impermeáveis nas bacias urbanas. Como consequência, intensificam-se o escoamento superficial, as vazões máximas e a antecipação dos picos de cheia, além da redução da recarga do lençol freático (Oliveira, 2020). Associados a essa dinâmica, os deslizamentos de terra configuram-se como um dos principais riscos em áreas urbanas e periurbanas, sendo processos complexos e de difícil previsão, fortemente condicionados pela presença da água e pela resposta hidrológica das encostas em diferentes escalas (Sousa et al., 2020).

Nesse contexto, as cidades tornam-se especialmente sensíveis aos efeitos das mudanças climáticas, marcadas pela crescente variabilidade de precipitação e temperatura. Eventos extremos recentes evidenciam a intensificação desses fenômenos e seus impactos desproporcionais sobre populações socialmente vulneráveis, ainda que persistam incertezas quanto à atribuição direta às mudanças climáticas de origem antrópica (Valverde et al., 2023).

Parte-se, assim, da hipótese de que a produção científica brasileira sobre drenagem, riscos hidrológicos e deslizamentos de terra apresenta distintos níveis de integração temática e de sistematização, especialmente no que se refere à evolução temporal, às abordagens metodológicas, às inovações tecnológicas e ao papel das instituições de pesquisa. Nesse sentido, este estudo investiga em que medida a literatura científica tem abordado esses temas de forma integrada, bem como se tais aspectos vêm sendo sistematizados em estudos de revisão.

¹) Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil, isabelle.sales@ufpe.br

²) Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, jean.firmino@ufpe.br

³) Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, arthur.coutinho@yahoo.com.br

²) Doutor em Agronomia (Física do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, reichert@ufsm.br

³) Doutor em Física do Solo, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, antonio.antonino@ufpe.br

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza bibliométrica e exploratória, com abordagem quantitativa, cujo objetivo é mapear e analisar a produção científica relacionada à gestão de águas pluviais, riscos hidrológicos e deslizamentos no contexto brasileiro, com ênfase na evolução temporal, nos temas dominantes, nas inovações tecnológicas e nos arranjos institucionais abordados pela literatura científica.

A coleta dos dados foi realizada na base Web of Science (WoS), selecionada por sua ampla cobertura de periódicos internacionais revisados por pares e por sua compatibilidade com ferramentas de análise bibliométrica, como o VOSviewer.

A estratégia de busca foi aplicada nos campos de título, resumo e palavras-chave (Topic Search - TS), combinando operadores booleanos e termos relacionados aos eixos temáticos do estudo. A expressão de busca utilizada foi:

```
TS=("water management" OR drainage OR hydrolog* OR stormwater OR runoff OR flood*)  
AND TS=(landslide* OR "mass movement*" OR "slope stability" OR geohazard* OR "natural  
hazard*")  
AND TS=(Brazil* OR "Rio de Janeiro" OR "Sao Paulo" OR "Atlantic Forest" OR Amazon*)  
AND TS=(technolog* OR innovation OR monitoring OR model* OR GIS OR "remote sensing"  
OR "early warning" OR "machine learning")
```

Os registros da Web of Science foram exportados nos formatos .txt, .csv e .xlsx, possibilitando sua aplicação em diferentes ferramentas analíticas. Foram considerados metadados como DOI, título, autores, ano de publicação, palavras-chave, periódicos, número de citações, instituições, países e agências financiadoras, utilizados nas análises bibliométricas e estatísticas. Após a busca, realizou-se a leitura dos títulos para verificação da aderência à temática, sendo as análises conduzidas exclusivamente a partir dos metadados brutos.

As publicações analisadas abrangem o período de 1996 a 2026; entretanto, por se tratar do início de 2026, os registros disponíveis referem-se majoritariamente a trabalhos em early access, o que ocasiona uma redução aparente no número de estudos no último ano, sem indicar diminuição do interesse científico pelo tema.

Os dados foram analisados no software VOSviewer, por meio de redes de coocorrência, coautoria e citações, permitindo identificar clusters temáticos, a evolução temporal dos principais termos, bem como os autores, instituições, países e periódicos com maior conectividade. Adicionalmente, foi desenvolvido um algoritmo em Python para análises estatísticas complementares, incluindo séries temporais de publicações e frequência relativa de palavras-chave, ampliando a compreensão da dinâmica temática e temporal da produção científica.

RESULTADOS

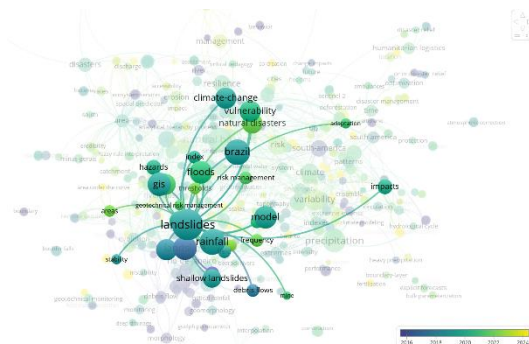
A análise bibliométrica de 249 publicações indexadas na Web of Science, no período de 1996 a 2026, evidenciou um crescimento significativo da produção científica brasileira relacionada ao tema, com intensificação a partir da década de 2015, como mostra o gráfico na Figura 1. Os resultados indicam que os termos mais recorrentes nos títulos, resumos e palavras-chave incluem *landslide*, *flood*, *precipitation*, *risk*, *susceptibility*, *basin*, *climate change* e *GIS*, indicadas na Figura 2, organizados em *clusters* que refletem a integração progressiva entre processos hidrológicos, instabilidade de encostas e gestão de riscos. A análise temporal revelou a incorporação gradual de abordagens tecnológicas, com aumento da frequência de termos associados a sensoriamento remoto, modelagem hidrológica, sistemas de informação geográfica, monitoramento e aprendizado de máquina nos anos mais recentes.

Figura 1 - Total de publicações por ano.



Fonte: Autores (2026)

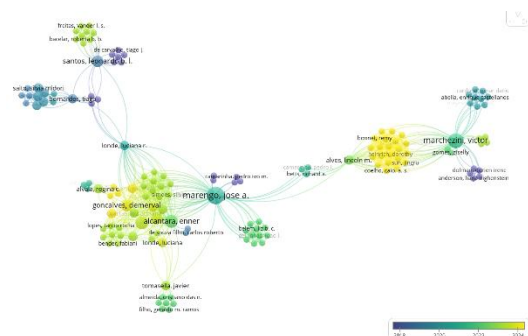
Figura 2 - Clusters de palavras mais recorrentes.



Fonte: Autores (2026)

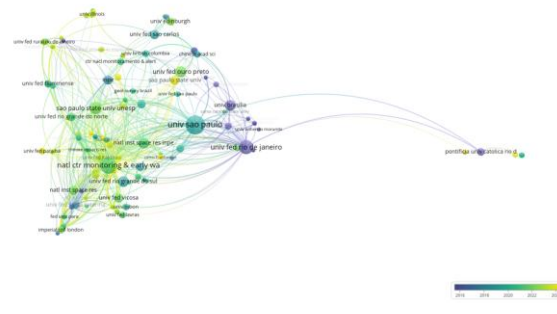
No que se refere à autoria, identificaram-se pesquisadores com elevada centralidade e impacto na literatura, Como José Marengo, Victor Marchezini, tanto em termos de produtividade quanto de citações, indicando a existência de núcleos acadêmicos consolidados, como indica a Figura 3. As instituições mais envolvidas concentram-se majoritariamente em universidades e centros de pesquisa brasileiros, com destaque para aquelas localizadas nas regiões Sudeste e Sul, como observado na Figura 4.

Figura 3 - Clusters de autores mais relevantes.



Fonte: Autores (2026)

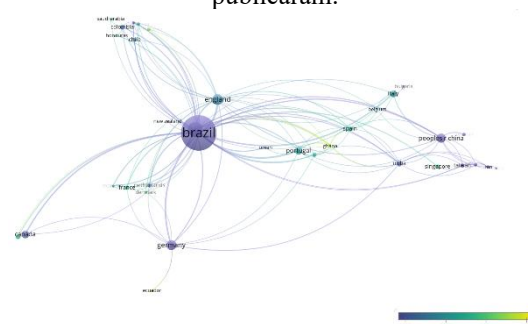
Figura 4 - Clusters de universidades e centros de pesquisa envolvidos.



Fonte: Autores (2026)

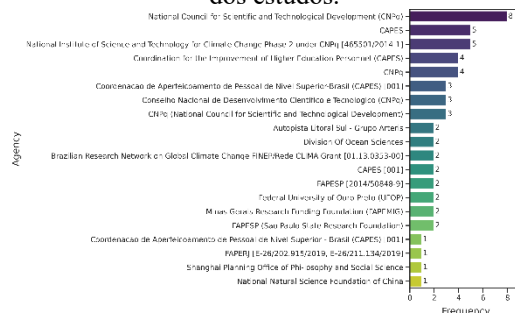
Em relação à distribuição geográfica, o Brasil apresenta protagonismo na produção científica analisada, seguido por colaborações com países como Estados Unidos, China e membros da União Europeia, como apresentado na Figura 5. Os periódicos com maior volume de publicações concentram-se nas áreas de geociências, engenharia e gestão ambiental. Quanto ao financiamento, as agências brasileiras destacam-se como as principais financiadoras dos estudos, como é exposto no *Ranking* da Figura 6.

Figura 5 – Clusters de países que mais publicaram.



Fonte: Autores (2026)

Figura 6 – Ranking das principais financiadoras dos estudos.



Fonte: Autores (2026)

CONCLUSÕES

A análise bibliométrica evidenciou um crescimento consistente da produção científica brasileira sobre drenagem, riscos hidrológicos e deslizamentos de terra nas últimas décadas, acompanhado pela diversificação temática e pela incorporação progressiva de abordagens tecnológicas, como geoprocessamento, sensoriamento remoto e modelagem computacional.

Os resultados indicam a formação de núcleos consolidados de autores, instituições e periódicos, com forte protagonismo de universidades e agências nacionais de fomento, além de uma integração temática ainda heterogênea entre os campos analisados. De modo geral, o estudo contribui para a compreensão da evolução, das tendências e das lacunas da literatura, oferecendo subsídios para o avanço de pesquisas futuras e para o fortalecimento de estratégias integradas de gestão de riscos no contexto brasileiro.

A partir dos padrões observados nos resultados, este trabalho propõe futuras pesquisas que foquem na integração de sensores de baixo custo com modelos de Inteligência Artificial para alertas em tempo real.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem 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 Nº48610.201019/2019-38 e FAPESP Nº2024/10544-2), suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015, e pela concessão da bolsa de mestrado (Processo Nº 2025/17670-6). Agradece-se também a FACEPE pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de mestrado (Processo Nº IBGP – 1262-3.01/25).

REFERÊNCIAS

MARENGO, J. A.; ALCÂNTARA, E.; CUNHA, A. P.; SELUCHI, M.; NOBRE, C. A.; DOLIF, G.; GONÇALVES, D.; DIAS, M. A.; CUARTAS, L. A.; BENDER, F.; RAMOS, A. M.; MANTOVANI, J. R.; ALVALÁ, R. C.; MORAES, O. L. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100545>.

OLIVEIRA, AIRTON DANILO DE SOUSA. Análise da relação entre urbanização e escoamento superficial direto através do método Soil Conservation Service. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Cajazeiras, Cajazeiras, 2020.

SOUSA, LUÍS; VARGAS, EURÍPEDES; SOUSA, RITA; CHAMINÉ, HELDER I. *Hydrological risks in natural hazards focused on the role of the water: studies on landslides. Proceedings of the 2nd International Workshop on Natural Hazards (NATHAZ'19), Pico Island — Azores, 2019. In: Natural Hazards and Earth System Sciences, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-34397-2_9.*

VALVERDE, MARÍA CLEOFÉ; CALADO, BIANCA NUNES; CALADO, GABRIELLE GOMES; KUROKI, LARISSA YUMI; BRAMBILA, RICARDO; SOUSA, ALINE RAMOS DE. *Climate projections of precipitation and temperature in cities from ABC Paulista, in the Metropolitan Region of São Paulo—Brazil. Frontiers in Climate*, v. 5, art. 1127026, 2023. DOI: 10.3389/fclim.2023.1127026.