XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

VULNERABILIDADE AMBIENTAL E HÍDRICA NA ZONA DE INFLUÊNCIA DA CADEIA DO GÁS NATURAL: ESTUDO INTERBACIAS SERGIPE- JAPARATUBA (SE)

Amanda Nascimento dos Santos [1]; Dante Fernando Carvalho de Santana [2]& Paulo Sérgio de Rezende Nascimento [3]

RESUMO – A implantação de infraestrutura à exploração e produção de petróleo e gás natural, incluindo poços, campos e gasodutos, pode gerar impactos sobre o meio físico, os recursos hídricos e os ecossistemas associados no estado de Sergipe. O presente estudo analisou a vulnerabilidade ambiental e hídrica na região das interbacias Sergipe–Japaratuba (SE), por meio da integração entre dados ambientais e infraestrutura energética. A metodologia baseou-se na utilização de técnicas de geoprocessamento em ambiente QGIS, envolvendo a análise de dados cartográficos relacionados à hidrografia, manguezais, pedologia, geologia, geomorfologia, aquíferos, uso e cobertura do solo e infraestrutura energética. Foram elaborados mapas temáticos e realizadas sobreposições espaciais, permitindo identificar áreas de interação entre elementos naturais e atividades antrópicas. Os resultados evidenciaram proximidade entre campos de produção, poços, gasodutos, corpos hídricos superficiais e aquíferos, especialmente os sistemas granulares, configurando áreas mais suscetíveis a impactos ambientais e à contaminação dos recursos hídricos. Conclui-se que a vulnerabilidade ambiental e hídrica da região resulta da integração entre fatores naturais e antrópicos, reforçando a importância do planejamento territorial e da gestão ambiental integrada.

ABSTRACT – The deployment of infrastructure for oil and natural gas exploration and production, including wells, fields, and pipelines, can generate impacts on the physical environment, water resources, and associated ecosystems in the state of Sergipe. This study analyzed the environmental and water vulnerability in the Sergipe-Japaratuba interbasin region (SE), through the integration of environmental data and energy infrastructure. The methodology was based on the use of geoprocessing techniques in a QGIS environment, involving the analysis of cartographic data related to hydrography, mangroves, pedology, geology, geomorphology, aquifers, land use and land cover, and energy infrastructure. Thematic maps were created and spatial overlays were performed, allowing the identification of areas of interaction between natural elements and anthropogenic activities. The results showed proximity between production fields, wells, pipelines, surface water bodies, and aquifers, especially granular systems, configuring areas more susceptible to environmental impacts and contamination of water resources. It is concluded that the environmental and water vulnerability of the region results from the interaction between natural and anthropogenic factors, reinforcing the importance of territorial planning and integrated environmental management.

Palavras-chave – Geoprocessamento. Infraestrutura energética. Recursos hídricos.

[1]) Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFS, São Cristóvão, Sergipe. mandast.44@gmail.com
[2]) Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – DEAM/UFS, São Cristóvão, Sergipe. E-mail: deborahcarvalho1227@gmail.com
[3]) Professor da Engenharia Ambiental e da Pós-graduação em Geociências e Análise de Bacia - UFS. E-mail: psrn.geologia@gmail.com

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, associada às transformações da matriz energética brasileira, tem ampliado a utilização do gás natural como fonte estratégica para o desenvolvimento econômico e energético do país. Nas últimas décadas, esse recurso passou a ocupar posição cada vez mais relevante na matriz nacional, especialmente devido às vantagens operacionais e ambientais em relação a outros combustíveis fósseis (EPE, 2024). Nesse contexto, a cadeia do gás natural compreende um conjunto de etapas interligadas que incluem exploração, produção, processamento, transporte e distribuição, sendo fortemente dependente de infraestrutura física, como gasodutos, poços e unidades de processamento de gás. A viabilidade econômica e operacional do setor depende diretamente da integração dessas estruturas no território.

No Brasil, a expansão dessa cadeia produtiva tem sido intensificada por políticas energéticas voltadas à ampliação da oferta de energia, com destaque para o uso do gás natural na geração termelétrica, considerado estratégico para garantir segurança energética e maior flexibilidade ao sistema elétrico nacional (EPE, 2024). Entretanto, a ampliação da infraestrutura energética, especialmente em regiões produtoras de gás natural, pode gerar pressões sobre o meio físico e ambiental, exigindo análises integradas que considerem tanto os aspectos naturais quanto os fatores econômicos associados às atividades produtivas.

No estado de Sergipe, essa dinâmica assume particular relevância devido às recentes descobertas e à exploração de importantes reservas de gás natural na Bacia Sergipe–Alagoas. Nesse cenário, projetos de grande escala, como o Sergipe Águas Profundas (SEAP), reforçam o papel estratégico do estado no contexto energético nacional. Paralelamente, a presença de infraestrutura associada à cadeia produtiva, como campos de produção, poços e gasodutos, intensifica a interação entre o setor energético e o território, podendo influenciar diretamente as condições ambientais das áreas envolvidas.

A análise espacial em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem sido amplamente utilizada em estudos de vulnerabilidade ambiental por permitir a integração entre variáveis naturais e antrópicas (Jesus *et al*., 2014). Nesse sentido, a integração entre informações relacionadas à hidrografia, pedologia, geologia, geomorfologia, aquíferos e uso e cobertura do solo permite compreender áreas mais susceptíveis a impactos ambientais associados à infraestrutura energética.

Diante desse contexto, torna-se fundamental analisar a vulnerabilidade ambiental em regiões

que apresentam fragilidades naturais e elevada interação entre recursos hídricos, ocupação humana e infraestrutura energética. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a vulnerabilidade ambiental na região interbacias Sergipe–Japaratuba (SE), por meio da integração de dados cartográficos e temáticos em ambiente de Sistema de Informação Geográfica.

MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo interbacias Sergipe–Japaratuba, pertencente à porção leste da Bacia Sergipe–Alagoas, localiza-se entre as coordenadas geográficas 10°52'10,17" e 10°33'28,66" de latitude Sul e 37°19'14,51" e 36°52'30,35" de longitude Oeste. A delimitação da área totaliza aproximadamente 1672,69 km² e intercepta integral ou parcialmente as áreas territoriais de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Santo Amaro das Brotas, Pirambu, Japaratuba, Carmópolis, Maruim, Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, além de envolver frações limítrofes dos municípios Divina pastora, Rosário do Catete, Siriri e Capela (Figura 1). Esta região caracteriza-se pela presença de campos de produção e infraestrutura associada à cadeia do gás natural.

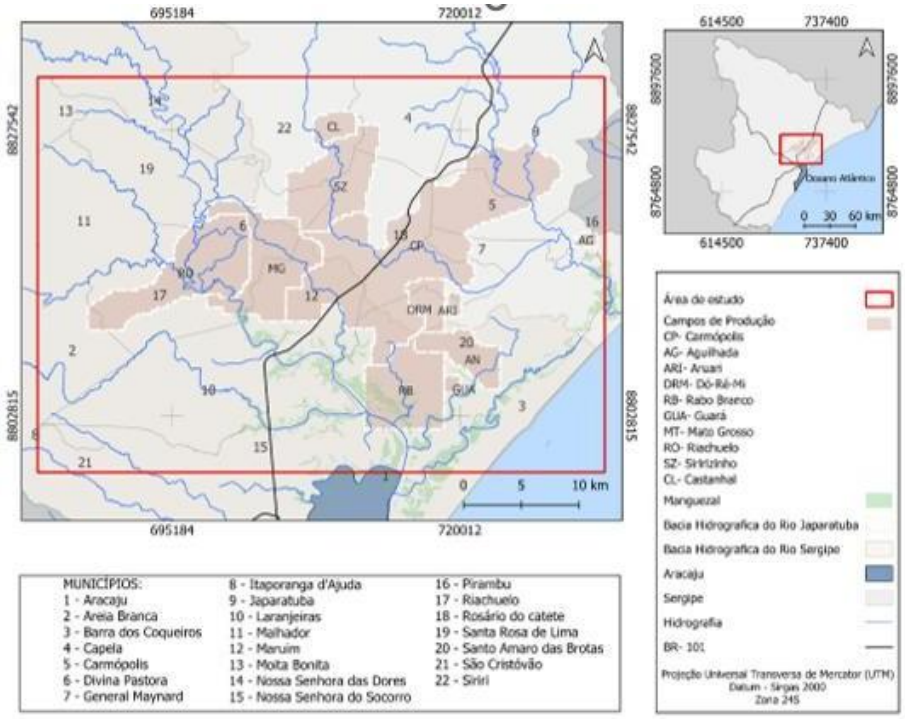


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo na região interbacias Sergipe- Japaratuba (SE). Fonte: Autores (2026).

O desenvolvimento deste estudo baseou-se na compilação, organização e integração de dados cartográficos digitais temáticos referentes à hidrografia, uso e cobertura do solo, manguezais, pedologia, geologia, geomorfologia, precipitação e aquíferos, além de dados relacionados à infraestrutura da cadeia do gás natural, incluindo poços, campos de produção e gasodutos. Os dados

utilizados foram obtidos a partir de bases oficiais, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), MapBiomas e Atlas Digital de Sergipe.

O tratamento, organização e análise espacial dos dados foram realizados no *software* de geoprocessamento QGIS, versão 3.40.6, utilizando o sistema de coordenadas UTM, Datum Sirgas 2000, zona 24S. Inicialmente, procedeu-se ao recorte das camadas temáticas conforme a delimitação da área de estudo, seguido da padronização cartográfica e elaboração dos mapas temáticos.

Para melhor representação cartográfica e interpretação visual dos mapas temáticos, algumas classes de uso e cobertura da terra foram agrupadas segundo similaridade ambiental e funcional. As classes relacionadas aos usos antrópicos, como pastagem, mosaico de usos, formação campestre e lavoura temporária, foram integradas em uma única categoria. As áreas de mineração, dunas, areais, praias e demais superfícies não vegetadas também foram agrupadas, assim como as formações florestais e savânicas, reunidas na categoria de vegetação natural. Ambientes úmidos e costeiros, incluindo campos alagados, áreas pantanosas, vegetação herbácea e arbustiva, apicum e restinga herbácea, foram integrados em uma única classe temática. Os corpos hídricos superficiais, incluindo rios, lagos, oceano e áreas de aquicultura, também foram agrupados para fins de representação cartográfica.

Para a representação espacial das variáveis ambientais foram adotados critérios de simbologia específicos para cada tema analisado. Os mapas de pedologia, geologia, geomorfologia, precipitação, aquíferos e uso e cobertura do solo foram elaborados por meio de classificação categorizada, permitindo representar espacialmente as características ambientais predominantes da região.

As análises espaciais foram desenvolvidas por meio da integração e sobreposição das camadas ambientais e da infraestrutura energética, permitindo identificar áreas de interação entre elementos naturais e atividades antrópicas, com foco na vulnerabilidade ambiental associada aos riscos potenciais de contaminação de rios e aquíferos.

Adicionalmente, foram utilizados dados secundários relacionados à distribuição de *royalties* da exploração de petróleo e gás natural nos municípios da área de estudo, conforme informações disponibilizadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), visando compreender a relação entre a dinâmica produtiva e as pressões exercidas sobre o meio físico, considerando a importância socioeconômica dos *royalties* na produção territorial dos municípios produtores (Galvão, 2020).

RESULTADOS

A área de estudo apresenta unidades geológicas associadas principalmente ao Grupo Barreiras, formações cretáceas e depósitos quaternários recentes, além de depósitos litorâneos e fluviolacustres distribuídos principalmente nas porções costeiras e estuarinas da região (Figura 2a). Essas unidades sedimentares influenciam diretamente os processos geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos da área estudada, condicionando características relacionadas à infiltração, drenagem e dinâmica ambiental regional. De acordo com Andrade e Nascimento (2025), os altos níveis de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea ocorrem principalmente em condição do aquífero com estratos de cobertura formados por sedimentos arenosos inconsolidados.

Sobre essas unidades geológicas desenvolveram-se formas de relevo associadas aos processos deposicionais, erosivos e a dinâmica costeira regional. A geomorfologia da área de estudo apresenta predomínio dos Cinturões Móveis em grande parte do recorte analisado, além de setores associados às Bacias Sedimentares e aos Depósitos Quaternários próximos às áreas costeiras e fluviais (Figura 2b). Essas feições geomorfológicas influenciam diretamente os processos erosivos e escoamento superficial, podendo favorecer instabilidades ambientais em áreas submetidas à expansão da infraestrutura energética. Santos e Nascimento (2024) descrevem condições semelhantes na região da foz do rio Vaza-Barris, em Sergipe, onde as características morfométricas e geomorfológicas influenciam a vulnerabilidade ambiental.

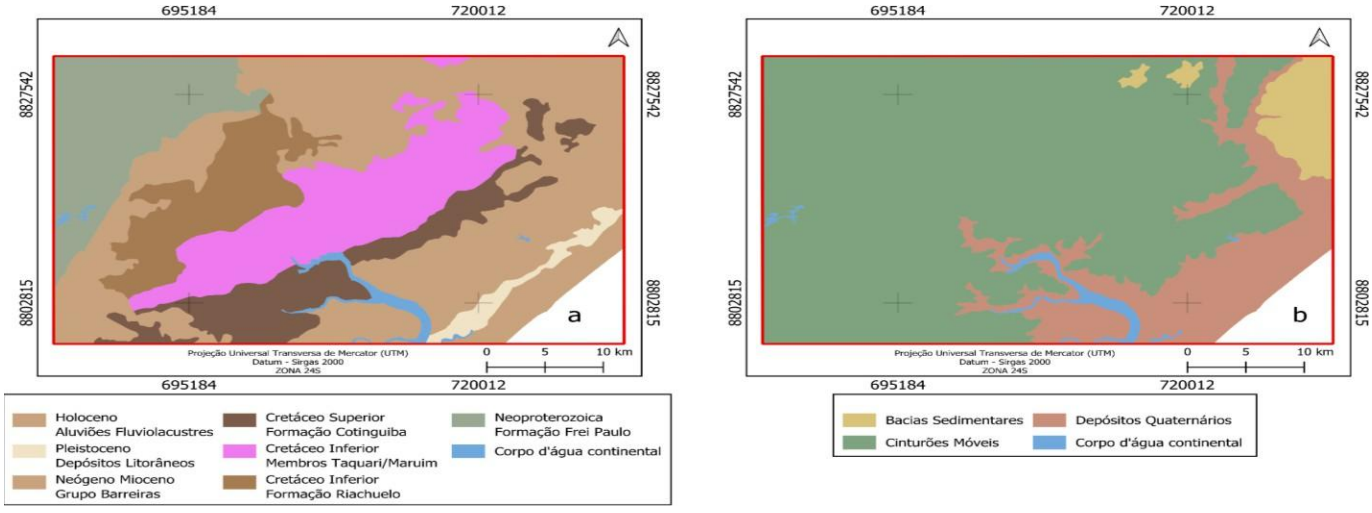


Figura 2 – Mapas simplificados de geologia (a) e geomorfologia (b). Fonte: Autores (2026).

Os aquíferos identificados apresentam predominância do domínio granular na maior parte da área analisada, associado principalmente aos sedimentos inconsolidados e formações sedimentares da região (Figura 3a). Também ocorrem aquíferos cársticos, fissurais e sistemas mistos

fissural/cárstico em setores específicos. Os aquíferos granulares apresentam elevada capacidade de armazenamento de água subterrânea e elevada permeabilidade, favorecendo a infiltração e circulação da água. Mas também aumentando a susceptibilidade à contaminação (Costa et al. 2020). Os sistemas fissurais e cársticos, por sua vez, favorecem maior circulação hídrica devido à presença de fraturas e descontinuidades geológicas. Nesse contexto, a presença desses sistemas aquíferos reforça a necessidade de monitoramento hidrogeológico contínuo em áreas de exploração e produção de petróleo e gás natural onshore, considerando o potencial de migração de contaminantes ao longo de descontinuidades naturais e estruturas associadas aos poços (Taherdangkoo; Tatomir; Sauter, 2020).

As unidades pedológicas identificadas na área de estudo incluem Argissolos Vermelho-Amarelo, Gleissolos, Vertissolos, Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos e Chernossolos (Figura 3b). Os Argissolos predominam na maior parte da área analisada, caracterizando solos com maior desenvolvimento pedogenético e susceptibilidade moderada à erosão (Lepsch, 2011). Os Gleissolos e Espodossolos concentram-se principalmente em áreas estuarinas e próximas aos corpos hídricos, associados a ambientes mal drenados e de elevada fragilidade ambiental.

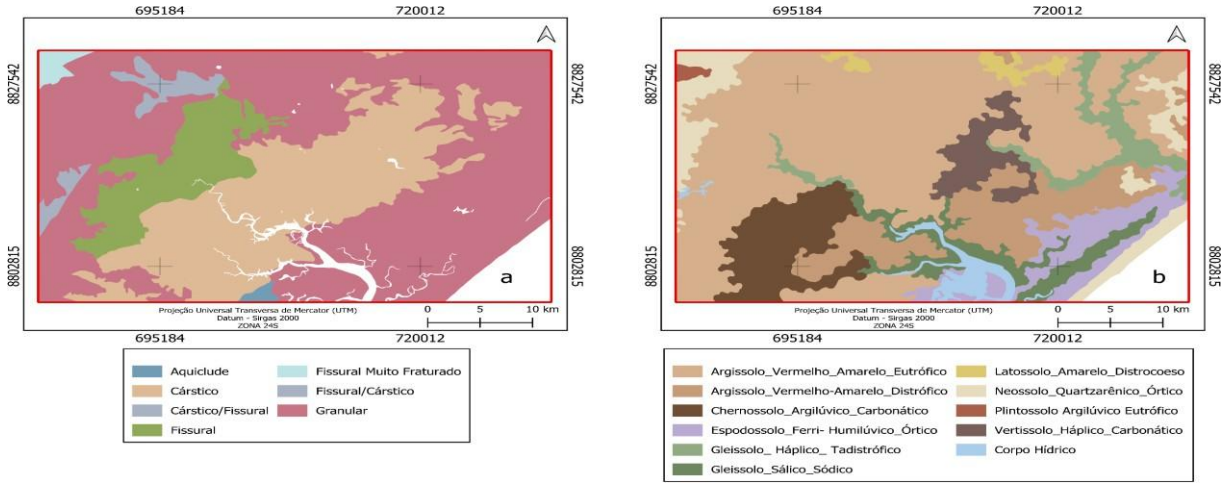


Figura 3 - Mapas simplificados de aquíferos (a) e pedologia (b). Fonte: Autores (2026).

A distribuição espacial da precipitação média anual apresenta variação entre aproximadamente 1200 e 1700 mm/ano, com aumento gradual em direção à porção sudeste da área estudada (Figura 4a). As maiores precipitações concentram-se próximas às áreas costeiras e estuarinas, enquanto os menores índices pluviométricos ocorrem em setores mais interiores. Essa distribuição influencia diretamente os processos de infiltração, recarga hídrica e comportamento dos corpos hídricos superficiais da região.

As principais classes de uso e cobertura do solo correspondem às áreas de pastagem e mosaico de usos, formação florestal e formação savânica, manguezais, campos alagados e áreas pantanosas,

além de setores urbanizados e corpos hídricos (Figura 4b). Para melhor representação cartográfica, algumas classes foram agrupadas segundo características semelhantes de ocupação e cobertura vegetal. Os manguezais distribuem-se principalmente nas áreas costeiras e estuarinas, desempenhando importante função ecológica relacionada à manutenção da biodiversidade e ao equilíbrio ambiental regional. É importante destacar que os ambientes de manguezal são importantes para a manutenção da biodiversidade e esses sistemas estão sendo degradados a taxas alarmantes em todo o mundo, particularmente em regiões em rápido desenvolvimento (Passos et al., 2021). A presença dessas áreas ambientalmente sensíveis reforça a importância do planejamento territorial frente à expansão do gás natural.

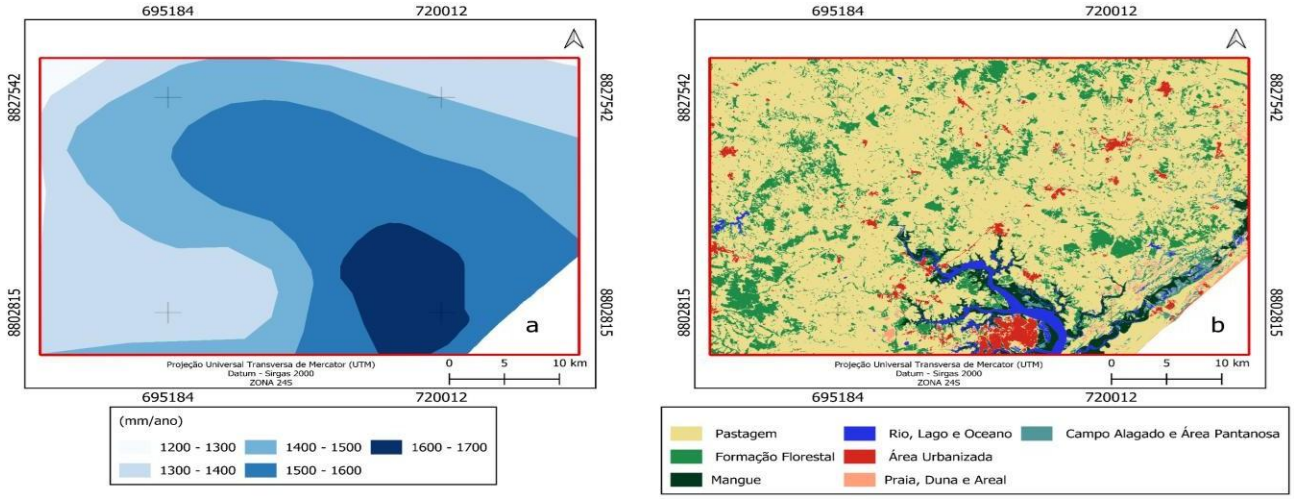


Figura 4 - Mapas simplificados de precipitação média anual (a) e uso e cobertura do solo (b). Fonte: Autores (2026).

A infraestrutura associada à cadeia do gás natural apresenta forte concentração espacial na região central e nordeste da área de estudo, onde se distribuem campos de produção, poços e gasodutos de transporte e escoamento (Figura 5). Observa-se elevada proximidade entre a infraestrutura energética e os principais recursos hídricos superficiais, incluindo rios, lagos, reservatórios e áreas de manguezal. Essa configuração reforça a necessidade de incorporar critérios ambientais ao planejamento territorial, visando ao monitoramento preventivo e à mitigação de impactos sobre os recursos hídricos e ecossistemas sensíveis (Farughi et al., 2022).

Conforme observado no mapeamento, os gasodutos interceptam diretamente diversos eixos hídricos da região interbacias Sergipe- Japaratuba. Essa proximidade espacial crítica torna-se ainda mais relevante quando analisada em conjunto com os mapeamentos geológico (Figura 2a) e de aquíferos (Figura 3a), uma vez que a predominância de formações sedimentares e de aquíferos

granulares na área de estudo aumenta a vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos em caso de caso de vazamentos ou falhas estruturais.

A realidade desses riscos operacionais no território sergipano é ratificada pela ocorrência estadual, a exemplo do derramamento de fluido de perfuração industrial constante pelo laudo técnico Ambiental nº17/2011 da Marinha do Brasil (Brasil, 2011), o qual gerou poluição nos corpos hídricos e resultou em condenação judicial em sede de Ação Civil Pública (TRF5, 2019). Pela dinâmica de marés e correntes que interligam as águas marinhas e estuarinas à foz da região Sergipe–Japaratuba, eventuais poluentes industriais tendem a ser carreados e retidos na vegetação e no sedimento lodoso dos manguezais costeiros, onde a remediação ambiental é extremamente complexa. Essa condição amplia a sensibilidade ambiental da região, uma vez que os manguezais e os sedimentos estuarinos atuam como importantes reservatórios de contaminantes, favorecendo sua persistência no ambiente e seus potenciais efeitos sobre a biota e a qualidade da água (Souza et al., 2021; Passos et al., 2021). Assim, a Figura 5 demonstra que a vulnerabilidade das interbacias estudadas é fortemente acentuada pela densidade da infraestrutura instalada sobre a rede hidrográfica, reforçando a necessidade de monitoramento ambiental contínuo para garantir a segurança hídrica regional.

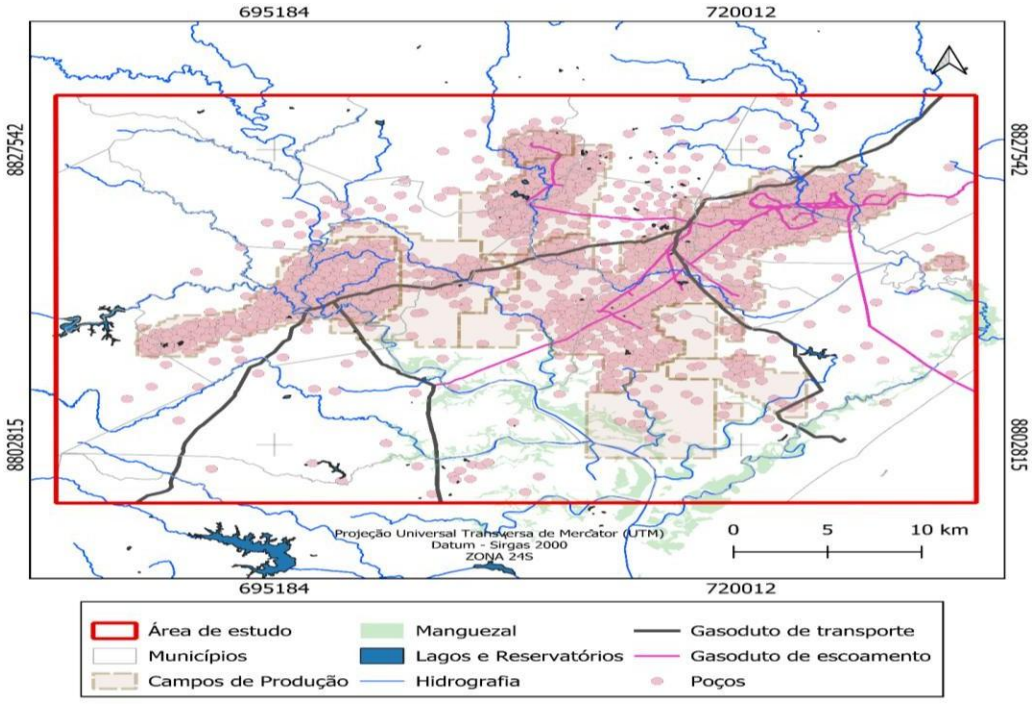


Figura 5- Mapa simplificado de recursos hídricos e infraestrutura da cadeia do gás natural. Fonte: Autores (2026).

Além dos aspectos ambientais observados, destaca-se também a relevância econômica da cadeia do petróleo e gás natural para o estado de Sergipe. Dados estimados pela Agência Nacional do

Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) indicam arrecadações superiores a R$ 110 milhões anuais em *royalties* entre 2026 e 2030 (Tabela 1), evidenciando a importância econômica das atividades de exploração e produção para a dinâmica econômica regional.

Os resultados demonstram que a expansão da cadeia do gás natural produz impactos que ultrapassam a dimensão energética, envolvendo também aspectos econômicos, territoriais e ambientais. Dessa forma, reforça-se a necessidade de planejamento territorial e ambiental integrado frente à expansão da infraestrutura produtiva na região interbacias Sergipe–Japaratuba.

Tabela 1: Estimativa de *royalties* da produção de petróleo e gás natural para o estado de Sergipe entre 2026 e 2030. Fonte: ANP (2025).

Ano	**Estimativa de *royalties* (R$)**
2026	118.348.950,09
2027	110.032.292,31
2028	118.911.938,90
2029	119.623.947,20
2030	110.814.452,31

CONCLUSÕES

A área de estudo apresenta dinâmica ambiental condicionada por fatores geológicos, pedológicos, hidrográficos e pelas atividades associadas à cadeia do gás natural. Os mapas temáticos evidenciaram predominância de áreas de pastagem e ocupação antrópica, além da presença de manguezais, corpos hídricos e formações sedimentares associadas à Bacia Sergipe–Alagoas.

A infraestrutura da cadeia do gás natural concentra-se principalmente nas porções centrais e orientais da área estudada, apresentando elevada proximidade com rios, reservatórios e áreas ambientalmente sensíveis. Essa interação reforça a necessidade de monitoramento ambiental e planejamento territorial integrado.

O uso das geotecnologias e do Sistema de Informações Geográficas mostrou-se fundamental para a integração e análise espacial dos dados ambientais e energéticos. Os resultados obtidos contribuem para estudos de vulnerabilidade ambiental e podem subsidiar ações de gestão ambiental e monitoramento das áreas influenciadas pela expansão da cadeia do gás natural em Sergipe.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). (2025). “*Painel Dinâmico de Estimativas de Royalties.”* ANP Rio de Janeiro-RJ.

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, Rio de Janeiro, 15(1) pp. 77–96. DOI: https://doi.org/10.12957/ric.2025.81210.

BRASIL. (2011). *"Laudo Técnico Ambiental nº 17/2011: poluição hídrica decorrente do lançamento ao mar de fluido de perfuração oriundo do Navio-Sonda NS-09 pela Schahin Engenharia."* Marinha do Brasil Aracaju-SE. Disponível em: jusbrasil.com.br.

COSTA, C. W.; LORANDI, R.; DI LOLLO, J. A.; SERIKAWA, V. S. (2020). *"Combining natural and anthropic attributes for aquifers contamination potential in southeast of Brazil."* Sociedade & Natureza, 32, pp. 597-612. DOI: https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-56221.
EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. (2024). "*Balanço Energético Nacional 2024.*" EPE, Rio de Janeiro-RJ. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024.

FARUGHI, H.; SADEGHI-NIARAKI, A.; CHOI, S.M. (2022). *"Environmental analysis for the selection of long-distance natural gas pipeline routes using MACBETH."* Management of Environmental Quality: an International Journal, v. 33, n. 2, p. 241–256, 2022.

GALVÃO, N. M. S. (2020). *"Análise de correspondência entre perfil municipal e recursos de royalties de petróleo no Estado de Sergipe."* CAFI, 3(1), pp. 33–48.

JESUS, C. F. P.; DIAS, N. W.; CRUZ, M. A. S. (2014). *"Vulnerabilidade socioambiental na Bacia do Rio Japaratuba em Sergipe a partir da álgebra de mapas."* Reveng, 22(1), pp. 50-57.

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

PASSOS, T.; PENNY, D.; SANDERS, C.; et al. (2021). *"Mangrove carbon and nutrient accumulation shifts driven by rapid development in a tropical estuarine system, northeast Brazil."* Marine Pollution Bulletin, 166(112219). DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112219.

SANTOS, M. G. M.; NASCIMENTO, P. S. R. (2024). *"Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris (SE): identificação de área vulnerável à degradação ambiental."* Scientia Plena, 20(8), pp.1-12.

SOUZA, M. R. R.; SUZARTE, J. S.; CARMO, L. O.; et al. (2021). *"Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in three environmental components from a tropical estuary in Northeast Brazil."* Marine Pollution Bulletin, 171(112726). DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112726.

TAHERDANGKOO, R.; TATOMIR, A.; SAUTER, M. (2020) *"Modeling of methane migration from gas wellbores into shallow groundwater at basin scale."* Environmental Earth Sciences, 79(432), pp1-16.

TRF5. TRIBUNAL REGIONAL FEDERAL DA 5ª REGIÃO. (2019). *"Apelação Cível nº 0802176-60.2014.4.05.8500: Ação Civil Pública Ambiental – Ministério Público Federal versus Schahin Engenharia S/A."* TRF5 Recife-PE. Disponível em: trf5.jus.br.