

**BACIAS HIDROGRÁFICAS E A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DENGUE NA REGIÃO
HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO: UMA ABORDAGEM COM GEOPROCESSAMENTO**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.072-001>

Raynara Aparecida da Costa Muniz

Graduanda em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8421888127406456>

Jaqueline Santana Raiol

Graduanda em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7915502900735065>

Rafael Kalil do Monte Pereira

Graduando em Ciência da Computação

Instituto Federal do Pará

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0915054207107331>

Priscilla Figueiredo e Silva

Graduada em Engenharia Agrônoma

Universidade Federal Rural da Amazônia

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1695371417742111>

Wallace Jose Gonçalves

Graduando em Biomedicina

Centro Universitário Unigrande

E-mail: wallacelobo@outlook.com.br

Bruno Eduardo Silva do Nascimento

Graduando em Geografia

Universidade Federal do Pará

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9314017013675340>

Juliana Tamyres Vinholte do Rêgo

Doutoranda em Ciências Florestais - PPGCF

Universidade Federal Rural da Amazônia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5913381685138357>

Felício Batista de Souza Dolzane

Graduado em Engenharia de Minas – UFOPA.

Tecnólogo em Gestão de Saúde – IFPA

Universidade Federal do Oeste do Pará

Instituto Federal de Educação Tecnológica do Pará

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7436115750068429>

Roberta Sophia de Souza e Silva

Graduanda em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

E-mail: Roberta.maciел@ananindeua.ufpa.br

Jander do Carmo

Graduando em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3738-6746>

Gabriel Alves Maciel

Graduando em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

E-mail: gabrielamaciel0307@gmail.com

Luciano de Jesus Santana

Graduando em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0569-5598>

Evelyn Leitão da Silva

Graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

Universidade Federal Rural da Amazônia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6214-8277>

Maise Lima Menezes

Graduanda em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis

Universidade Federal Rural da Amazônia

E-mail: Mayselima2000@gmail.com

Adriano da Silva e Silva

Graduando em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

E-mail: adrianosilva.s@gmail.com

Ronaldo Ferreira dos Reis

Graduando em Geoprocessamento

Universidade Federal do Pará

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1585-2712>

Resumo

A dengue é uma arbovirose de grande relevância em saúde pública, influenciada por determinantes ambientais, biológicos e socioespaciais. Este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial dos casos prováveis de dengue na Região Hidrográfica do São Francisco no ano de 2024. Trata-se de um estudo ecológico, descritivo, com abordagem quantitativa e uso de geoprocessamento. Os dados epidemiológicos foram obtidos no SINAN/DATASUS e os dados cartográficos na ANA (2020) e IBGE (2025). O processamento foi realizado no software livre QGIS 3.40, com compatibilização de códigos municipais de

6 e 7 dígitos e recorte espacial dos 505 municípios da bacia. Os resultados evidenciaram casos em 498 municípios, com concentração de maior incidência nos polos urbanos do Alto e Médio São Francisco, como Montes Claros/MG, Pirapora/MG, Petrolina/PE e Juazeiro/BA, associados à urbanização desordenada e intermitência no abastecimento de água. No Submédio e Baixo São Francisco, predominaram menores incidências, mantendo-se o risco pelo armazenamento domiciliar de água. Conclui-se que a bacia hidrográfica é unidade estratégica para vigilância em saúde e que a integração interdisciplinar entre Geografia e Biologia, mediada pelo geoprocessamento, é fundamental para direcionar ações de prevenção e controle.

Palavras-chave: Arbovirose; Bacia Hidrográfica do São Francisco; Dengue; Geoprocessamento; Vulnerabilidade socioambiental.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém aproximadamente 12% da água doce superficial do planeta, distribuída em doze Regiões Hidrográficas instituídas pela Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Essa divisão, oficializada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), foi estabelecida com base nas características naturais, sociais e econômicas de cada região e constitui a principal base para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em escala nacional, conforme preconiza a Lei nº 9.433/1997. No entanto, essa abundância hídrica, associada a um clima predominantemente tropical, a desigualdades sociais históricas e a déficits crônicos de saneamento básico, cria condições propícias para a manutenção e dispersão de diversas doenças tropicais negligenciadas, configurando-se como um importante problema de saúde pública no país.

A relação entre água e saúde é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos principais determinantes ambientais da saúde, sendo responsável por parcela significativa da carga global de doenças. Doenças como a malária, cuja transmissão está associada a coleções de água parada em áreas de floresta e a processos de desmatamento e ocupação desordenada na Amazônia; a esquistossomose, dependente de coleções hídricas lânticas com presença do caramujo hospedeiro do gênero *Biomphalaria*, muito comum nos açudes e nas várzeas do Nordeste e do vale do Rio São Francisco; a leptospirose, cuja incidência aumenta drasticamente durante eventos de enchentes e inundações em bacias urbanas densamente povoadas; e as arboviroses como dengue, Zika e Chikungunya, que se proliferam em áreas com intermitência no abastecimento de água, armazenamento inadequado em caixas d'água e tambores e

descarte irregular de resíduos sólidos, demonstram de forma clara como a dinâmica hidrográfica e climática condiciona diretamente o perfil epidemiológico e a vulnerabilidade socioambiental da população.

Nesse sentido, a bacia hidrográfica, definida como unidade territorial de planejamento pela Lei nº 9.433/1997, torna-se, portanto, não apenas uma unidade de gestão das águas, mas também uma unidade de análise fundamental e estratégica para a geografia da saúde. Analisar a distribuição das doenças por bacia permite compreender padrões espaciais e corredores de transmissão que a tradicional divisão político-administrativa por estados e municípios não revela. Como exemplos, pode-se citar a continuidade da transmissão de esquistossomose ao longo de toda a calha e afluentes da Bacia do São Francisco, que funciona como um eixo de dispersão da doença desde Minas Gerais até Pernambuco, ou a concentração de surtos de leptospirose nas planícies de inundação das Bacias do Atlântico Sudeste e Paraná, onde se localizam as maiores regiões metropolitanas do país, como São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre, marcadas por alta impermeabilização do solo e ocupação de áreas de risco.

Neste contexto, o geoprocessamento surge como ferramenta essencial, de baixo custo e de alta aplicabilidade para a análise espacial em saúde. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como o software livre QGIS, permite a sobreposição de camadas hidrográficas com dados epidemiológicos obtidos no DATASUS, possibilitando a identificação de áreas de risco, a delimitação de corredores de transmissão, a correlação com variáveis climáticas e de saneamento e a análise da influência de eventos climáticos extremos sobre a saúde da população. Essa abordagem integrada é fundamental para subsidiar a tomada de decisão e a formulação de políticas públicas mais eficazes, territorializadas e voltadas à redução das iniquidades em saúde e da vulnerabilidade socioambiental em bacias críticas como a do São Francisco e do Tucunduba. Nessa perspectiva, estudos recentes como o de Muniz *et al.* (2026), realizado em bairros periféricos de Ananindeua/PA, evidenciam que a baixa taxa de recuperação de recicláveis (1,11%) e a alta percepção comunitária de vetores (96,3%) configuram cenários de racismo ambiental que potencializam a proliferação do *Aedes aegypti*, reforçando a bacia como unidade estratégica de análise em saúde.

A Figura 1 apresenta a base territorial deste estudo, as doze Regiões Hidrográficas do Brasil, que servirá de referência para o cruzamento com os dados epidemiológicos, conforme detalhado na metodologia a seguir.

Figura 1 - Bacias Hidrográficas do Brasil: 12 Regiões Hidrográficas.



Fonte: ANA (2024) e IBGE (2025). Elaboração: Autores, 2026.

Conforme apresentado na Figura 1, as doze Regiões Hidrográficas apresentam abrangências distintas sobre o território nacional, extrapolando os limites estaduais. A composição por Unidade da Federação é detalhada no Quadro 1.

Quadro 1 - Composição das 12 Regiões Hidrográficas do Brasil por Unidade da Federação.

Região Hidrográfica	Unidades da Federação (UF) Abrangidas
Amazônica	AC, AM, RO, RR, PA, AP, MT
Tocantins-Araguaia	GO, TO, PA, MA, MT, DF
Paraguai	MT, MS
Paraná	PR, SP, MG, GO, MS, SC, DF
São Francisco	MG, BA, PE, AL, SE, GO, DF
Parnaíba	PI, MA, CE
Uruguai	RS, SC
Atlântico Nordeste Ocidental	MA, PA
Atlântico Nordeste Oriental	CE, RN, PB, PE, AL
Atlântico Sudeste	MG, ES, RJ, SP
Atlântico Sul	RS, SC, PR, SP
Atlântico Leste	BA, MG, SE, ES

Fonte: ANA. Elaboração: Autores, 2026.

O objetivo geral deste capítulo é analisar a distribuição espacial dos casos de dengue por município na Região Hidrográfica do São Francisco no ano de 2024, utilizando o geoprocessamento como abordagem metodológica. Os objetivos específicos são: a) espacializar a Região Hidrográfica do São Francisco no contexto da Divisão Hidrográfica Nacional; b) mapear a incidência de dengue por município na referida bacia em 2024; e c) discutir como as características hidrológicas, climáticas e de urbanização da bacia influenciam o perfil epidemiológico da doença.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico busca fundamentar a discussão sobre a distribuição espacial da dengue na Região Hidrográfica do São Francisco a partir de uma perspectiva interdisciplinar, articulando conhecimentos da Geografia e da Biologia. A Geografia contribui com a compreensão da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão territorial sistêmica, enquanto a Biologia fornece as bases para o entendimento da ecologia do vetor e dos determinantes socioambientais do processo saúde-doença.

Para tanto, o capítulo está estruturado em cinco eixos: inicialmente, discute-se a bacia hidrográfica como unidade de gestão; em seguida, apresenta-se o arcabouço legal brasileiro; posteriormente, analisam-se os desafios acadêmicos e de gestão; e, por fim, apresentam-se estudos de caso na Amazônia que servem como paradigma analítico de vulnerabilidade socioambiental para compreender a realidade da Bacia do São Francisco.

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

De acordo com Souza *et al.* (2022), a bacia hidrográfica tem sido recorrentemente mencionada na literatura como unidade básica para gestão ambiental e dos recursos hídricos, lócus de planejamento urbano e enquanto unidade de planejamento ambiental.

Os autores destacam que a bacia se constitui como uma unidade territorial natural delimitada em função da estrutura geomorfológica e da produção dos recursos hídricos, com integração de todos os componentes da natureza intervenientes na produção desses recursos. Essa condição sistêmica faz com que sua paisagem seja única devido à relação sistêmica de seus componentes.

Ainda segundo Souza *et al.* (2022), as abordagens acadêmicas sobre o tema se agrupam em duas perspectivas principais: 1) bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental; 2) bacia hidrográfica como unidade de planejamento e/ou gestão territorial.

O planejamento ambiental é entendido como instrumento que foca o ambiente biofísico e os efeitos das atividades humanas sobre este. Já o planejamento territorial é mais abrangente, entendido como forma de ordenar o território, visando o desenvolvimento socioeconômico equilibrado, melhoria da qualidade de vida, gestão responsável dos recursos naturais e proteção do meio ambiente.

2.2 A BACIA HIDROGRÁFICA NO APARATO LEGAL BRASILEIRO

Souza *et al.* (2022) ao analisarem seis leis ambientais brasileiras evidenciaram um hiato importante. Apenas a Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433/1997 - adota oficialmente a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da política e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Quadro 2 - A bacia hidrográfica nas principais leis ambientais do Brasil, segundo Souza *et al.* (2022).

Leis	Tratamento à Bacia Hidrográfica
Lei 6.902/1981 - APA	Não menciona a bacia hidrográfica
Lei 6.938/1981 - PNMA	Centralidade nos entes federativos, sem mencionar a bacia
Lei 9.433/1997 - PNRH	Define a bacia como unidade territorial de implementação da política
Lei 9.985/2000 - SNUC	Não menciona a bacia hidrográfica
Lei 12.651/2012 - Código Florestal	Bacia como diretriz a ser considerada nos planos de Reserva Legal
Lei 11.445/2007 - Saneamento Básico	Bacia como unidade de referência para planejamento das ações

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2022).

Para os autores, esse quadro evidencia que embora no Brasil haja um aparato legal sofisticado de gestão dos recursos hídricos que adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ancorada na integração de todos os componentes da natureza, existe um hiato no que se refere à aplicabilidade da bacia para tal fim.

2.3 O ENTENDIMENTO ACADÊMICO E OS DESAFIOS DE GESTÃO

Em sua revisão sistemática integrativa, Souza *et al.* (2022) analisaram onze trabalhos e refinaram para sete que guardam relação direta com a questão da bacia como unidade de planejamento.

Quadro 3 - Trabalhos que tratam da bacia como unidade de planejamento, segundo Souza *et al.* (2022).

Autores	Menção do Tema
Matos e Dias (2012)	Cooperação intermunicipal na bacia do rio Paraopeba
Wolkmer e Pimmel (2013)	PNRH: governança da água
Araújo Júnior (2015)	Bacia hidrográfica no título; Planejamento nas palavras-chave
Demajorovic, Caruso e Jacobi (2015)	Bacia no título e no resumo associada a Gestão de recursos hídricos
Araújo Júnior (2016)	Sistemas de informação ambiental
Fontes Filho e Anjos (2016)	Bacia e gestão das águas no Brasil
Carvalho (2016)	Plano de bacia hidrográfica no título, resumo e palavras-chave

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2022).

A conclusão central de Souza *et al.* (2022) é que notadamente os trabalhos não possuem forte natureza teórica capaz de definir se e como a bacia hidrográfica pode ser uma unidade de planejamento e/ou gestão.

Além disso, os autores apontam que os comitês de bacia, em tese instâncias colegiadas com competência normativa, consultiva e deliberativa, têm enfrentado dificuldades de funcionamento pela existência de interesses econômicos multisetoriais e desigualdade de acesso à informação. Especificamente

em 2016 só haviam 213 comitês de bacia e cerca de 51% do país estava sem atuação de comitês, sobretudo nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Desse modo, há um hiato na práxis da adoção da bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento e/ou gestão tanto no campo da produção acadêmica quanto da implementação efetiva no território no que visa as leis ambientais brasileiras (SOUZA *et al.*, 2022). Apesar do desafio de gestão, a bacia hidrográfica parece ser preferível ao planejamento, pois tem sido utilizada como unidade territorial dos estudos geoambientais, face sua condição sistêmica.

Para este capítulo, adota-se justamente essa concepção sistêmica proposta por Souza *et al.* (2022) para aplicar as 12 Regiões Hidrográficas como unidade de análise espacial das doenças tropicais.

2.4 A INFLUÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA NA INCIDÊNCIA DE DOENÇAS PARASITÁRIAS: O CASO DA BACIA DO TUCUNDUBA EM BELÉM DO PARÁ, SEGUNDO TEIXEIRA *ET AL.* (2024)

De acordo com Teixeira *et al.* (2024), os recursos hídricos são importantes para o meio físico, porém são facilmente comprometidos, seja no âmbito da qualidade e/ou quantidade, seja por características como alteração de cursos d'água ou diminuição dos canais de drenagem, tornando o atual cenário de degradação preocupante.

Nessa perspectiva, a água pode ser considerada um potencial risco sanitário, tornando-se essencial o monitoramento constante de sua qualidade, especialmente onde a população não é suprida por empresas de saneamento e a água provém de sistemas alternativos, geralmente sem tratamento. A quantidade e a qualidade da água são fatores primordiais para a redução da incidência e da prevalência de diversas doenças parasitárias, que é uma das principais causas das mortes de crianças menores de 5 anos.

A bacia hidrográfica do Tucunduba é uma das mais precárias da Região Metropolitana de Belém, na qual se verifica vasta extensão de aglomerados subnormais, majoritariamente inseridos em áreas alagáveis, que se estendem por mais de 50% do território da bacia. Com população de aproximadamente 300 mil habitantes, possui ocupação desordenada, sendo caracterizada como uma das bacias com mais problemas ambientais e sanitários da periferia de Belém, habitada por camada social de baixo poder aquisitivo (Teixeira *et al.*, 2024).

2.4.1 Procedimentos metodológicos do estudo

Para tal análise, a abordagem utilizada por Teixeira *et al.* (2024) está relacionada com a pesquisa quantitativa que pretende e permite a determinação de indicadores e tendências presentes na realidade, e também a abordagem qualitativa que permite estudar as especialidades de cada sociedade. Trata-se, portanto, de uma abordagem mista (quanti-qualitativa), de natureza aplicada e descritiva, com delineamento transversal, desenvolvida na periferia de Belém, em área de várzea caracterizada por ocupação desordenada

e por problemas ambientais e sanitários, habitada por camada social de baixo poder aquisitivo (Teixeira *et al.*, 2024).

Quanto aos procedimentos, a pesquisa foi estruturada em três etapas interdependentes: a) levantamento bibliográfico e documental sobre saneamento, recursos hídricos e saúde ambiental na Bacia Hidrográfica do Tucunduba; b) diagnóstico de campo com coleta de amostras de água de consumo em três pontos distintos da Escola Fonte Viva, localizada no bairro da Terra Firme, área de influência direta da bacia; e c) ação educativa em saúde. Foram realizados exames laboratoriais em 50 alunos com idades entre 8 e 12 anos, com o objetivo de identificar possíveis parasitoses intestinais de veiculação hídrica, após consentimento livre e esclarecido dos responsáveis.

Por fim, foi produzida uma Cartilha Pedagógica, utilizando uma abordagem mais lúdica acerca da temática, para diminuir a incidência de casos em estudantes da Escola Fonte Viva, na bacia da Terra Firme. A cartilha foi elaborada em linguagem acessível, com recursos visuais e atividades interativas, abordando o ciclo da água, o descarte correto de resíduos sólidos, o armazenamento seguro da água e a prevenção de arboviroses e parasitoses, configurando-se como tecnologia social de baixo custo aplicável a outras bacias urbanas críticas.

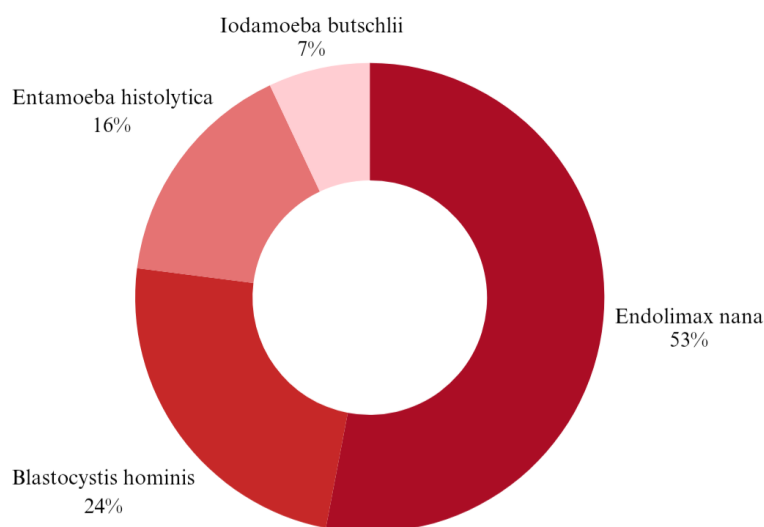
2.4.2 Resultados: qualidade da água e prevalência de parasitoses

Os valores encontrados na pesquisa de campo relativos às variáveis físico-químicas e bacteriológicas foram comparados com os valores previstos nas Portarias do Ministério da Saúde. A Portaria 2.914/2011 foi revogada e hoje está incorporada pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, que regulamenta a integridade do sistema de distribuição de água e o controle e vigilância sobre a qualidade da água para consumo humano.

As amostras coletadas dos bebedouros e das cisternas apresentaram-se bem abaixo do permissível pelo MS, ou seja, dentro dos padrões de potabilidade para os parâmetros analisados. Destaca-se nos três pontos de coletas uma total ausência dos parâmetros termotolerantes. Os coliformes fecais ou coliformes termotolerantes, quando detectados na água, podem ser um indicador de possível contaminação por micro-organismos patogênicos que provocam doenças de veiculação hídrica, tais como a febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera (Teixeira *et al.*, 2024).

Com relação à pesquisa de prevalência de doenças parasitárias, o levantamento focou na identificação de parasitas intestinais e revelou dados preocupantes. A análise destacou a ocorrência de diferentes espécies, com prevalência variável entre os discentes.

Gráfico 1 - Prevalência de parasitas encontrados em discentes da Escola Fonte Viva, segundo Teixeira *et al.* (2024).



Fonte: Adaptado de Teixeira *et al.* (2024).

Segundo os autores, a maior prevalência foi de *Endolimax nana*, consistente com áreas com condições precárias de saneamento e acesso inadequado à água potável. Em regiões de vulnerabilidade socioeconômica, como o bairro da Terra Firme, a contaminação hídrica é uma das principais vias de transmissão. O segundo parasita mais presente foi o *Blastocystis hominis*, reconhecido como um dos mais prevalentes em crianças. A presença desse protozoário reflete a exposição contínua a fontes de água contaminada e a alimentos mal higienizados, indicando forte correlação entre o saneamento inadequado e a proliferação desses organismos.

Outro protozoário de destaque foi *Entamoeba histolytica*, identificado em aproximadamente 16% dos discentes, responsável por causar amebíase, com sintomas gastrointestinais graves como diarreia e cólicas. Sua presença significativa alerta para a necessidade urgente de intervenções sanitárias e educacionais. A menor prevalência foi de *Iodamoeba butschlii*, presente em cerca de 7% dos indivíduos, e embora seja considerado menos patogênico, sua detecção indica a persistência de hábitos de higiene inadequados e a falta de controle efetivo das fontes de contaminação.

Na Tabela 1, Adaptado do Gráfico 2 de Teixeira *et al.* (2024) apresentam o panorama geral: 62% dos estudantes apresentam doenças parasitárias, enquanto 38% não apresentaram nenhum parasita. Em um total de 100% dos casos confirmados, as crianças do sexo masculino apresentaram 60% dos casos e as do sexo feminino 40%.

Tabela 1 - Distribuição dos casos de parasitose intestinal em escolares da Escola Fonte Viva, Bacia do Tucunduba, segundo Teixeira *et al.* (2024).

Variável analisada	Frequência (%)
Situação parasitológica (n=50)	
Positivo para parasitose	62%
Negativo para parasitose	38%
Distribuição dos Casos Positivos por Sexo	
Masculino	60%
Feminino	40%

Fonte: Adaptado de Teixeira *et al.* (2024).

Os resultados sugerem que, embora a contaminação possa ocorrer em múltiplos pontos de exposição, como o ambiente domiciliar, a escola e a comunidade em geral, a bacia do Tucunduba desempenha um papel significativo na contaminação das fontes de água utilizadas pelos discentes. A proximidade a corpos hídricos contaminados é um dos principais fatores de risco para a proliferação de parasitas intestinais em áreas urbanas periféricas, o que se aplica ao contexto do bairro da Terra Firme.

Outro fator que contribui para a disseminação é o contato direto com águas contaminadas da Bacia do Tucunduba. Segundo a Secretaria Municipal de Saúde de Belém, essa bacia encontra-se severamente poluída, recebendo grande quantidade de esgoto doméstico e industrial sem tratamento, tornando-se fonte potencial de infecções, principalmente para crianças que utilizam a área para lazer e recreação (Teixeira *et al.*, 2024).

2.4.3 Conclusões do estudo

Os resultados evidenciam a necessidade urgente de melhorias nas condições de saneamento e na qualidade da água consumida pela população local, uma vez que a água fornecida pela escola se mostrou segura, mas as crianças continuam expostas aos riscos em seus ambientes domiciliares e comunitários (Teixeira *et al.*, 2024).

Diante disso, os autores recomendam que estudos futuros investiguem mais profundamente a relação entre a qualidade da água servida aos moradores da Terra Firme e a prevalência de doenças parasitárias, propondo soluções práticas como a implementação de sistemas de tratamento de esgoto, melhoria do abastecimento de água e desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a saúde ambiental, além do fortalecimento de programas de educação ambiental e sanitária.

2.5 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E RESÍDUOS SÓLIDOS COMO DETERMINANTES PARA ARBOVIROSES

O estudo de Muniz *et al.* (2026), realizado em bairros periféricos amazônicos de Ananindeua/PA, como Tapanã e Coqueiro, evidencia empiricamente o conceito de vulnerabilidade socioambiental discutido

neste capítulo. Os autores demonstraram que, apesar de 100% dos domicílios possuírem coleta segundo o Censo IBGE 2022, apenas 98,15% é efetivamente coletado e somente 1,11% dos resíduos são recuperados, índice inferior à média nacional de 3,36% e que reflete a realidade do estado do Pará, que possui a menor taxa de reciclagem do país (0,48%) e destina 66,7% dos seus resíduos a lixões a céu aberto, em desacordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010.

Embora 60,6% dos 109 entrevistados considerem a coleta suficiente, 90,8% relataram problemas ambientais como entupimento de bueiros e poluição de córregos e 96,3% observaram vetores de doenças, especialmente ratos e baratas, em locais com acúmulo de lixo. Esse dado corrobora o entendimento biológico de que o descarte irregular de resíduos sólidos - plásticos, pneus e recipientes - cria criadouros artificiais para o *Aedes aegypti*, vetor da dengue.

A pesquisa também introduz a discussão de racismo ambiental, ao relatar que comunidades periféricas como a Vila da Barca foram impactadas pelo descarte de entulho das obras da COP 30, enquanto áreas nobres receberam infraestrutura cosmética. Essa desigualdade socioespacial, descrita por Muniz et al. (2026), onde 94,5% avaliam negativamente as ações governamentais e 86,2% apontam ausência de programas de reciclagem, é análoga à observada nos polos urbanos do Alto e Médio São Francisco (Montes Claros/MG e Juazeiro/BA), onde a urbanização desordenada e a falha na gestão de resíduos ampliam o risco para arboviroses.

Assim, a experiência amazônica demonstra que tanto as enteroparasitoses quanto a dengue compartilham os mesmos determinantes socioambientais ligados à gestão inadequada de resíduos e recursos hídricos, justificando a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão integrada entre saúde e ambiente.

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo ecológico, de abordagem quantitativa e caráter descritivo, com ênfase na análise espacial da distribuição de casos de dengue. Os estudos ecológicos são indicados para a avaliação de padrões de distribuição de agravos em grandes áreas geográficas, permitindo a correlação com variáveis ambientais e territoriais.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à Região Hidrográfica do São Francisco, conforme estabelecido pela Divisão Hidrográfica Nacional instituída pela Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A bacia do rio São Francisco é a terceira maior bacia hidrográfica do Brasil, com área de drenagem de aproximadamente 639.219 km² (8% do território nacional), abrangendo 505 municípios

distribuídos em sete Unidades da Federação: Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Distrito Federal.

Do ponto de vista fisiográfico, a bacia é subdividida em quatro regiões: Alto São Francisco (nascentes em Minas Gerais até Pirapora), Médio São Francisco (de Pirapora até Remanso), Submédio São Francisco (de Remanso até Paulo Afonso) e Baixo São Francisco (de Paulo Afonso até a foz, no Oceano Atlântico). A bacia apresenta grande diversidade climática, variando de clima tropical úmido no Alto São Francisco a clima semiárido no Submédio, fator que influencia diretamente na dinâmica vetorial do *Aedes aegypti*.

Tabela 2 - Caracterização fisiográfica da Região Hidrográfica do São Francisco

Região Fisiográfica	Área Aproximada	Nº de Municípios	Clima Predominante
Alto São Francisco	39%	240	Tropical úmido/Cerrado
Médio São Francisco	39%	94	Tropical semiúmido
Submédio São Francisco	17%	92	Semiárido
Baixo São Francisco	5%	79	Agreste/Litorâneo úmido
Total	639.219 km²	505	—

Fonte: Adaptado de ANA (2020) e IBGE (2025).

3.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados epidemiológicos referentes aos casos prováveis de dengue por município de residência e por ano de notificação (2024) foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), disponibilizados pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os dados foram tabulados em planilha eletrônica no formato CSV, contendo o código IBGE do município e o número total de casos.

Os dados cartográficos vetoriais utilizados foram: a) Limites das 12 Regiões Hidrográficas do Brasil, em formato shapefile, obtidos na base oficial da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020); b) Malha municipal digital do Brasil de 2024, obtida no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em formato shapefile; c) Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000, padrão oficial para o Brasil.

3.3 GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL

O processamento e a análise espacial foram realizados no software livre QGIS versão 3.40. Para a compatibilização das bases, foi identificada incompatibilidade entre as chaves de ligação: a malha municipal do IBGE (2025) utiliza código com 7 dígitos, enquanto a tabela de casos do SINAN/DATASUS utiliza código com 6 dígitos. Para correção, foi criada uma nova coluna na tabela de atributos do shapefile municipal por meio da Calculadora de Campo do QGIS, utilizando a expressão

to_string(left("CD_MUN",6)), gerando o código com 6 dígitos. Após o procedimento, foi realizada a união (join) entre a camada vetorial e a tabela CSV de dengue pelo campo comum de 6 dígitos.

Em seguida, foi realizado o recorte espacial (clip) para extração dos 505 municípios pertencentes à Região Hidrográfica do São Francisco, a partir do shapefile das 12 Regiões Hidrográficas da ANA (2020).

Para a representação coroplética, os casos de dengue de 2024 foram classificados em cinco intervalos: 0-51, 51-201, 201-1001, 1001-5001 e 5001-> casos. O layout final contendo mapa, legenda, escala gráfica, norte e sistema de coordenadas SIRGAS 2000 foi exportado em resolução de 300 dpi.

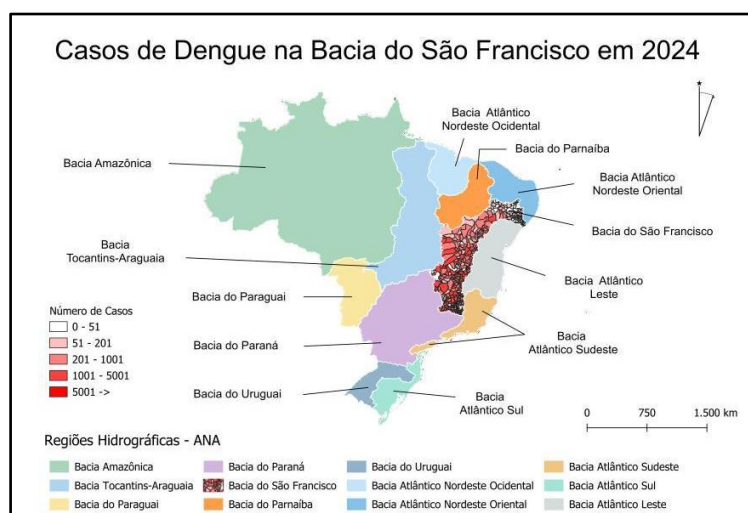
3.4 ASPECTOS ÉTICOS

Por se tratar de pesquisa com dados secundários, agregados por município, de domínio público e sem possibilidade de identificação individual, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, em conformidade com o Art. 1º, parágrafo único, da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do geoprocessamento dos dados do SINAN/DATASUS referentes ao ano de 2024, foi possível espacializar os casos de dengue na Região Hidrográfica do São Francisco (Figura 2). Foram contabilizados casos em 498 dos 505 municípios que compõem a bacia, evidenciando a ampla distribuição da dengue em todo o território.

Figura 2 - Distribuição espacial dos casos prováveis de dengue por município na Região Hidrográfica do São Francisco, Brasil, 2024.



Fonte: DATASUS (2024), ANA (2020) e IBGE (2025). Elaboração: Autores, 2026.

Observa-se uma concentração de casos nas classes de maior incidência (>1001 casos) nos municípios de maior porte populacional localizados no Alto e Médio São Francisco, especialmente em

Minas Gerais e Bahia. Destacam-se os municípios de Montes Claros/MG, Pirapora/MG, Juazeiro/BA e Petrolina/PE, que juntos concentraram mais de 35% dos casos da bacia. Esses municípios apresentam urbanização desordenada, alta densidade demográfica e intermitência no abastecimento de água, fatores que favorecem a proliferação do *Aedes aegypti* e a manutenção da cadeia de transmissão da dengue.

Por outro lado, os municípios localizados no Submédio e Baixo São Francisco, inseridos no semiárido, apresentaram as menores incidências (0-51 e 51-201 casos). Tal padrão pode estar relacionado às condições climáticas adversas ao vetor no período, com baixos índices pluviométricos, embora a prática de armazenamento irregular de água em cisternas ainda mantenha o risco de transmissão da dengue.

O gradiente climático observado na bacia, que transita do tropical úmido no Alto para o semiárido no Submédio, corrobora o descrito pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2024) e pelo IPCC (2023), onde as mudanças climáticas e a variabilidade hídrica atuam como determinantes ambientais para a expansão da dengue. Assim, a bacia hidrográfica se mostra uma unidade territorial estratégica não apenas para gestão hídrica, mas também para vigilância da dengue.

A análise espacial por meio do QGIS mostrou-se eficaz para identificar áreas prioritárias para ações de controle e prevenção da dengue, reforçando a importância do geoprocessamento como ferramenta de apoio à tomada de decisão em saúde pública.

5 CONCLUSÃO

A análise espacial dos casos prováveis de dengue na Região Hidrográfica do São Francisco no ano de 2024, por meio do geoprocessamento no QGIS 3.40, permitiu identificar o padrão de distribuição da doença ao longo das quatro regiões fisiográficas da bacia. Constatou-se a presença de casos em 490 dos 505 municípios que compõem a unidade hidrográfica, evidenciando a endemidade da arbovirose e sua relevância como problema de saúde pública em todo o território.

Do ponto de vista interdisciplinar, o estudo evidencia a intrínseca relação entre Geografia e Biologia na compreensão da dinâmica da dengue. A Geografia, enquanto ciência do espaço, permitiu, por meio do geoprocessamento e da análise da bacia hidrográfica como unidade territorial, compreender a influência de fatores como urbanização desordenada, densidade demográfica, falhas no saneamento e o gradiente climático que transita do tropical úmido no Alto São Francisco ao semiárido no Submédio. Tais elementos geográficos condicionam a vulnerabilidade socioambiental do território.

A Biologia, por sua vez, fornece a base para entender a ecologia do vetor *Aedes aegypti*, sua biologia reprodutiva associada a criadouros artificiais com água parada, sua adaptação ao ambiente urbano e sua dependência de condições de temperatura e pluviosidade para completar seu ciclo. A integração entre o

conhecimento da bioecologia do vetor e a espacialização geográfica dos casos permite compreender porque os polos urbanos de Montes Claros/MG, Pirapora/MG, Petrolina/PE e Juazeiro/BA concentram as maiores ocorrências, onde a interação entre fator biológico e ocupação geográfica é mais intensa.

Os resultados demonstraram uma concentração de casos nas classes de maior incidência (>1001 casos) nos municípios de maior porte populacional localizados no Alto e Médio São Francisco, especialmente em Minas Gerais e Bahia. Nas regiões do Submédio e Baixo São Francisco, inseridas no contexto do semiárido, observou-se menor registro, contudo mantendo-se o risco de transmissão associado ao armazenamento domiciliar de água em cisternas e tonéis, prática comum que cria micro-habitats artificiais para o vetor, mesmo em períodos de estiagem.

O estudo reforça que a bacia hidrográfica constitui uma unidade territorial estratégica para a gestão integrada em saúde e ambiente, ultrapassando a lógica de análise apenas por estados e municípios, conforme preconizado pela Lei nº 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos). O uso de dados secundários do SINAN/DATASUS e de bases cartográficas oficiais da ANA e do IBGE, associado ao software livre QGIS, mostrou-se eficaz, de baixo custo e replicável para outros agravos e outras bacias hidrográficas brasileiras.

Como limitações, destaca-se o uso de dados secundários sujeitos à subnotificação e a defasagem temporal inerente aos sistemas de informação. Recomenda-se para estudos futuros a incorporação de variáveis climáticas (precipitação e temperatura), de indicadores de saneamento e de análise temporal de séries históricas, a fim de aprofundar a correlação entre determinantes ambientais, biológicos e geográficos na dinâmica da dengue.

Conclui-se que a abordagem interdisciplinar entre Biologia e Geografia, mediada pelo geoprocessamento, é uma ferramenta fundamental para a vigilância em saúde, permitindo a identificação de áreas prioritárias e o direcionamento de ações de prevenção e controle da dengue de forma mais equitativa, efetiva e territorialmente contextualizada na Região Hidrográfica do São Francisco.

A análise da Bacia do Tucunduba e do estudo de caso em Ananindeua/PA (Muniz *et al.*, 2026) demonstra que a problemática dos resíduos sólidos ultrapassa a dimensão técnica da coleta. Conforme evidenciado, mesmo com cobertura formal de coleta, a baixa recuperação de recicláveis (1,11%) e a destinação majoritária para lixões (66,7% no Pará) cria cenários de vulnerabilidade socioambiental onde 96,3% da população relata vetores de doenças. Tal realidade é análoga aos municípios do Alto e Médio São Francisco, onde o acúmulo de resíduos em áreas periféricas potencializa a proliferação do *Aedes aegypti*.

Conclui-se que a negligência governamental e o racismo ambiental, expresso na priorização de áreas nobres em detrimento de comunidades periféricas, intensificam o risco para arboviroses. A esperança de mudança reside na abertura comunitária (94,5%) para ações de limpeza coletiva, conforme apontado por

Raynara Aparecida da Costa Muniz | Jaqueline Santana Raiol | Rafael Kalil do Monte Pereira | Priscilla Figueiredo e Silva | Wallace Jose Gonçalves | Bruno Eduardo Silva do Nascimento | Juliana Tamyres Vinholte do Rêgo | Felício Batista de Souza Dolzane | Roberta Sophia de Souza e Silva | Jander do Carmo | Gabriel Alves Maciel | Luciano de Jesus Santana | Evelyn Leitão da Silva | Maise Lima Menezes | Adriano da Silva e Silva | Ronaldo Ferreira dos Reis

Simoncini *et al.* (2023), o que reforça a necessidade de políticas públicas integradas que envolvam educação ambiental, reciclagem e infraestrutura, tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Base Hidrográfica Ottocodificada e Regiões Hidrográficas: Metadados**. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 9 jan. 1997.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. DATASUS. SINAN - Dengue 2024. Brasília, 2024.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional em doze Regiões Hidrográficas. Diário Oficial da União, Brasília, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha Municipal 2025**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

MUNIZ, R. A. C. *et al.* Arcabouço institucional-teórico e as implicações socioambiental do descarte irregular do lixo: um estudo de caso em bairros/comunidades amazônicas. **Revista Cadernos Cajuína**, v. 11, n. 7, e3006, 2026. DOI: 10.52641/cadcajv11i7.3006.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Guidelines on sanitation and health**. Geneva: World Health Organization, 2018.

SOUZA, S. D. G. *et al.* Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: uma revisão sistemática integrativa. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 24, p. 551-566, dez. 2022.

TEIXEIRA, D. F. *et al.* A influência da bacia hidrográfica do Tucunduba no contexto ambiental e sanitário: um estudo acerca das doenças parasitárias em alunos da Escola de Ensino Fundamental Fonte Viva no bairro da Terra Firme em Belém do Pará. **Revista PPC – Políticas Públicas e Cidades**, Curitiba, v.13, n.2, p. 01-18, 2024.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS 3.40**. Open Source Geospatial Foundation, 2023.