RECURSOS HÍDRICOS E VULNERABILIDADE AMBIENTAL: FONTES POLUIDORAS NA BACIA DO RIO JAPARATUBA (SE)

Emanuelle Silva e Macedo [1]; Rayssa Tavares de Mendonça [2] & Paulo Sérgio de Rezende Nascimento [3]

RESUMO - A intensificação das atividades antrópicas, associada à expansão urbana, agropecuária e à disposição inadequada de resíduos sólidos, tem ampliado os processos de degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba (SE). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a vulnerabilidade ambiental da bacia por meio da integração de variáveis geoambientais e do mapeamento de fontes potenciais de poluição utilizando geotecnologias. Foram utilizados dados de geologia, geomorfologia, pedologia, precipitação, aquíferos, uso e cobertura da terra e localização de áreas potencialmente poluidoras, organizados e processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do software QGIS. Os resultados evidenciaram maior vulnerabilidade ambiental em áreas próximas à rede hidrográfica, associadas à baixa declividade, à presença de solos hidromórficos, à intensa ocupação antrópica e à proximidade de lixões, áreas urbanizadas e atividades agrícolas. Observou-se, ainda, que a integração das variáveis ambientais possibilitou identificar setores mais suscetíveis à degradação dos recursos hídricos, demonstrando a eficiência das geotecnologias como ferramenta de apoio ao planejamento territorial e à gestão ambiental sustentável da bacia.

ABSTRACT– The intensification of human activities, associated with urban and agricultural expansion and inadequate solid waste disposal, has amplified environmental degradation processes in the Japaratuba River Basin (SE). In this context, the present study aimed to analyze the environmental vulnerability of the basin through the integration of geoenvironmental variables and the mapping of potential pollution sources using geotechnologies. Data on geology, geomorphology, pedology, precipitation, aquifers, land use and land cover, and location of potentially polluting areas were used, organized and processed in a Geographic Information System (GIS) environment using QGIS software. The results showed greater environmental vulnerability in areas close to the hydrographic network, associated with low slope, the presence of hydromorphic soils, intense human occupation, and proximity to landfills, urbanized areas, and agricultural activities. It was also observed that the integration of environmental variables made it possible to identify sectors more susceptible to the degradation of water resources, demonstrating the efficiency of geotechnologies as a tool to support territorial planning and sustainable environmental management of the basin.

Palavras-Chave – Vulnerabilidade ambiental; Recursos hídricos; Geotecnologias.

[1]) Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000. (79) 999311433, manuh@academico.ufs.br
[2]) Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000. (79) 999311433, rayssamendoncaa1@gmail.com
[3]) Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análises de Bacias e Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, psm.geologia@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos constituem elementos essenciais para o desenvolvimento das atividades humanas e para a manutenção dos ecossistemas naturais, desempenhando funções fundamentais no abastecimento público, na agricultura, na indústria e na conservação da biodiversidade (Andrade; Nascimento, 2025). Entretanto, o crescimento populacional, a expansão das áreas urbanizadas e a intensificação das atividades produtivas têm provocado alterações significativas nas bacias hidrográficas, comprometendo a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos recursos hídricos (Tucci, 2012; Canteiro et al., 2024; Fletcher et al., 2024).

As bacias hidrográficas são consideradas unidades naturais de planejamento e gestão ambiental, uma vez que integram os processos físicos, biológicos e antrópicos responsáveis pela dinâmica da paisagem (Souza et al., 2023). Nesse contexto, a vulnerabilidade ambiental pode ser compreendida como a suscetibilidade dos ambientes aos impactos decorrentes das ações humanas e dos processos naturais, sendo influenciada por fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e pelas formas de uso e ocupação da terra (Ross, 1994).

A Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba apresenta elevada relevância ambiental e socioeconômica para o estado de Sergipe, sendo utilizada para abastecimento humano, atividades agropecuárias e industriais (Cruz et al., 2021). De acordo com os autores, as principais atividades como mineração (gás natural, petróleo e potássio), agricultura (cana-de-açúcar e milho) e pecuária. Essas atividades demandam grande volume de água e geram grandes volumes de efluentes.

Nesse contexto, a intensificação do uso do solo, associada à remoção da vegetação nativa, à redução das matas ciliares, à expansão urbana e à disposição inadequada de resíduos sólidos, tem ampliado os processos de degradação ambiental nas bacias hidrográficas. Essas alterações comprometem a qualidade dos recursos hídricos e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos, reduzindo a disponibilidade de água para os diferentes usos (Tundisi; Tundisi, 2011; Siqueira et al., 2023).

Nesse cenário, as geotecnologias e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) destacam-se como ferramentas fundamentais para a integração e análise de variáveis ambientais, permitindo identificar áreas suscetíveis à degradação. Essas ferramentas auxiliam o planejamento territorial e a gestão sustentável dos recursos naturais, subsidiando processos de tomada de decisão (Li; Lai; Lin, 2024). A integração de informações relacionadas aos solos, relevo, geologia, uso da terra e recursos hídricos possibilita uma compreensão mais ampla dos processos ambientais que atuam nas bacias hidrográficas. Essa abordagem integrada permite identificar áreas de maior fragilidade ambiental e

subsidiar estratégias de planejamento territorial e gestão sustentável dos recursos naturais (Lepsch, 2011; Campos et al., 2023).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar a vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba por meio do mapeamento das principais fontes potenciais de poluição e da integração de variáveis geoambientais em ambiente SIG.

MATERIAL E MÉTODO

A Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba localiza-se na porção nordeste do estado de Sergipe, inserida na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, abrangendo parcialmente 18 municípios sergipanos. A bacia possui área aproximada de 1.664 km² e está situada entre as coordenadas geográficas aproximadas de 10°13’ e 10°48’ de latitude Sul e 36°48’ e 37°32’ de longitude Oeste (Figura 1).

O rio Japaratuba nasce na Serra da Boa Vista, entre os municípios de Feira Nova e Graccho Cardoso, percorrendo diferentes compartimentos geomorfológicos até desaguar no Oceano Atlântico, no município de Pirambu. A bacia apresenta significativa importância ambiental e socioeconômica para Sergipe, sendo utilizada para abastecimento humano, agricultura, pecuária e atividades industriais.

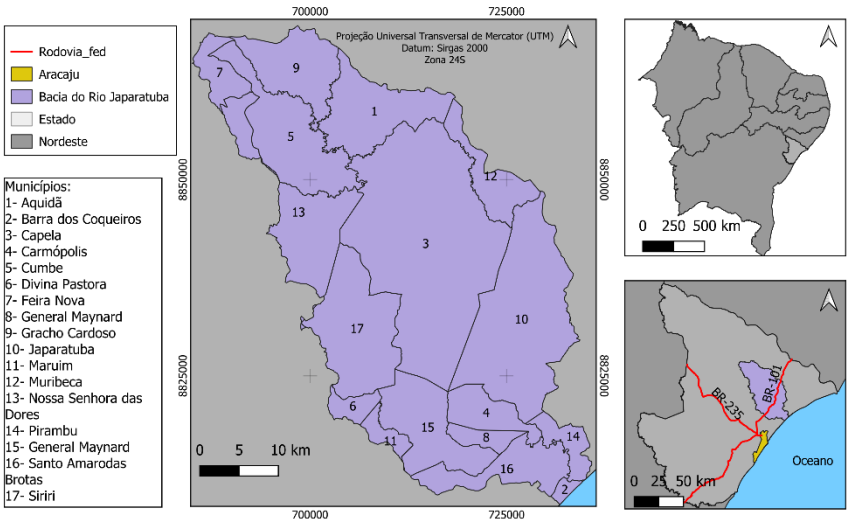


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba.

Inicialmente, foi realizada a coleta e organização dos dados cartográficos e ambientais referentes à bacia do rio Japaratuba. Em seguida, os dados foram padronizados quanto ao sistema de projeção cartográfica, adotando-se o sistema UTM, Datum SIRGAS 2000, zona 24S.

Posteriormente, foram elaborados mapas temáticos individuais para cada variável analisada, incluindo geologia, geomorfologia, pedologia, precipitação, uso do solo, aquíferos e localização de

fontes poluidoras. Esses dados foram obtidos em formato vetorial a partir da base de dados do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos de Sergipe (SerHidro, 2024), posteriormente integradas ao ambiente SIG para as análises espaciais.

Em seguida, foi realizada a análise espacial integrada em ambiente SIG, por meio da interpretação conjunta das camadas temáticas, considerando as relações entre os atributos naturais e as pressões antrópicas. Essa abordagem qualitativa permitiu identificar setores com maior vulnerabilidade ambiental a partir da combinação das características físico-ambientais e do grau de exposição às atividades potencialmente poluidoras. Adicionalmente, foi avaliada a proximidade entre as fontes potenciais de poluição e a rede hidrográfica, visando identificar áreas com maior risco de comprometimento dos recursos hídricos.

RESULTADOS

A análise das províncias geológicas evidencia a presença predominante da Província Borborema, das Coberturas Cenozóicas e dos depósitos associados às áreas costeiras e às margens continentais (Figura 2a). A Província Borborema corresponde às porções mais antigas da bacia, compostas por rochas cristalinas pré-cambrianas que exercem forte controle estrutural sobre a drenagem.

As coberturas cenozoicas e os depósitos sedimentares apresentam maior ocorrência nas áreas de menor altitude e de proximidade do litoral, estando associados aos ambientes de acumulação sedimentar e às planícies fluviais. Essas unidades sedimentares condicionam a dinâmica geomorfológica, pedológica e hidrológica regional, influenciando processos como infiltração e drenagem. Segundo Andrade e Nascimento (2025), a elevada vulnerabilidade das águas subterrâneas está associada principalmente à ocorrência de aquíferos recobertos por sedimentos arenosos inconsolidados, que favorecem a percolação de contaminantes. Além disso, esses materiais apresentam maior suscetibilidade à erosão e maior sensibilidade às alterações no uso e ocupação do solo, resultados também encontrados por Bezerra Neto (2022).

A compartimentação geológica temporal (Figura 2b) demonstra a presença de unidades do Neoproterozoico, do Cretáceo e de depósitos quaternários recentes, associados às áreas costeiras e fluviomarinhas. A litologia é composta principalmente por arenitos, folhelhos, calcários e sedimentos aluvionares (Figura 2c), influenciando diretamente os processos hidrológicos e hidrogeológicos da bacia. Resultados semelhantes foram descritos por Feitosa et al. (2008), que destacam a influência das características litológicas na infiltração, no armazenamento e na circulação das águas subterrâneas.

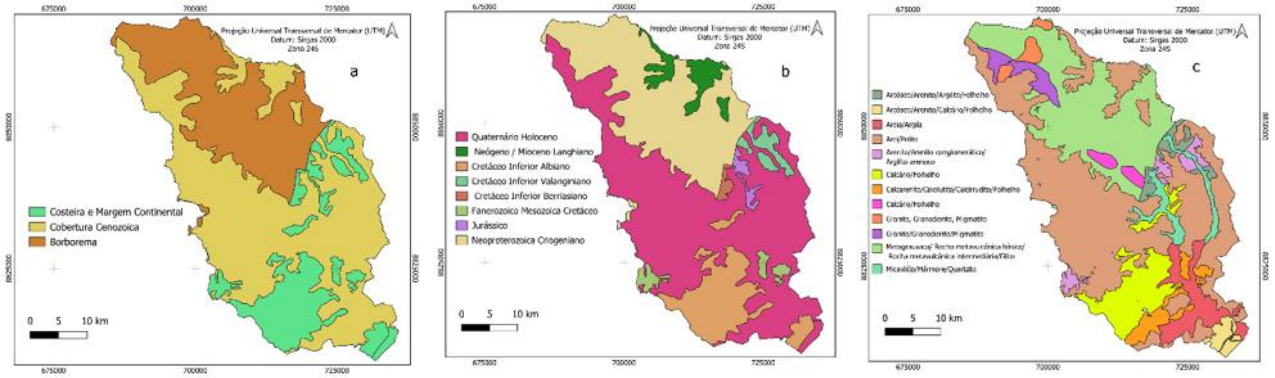


Figura 2 – Mapas simplificados de Províncias geológicas (a) compartimentação geológica temporal (b) litologia (c) na Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba (SE).

As unidades geomorfológicas identificadas indicam predominância de superfícies de dissecação homogênea e diferencial, associadas a pediplanos degradados e setores fluviais, condicionando os processos erosivos e o transporte de sedimentos ao longo da bacia (Figura 3a). A geomorfologia da bacia evidencia predominância de superfícies de dissecação homogênea e diferencial, associadas a pediplanos degradados, áreas fluviais e setores de acumulação sedimentar. Essas formas do relevo exercem influência direta sobre os processos hidrológicos, erosivos e sedimentares (Figura 3b). As áreas de dissecação homogênea ocupam grande parte da bacia e favorecem a geração de escoamento superficial em períodos de maior precipitação.

As planícies fluviais e ambientes fluviomarinhos apresentam elevada vulnerabilidade ambiental devido à tendência de saturação hídrica, baixa declividade e suscetibilidade à deposição de sedimentos (Figura 3c). As planícies fluviais e ambientes fluviomarinhos apresentam elevada vulnerabilidade ambiental devido à tendência de saturação hídrica, baixa declividade e suscetibilidade à deposição de sedimentos (Figura 3c). Resultados semelhantes foram observados por Christofoletti (1980), que destaca que as planícies fluviais são ambientes naturalmente condicionados pela dinâmica de inundação, deposição de sedimentos e baixa energia do relevo, apresentando maior sensibilidade às alterações ambientais.

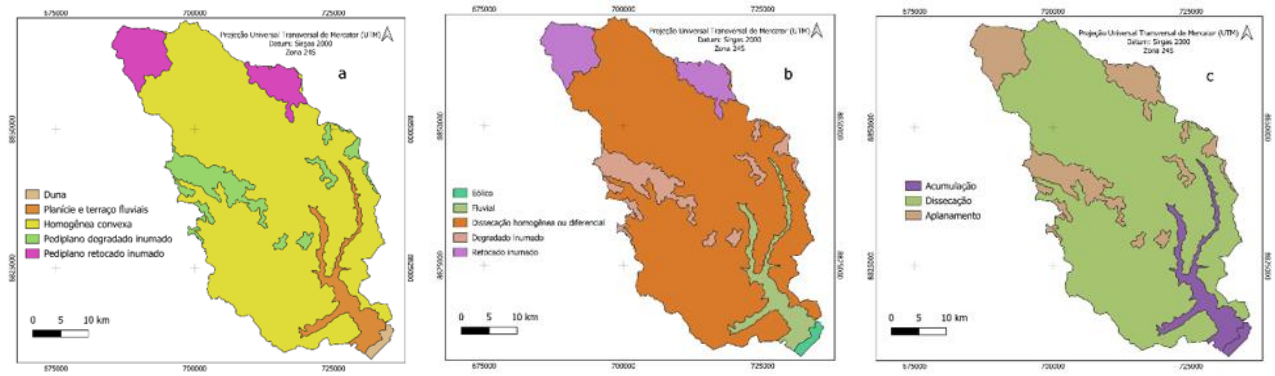


Figura 3— Mapas simplificados de Compartimento geomorfológico (a) e natureza geomorfológica (b) características geomorfológicas (c) da Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba (SE).

Os mapas pedológicos demonstram predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Amarelos, Gleissolos e Neossolos Quartzarênicos, apresentando diferentes níveis de suscetibilidade erosiva e infiltração hídrica (Figura 4a). Os Argissolos apresentam maior suscetibilidade erosiva em áreas de relevo ondulado, enquanto os Gleissolos encontram-se associados às áreas hidromórficas próximas aos cursos d'água. Os Neossolos Quartzarênicos apresentam elevada permeabilidade e baixa capacidade de retenção hídrica, tornando-se mais vulneráveis à contaminação e erosão quando submetidos à retirada da cobertura vegetal.

A distribuição espacial da precipitação média anual evidencia aumento dos índices pluviométricos em direção ao litoral da bacia, com valores superiores a 1.500 mm/ano nas porções sul e sudeste. Essa condição favorece maior geração de escoamento superficial e intensificação dos processos erosivo (Figura 4b).

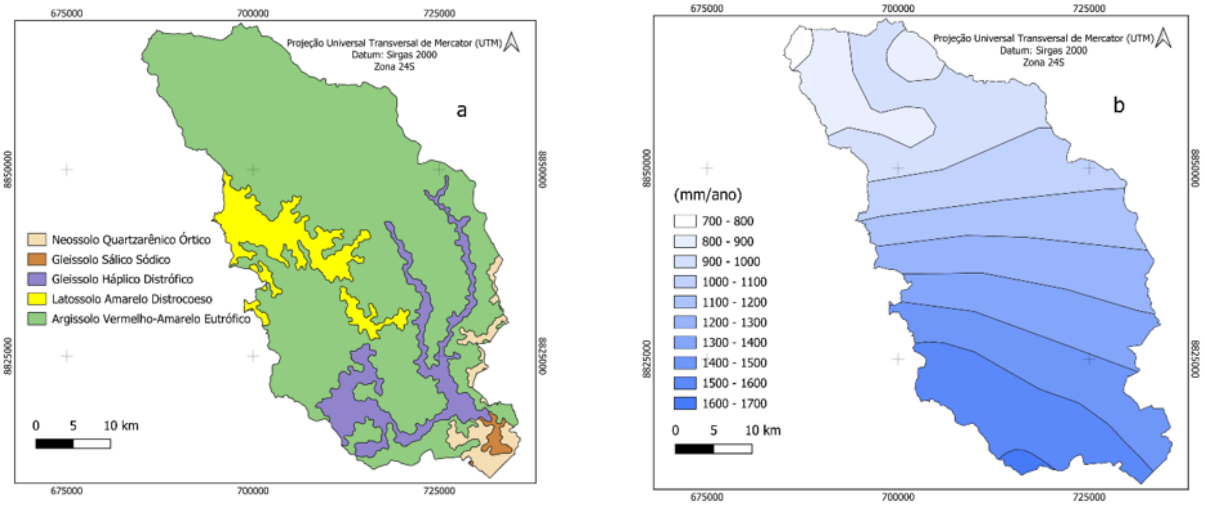


Figura 4 – Mapas simplificados das classes pedológicas (a) e distribuição espacial da precipitação média anual (b) da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba (SE).

O uso e ocupação do solo na bacia é caracterizado pela predominância de áreas de pastagem, agricultura e expansão urbana, além de remanescentes de vegetação nativa, manguezais e ambientes úmidos (Figura 5a). Os pontos potenciais de poluição identificaram a presença de lixões, aterros sanitários e áreas urbanizadas próximos à rede hidrográfica, aumentando os riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Resultados semelhantes foram observados por Wang et al. (2021), que demonstraram que áreas próximas a aterros podem apresentar alterações na qualidade das águas subterrâneas em função da migração de contaminantes presentes no lixiviado. Além disso,

Yifru et al. (2022) destacam que a expansão urbana modifica as interações entre águas superficiais e subterrâneas, favorecendo o transporte de poluentes e comprometendo a qualidade dos recursos hídricos. Dessa forma, a proximidade entre fontes potenciais de poluição e a rede hidrográfica identificada na área de estudo representa um fator de intensificação da vulnerabilidade ambiental, especialmente em setores com maior conectividade hidrológica.

A análise do uso e cobertura da terra demonstra predominância de áreas de pastagem e agricultura ao longo da bacia, evidenciando intensa modificação da paisagem natural. Também foram identificadas áreas urbanizadas, manguezais, corpos hídricos, áreas úmidas e remanescentes de vegetação nativa. A expansão agropecuária contribui para a remoção da cobertura vegetal, aumento da erosão e assoreamento dos canais fluviais. Resultados semelhantes foram encontrados por Borrelli et al. (2020), que demonstraram que a conversão de áreas naturais para usos agrícolas constitui um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da erosão hídrica em escala global. De forma complementar, Mello et al. (2020) destacam que alterações no uso da terra em bacias hidrográficas modificam os processos hidrológicos, favorecendo o aumento do escoamento superficial, transporte de sedimentos e degradação da qualidade da água. Assim, os padrões de uso e cobertura identificados na bacia evidenciam que a substituição da vegetação natural por atividades agropecuárias representa um importante fator de pressão sobre os processos erosivos e os recursos hídricos.

Os mapas de pontos potenciais de poluição identificaram a presença de lixões, aterros sanitários e áreas urbanizadas distribuídas em diferentes municípios da bacia. Em diversos casos, observou-se proximidade entre essas áreas e a rede hidrográfica, aumentando os riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas (Figura 5b). A presença de aquíferos granulares, fissurais e cársticos demonstra diferentes níveis de vulnerabilidade hidrogeológica. Os aquíferos granulares apresentam maior capacidade de infiltração, tornando-se mais suscetíveis à contaminação por poluentes superficiais (Figura 5c).

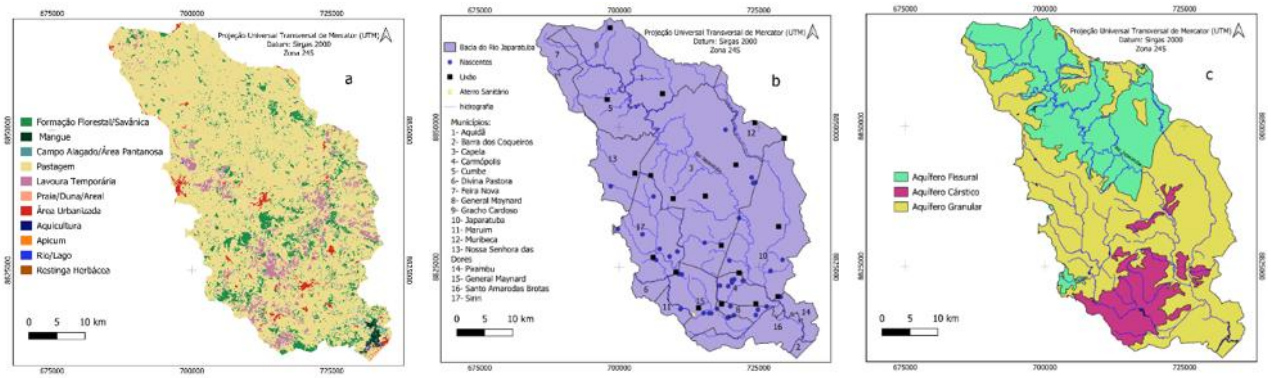


Figura 5 – Mapas de uso e cobertura da terra (a), localização das fontes potenciais de poluição (b) tipos de aquíferos (c) da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba (SE).

A integração dos mapas temáticos permitiu identificar áreas com maior vulnerabilidade ambiental associadas principalmente à combinação entre uso inadequado do solo, elevada densidade hidrográfica, solos suscetíveis à erosão e proximidade de fontes poluidoras. As áreas localizadas próximas aos principais cursos d'água demonstram maior sensibilidade ambiental devido à possibilidade de transporte de contaminantes e sedimentos para os sistemas hídricos. Além disso, a presença de aquíferos granulares e cársticos em determinados setores da bacia aumenta o potencial de infiltração de poluentes no subsolo, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas.

Os setores mais vulneráveis da bacia correspondem às áreas de baixa declividade, proximidade da rede hidrográfica, elevada intensidade pluviométrica e intensa ocupação antrópica. Nos setores interiores da bacia, o relevo mais dissecado associado às atividades agropecuárias favorece processos erosivos e transporte de sedimentos para os cursos d'água. A conectividade entre áreas degradadas e a drenagem principal contribui para o comprometimento da qualidade hídrica. A análise integrada dos mapas temáticos permitiu compreender a relação entre os condicionantes naturais e os impactos antrópicos, evidenciando a importância do planejamento territorial e da gestão ambiental para a conservação dos recursos hídricos.

Os resultados reforçam a necessidade de implementação de políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial, recuperação de áreas degradadas, proteção de matas ciliares, controle das fontes de poluição e fortalecimento das ações de monitoramento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba.

CONCLUSÕES

A análise integrada dos aspectos geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba permitiu compreender a relação entre os condicionantes naturais e as intervenções antrópicas responsáveis pela vulnerabilidade ambiental da região. A utilização de geotecnologias e ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica mostrou-se eficiente na organização, integração e interpretação das variáveis ambientais, possibilitando identificar áreas mais suscetíveis à degradação e aos impactos sobre os recursos hídricos.

Os resultados evidenciaram que a vulnerabilidade ambiental da bacia está diretamente associada à combinação entre características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrogeológicas e climáticas, juntamente com o uso inadequado do solo e a presença de fontes potenciais de poluição. A predominância de atividades agropecuárias, a expansão urbana

desordenada, a remoção da vegetação nativa e a disposição inadequada de resíduos sólidos constituem fatores determinantes para o aumento da fragilidade ambiental.

As áreas próximas à rede hidrográfica apresentaram maior sensibilidade ambiental devido à intensa conectividade entre os processos erosivos, o transporte de sedimentos e a possibilidade de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, a ocorrência de aquíferos granulares e cársticos em determinados setores da bacia amplia os riscos de infiltração de poluentes no subsolo, comprometendo a qualidade hídrica e a sustentabilidade dos recursos naturais.

Os setores mais vulneráveis concentram-se nas áreas de planícies fluviais, regiões de baixa declividade e intensa ocupação humana, onde os processos de assoreamento, erosão e degradação da cobertura vegetal tornam-se mais intensos.

Conclui-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba apresenta elevado grau de vulnerabilidade ambiental, demandando ações de gestão sustentável, fiscalização ambiental e conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. O.; NASCIMENTO, P. S. R. (2025). *"Estimativa da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas na região metropolitana de Aracaju (SE)."* Revista Internacional de Ciências, 15(1), pp. 77–96.

BEZERRA NETO, J. A.; NASCIMENTO, P. S. R.; BARROS, G. V. P. (2022). "Análise hierárquica aplicada à erosão do solo na bacia hidrográfica do rio Sergipe (SE)." Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, 10(2), pp. 82–106.

BORRELLI, P.; ROBINSON, D. A.; FLEISCHHAUER, M.; LUGATO, E.; BALLABIO, C.; ALEWELL, C.; MEUSBURGER, K.; MODUGNO, S.; SCHÜTT, B.; et al. (2020). *"Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070)."* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 117(36), pp. 21994–22001.

CAMPOS, J. A.; SILVA, D. D.; FERNANDES FILHO, E. I.; PIRES, G. F.; SILVA AMORIM, R. S.; MENEZES FILHO, F. C. M.; RIBEIRO, C. B. M.; ULIANA, E. M.; AIRES, U. R. V. 2023). *"Environmental vulnerability assessment of the Doce River basin, southeastern Brazil."* Environmental Monitoring and Assessment, 195, p. 11-19, 2023.

CANTEIRO, M.; COTLER, H.; MAZARI-HIRIART, M.; BABINET, N.; MAASS, M. (2024). *"Natural dynamics and watershed approach incorporation in urban water management: a scoping review."* PLOS ONE, 19(8), pp. 1-29.

CHRISTOFOLETTI, A. (1980). *"Geomorfologia fluvial."* Edgard Blücher São Paulo, 313 p.

CRUZ, M. A. S.; CARDOSO JUNIOR, J. C. A.; GONÇALVES, A. A.; AMORIM, J. R. A.; ARAGÃO, R. (2021). *"Avaliação de metodologias de transferência de vazões de referência em*

bacias hidrográficas: sua aplicação na bacia do rio Japaratuba – Sergipe – Brasil." Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, 14(3), pp. 1571–1585.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (2008). *"Hidrogeologia: conceitos e aplicações."* CPRM/LABHID Rio de Janeiro, 812 p.

FLETCHER, T. D.; BURNS, M. J.; RUSSELL, K. L.; HAMEL, P.; DUCHESNE, S.; CHERQUI, F.; ROY, A. H. (2024). *"Concepts and evolution of urban hydrology."* Nature Reviews Earth & Environment, 5, pp.789–801.

LEPSCH, I. F. (2011). "*Formação e conservação dos solos"*. Oficina de Textos São Paulo-SP, 216 p.

LI, Y.; LAI, Y.; LIN, Y. (2024). "The role of diversified geo-information technologies in urban governance: a literature review." Land, Basel, 13(9), pp. 1408-1424.

MELLO, K.; TANIWAKI, R. H.; PAULA, F. R.; VALENTE, R. A.; RANDHIR, T. O.; MACEDO, D. R.; LEAL, C. G.; RODRIGUES, C. B.; HUGHES, R. M. (2020). *"Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil."* Journal of Environmental Management, 270, pp.1-44, 2020.

ROSS, J. L. S**.** (1994). "*Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados"*. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, 8, pp. 63-74.

SERHIDRO. Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos de Sergipe (2024). *"O maior banco de dados cartográficos digital sobre recursos hídricos de Sergipe."* Semac Aracaju. Disponível em: https://serhidro.semac.se.gov.br/. Acessado em: abr. 2026.

SIQUEIRA, T. S.; PESSOA, L. A.; VIEIRA, L.; CIONEK, V. M.; SINGH, S. K.; BENEDITO, E.; COUTO, E. V. (2023). *"Evaluating land use impacts on water quality: perspectives for watershed management."* Sustainable Water Resources Management, 9(6), pp. 192-211, 2023.

SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. (2023). *"Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: do debate conceitual à realidade brasileira nas leis ambientais."* Revista da Casa da Geografia de Sobral, 24(3), pp. 551–566.

WANG, F.; SONG, K.; HE, X.; PENG, Y.; LIU, D.; LIU, J. (2021). *"Identification of groundwater pollution characteristics and health risk assessment of a landfill in a low permeability area."* International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(14), pp. 76-90.

YIFRU, B. A.; CHUNG, I. M.; KIM, M. G.; CHANG, S. W. (2022). *"Assessing the effect of urbanization on regional-scale surface water-groundwater interaction and nitrate transport."* Scientific Reports, 12, pp. 12-20.

TUCCI, C. E. M. (2012). "*Hidrologia: ciência e aplicação"*. UFRGS/ABRH Porto Alegre-RS, 943p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (2011). "*Recursos hídricos no século XXI"*. Oficina de Textos São Paulo-SP. 328p.