

ORGANIZADORES

Filipe da Silva Peixoto
Danielle Peretti Filgueira
Robson Fernandes Filgueira
Patrícia Batista Barra
Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva
Maria Losângela Martins de Sousa

DINÂMICAS NATURAIS E DISPONIBILIDADE DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO SETENTRIONAL BRASILEIRO

Volume IV

COLEÇÃO

PENSANDO O
**SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

SOB MÚLTIPLAS
PERSPECTIVAS



ORGANIZADORES

Filipe da Silva Peixoto
Danielle Peretti Filgueira
Robson Fernandes Filgueira
Patrícia Batista Barra
Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva
Maria Losângela Martins de Sousa

DINÂMICAS NATURAIS E DISPONIBILIDADE DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO SETENTRIONAL BRASILEIRO





Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Reitora

Cicília Raquel Maia Leite

Vice-Reitor

Francisco Dantas de Medeiros Neto

Diretor da Editora Universitária da Uern (Eduern)

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Chefe do Setor Executivo da Editora Universitária da Uern (Eduern)

Jacimária Fonseca de Medeiros

Chefe do Setor de Editoração da Editora Universitária da Uern (Eduern)

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins



Conselho Editorial da Edições Uern

Edmar Peixoto de Lima

Filipe da Silva Peixoto

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Isabela Pinheiro Cavalcanti Lima

Jacimária Fonseca de Medeiros

José Elesbão de Almeida

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

Maria José Costa Fernandes

Maura Vanessa Silva Sobreira

Kalídia Felipe de Lima Costa

Regina Célia Pereira Marques

Rosa Maria Rodrigues Lopes

Saulo Gomes Batista

Revisora:

Isa Vitória Duarte de Oliveira

Diagramação e capa:

Alicya Rebeca Moura de Medeiros

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Dinâmicas Naturais e Disponibilidade da Água no Semiárido Setentrional Brasileiro-
Vol. IV [recurso eletrônico]. / Filipe da Silva Peixoto *et al.* (orgs.). – Mossoró, RN:
Edições UERN, 2025.

141 p.

ISBN: 978-85-7621-562-2 (E-book).

Coleção: Pensando o Semiárido Brasileiro sob múltiplas Perspectivas.

1. Recursos hídricos. 2. Água subterrânea. 3. Sustentabilidade hídrica. 4.
Semiárido brasileiro. I. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. II. Título.

UERN/BC

CDD 333.91

Bibliotecário: Aline Karoline da Silva Araújo CRB 15 / 783

APRESENTAÇÃO

É no Semiárido que a vida pulsa,
É no Semiárido que o povo resiste!
(Articulação Semiárido Brasileiro)

Discutir sobre o semiárido brasileiro em seu contexto físico-natural é uma tarefa tão desafiadora quanto fascinante. Essa porção do território nacional abriga uma diversidade de elementos geológicos, geomorfológicos, hidroclimáticos e biológicos que conduz à compreensão de “múltiplos semiáridos”, organizados em um mosaico dinâmico, continuamente modificado pela ação da sociedade ao longo do tempo. Soma-se a isso um desafio metodológico: muitas das abordagens desenvolvidas para estudar outras regiões, em geral, não se adequam de forma coerente à complexa e singular realidade ambiental do semiárido.

A água, elemento natural primordial da dinâmica físico-natural e das políticas voltadas para o semiárido, e as características climáticas exercem grande influência sobre a paisagem, a diversidade ambiental e os conflitos socioambientais. Muitas vezes, a disponibilidade hídrica — ou a ausência dela — é utilizada para justificar ações, empreendimentos ou intervenções que podem ser mais ou menos prejudiciais aos sistemas ambientais e, conseqüentemente, à construção de uma relação sustentável entre sociedade e natureza.

É nesse contexto que a presente obra se propõe a ampliar o conhecimento e a discussão sobre o semiárido, por meio de pesquisadoras e pesquisadores que são filhas e filhos dessa região. Esses(as) profissionais não apenas dominam tecnicamente e cientificamente áreas como Biologia, Engenharia Agrônômica, Geografia e Medicina, mas também carregam as vivências, as leituras de mundo e os lugares que marcam suas trajetórias e escolhas de pesquisa.

As diferentes visões e abordagens dessas ciências sobre uma temática central para o contexto ambiental da região produzem uma diversidade teórica e metodológica rica, inovadora e essencial para a compreensão das dinâmicas ambientais. Essa multiplicidade se consubstancia em valiosos dados, informações e reflexões, oferecendo insumos preciosos para a conservação e a preservação ambiental.

Os estudos aqui apresentados convergem para essa perspectiva, sendo produzidos no âmbito do Grupo de Pesquisa em Geografia Física do Semiárido (GEOFISA), gestado e consolidado na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), uma instituição que carrega em seu *DNA* a mesma vida pulsante que brota com as primeiras chuvas no sertão.

Criado em 2019, o grupo tem articulado pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, agregando esforços acadêmicos que vêm contribuindo significativamente para a produção científica, especialmente na região imediata de Mossoró e na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

O livro está estruturado como uma coletânea de capítulos cujas pesquisas estudam, direta ou tangencialmente, a água e o ritmo climático em sua dimensão físico-natural, estendendo-se a sua importância ambiental para a região do semiárido setentrional.

O Capítulo 1, “Clima semiárido e o serviço ecossistêmico de regulação em áreas preservadas de Caatinga: a contribuição da Floresta Nacional de Açú” apresenta uma leitura sobre o clima semiárido e evidencia como áreas preservadas de Caatinga oferecem serviços ecossistêmicos de regulação fundamentais para os municípios sendo essas áreas protegidas são elementos-chave para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais.

O Capítulo 2, “Pequenos corpos de água encontrados em litologias graníticas do semiárido: um estudo de caso sobre lagoas em bacias de dissolução da Serra do Lima, PATU-RN”, tem por objetivo caracterizar os parâmetros físico-químicos e identificar representantes da fauna que ocupam esses corpos de água temporários formados em bacias de dissolução sobre rochas graníticas.

O Capítulo 3, “Contribuições para o monitoramento entomológico do *Aedes aegypti* em um município do semiárido brasileiro”, buscou fornecer subsídios para a implantação de um sistema de monitoramento entomológico adaptado ao clima semiárido, frente a uma doença de veiculação hídrica endêmica no país.

O Capítulo 4, “Usos múltiplos dos reservatórios superficiais da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, RN”, caracterizou os reservatórios superficiais na porção cristalina da bacia, avaliando seus múltiplos usos — como consumo humano, irrigação e dessedentação animal — e analisando a capacidade de armazenamento e suas limitações.

O Capítulo 5, “Vulnerabilidade aquífera em ambiente cárstico: diretrizes para o planejamento hídrico na Chapada do Apodi – CE/RN”, teve como objetivo analisar a vulnerabilidade do aquífero em ambiente cárstico, utilizando a metodologia EPIK para zonedar áreas propensas à infiltração de contaminantes, visando o uso sustentável da água subterrânea.

O Capítulo 6, “Poços e águas subterrâneas em Mossoró-RN: legado histórico e relevância socioambiental”, retratou a importância histórica e socioambiental dos poços e águas subterrâneas no município, com base em pesquisa bibliográfica e dados secundários.

O Capítulo 7, “Autoabastecimento urbano e uso das águas subterrâneas no Bacurau 1, Semiárido Brasileiro”, buscou compreender o uso e a captação das águas subterrâneas e analisar o autoabastecimento hídrico no bairro Bacurau 1, com vistas a subsidiar uma gestão hídrica mais sustentável.

E por fim, o Capítulo 8, “Insegurança hídrica domiciliar na zona rural do município de Mossoró-RN”, analisou os níveis de insegurança hídrica em comunidades rurais, oferecendo dados que podem ser utilizados como base para políticas públicas voltadas à garantia do direito humano à água.

Nós, conscientes da atuação ativa da ciência na transformação e adaptação da sociedade, buscamos compartilhar as pesquisas aqui reunidas como contribuição a esse processo. Discutimos a água e o clima como fatores fundamentais para o entendimento da dinâmica físico-natural e suas relações com a sociedade.

Uma ótima leitura!

Os organizadores

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CLIMA SEMIÁRIDO E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO EM ÁREAS PRESERVADAS DE CAATINGA: A CONTRIBUIÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE AÇU.....	8
CAPÍTULO 2 - PEQUENOS CORPOS DE ÁGUA ENCONTRADOS EM LITOLOGIAS GRANÍTIAS DO SEMIÁRIDO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE LAGOAS EM BACIAS DE DISSOLUÇÃO DA SERRA DO LIMA, PATU-RN.....	30
CAPÍTULO 3 - CONTRIBUIÇÕES PARA O MONITORAMENTO ENTOMOLÓGICO DO <i>Aedes aegypti</i> EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	41
CAPÍTULO 4 - USOS MÚLTIPLOS DOS RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI/MOSSORÓ, RN.....	64
CAPÍTULO 5 - VULNERABILIDADE AQUÍFERA EM AMBIENTE CÁRSTICO: DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO HÍDRICO NA CHAPADA DO APODI – CE/RN.....	78
CAPÍTULO 6 - POÇOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM MOSSORÓ-RN: LEGADO HISTÓRICO E RELEVÂNCIA SOCIOAMBIENTAL.....	93
CAPÍTULO 7 - AUTOABASTECIMENTO URBANO E USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BACURAU 1, SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	105
CAPÍTULO 8 - INSEGURANÇA HÍDRICA DOMICILIAR NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN, SEMIÁRIDO POTIGUAR.....	123
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	138
SOBRE OS DEMAIS AUTORES.....	140

CAPÍTULO 1

CLIMA SEMIÁRIDO E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO EM ÁREAS PRESERVADAS DE CAATINGA: A CONTRIBUIÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE AÇU

Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva

1. INTRODUÇÃO

A leitura integrada da paisagem busca articular a compreensão de diversos elementos naturais e sociais, bem como das dinâmicas e relações socioambientais. Para o entendimento da dinâmica ambiental, o conhecimento sobre o comportamento dos elementos climáticos de um lugar é fundamental, pois esses elementos se relacionam diretamente com a biodiversidade, a geodiversidade e as características locais.

A chuva, a temperatura do ar, a umidade, o vento e a radiação solar são elementos naturais abióticos fundamentais para a dinâmica dos ecossistemas. Da mesma forma, seus ritmos anuais podem impactar e também ser impactados pelas ações da sociedade. Cada lugar apresenta um tipo climático específico em decorrência da história natural, dos fatores geográficos do clima e da circulação atmosférica e oceânica global. As transformações ocorridas ao longo do tempo no planeta Terra, aliadas à latitude, à altitude, ao relevo, à maritimidade, à continentalidade, à vegetação, às ações humanas, ao campo barométrico e aos fenômenos atmosféricos em escalas local, regional e mundial, geram a diversidade de climas que conhecemos atualmente.

O semiárido brasileiro é um tipo climático tropical sazonalmente seco, com temperaturas diurnas elevadas e intensa radiação solar (Saraiva, 2020). A proximidade com a linha do Equador, a atuação de áreas de alta pressão atmosférica e as características geoambientais contribuem para esse regime climático. O ritmo de chuvas, marcadamente sazonal, exige o desenvolvimento de políticas, ações, estratégias e tecnologias que possibilitem à população conviver com o semiárido e promover o desenvolvimento regional. No entanto, historicamente, essa região enfrentou desafios significativos em seu processo de desenvolvimento.

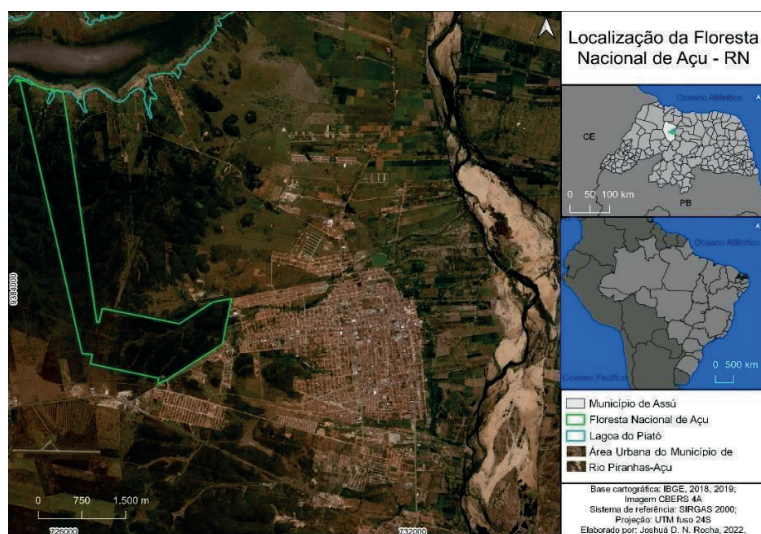
A Caatinga, compreendida como uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS), acompanha a área territorial do semiárido e constitui uma vegetação exclusivamente brasileira. Ab'Sáber (2011, p. 85) afirma: “Não existe melhor termômetro para delimitar o Nordeste seco do que os extremos da própria vegetação da caatinga. Até onde vão as diferentes faces de caatingas, de modo relativamente contínuo, estaremos na presença de ambientes semiáridos.” Ao longo de seu processo evolutivo, essa vegetação desenvolveu bioestratégias para sobreviver aos longos períodos de escassez de chuvas.

Diante das mudanças climáticas, Angelotti, Signor e Giongo (2015, p. 485) afirmam que “no Brasil, a região semiárida será uma das mais afetadas pelas mudanças climáticas globais”. Para o semiárido, o desenvolvimento de ações mitigadoras, que reduzam os níveis de carbono na atmosfera e restaurem as áreas naturais e adaptativas, que promovam a convivência com o semiárido e com as mudanças decorrentes da emergência climática global, deve considerar o papel estratégico das áreas protegidas, como as unidades de conservação. Uma Unidade de Conservação (UC) é definida como “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos” (ICMBio, 2019).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, 2000) classifica as UCs em duas categorias: Unidades de Proteção Integral, cujo objetivo é “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos” (ICMBio, 2019); e Unidades de Uso Sustentável, que buscam “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais” (ICMBio, 2019).

A área estudada nesta pesquisa é a Floresta Nacional de Açu (FLONA de Açu) (Figura 01), localizada no município de Assú–RN. Com base na classificação dos domínios morfoclimáticos estabelecida por Ab'Sáber (2011), o município de Assú está inserido no domínio das Caatingas e apresenta clima semiárido, com elevadas temperaturas médias anuais, leve redução térmica entre junho e julho, e média pluviométrica anual de 699 mm, distribuída de forma irregular ao longo do ano (IDEMA, 2015).

Figura 01. Localização da Floresta Nacional de Açu/Assú–RN



Fonte: ICMbio, 2019. Elaboração: Joshuá D. N. Rocha

Segundo o SNUC (2000), uma Floresta Nacional (FLONA) é “uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.” A FLONA de Açu é uma unidade de conservação federal de uso sustentável, localizada no município de Assú/RN, caracterizada por uma área de Caatinga preservada nas proximidades da Lagoa do Piató.

A área foi instituída como Floresta Nacional em 2001, embora já fosse protegida desde 1950 (Brasil, 1950). Atualmente, a FLONA de Açu possui 432 hectares e é classificada como periurbana, pois abrange faixas de terra tanto no perímetro urbano quanto na zona rural. Em 2019, foi elaborado o Plano de Manejo vigente, que define quatro zonas: Zona de Manejo Florestal; Zona de Adequação Ambiental; Zona de Infraestrutura; e Zona de Diretrizes de Interesse Público.

Estudar e compreender as características climáticas e os serviços ecossistêmicos de regulação prestados pela FLONA de Açu permite entender como uma área preservada de Caatinga, localizada em um município do semiárido potiguar, pode contribuir para a prestação desses serviços e colaborar em escala local para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Neste trabalho, adota-se o conceito de Serviços Ecossistêmicos (SE) como “benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais” (Brasil, 2021). Os SE são classificados em: a) serviços de provisão; b) serviços de suporte; c) serviços de regulação; e d) serviços culturais. Dentre os quatro tipos de SE, os serviços de regulação são os que mais se

relacionam com os elementos climáticos. São compreendidos como os que colaboram para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como redução das temperaturas, o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas (Brasil, 2021). Por esse motivo, os serviços de regulação foram escolhidos como foco deste trabalho.

Assim, o problema de pesquisa que orienta este estudo é: qual a contribuição, em escala local, dos serviços ecossistêmicos de regulação prestados pela Floresta Nacional de Açu? Uma das justificativas para a realização da pesquisa na FLONA de Açu é a necessidade identificada em seu Plano de Manejo (2019), que destaca a importância de estudos voltados à avaliação de seus serviços ecossistêmicos e à necessidade da ampliação de estudos desta natureza.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar os serviços ecossistêmicos de regulação prestados pela Floresta Nacional de Açu, localizada no semiárido potiguar. Em escala local, os resultados da pesquisa poderão fornecer subsídios relevantes para o planejamento e a gestão do território, bem como para o desenvolvimento de estratégias mitigadoras e adaptativas frente às mudanças climáticas globais.

2. METODOLOGIA

As etapas metodológicas deste trabalho iniciaram-se com a revisão bibliográfica e seguiram com a realização de trabalhos de campo e análise dos dados. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, descritiva e aplicada, construída entre os anos de 2015 e 2024. A ênfase do estudo recaiu sobre os serviços ecossistêmicos de regulação, por apresentarem maior relação com os elementos climáticos.

2.1. SELEÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS ESTUDADOS

A base metodológica utilizada para a seleção dos serviços ecossistêmicos de regulação investigados neste trabalho foi a Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos – CICES (2018). Essa classificação apresenta uma série de serviços ecossistêmicos, bem como suas subdivisões, grupos e categorias.

Após a análise da Classificação Internacional de Serviços Ecossistêmicos (CICES,

2018), foram identificados os serviços de regulação mais pertinentes ao tema da pesquisa, que trata das questões climáticas, e ao espaço analisado, a Unidade de Conservação Floresta Nacional de Açu. No quadro 01, os serviços ecossistêmicos de regulação, juntamente com suas divisões, grupos e classes selecionados com base na CICES, estão destacados com o número 1. Já os dados coletados nos trabalhos de campo e nos laboratórios referente à divisão, grupo e classe nos trabalhos aparecem indicadas com o número 2. Essas informações estão organizadas no Quadro 01.

Quadro 01: Serviços ecossistêmicos selecionados para a pesquisa

Serviços Ecossistêmicos de Regulação			
Divisão¹	Grupo¹	Classe¹	Dados Coletados²
Regulação de condições físicas, químicas e biológicas	Composição e condições atmosféricas	Regulação de temperatura e umidade, incluindo ventilação	Revisão bibliográfica Coleta de temperatura do ar, temperatura da superfície e umidade relativa do ar
Regulação de condições físicas, químicas e biológicas	Regulação de fluxos de linha de base e eventos extremos	Ciclo hidrológico e regulação do fluxo de água	Revisão bibliográfica Coleta de dados de chuva Caracterização da área Mapeamentos e declividade
Regulação de condições físicas, químicas e biológicas	Composição e condições atmosféricas	Regulação da composição química da atmosfera e oceanos	Revisão Bibliográfica

Fonte: CICES¹ (2018) e Autora do Trabalho²

Para a identificação e análise da prestação de serviços ecossistêmicos da Floresta Nacional de Açu, foi realizada uma análise das principais características naturais da unidade de conservação, além da realização de estudos bibliográficos e trabalhos de campo entre 2015 e 2024, correlacionados à prestação dos serviços ecossistêmicos de regulação.

2.2. MATERIAL CARTOGRÁFICO

A elaboração dos documentos cartográficos foi realizada por meio da utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS 3.10, integrando as informações geoambientais, as zonas estabelecidas no Plano de Manejo da FLONA de Açu (2019), os dados do Plano Diretor de Assú, a interpretação de imagens de satélite com recobrimento da zona urbana e da área ocupada pela unidade de conservação.

2.3. PROCEDIMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA A COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS

Foram utilizados dois tipos de equipamentos: termohigrômetros digitais acoplados a abrigos meteorológicos de madeira e pluviômetro de acrílico apoiado em base de madeira a 1,5 m de altura (Figura 02).

Figura 02. Termohigrômetro digital acoplado a abrigo meteorológico de madeira



Fonte: Saraiva, 2018

Os termohigrômetros *datalogger*, da marca Impac – modelo IP 747RH (equipamentos próprios), foram instalados em abrigos meteorológicos de madeira, acoplados a bases com 1,5 metro de altura, seguindo as normas internacionais da Organização Meteorológica Mundial – OMM. Esses instrumentos coletam dados de temperatura e umidade relativa do ar em todos os intervalos e horários ao longo do dia.

A análise dos dados climáticos foi realizada com periodicidade horária, permitindo a obtenção e medições ao longo das 24 horas do dia para os dados de temperatura e umidade relativa do ar. Para os dados de chuva, a análise foi baseada no acumulado diário (em milímetros). A classificação utilizada para interpretar o comportamento dos elementos climáticos foi desenvolvida por Saraiva (2021). Os estudos do clima urbano de Assú foram embasados no Sistema Clima Urbano de Monteiro (1975; 2003) e na análise dos canais de percepção humana: conforto térmico, qualidade do ar e impactos meteóricos.

Para a análise dos casos de chuva, foi utilizado o banco de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), abrangendo o período de 1992 a 2024. A classificação anual dos totais de precipitação (em milímetros) seguiu a técnica dos *quantis*, também utilizada pela própria EMPARN. Além da coleta de dados climáticos e do uso de índices, foi realizado o levantamento de dados sobre a Temperatura da Superfície Terrestre (TST).

2.4. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Após a caracterização da área estudada, a coleta e análise dos dados climáticos, as visitas *in loco* e a produção das cartografias, foi possível realizar a avaliação dos serviços ecossistêmicos de regulação da Floresta Nacional de Açu. Para sintetizar as informações referentes aos serviços ecossistêmicos oferecidos pela unidade de conservação estudada, foi construído um quadro temático com as principais informações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SEMIÁRIDO, CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS LOCAIS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO

Durante muito tempo, utilizou-se como justificativa para a existência da mancha semiárida do Nordeste brasileiro a presença do Planalto da Borborema. No entanto, essa explicação já não é mais considerada suficiente. O recorte espacial do Planalto da Borborema pode exercer influência microclimática por meio dos efeitos de sotavento e barlavento. Torres e Machado (2011, p. 204-205) afirmam que “[...] na região Sudeste, por exemplo, esse barramento é bem mais elevado (Serra do Mar em comparação com o Planalto da Borborema), e nem por isso tem um clima semiárido predominante”. Estudos comprovam que a semiaridez brasileira é causada, sobretudo, pela atuação de áreas de alta pressão atmosférica, que dificultam a entrada de massas de ar carregadas de umidade, mesmo nas proximidades do litoral.

As razões da existência de uma extensa região semiárida, isolada em um quadrante de um continente predominantemente úmido, são relativamente complexas. Há, de fato, importância no papel desempenhado pela massa de ar Equatorial Continental (EC), que irriga as depressões interplanálticas nordestinas. Por outro lado, células de alta pressão atmosférica penetram profundamente no interior dos sertões durante o inverno austral, em função das condições meteorológicas do Atlântico centro-ocidental. Quando a Massa Tropical Equatorial (incluindo a atuação dos ventos alísios) tem baixa penetração de leste a oeste, beneficia apenas a Zona da Mata durante o inverno. Esses fatores contribuem para o prolongado vazio de precipitação, que pode durar de seis a sete meses no domínio dos sertões (Ab’Sáber, 2003, p. 84).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) tem grande importância para a porção do extremo norte do Nordeste, enquanto outras

massas de ar, como a Massa Equatorial Continental (MEC), atuam na porção centro-sul da região. Melo, Cavalcante e Souza (2009, p. 28) destacam que, no Nordeste brasileiro:

O Maranhão (norte e centro), o Piauí (norte e centro), o Ceará, o Rio Grande do Norte e os sertões da Paraíba e Pernambuco são, entre os Estados nordestinos, aqueles que mais recebem a influência da ZCIT organizada sobre o Atlântico Equatorial. Nessas áreas, os máximos de precipitação ocorrem em março e abril, meses nos quais esse sistema atua de maneira mais regular (Melo; Cavalcante; Souza, 2009, p. 28).

Gomes e Zanella (2023, p. 223) apresentam uma relevante pesquisa sobre as causas e características da semiaridez no Nordeste brasileiro e destacam que:

A atuação apenas dos ramos finais dos sistemas atmosféricos mais importantes, apresentando, assim, relativamente pouca umidade associada ou um período de atuação curto, ajuda a explicar os totais pluviométricos relativamente baixos para uma região tropical, embora ainda pareça haver terreno para discussão e especulação. As causas da imensa variabilidade de intensidade, temporalidade e espacialidade dos mesmos sistemas (que causam as secas), contudo, já foram amplamente discutidas. Fenômenos oceânicos-atmosféricos são os responsáveis pela variabilidade que ocorre de um ano para outro (Gomes; Zanella, 2023, p. 223).

O município selecionado para esta pesquisa foi Assú, localizado na porção semiárida do estado do Rio Grande do Norte. Situado a 5°34'36" de latitude sul e com altitude média de 27 metros na sede municipal. O município recebe elevadas taxas anuais de radiação solar, contabilizando cerca de 2.700 horas de insolação ao ano. Esses atributos influenciam diretamente os valores da temperatura do ar, cujas médias são: máxima de 33°C, média anual de 28,1 °C e mínima de 21°C (IDEMA, 2008). O Quadro 02 apresenta a média anual da irradiação solar global para o município de Assú, com base em dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Quadro 02. Média do total diário da irradiação global horizontal em Wh/m². dia para Assú-RN.

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Total	59937	6055	5998	5760	4977	5270	5270	5935	6344	6501	6512	6029

Fonte: INPE (2025). Organização do quadro: autora

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) classificam a área ocupada pelo município de Assú como de clima tropical equatorial, com sete a oito meses de estiagem, marcada por variabilidade pluviométrica tanto interanual quanto entre os anos. A média pluviométrica é de 750 mm (IDEMA, 2008). A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

(EMPARN) adota uma classificação anual baseada no total de precipitação, categorizando os anos como muito secos, secos, normais, chuvosos ou muito chuvosos. O Quadro 03 apresenta os totais pluviométricos correspondentes a cada categoria, conforme estabelecido pela EMPARN (2005).

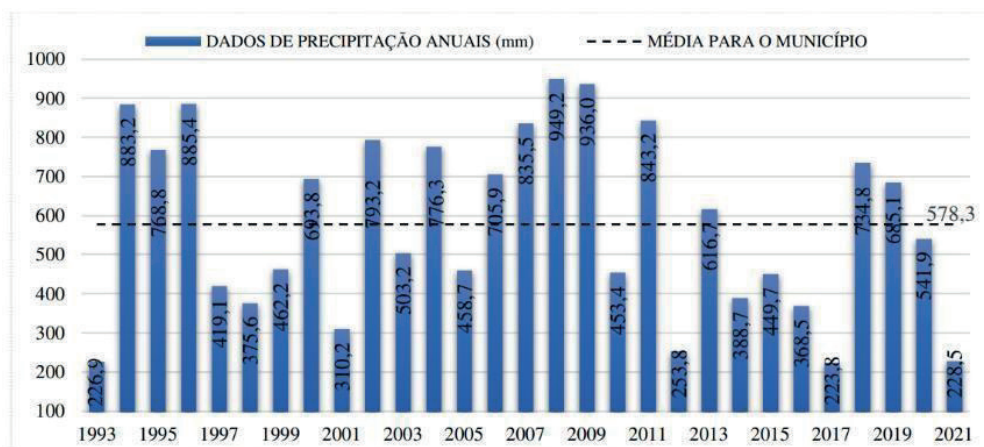
Quadro 03: Classificação anual com base nos totais pluviométricos para o município de Assú-RN.

Classificação Anual	Muito seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
Total em milímetros	>375	375 > 527	527 > 802	802 > 1003	< 1003

Fonte: ENPARN,2005. Organização do autor

Saraiva *et al.* (2015) avaliaram os totais pluviométricos registrados em Assú entre os anos de 2000 e 2010. Os autores constataram que, nesse período, um ano foi classificado como muito seco, três como secos, quatro como normais e três como chuvosos. Posteriormente, Rocha (2023) ampliou essa análise, contemplando o período de 1993 a 2021, conforme ilustrado na Figura 03.

Figura 03: Precipitação total anual do município de Assú/RN entre os anos de 1993 e 2021

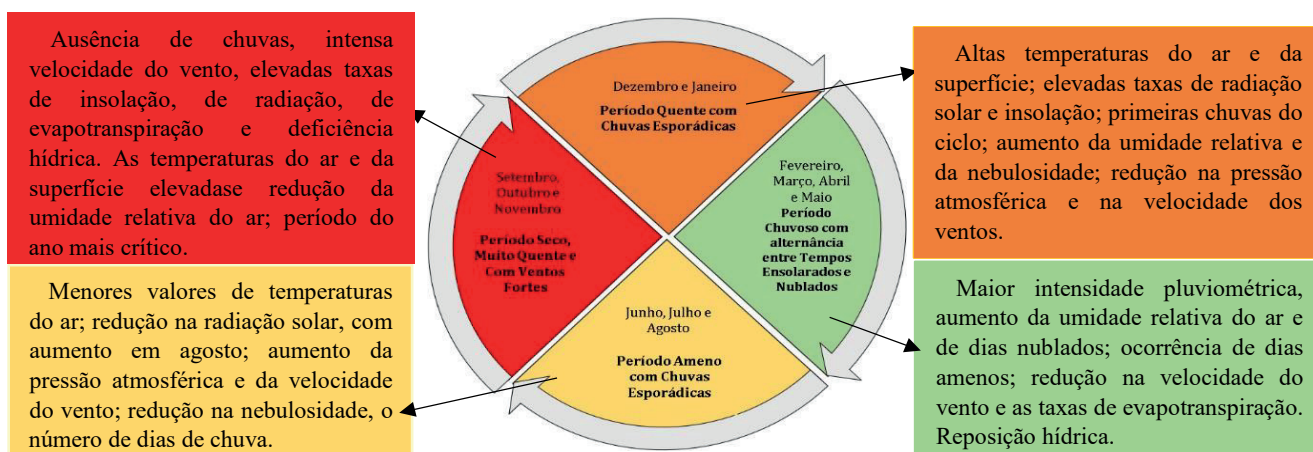


Fonte: Rocha (2023, p.31) e EMPARN (2022).

O estudo de Rocha (2013) destacou a variabilidade interanual ao longo de três décadas, ressaltando que essa oscilação é uma característica marcante do clima semiárido brasileiro, frequentemente influenciada por fenômenos globais, como *El Niño* e *La Niña*. Destaca-se, ainda, que essa variabilidade também compõe o ritmo climático do município de Assú, em que os meses mais chuvosos concentram-se entre fevereiro e maio, enquanto os mais secos ocorrem entre setembro e novembro.

Com base na dinâmica climática anual local, Saraiva (2021) estabeleceu uma classificação de períodos climáticos anuais para o semiárido potiguar, aplicável também ao município de Assú. A autora definiu quatro períodos climáticos principais, baseando-se nos elementos: temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar, radiação e ventos. A Figura 04 apresenta os períodos climáticos interanuais e suas principais características.

Figura 04. Ciclo climático interanual do semiárido potiguar e suas principais características



Fonte: Saraiva, 2021.

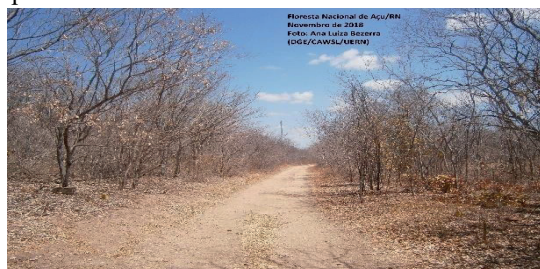
A dinâmica interanual do clima local evidencia a variabilidade sazonal dos elementos climáticos, com destaque para os totais mensais de precipitação, que geram mudanças significativas na paisagem e nos ciclos biogeoquímicos da Caatinga. A vegetação deste domínio desenvolveu mecanismos adaptativos que possibilitam sua sobrevivência mesmo em longos períodos de estiagem, como caducifólia, raízes profundas, presença de espinhos, caules suculentos e folhas reduzidas. A resiliência e a beleza dessa vegetação moldam paisagens únicas, expressando a força e a resistência da Caatinga ao longo dos ciclos do ano (Figuras 05 e 06).

Figura 05. Paisagem da FLONA de Açu durante o período chuvoso de 2018



Fonte: Saraiva (2018)

Figura 06. Paisagem da FLONA de Açu durante o período seco de 2018



Fonte: Saraiva (2018)

Com o objetivo de compreender com maior profundidade a dinâmica climática local, suas particularidades e a importância das áreas preservadas tanto para o equilíbrio climático quanto para a prestação dos serviços ecossistêmicos de regulação, foram desenvolvidas, entre os anos de 2015 e 2024, uma série de pesquisas voltadas à análise do clima, com destaque para a Floresta Nacional de Açu (FLONA), considerada estratégica na regulação térmica e hídrica da região. Nesse contexto, destaca-se o Projeto de Pesquisa intitulado “Análise climática na unidade de conservação Floresta Nacional de Açu/Semiárido Potiguar – UERN (2019/2020)”, que realizou uma análise microclimática na FLONA, com a coleta de dados em dois pontos distintos (Figuras 07 e 08).

Figura 07. Abrigo Meteorológico no Ponto 1



Fonte: Autora (2019)

Figura 08. Abrigo Meteorológico no Ponto 2



Fonte: Autora (2019)

Durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa, os dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos em dois pontos de coleta na Floresta Nacional de Açu foram comparados com o objetivo de identificar diferenças microclimáticas entre as localidades estudadas. No Ponto 1, o termohigrômetro foi instalado em uma área sombreada; no Ponto 2, em uma área exposta à radiação solar direta. A distância entre os dois pontos é de aproximadamente 120 metros.

Os dados coletados entre os anos de 2019 e 2020 revelaram que, nos horários diurnos mais críticos do ponto de vista higrotérmico, a sombra gerada pela copa da espécie

Aspidosperma pyrifolium, popularmente conhecida como pereiro, foi capaz de reduzir a temperatura em até 3,6 °C quando comparada à área exposta. No dia 15 de setembro de 2019, foi registrado o maior valor de temperatura: às 15h, o Ponto 2 atingiu 39,6 °C, enquanto o Ponto 1 registrou 36,0 °C (Quadro 04).

Quadro 04 – Distribuição horária da Temperatura do Ar no P1 e P2

Temperatura do Ar																								
Dia	15/09/2019																							
Horário	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
P1	25,3	24,9	24,3	23,7	22,9	22,5	23,0	25,3	27,9	29,7	31,3	32,7	33,8	34,6	35,5	36,0	35,7	34,2	32,3	30,2	28,6	27,5	26,7	26,1
P2	25,0	24,4	23,7	22,3	21,1	20,7	21,8	26,2	29,2	31,9	33,5	35,3	36,0	37,9	38,7	39,6	38,5	34,8	31,9	29,8	28,3	27,1	26,2	25,6
Amplitude	0,4	0,5	0,6	1,4	1,7	1,8	1,2	0,8	1,3	2,2	2,2	2,6	2,2	3,3	3,2	3,6	2,8	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5

Fonte: Autora (2019)

A comparação dos dados de umidade relativa do ar no mesmo horário revelou uma diferença de 8%. O Ponto 2 apresentou umidade relativa de 8,9%, valor classificado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como “não recomendado à saúde humana – estado de emergência”. Já o Ponto 1 registrou 17%, índice considerado como “estado de alerta” (Quadro 05).

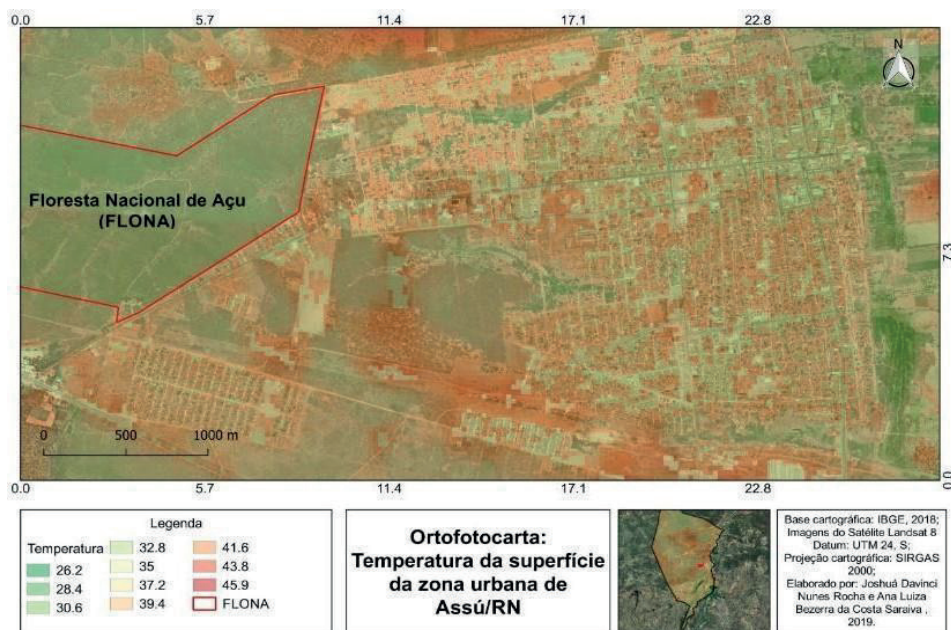
Quadro 05 – Distribuição horária da Umidade Relativa do Ar no P1 e P2

Umidade Relativa do Ar																								
Dia	15/09/2019																							
Horários	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
P1	68,7	70,4	72,2	75,5	77,0	77,9	78,4	63,0	52,5	43,8	36,0	29,6	23,7	20,0	19,2	17,0	16,8	22,6	34,2	46,4	53,3	57,5	60,6	54,8
P2	74,4	77,5	80,9	85,8	88,3	90,9	93,2	64,3	50,7	37,4	29,5	23,2	18,0	12,9	12,2	8,9	10,0	19,8	35,7	48,9	56,9	61,8	65,5	59,4
Amplitude	5,7	7,1	8,7	10,3	11,3	13	14,8	1,3	1,8	6,4	6,5	6,4	5,7	7,1	7	8,1	6,8	2,8	1,5	2,5	3,6	4,3	4,9	4,6

Fonte: Autora (2020)

Considerar o papel da vegetação nas cidades do semiárido é estabelecer uma articulação direta entre ambiente e saúde, principalmente relacionada ao conforto térmico humano. Um estudo introdutório, realizado no âmbito do mesmo projeto de pesquisa, utilizou dados de temperatura da superfície terrestre para comparar a FLONA de Açú com a zona urbana do município de Assú. A diferença de temperatura de superfície entre os dois ambientes ultrapassou 10 °C (Figura 09).

Figura 09. Temperatura da Superfície da zona urbana de Assú

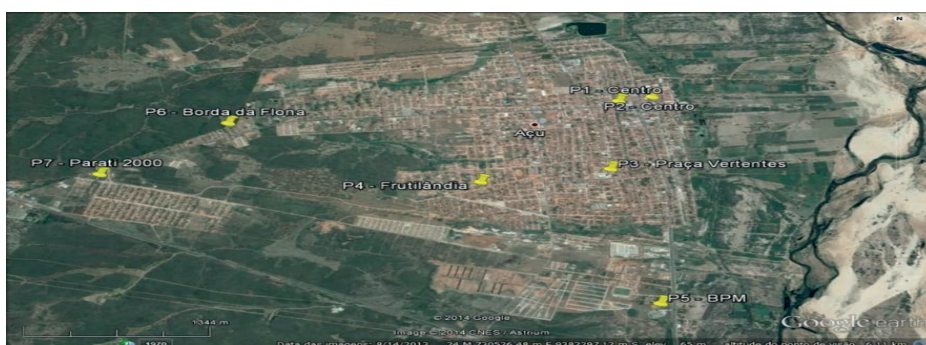


Fonte: Joshua D. N. Rocha/Organização: Ana Luiza B. C. Saraiva.

É possível que as áreas com temperaturas de até 45,9 °C, identificadas na imagem, correspondam a regiões afetadas por fumaça decorrente de incêndios e queima de lixo. A análise reforça a importância das áreas verdes preservadas, especialmente nas zonas urbanas das cidades semiáridas, como reguladoras do microclima. Nesse contexto, a prestação dos serviços ecossistêmicos de regulação pela FLONA de Açu revela-se essencial para a regulação térmica local e para a promoção da qualidade de vida da população.

Reconhecendo que as áreas naturais protegidas exercem papel crucial na regulação climática em escala local, é indispensável considerar a influência da FLONA de Açu sobre o clima do município de Assú. Ferreira (2020) avaliou o clima urbano da cidade durante um episódio de primavera (2014), investigando os valores simultâneos de temperatura e umidade relativa do ar em sete pontos distintos da zona urbana (Figura 10).

Figura 10. Localização dos Pontos de Coleta na Zona Urbana de Assú/RN



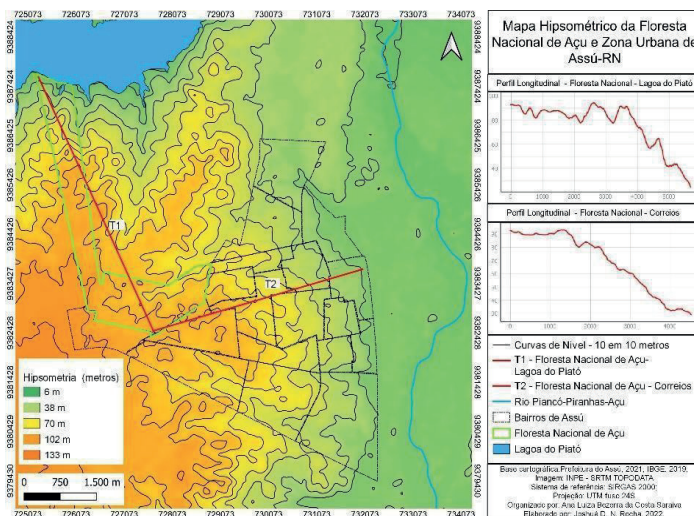
Fontes: Imagens de Satélite: Google Earth©, 2015. Organização: Fonte: Ferreira (2018)

Ferreira (2018) identificou que, nos horários mais críticos (entre 12h e 15h), os menores valores de temperatura foram registrados no ponto localizado nas proximidades da Floresta Nacional de Açu, no bairro Alto do São Francisco. Em 19/11/2014, às 12h, a amplitude térmica entre o ponto mais quente (Centro – 36,2 °C) e o mais ameno (borda da FLONA de Açu – 31,5 °C) foi de 4,7 °C. No mesmo horário, a umidade relativa do ar variou em 19,5%, sendo 45,5% no ponto mais ameno e 26% no mais seco — este último classificado pela OMS como “estado de atenção”.

Com o intuito de compreender a prestação de serviços ecossistêmicos de regulação, é fundamental considerar o papel da FLONA de Açu na drenagem local. O município de Assú encontra-se quase inteiramente inserido na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. A zona urbana é margeada pelo rio, e parte de seu leito esquerdo é ocupada por bairros da cidade, que contam com diversos canais fluviais compondo as microbacias urbanas (Fernandes Neto, 2019; Frutuoso, 2020; Rocha, 2023). Outro elemento de destaque é a Lagoa do Piató, uma das mais importantes do estado, que margeia a porção rural da unidade de conservação.

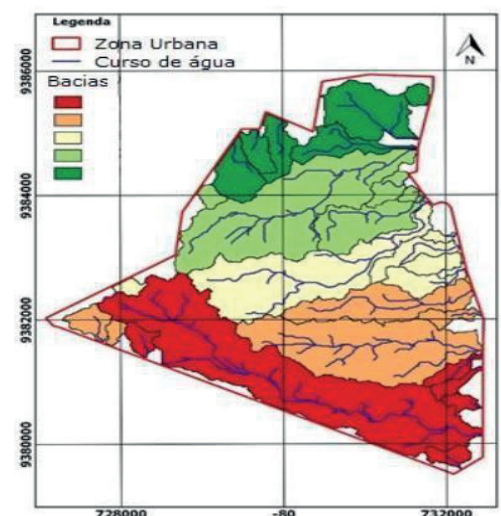
A análise da hipsometria das zonas urbana e rural (Figura 11), bem como dos cursos d’água e microbacias (Figura 12), evidencia que as áreas mais elevadas, ocupadas pela FLONA, contribuem significativamente para a dispersão das águas pluviais. O escoamento superficial dessas águas ocorre em direção à Lagoa do Piató, na porção noroeste, e ao rio Piranhas-Açu, nas porções sudeste e nordeste, reforçando a função da unidade na dinâmica hidrológica local.

Figura 11. Hipsometria da Flona de Açu e de áreas próximas



Fonte: Joshua D. N. Rocha/Organização: Ana Luiza B. C. Saraiva

Figura 12. Cursos de água e microbacias



Fonte: Adaptado de Fernandes Neto (2019)

Os perfis longitudinais representados no Trajeto 1 (T1) e Trajeto 2 (T2), apresentados

Fonte: ICMbio (2019)

Os trabalhos de campo realizados para o desenvolvimento das pesquisas apresentadas neste estudo, aliados ao referencial teórico adotado sobre os serviços ecossistêmicos de regulação, a Floresta Nacional de Açu e as questões ambientais urbanas do município de Assú, possibilitaram a elaboração do Quadro 05, o qual sintetiza alguns dos serviços ecossistêmicos de regulação prestados pela FLONA de Açu.

Quadro 05: Serviços Ecossistêmicos de Regulação Prestados pela Flona de Açu

Categoria de Serviço Ecossistêmico	Elemento(s) Abióticos e Bióticos	Tipo de Serviço Ecossistêmico	Descrição do Serviço Ecossistêmico	Referencial Teórico Sobre o Tema Abordado	Danos Causados Caso a Prestação do Serviço Seja Prejudicada
Regulação	Clima	Equilíbrio higratérmico	Redução das temperaturas locais e aumento da umidade relativa do ar	Saraiva <i>et. al.</i> 2015; Alves e Amaro, 2018; Saraiva, 2019; Ferreira, 2020; Oliveira e Santos, 2024a;	As temperaturas locais podem aumentar devido ao uso e ocupação da terra, elevando a evapotranspiração e reduzindo a umidade
Regulação	Clima	Balanco de radiação	Uso da radiação solar para fotossíntese e áreas de sombreamento	Ferreira, 2020; Oliveira e Santos, 2024b;	A redução da cobertura vegetal poderá diminuir a área sombreada e causaro aumento da radiação solar incidente no solo.
Regulação	Clima	Composição e condição da atmosférica	Regulação da composição química e de materiais particulados da atmosfera	Mendes, <i>et al.</i> , 2020 Mendes, <i>et al.</i> , 2021. Saraiva, 2025.	Considerando que a área é um importante polo ceramista do RN, o balanço entre CO ₂ e O ₂ pode ser prejudicado, assim como a filtragem e a precipitação de materiais particulados oriundos da queima de carvão, provocada pelo uso de combustíveis fósseis.
Regulação	Água	Regulação de água superficiais e águas subterrâneas	Regulação dos processos de infiltração e do escoamento superficial das águas pluviais	Saraiva, 2019; Fernandes Neto, 2019; Frutuoso, 2020; Rocha, 2023; Oliveira e Santos, 2024a; Oliveira e Santos, 2024b.	Considerando que a área da unidade é suavemente mais elevada que as áreas do entorno e que existem córregos intermitentes na UC, as águas que precipitam na Flona de Açu escoam em diferentes direções, parte para a zona urbana e parte para a zona rural. A redução da vegetação causaria aumento do escoamento superficial e diminuição da infiltração.

Regulação	Água	Regulação de água superficiais	Redução do escoamento superficial das águas pluviais	Saraiva, 2019; Fernandes Neto, 2019; Frutuoso, 2020; Rocha, 2023; Oliveira e Santos, 2024a; Oliveira e Santos, 2024b.	A redução da cobertura vegetal poderá causar aumento do escoamento superficial, potencializando os danos provocados por eventos extremos e episódios de inundação.
Regulação	Água e solos	Regulação de água superficiais e da erosão dos solos	Regulação dos processos de infiltração, do escoamento superficial das águas pluviais, da erosão dos solos e da retenção de sedimentos	Saraiva, 2019; Fernandes Neto, 2019; Frutuoso, 2020; Rocha, 2023; Oliveira e Santos, 2024a; Oliveira e Santos, 2024b.	Considerando que a área da unidade é mais elevada que as do entorno, as águas que precipitam na Flona de Açú escoam em diferentes direções. A perda de vegetação aumentaria o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão do solo.
Regulação	Água e solos	Regulação de água superficiais e erosão dos solos	Regulação do escoamento superficial das águas pluviais, erosão dos solos e assoreamento da Lagoa	Saraiva, 2019; Fernandes Neto, 2019; Frutuoso, 2020; Rocha, 2023; Oliveira e Santos, 2024a; Oliveira e Santos, 2024b.	A ausência de vegetação, aliada ao escoamento superficial e à erosão do solo, agravaria os processos de assoreamento da Lagoa do Piató.

Fonte: Autora

É importante destacar que os trabalhos de Saraiva *et al.* (2015), Ferreira (2020), Mendes *et al.* (2020), Mendes *et al.* (2021), Fernandes Neto (2019), Saraiva (2024), Frutuoso (2020) e Rocha (2023) não abordam exclusivamente a FLONA de Açú. No entanto, os estudos sobre o fluxo de carbono em ambientes de Caatinga potiguar, a drenagem urbana de Assú e o clima urbano do município possibilitam uma contextualização significativa da contribuição dessa unidade de conservação. Essas evidências reforçam o papel estratégico das áreas preservadas e protegidas como elementos-chave para a mitigação das mudanças climáticas em escala local, além de destacarem sua importância enquanto estratégias adaptativas fundamentais para ambientes urbanos e rurais. Tais áreas devem ser consideradas essenciais no planejamento territorial estratégico e na promoção da qualidade de vida das populações locais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O semiárido brasileiro é um dos mais fascinantes do mundo. Apresenta uma biodiversidade, geodiversidade e riqueza cultural notáveis, associadas a um clima quente, sazonalmente seco e com elevadas taxas de evapotranspiração.

Com base na literatura científica, nos trabalhos de campo e nos dados coletados, foi possível compreender o ritmo climático local do município de Assú e aprofundar o entendimento sobre os serviços ecossistêmicos de regulação prestados pela Floresta Nacional de Açu, especialmente no que se refere ao clima — alcançando, assim, o objetivo proposto neste trabalho.

É evidente o papel primordial que essa área preservada de Caatinga, localizada próxima à zona urbana do município, exerce na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Além disso, destaca-se seu valor enquanto Solução Baseada na Natureza (SbN), evidenciando como ecossistemas de Caatinga com cobertura vegetal contínua podem contribuir significativamente para a regulação térmica, a drenagem urbana e a saúde da população. Os serviços de regulação relacionados ao clima, à hidrografia e ao solo são essenciais para a qualidade ambiental do município. A FLONA de Açu desempenha um papel estratégico na dinâmica urbana local, favorecendo a recarga de aquíferos e abrigando pesquisas reconhecidas nacional e internacionalmente.

Este estudo contribuiu para a produção científica voltada aos serviços ecossistêmicos da Caatinga, atendendo inclusive a uma das diretrizes previstas no Plano de Manejo da FLONA de Açu. As evidências apresentadas podem colaborar para a valorização dessa unidade de conservação como meio para estudos que contribuam com o planejamento e educação ambiental no semiárido potiguar.

Além dos serviços analisados, futuras investigações podem aprofundar a compreensão de outros serviços ecossistêmicos de regulação, tais como: regulação da qualidade do solo; regulação nutricional de animais; manutenção dos ciclos de vida e do pool genético; refúgio, abrigo e proteção de habitats; controle de pragas e doenças; polinização e dispersão de sementes; atenuação de ruídos; e moderação de distúrbios naturais (COSTANZA *et al.*, 1997; HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018; CICES, 2018).

É urgente incluir a Caatinga no debate nacional e internacional sobre as mudanças climáticas, uma vez que este domínio apresenta características únicas que revelam seu potencial de adaptação e de enfrentamento a eventos climáticos extremos. A Caatinga é forte, resiliente e adaptada. Merece respeito e cuidado. Que novos estudos, projetos e políticas

públicas voltadas à ampliação das unidades de conservação, à criação de novas áreas protegidas e à recuperação de áreas degradadas sejam priorizados, fortalecendo a defesa desse domínio único e estratégico para o futuro do Brasil.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVES, A. M.; AMARO, V. E. Alterações climáticas relacionadas à exploração energética nas áreas de conservação e nos geossistemas da Bacia Potiguar. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 2, p. 471–486, 2018. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br>. Acesso em: 4 abr. 2025.

BANDEIRA, J. M. A. **Floresta Nacional de Açu/RN: (re)conhecendo a Caatinga através do livro didático e estudo do meio**. Recife: PDVL, 2018.

BRASIL. **Lei nº 1.175, de 10 de agosto de 1950**. Cria, no Município de Assu, Estado do Rio Grande do Norte, um horto florestal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 ago. 1950, p. 12129.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 jan. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Floresta Nacional de Açu terá plano de manejo**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/1311-floresta-nacional-de-acu-tera-plano-de-manejo#>. Acesso em: 28 fev. 2022.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Açu**. Rio Grande do Norte, 2019.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. Tradução: Francisco Eliseu Aquino *et al.* 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

COCKELL, C. (Org.). **Sistema Terra-Viva: uma introdução**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997.

- DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488–506, 2015. Disponível em:
<https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/38839/19692>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- EMPARN. **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A**. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/>. Acesso em: jul. 2021.
- FAGUNDES, M. V. **Atributos funcionais de Caatinga, uma floresta sazonalmente seca: estratégias, distribuição espacial, interações entre plantas e restauração de comunidades**. Natal, 2020.
- FERREIRA, J. S. Uma análise do campo térmico urbano de Assú RN. Assú, 2020. 24 p.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.
- FIGUEIRÓ, A. S. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- FERRAZ, R. P. D. et al. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- FLÁVIA INGRID B. P. GOMES; ZANELLA, M. E. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. **Geografares**, Vitória, v. 3, n. 37, p. 209–233, 2023. DOI: 10.47456/geo.v3i37.41515.
- FRUTUOSO, G. K. C. Avaliação do risco de inundação na área urbana de Assú – RN como ferramenta para o planejamento urbano. Mossoró, 2020. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** – UERN.
- GAUDERETO, G. L. *et al.* Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 21, 2019.
- GIRARDI, G.; ROSA, J. V. **Atlas geográfico do estudante**. São Paulo: FTD, 2011.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M.; KIENAST, F. Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and tradeoffs. **Ecological Indicators**, v. 21, p. 39–53, 2012.
- IDEMA. **Perfil do seu Município**. Natal, 2008. Disponível em:
<http://adcon.rn.gov.br.br/ACERVO/idema/DOC/DOC0000000000016656.PDF>. Acesso em: 21 jan. 2015.
- LIRA, R. B. de et al. **A flora herbácea na Flona – Flona de Açú-RN**, 2007. Disponível em:

<https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/2792>. Acesso em: fev. 2022.

MELLO, J. W. V.; CAVALCANTE, R. M. B.; SOUZA, M. D. **Elementos do clima e da meteorologia. Fortaleza:** UFC, 2009.

MENDES, K. R. et al. Seasonal variation in net ecosystem CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 9454, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66415-w>.

MENDES, K. R. *et al.* Assessment of SITE for CO₂ and Energy Fluxes Simulations in a Seasonally Dry Tropical Forest (Caatinga Ecosystem). **Forests**, v. 12, n. 86, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f12010086>.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment.** Washington, DC: Island Press, 2003.

MILLER, G. T.; SCOTT, E. S. **Ecologia e Sustentabilidade.** Tradução: EZ2Translate. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

OLIVEIRA, M. B. de; SANTOS, J. Y. G. dos. Caracterização geoambiental da unidade de conservação Floresta Nacional de Açu, no Semiárido brasileiro. In: XX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA, 2024b. Belém. **Anais [...].** Belém: Editora Realize,

2024. Disponível em:

https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHOEV206_MD1_ID192_TB854_01102024110009.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025. ISSN 2236-5311.

OLIVEIRA, M. B. de; SANTOS, J. Y. G. dos. Análise de variação da temperatura de superfície da Floresta Nacional de Açu, Assú/RN, ao longo do ano de 2020. In: XX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA, 2024a. Belém. **Anais [.].** Belém: Editora Realize, 2024 Disponível em:

https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO_EV206_MD1_ID192_TB854_01102024110009.pdf. Acesso em: 4 abr. 2025. ISSN 2236-5311.

ROCHA, J. D. N. Impactos da urbanização em canais fluviais intermitentes: subsídios ao planejamento urbano da cidade de Assú/RN. 2023. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) –

UERN, Assú, 2023.

SARAIVA, A. L. B. C. O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico. 2014.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese7595_analuiza.pdf. Acesso em: 14 nov. 2018.

SARAIVA, A. L. B. C. et al. Distribuição das chuvas no município de Assú-RN entre os anos de 2000 e 2010. In: **Anais.. XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, São Luís, 2015.

SARAIVA, A. L. B. C. “É hora de ser Refloresta”: reflexões iniciais sobre mitigação e adaptação às mudanças climáticas no semiárido potiguar/Brasil. In: **Anais.. XIV Congresso Brasileiro de Climatologia**, João Pessoa, 2021.

SARAIVA, A. L. B. C. A natureza cíclica do clima: uma leitura do ritmo climático no semiárido potiguar – Mossoró/RN. In: PERERA NETO, M. C.; SARAIVA, A. L. B. C. (Org.).

Geografia do Semiárido: perspectivas geoambientais para planejamento e reconhecimento do território. Mossoró: Edições UERN, 2020.

SARAIVA, A. L. B. C. **Projeto de pesquisa:** Análise climática na unidade de conservação Floresta Nacional de Açú/Semiárido Potiguar – UERN (2019/2020). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, 2019.

SARAIVA, A. L. B. C. Fluxo de carbono e serviço ecossistêmico de regulação em áreas do domínio semiárido da Caatinga, Nordeste brasileiro. 2024. **Qualificação** (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Assú, 2024.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CAPÍTULO 2

PEQUENOS CORPOS DE ÁGUA ENCONTRADOS EM LITOLOGIAS GRANÍTICAS DO SEMIÁRIDO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE LAGOAS EM BACIAS DE DISSOLUÇÃO DA SERRA DO LIMA, PATU-RN

*Danielle Peretti
Robson Fernandes Filgueira
Luiz Tavernard de Souza Neto*

1. INTRODUÇÃO

Formadas pelo resfriamento lento do magma no interior da crosta, as rochas granitóides integram o embasamento rochoso dos continentes (Twindale; Romani, 1994). As porções do embasamento que surgem na superfície na forma de extensos afloramentos rochosos são denominadas escudos cristalinos. Nessas áreas, a litologia granítica confere à paisagem características bastante peculiares.

As peculiaridades do relevo granítico estão associadas ao modo de ocorrência, texturas, estruturas e composição química das rochas graníticas, pois a combinação entre essas características vai definir a resistência da rocha aos agentes de erosão e intemperismo e ao tectonismo. Por exemplo, rochas fraturadas, expostas à superfície e ricas em minerais mais suscetíveis ao intemperismo químico tendem a ser desgastadas com maior facilidade.

Pesquisas sobre o relevo granítico, realizada por autores como Twindale e Romani (1994), Alvarez (1999), Romani e Temiño (2004) e Migón (2006), evidenciam que as feições deste tipo de relevo resultam de uma combinação entre processos erosivos (exumação) e intempéricos.

Sobre a superfície de corpos intrusivos graníticos exumados, como lajedos e *inselbergs*, o acúmulo de água em depressões tende a solubilizar os minerais, que posteriormente são transportados pelo escoamento superficial. Com o tempo, essas depressões vão se aprofundando e alargando, adquirindo formato arredondado e diâmetros que podem chegar a vários metros, passando a ser denominadas bacias de dissolução ou *pias* (*weathering pits* ou *gnammas*).

De fato, conforme Twindale e Romani (1994), as bacias de dissolução podem apresentar formas, tamanhos, profundidades e volumes variados. Como as rochas graníticas não são permeáveis, as bacias de dissolução tendem a constituir corpos de água naturais ao armazenarem a água da chuva, do escoamento superficial ou de fonte natural oriunda de aquífero fissural. A capacidade de armazenamento, contudo, será função das dimensões da bacia.

No sudoeste do Rio Grande do Norte ocorrem afloramentos de rochas graníticas, resultantes de processos geomorfológicos que provocaram o aplainamento da superfície e a exposição de plútons, evidenciados por *inselbergs* dômicos, ou *borhardts*, alguns com superfície ondulada que lembram o dorso de um elefante, a exemplo da Serra do Lima, no município de Patu. Conforme mapeamento geológico realizado pela CPRM (2000), essa formação rochosa possui natureza cálcioalcalina de médio a alto potássio, constituídos por granito e granodiorito grosseiro a porfirítico associados a diorito e fases intermediárias da mistura.

Na superfície destes plútons aflorantes, é encontrada uma grande variedade de bacias de dissolução, as quais, sobretudo durante a estação chuvosa, formam corpos de água temporários, que criam um microclima em seu entorno e representam fonte de água e hábitat para a biota local. Como a região se encontra sob clima semiárido, caracterizado por pluviosidade irregular, temperaturas elevadas e evaporação intensa, ao longo do ano, há uma grande variação no nível da água destas lagoas, o que influencia em seus parâmetros físico-químicos e biológicos.

Bayly (1997), em estudo realizado na Austrália, observou que, por apresentarem pequena dimensão em comparação com outros tipos de corpos d'água lênticos, o estudo da biota de bacias de dissolução preenchidas por água da chuva costuma ser negligenciado, o que, para esse autor, é um grande equívoco, pois, sua pequena dimensão facilita a amostragem e a manipulação experimental, conferindo-lhes importância igual ou maior que a de corpos de água de maior dimensão no que diz respeito à ilustração de princípios ecológicos.

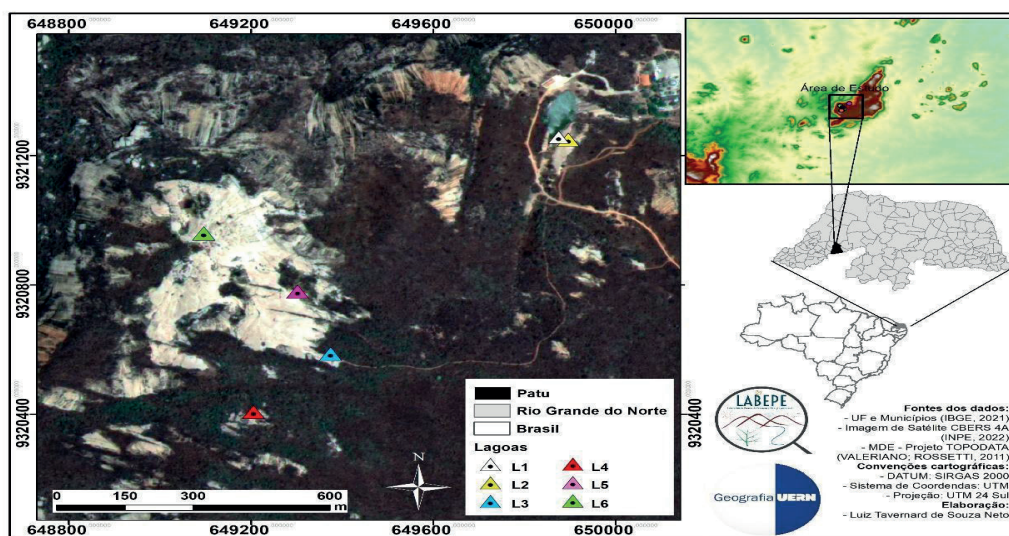
Este trabalho tem por objetivo fazer uma caracterização dos parâmetros físico-químicos e identificar representantes da fauna ocupante desses corpos de água temporários, formados em bacias de dissolução em rochas graníticas na Serra do Lima, em Patu-RN.

2. METODOLOGIA

A área de estudo desta pesquisa corresponde à porção sudoeste do *inselberg* granítico conhecido como Serra do Lima, localizado no município de Patu, no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

O registro dos corpos aquáticos lânticos ocorreu ao longo de um transecto de 2,45 km, que vai desde as proximidades do açude do Lima até o final da trilha do Alto do Pelado (Figura 1). Neste transecto, de acordo com o acesso e a representatividade, foram selecionadas seis lagoas temporárias formadas em bacias de dissolução granítica.

Figura 1 – Área de estudo e transecto com a localização das bacias de dissolução estudadas



Fonte: Autores

Em cada lagoa foi realizado o georreferenciamento utilizando-se de um aparelho GPS (*Global Positioning System*), o registro fotográfico com câmera digital, a morfometria (Figura 2A), referentes à largura e ao comprimento máximos e à coleta de dados limnológicos dos parâmetros físico-químicos, como potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), sólidos totais dissolvidos (TDS) (g/L), salinidade (mg/L) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) através de um medidor multiparâmetro PCSTestr 35. A determinação desses parâmetros foi realizada tanto durante a estação chuvosa (março e maio de 2019) como na estação seca (dezembro de 2018 e julho de 2019).

Concomitantemente à obtenção dos parâmetros físico-químicos foram coletados os representantes da fauna (Figura 2B). A coleta foi realizada por meio de peneira com malha de 1,5 mm e os exemplares coletados foram fixados em formol 10% e posteriormente

conservados em álcool a 70%. A análise dos organismos foi feita sob microscópio estereoscópico e a identificação realizada por meio de coleções de referências disponíveis, da literatura com uso de chaves de identificação e com o auxílio de pesquisadores no Laboratório de Biologia I do Departamento de Ciências Biológicas da UERN.

Figura 2 – Pesquisa de campo: 2A – medidas morfométricas; 2B – coleta de representantes da fauna



Fonte: Autores

O mapa de localização das lagoas foi produzido com base no banco de dados cartográficos, compilado com materiais primários e secundários que foram tratados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo estes: pontos de controle (latitude, longitude e altitude), imagem de satélite e Modelo Digital de Elevação (MDE). Todos os dados cartográficos foram organizados e processados no *software* livre QGIS Desktop 3.22.10 *Białowieża* (QGIS.org, 2022).

Os pontos de controle (Tabela 1) foram coletados por meio do *Global Positioning System* (GPS) com uso do equipamento de navegação tipo Garmin Montana 650, em que foram coletados dados de latitude (x), longitude (y) e altitude (z). Além disso, utilizou-se a imagem WPM19612120221017 RGB-321 do satélite CBERS4A (INPE, 2022) para auxiliar na espacialização dos fenômenos da área de estudo. Já o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi produzido com base nos dados de “altitude” do Projeto TOPODATA (Valeriano; Rossetti, 2011), por meio da folha “06S39_ZN”.

Tabela 1 – Pontos de controle para as seis lagoas temporárias (L1 a L6) objetos de estudo.

Lagoa	Coord. X (UTM 24S)	Coord. Y (UTM 24S)	Lat. (Grau, min. decimais)	Long. (Grau, min. decimais)	Lat. (grau, min., seg.)	Long. (grau, min., seg.)
L1	649892,26	9321253,14	6° 8.333'S	37° 38.722'O	6° 8'19.99"S	37°38'43.31"O

L2	649895,85	9321250,02	6° 8.335'S	37° 38.720'O	6° 8'20.09"S	37°38'43.19"O
L3	649374,00	9320587,00	6° 8.695'S	37° 39.002'O	6° 8'41.72"S	37°39'0.11"O
L4	649205,00	9320407,00	6° 8.793'S	37° 39.093'O	6° 8'47.59"S	37°39'5.59"O
L5	649301,95	9320779,13	6° 8.591'S	37° 39.041'O	6° 8'35.47"S	37°39'2.47"O
L6	649096,00	9320960,00	6° 8.493'S	37° 39.153'O	6° 8'29.60"S	37°39'9.18"O

Fonte: Autores

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises, foram feitas as médias dos valores obtidos para os dados morfométricos e os parâmetros físico-químicos (Tabela 2), com intuito de verificar a influência dos períodos chuvoso e seco sobre as características abióticas.

As lagoas temporárias analisadas caracterizam-se por estarem estabelecidas em depressões resultantes da dissolução química de rochas graníticas, ou bacia de dissolução (*dissolution pits* ou *gnammas*). Elas ocorrem em vários formatos e tamanhos. Algumas são interligadas por canais, que, conforme Campbell (1997) e Bigarella *et al.* (2009), são também formados por dissolução, como observado para as lagoas L1 e L2, sendo as demais isoladas. Observou-se uma quantidade variável de sedimento acumulado nas cinco lagoas amostradas e a temperatura da água foi elevada, sendo a mínima registrada de 24,90°C (L2 no período seco) e 35,20°C (L5 no período chuvoso) (Tabela 2).

Tabela 2 – Localização (altitude – ALT.), dados morfométricos (comprimento – COMPR. e largura – LARG.) e físico-químicos (potencial hidrogeniônico – pH, condutividade elétrica – CONDUTIV., sólidos totais dissolvidos - TDS, salinidade – SALINID. e temperatura – TEMP.) nos períodos chuvoso e seco, em seis lagoas temporárias (L1 a L6) localizadas na Serra do Lima, Patu/RN.

Cod	Alt.	Valores médio: Período Chuvoso							Valores médio: Período Seco						
		Comp.	Larg.	pH	Condutiv.	TDS	Salind.	Temp.	Comp.	Larg.	pH	Condutiv.	TDS	Salind.	Temp.
L1	404	3,60	2,69	7,05	58,55	40,45	47,80	31,60	1,90	3,20	7,20	230,00	164,00	97,00	29,60
L2	404	4,00	3,55	6,30	10,90	78,00	15,40	29,90	3,77	1,67	7,34	171,35	121,85	43,75	24,90
L3	564	2,34	2,04	6,13	21,70	15,50	18,80	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L4	566	11,99	13,69	8,51	73,95	52,00	24,60	34,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L5	572	4,97	1,97	7,20	284,00	204,00	120,00	35,20	4,44	0,59	8,46	212,30	151,75	90,05	30,40
L6	618	27,90	9,20	9,10	24,40	17,50	97,00	29,60	13,09	4,90	8,53	206,45	146,00	86,20	26,45

Fonte: Autores (2025)

Evidenciou-se a retração dos corpos aquáticos na época de seca, chegando à total ausência de água no período seco, como no caso das lagoas L3 e L4 (Figura 3 e Tabela 2), que embora compridas e largas, não eram profundas. Ocorreram variações no pH, principalmente no período chuvoso, ao associar a presença de matéria orgânica em decomposição. No período chuvoso, percebeu-se valores entre neutro (7,05 e 7,20, para as lagoas L1 e L5, respectivamente) e ácido (6,30 e 6,13 para as lagoas L2 e L3, respectivamente), revelando já a maior alcalinidade da água, que foi mais elevada nas lagoas L4 (8,51) e L6 (9,10). Pela

ausência da entrada de matéria orgânica no período seco, observou-se a tendência à neutralidade (7,20 e 7,34 - L1 e L2, respectivamente) e alcalinidade (8,46 e 8,53 – L5 e L6, respectivamente).

Quanto à salinidade, naturalmente, a maior inserção de água da chuva diminui a concentração salina. Além disso, a matéria orgânica em decomposição é, provavelmente, uma responsável por agregar os sais dissolvidos, diminuindo a salinidade da água, como observado nas lagoas L2 (salinidade 15,40 mg/L; condutividade 10,90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; TDS 78,00 g/L) e L3 (salinidade 18,80 mg/L; condutividade 21,70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; TDS 15,50 g/L). Uma exceção foi observada na lagoa L5, entretanto, este valor pode ser considerado como uma imprecisão na medição. Na época de seca, a ausência de entrada de matéria orgânica alóctone e pouca contribuição autóctone, associada ao alto índice de evaporação, típico da região semiárida, parece reforçar um aumento da salinidade, assim como os demais parâmetros a ela relacionados, como ocorre nas lagoas L5 (salinidade 90,05 mg/L; condutividade 212,30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; TDS 151,75 g/L) e L6 (salinidade 86,20 mg/L; condutividade 206,45 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; TDS 146,00 g/L) (Tabela 2).

Figura 3 – Aspecto da lagoa L3 nas estações seca e chuvosa



Fonte: Filgueira, 2019

Quanto à macrofauna ocupante das lagoas, nos meses amostrados, foram coletados indivíduos de 19 famílias pertencentes a 7 ordens (seis de invertebrados e uma de vertebrado) (Quadro 1). A maioria das famílias pertencia à classe *Insecta*, sendo todos aquáticos, vivendo imersos na água ou sobre ela (Hemiptera – famílias Pleidae, Mesoveliidae e Veliidae).

Quadro 1 – Lista de ocorrência de representantes da macrofauna nas seis lagoas temporárias (L1 a L6) localizadas na Serra do Lima.

	Filo Arthropoda													Filo Chordata				
	Classe Insecta										Classe Branchiopoda		Classe Amphibia					
	Coleoptera			Hemiptera					Odonata				Diptera	Plecoptera	Diplostraca	Anura		
	Hydrop.	Noteri	Dystis	Pleid	Mesove	Veliid	Corixi	Gerrid	Hebrid	Libell	Cordul	Aeshin	Calopt	Proton	Chiron	Gripop	Limnad	Hylidae
L1		x	x	x	x	x	x	x	x								x	
L2	x	x	x			x	x											
L3																		
L4							x										x	
L5							x								x			
L6							x		x	x	x	x	x	x	x		x	x

Legenda: Hydrop=Hydrophilidae; Noteri=Noteridae; Dystis=Dystiscidae; Pleida=Pleidae; Mesove=Mesoveliidae; Veliid=Veliidae; Corixi=Corixidae; Gerrid=Gerridae; Hebrid=Hebridae; Libell=Libellulidae; Cordul=Corduliidae; Aeshin=Aeshinidae; Calopt=Calopterygidae; Proton=Protonuridae; Chiron=Chironomidae; Gripop=Gripopterygidae; Hylidae=Hylidae; Limnad=Limnadiidae (a confirmar)

Fonte: Autores

De acordo com Egler (2002), o fator primordial de influência nas dinâmicas das comunidades aquáticas da região tropical é o regime de chuvas, assim, notou-se que as lagoas L1 e L2 (Figura 4) foram ocupadas principalmente por Coleoptera e Hemiptera. Destaca-se o fato de que essas duas lagoas estão nas proximidades de um pequeno açude, que, por possuir maior espelho d'água, podendo abrigar mais espécies, provavelmente deve influenciar na riqueza de suas biotas. A lagoa L6 (Figura 7) foi ocupada por Hemiptera, Odonata e Diptera. Ainda nesta lagoa foi possível observar girinos da espécie *Scinax x-signatus* (Spix, 1824) (Anura, Hylidae), muito recorrente na área. Também constatou-se que percevejos aquáticos da família Corixidae apareceram na maioria das lagoas, seguido dos conchostracas (Limnadiidae). Entretanto, na lagoa L3 (Figura 3), apesar da camada de matéria orgânica no sedimento e da presença de macrófitas aquáticas, nenhum indivíduo foi capturado durante os períodos de amostragem (Quadro 1).

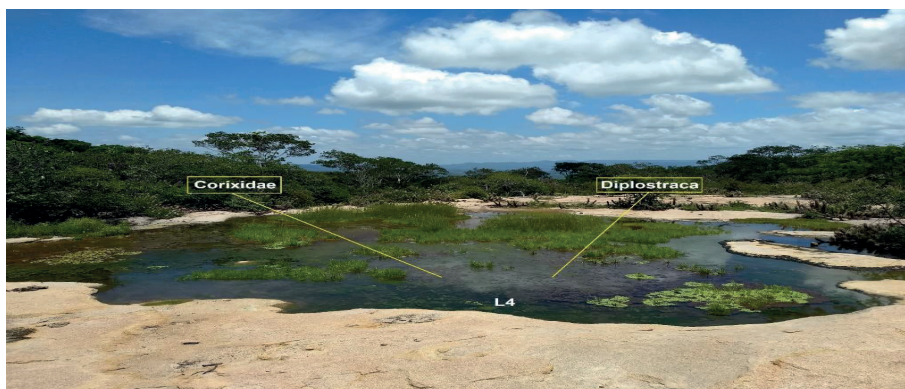
Figura 4 – Macrofauna das lagoas L1 e L2



Fonte: Filgueira, 2019

A macrofauna da lagoa L4 (Figura 5) foi composta por Corixidae e Diplostraca. É uma lagoa ampla, bem estruturada, porém rasa, o que pode levar a valores extremos dos parâmetros limnológicos, especialmente temperatura, influenciando seletivamente sobre a fauna. Já na lagoa L5 (Figura 6) registrou-se a presença de Corixidae e Gripterygidae. Essa lagoa se apresentou bastante estreita, como uma escavação linear na rocha, com volume de água pequeno e por isso também apresentou valores extremos da temperatura e salinidade. Em ambas, percebeu-se que as características da água favoreceram a presença dos corixídeos, organismos com alta plasticidade ecológica adaptados a ambientes efêmeros. Portanto, esses representantes dos heterópteros são uma importante ordem em ecossistemas límnicos, incluindo lagos salinos e lagos de altitude (Merritt; Cummins, 1996). Também são representantes de organismos pioneiros na colonização de corpos d'água (Bachmann, 1998), compatível com a presença dos corixídeos presentes nessas lagoas rasa após o início das chuvas.

Figura 5 – Macrofauna da lagoa L4



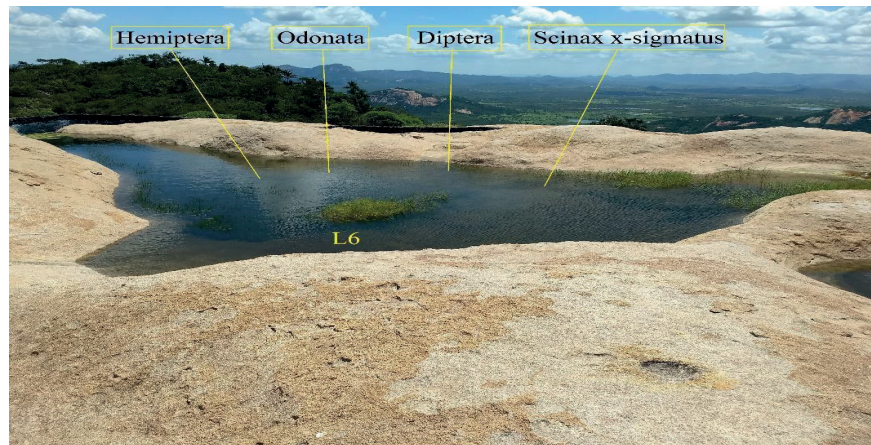
Fonte: Filgueira, 2019

Figura 6 – Macrofauna da lagoa L5



Fonte: Filgueira, 2019

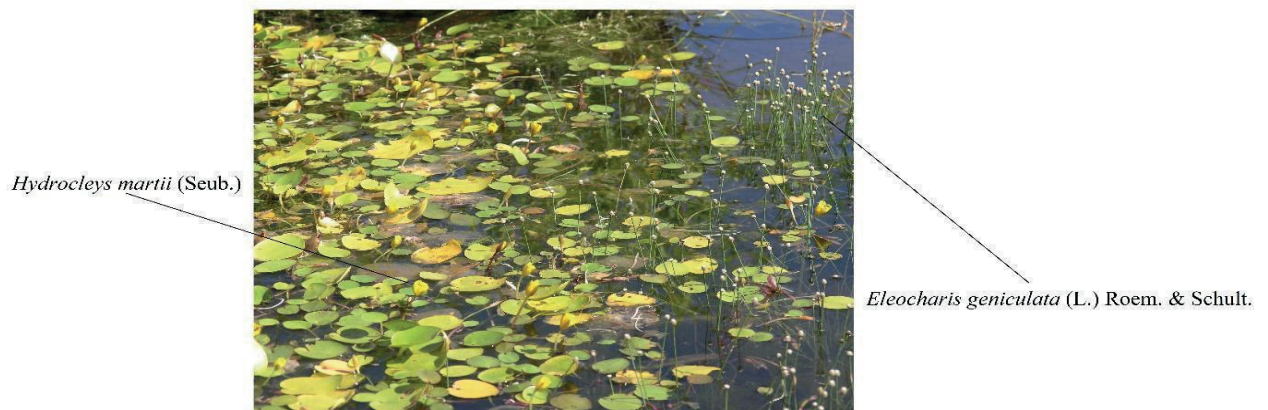
Figura 7 – Macrofauna da lagoa L6



Fonte: Filgueira, 2019

Entre as macrófitas aquáticas, destaca-se a nativa *Hydrocleys martii* (Seub.), integrante da família Limnocharitaceae, associada a corpos d'água encontrados em climas secos. Também é comum a presença da família Cyperaceae, representada por *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult.

Figura 8 – Macrófitas *Hydrocleys martii* (Seub.) e *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult



Fonte: Filgueira, 2019

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do povoamento antigo em sua base e de sediar um centro de turismo religioso em suas encostas, a Serra do Lima ainda apresenta paisagens de grande importância ecológica e de geodiversidade peculiar.

Morfometria e parâmetros abióticos das lagoas temporárias variaram entre os períodos chuvoso e seco. Famílias de invertebrados, especialmente insetos, foram encontrados compondo a fauna de cinco lagoas. Macrófitas aquáticas, comuns em corpos hídricos do semiárido, são frequentes nas lagoas temporárias estudadas, também observando-se a ocorrência de algas filamentosas.

Os resultados obtidos por intermédio deste estudo serão úteis e poderão colaborar para o aprofundamento do conhecimento sobre as lagoas temporárias, a qualidade da água e a ocorrência de espécies resistentes às condições climáticas, porém sensíveis às ações antrópicas. Este conjunto de informações contribuirá para futuras propostas de manejo e conservação desses ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, E. U. Evidencias y pruebas significativas sobre la degradación subaérea en formas menores graníticas: análisis de casos. **Cadernos Lab. Xeológico de Lage Coruña**, n. 24, p. 177-190, 1999.
- BACHMANN, A. O.; MAZZUCCONI, S. A. Insecta Heteroptera *In*: LOPRETTO, E. C. & TELL, G. eds. **Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio**, La Plata, Sur. Tomo III, p.1291-1325, 1995.
- BAYLY, I. A. E. Invertebrates of temporary waters in gnammas on granite outcrops in Western Australia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 80, n. 3, September, 1997.
- BIGARELLA, J. J. *et al.* **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- CAMPBELL, E. M. Granite landform. **Journal of the Royal Society of Western Australia** v. 80, n. 3, p. 101-112, 1997.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. CARTA GEOLÓGICA FOLHA JAGUARIBE-SE SB.24-Z ESCALA 1:500.000 - CPRM, 2000. Disponível em:<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/jaguaribe/jaguaribe_ctgeologica.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2021.
- EGLER, M. **Utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da degradação ambiental de ecossistemas de rios em áreas agrícolas, RJ, Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro., 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Programa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS): CBERS 04A. 2022, Disponível em: <http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3 ed. Iowa: Kendall/Hunt. 1996.

MIGÓN, P.. **Granite Landscapes of the World**. New York: Oxford University Press, 2006.

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL CARTA GEOLÓGICA - ESCALA 1:500.000 - ANEXO II

QGIS.org. QGIS Geographic Information System: Version 3.22.10. QGIS Association. <http://www.qgis.org>, 2022

TWINDALE, C. R.; VIDAL-ROMANI, J. R. On multistage development of etch forms. **Geomorphology**, v. 11, n. 2, p. 107-124, 1994.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, Dilce de Fátima. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography** (Sevenoaks), v. 32, n. 2, p. 300–309, 2011.

VIDAL-ROMANI, J. R.; YEPES TEMIÑO, J. Historia de la morfogénesis granítica. **Cadernos Lab. Xeológico de Laxe Coruña**, v. 29, p. 331-360, 2004.

CAPÍTULO 3

CONTRIBUIÇÕES PARA O MONITORAMENTO ENTOMOLÓGICO DO *Aedes aegypti* EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Patrícia Batista Barra

1. INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* Linnaeus (1762) é um díptero da família Culicidae que se popularizou sob a denominação de "mosquito da dengue", uma vez que é o principal transmissor dessa arbovirose, embora também seja vetor de agentes etiológicos de outras enfermidades de elevada importância na saúde pública, tais como a febre amarela urbana, a febre do chikungunya e a febre Zika. A fêmea, que tem preferência acentuada por sangue humano, adquire e transmite os vírus durante o repasto sanguíneo (Marcondes; Ximenes, 2016; Zara *et al.*, 2016).

Originário do continente africano, o *Ae. aegypti* chegou às Américas durante a colonização. De hábitos diurnos, o mosquito adaptou-se aos ambientes domésticos e peridomésticos, passando a utilizar recipientes artificiais (como potes, barris, pneus usados, latas, garrafas, vasos de plantas, entre outros) para a deposição de seus ovos. Após a eclosão dos ovos, desenvolvem-se as formas aquáticas de larva (estádios L1, L2, L3 e L4) e pupa, seguidas da emergência dos adultos alados (Rodriguez *et al.*, 2007; Powell; Tabachnick, 2013).

Das arboviroses transmitidas pelo *Ae. aegypti*, apenas a febre amarela dispõe de vacina incorporada ao Programa Nacional de Imunização do Sistema Único de Saúde brasileiro para utilização em massa. Em 2024, teve início a vacinação contra a dengue, mas apenas para jovens entre 10 e 14 anos (BRASIL, 2024). Dessa forma, a principal estratégia de prevenção contra essas enfermidades continua sendo o controle vetorial.

O combate ao *Ae. aegypti* foi sistematizado no Brasil a partir do século XX, inicialmente em decorrência das diversas epidemias de febre amarela urbana, que levaram ao óbito de milhares de pessoas. Após campanhas bem-sucedidas, o vetor foi erradicado em 1955

e novamente em 1973. Em 1976, com origem em um foco em áreas portuárias de Salvador, iniciou-se a recolonização e, em 1981-1982, foi registrada em Boa Vista (RR) a primeira epidemia de dengue documentada clínica e laboratorialmente (Braga; Valle, 2007; Zara *et al.*, 2016).

Dada a ampla dispersão do inseto, em 2001, o governo brasileiro abandonou oficialmente a meta de erradicação do *Ae. aegypti*, passando a implementar sucessivas campanhas de controle das arboviroses. No entanto, as ações contra o vetor, historicamente baseadas na utilização de inseticidas, não têm conseguido prevenir a ocorrência cíclica das epidemias no Brasil (Braga; Valle, 2007; Silvério *et al.*, 2020). Para se ter uma ideia da gravidade da situação, um total de 6.608.731 casos prováveis de dengue foram notificados em 2024, o maior quantitativo anual já registrado no país, superando os 1.688.688 casos registrados em 2015, anteriormente considerada a maior epidemia (Brasil, 2016; Brasil, 2025).

Diversos fatores têm sido considerados para justificar esse cenário, dentre eles estão a ocorrência de populações de mosquitos resistentes aos inseticidas (Bellinato *et al.*, 2016) e as falhas, interrupções e limitações técnico-científicas dos programas de controle nos municípios (Silva; Vasconcelos, 2018). Ademais, é sabido que os vetores têm uma estreita associação com a pobreza, já que comunidades menos favorecidas dispõem de um vasto quantitativo de criadouros em decorrência de sistemas de esgoto inadequados, gestão de resíduos ineficiente e abastecimento de água irregular. Mudanças no meio ambiente também influenciam os vetores, pois temperaturas elevadas podem reduzir o ciclo de vida dos insetos, aumentando o risco de transmissão (Semenza; Suk, 2018; Wilke *et al.*, 2019).

A eficácia do controle vetorial também depende diretamente das ações de vigilância entomológica, por meio de métodos que revelem a prevalência e permitam a identificação de áreas e períodos de maior risco, possibilitando o planejamento das atividades e a otimização dos recursos e da mão de obra (Silva; Limongi, 2018).

Em Mossoró-RN, como na maioria dos municípios do Brasil, a vigilância entomológica é realizada por meio do Levantamento Rápido de Índice para o *Aedes aegypti* (LIRAA). O LIRAA tem como vantagem permitir a obtenção, de maneira rápida e segura, de índices de infestação larvária, tais como o Índice de Breteau (relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados), o Índice de Recipiente (distribuição percentual de cada tipo de recipiente em relação ao total de criadouros encontrados) e o Índice Predial, que indica o grau de infestação de uma área, revelando o percentual de edifícios com criadouros do inseto dentre os pesquisados (Brasil, 2009; Brasil, 2013).

Métodos que reflitam a prevalência e o potencial de transmissão de vetores devem ser

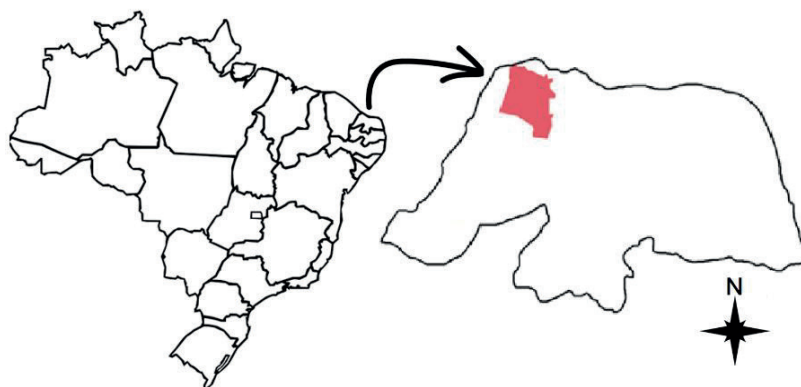
constantemente desenvolvidos e/ou melhorados, no intuito de oferecer subsídios para a ação de gestores de saúde e da comunidade (Silva; Limongi, 2018). Armadilhas para captura de *Aedes*, por meio de seus ovos (ovitrampas), larvas (larvitampas) ou até dos adultos (adultrampas), têm sido propostas para o monitoramento e controle entomológico, como instrumento adicional no controle integrado dos vetores (WHO, 2004; DONATTI; GOMES, 2007). De acordo com a Prefeitura Municipal de Natal (2023), desde o ano de 2015, ovitrampas vêm sendo utilizadas como estratégia de monitoramento e controle do *Ae. aegypti* nos bairros da capital.

No período de setembro de 2014 a fevereiro de 2019, diversas pesquisas foram conduzidas, visando fornecer subsídios para a implantação de um sistema de monitoramento entomológico no município de Mossoró, por meio da utilização de armadilhas. Alguns dos dados obtidos são apresentados a seguir.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os experimentos foram realizados no município de Mossoró-RN (o qual dista 275 Km da capital Natal), localizado na Mesorregião Oeste Potiguar (Figura 1), com uma área territorial de 2.099,334 Km², população estimada de 264.577 pessoas e IDHM de 0,720 (IBGE, 2025).

Figura 1. Mapa do Brasil e do estado do Rio Grande do Norte, indicando (vermelho) o município de Mossoró.



Fonte: Adaptado pelo autor de imagens da Wikipédia, 2025

O clima é caracterizado como semiárido quente, com temperatura média de 27,4°C e umidade relativa média do ar de 68,9%. As precipitações pluviométricas são muito irregulares, concentrando-se principalmente nos meses de fevereiro, março e abril, com totais mensais

médios oscilando entre 102,8 e 167,9 mm, enquanto o período mais seco compreende os meses de setembro, outubro e novembro, em que as médias variam entre 1,9 e 4,9 mm. (Espínola Sobrinho *et al.*, 2011).

2.1 ESCOLHA DO TIPO DE ARMADILHA: MOSQUITÉRICA ARTESANAL OU OVITRAMPAS?

Criada e patenteada pelos pesquisadores da UFRJ Antônio C. Gonçalves Pereira e Hermano César M. Jambo, a Mosquitoeira® ganhou uma versão artesanal feita de material reciclável, com garrafas pet, de custo quase zero, sob a coordenação do professor Maulori Cabral (também da UFRJ), denominada de mosquitérica. Nela, as fêmeas depositam os ovos na parte seca da armadilha. Ao entrar em contato com a água, esses ovos eclodem e as larvas descem pelo microtule para se alimentar dos microrganismos presentes na água. Após o crescimento e desenvolvimento, os mosquitos são incapazes de retornar para o lado externo da armadilha, pois são maiores do que os espaços do microtule. Dessa forma, os adultos são aprisionados, impedindo que realizem o repasto sanguíneo e o consequente desenvolvimento da prole (Cabral; Liberto, 2015).

A armadilha mosquitérica artesanal (MA) é frequentemente citada como ferramenta para educação ambiental e utilizada em escolas com crianças e adolescentes. Porém, o número de estudos sobre sua utilidade em campo é quase inexistente (Silva; Limongi, 2018).

Visando a produção de armadilhas de baixo custo, a eficácia de MA como larvitrapas foi testada. As armadilhas foram produzidas utilizando garrafas pet de 2L, as quais foram cortadas ao meio com o auxílio de uma tesoura. Para uma área com melhor fixação dos ovos, as faces internas foram lixadas com lixa para madeira. O fundo das tampas foi removido e substituído por um tecido de microtule com trama fechada e a parte superior da garrafa foi invertida e fixada com fita adesiva na parte inferior.

Foram montadas armadilhas MA com três cores diferentes: transparente (MT); verde (MV) e preto (MP), para verificar a influência da coloração (Figura 2.A). As duas primeiras foram produzidas conforme a coloração própria da garrafa utilizada, já a MP foi pintada com tinta acrílica. Após a conclusão da pintura, a garrafa foi deixada para secar por 30 dias antes da utilização, quando foi novamente lavada, para reduzir possível efeito da tinta. Depois de pronta, foram adicionados, aproximadamente, 300 ml de água em cada armadilha.

Figura 2. Tipos e disposição das armadilhas. A) Armadilhas mosquitéricas artesanais transparente, verde e pintada de preto; B) Ovitrapa; C) Locais de colocação das mosquitéricas artesanais (círculos vermelhos) e ovitrapas (círculos pretos) na Faculdade de Ciências da Saúde- UERN, Mossoró-RN.



Fontes: A e B: Arquivos do LABPAM; C: Adaptada do Google Maps, 2025.

As MA foram distribuídas em cinco pontos distintos na Faculdade de Ciências da Saúde-FACS/UERN, bairro Aeroporto, sendo eles L1: ambulatórios; L2: secretaria da FACS; L3: banheiro feminino do bloco de aulas; L4: Serviço de Verificação de óbitos (SVO); L5: Laboratório de Parasitologia Médica-LABPAM. Cada ponto contava com os três tipos, equidistantes entre si. No mesmo período, foram instaladas 2 armadilhas do tipo ovitrampas no ambulatório e no banheiro feminino (Figura 2.C).

Idealizada por Fay e Perry (1965), a ovitrampa é uma armadilha de oviposição que consiste em um recipiente preto de boca larga, contendo água e um substrato para fixação dos ovos. As ovitrampas foram construídas utilizando vasos pretos de jardinagem de polietileno sem furo, com capacidade para 1,5L, contendo palheta de madeira no seu interior, como substrato para deposição dos ovos, a qual era fixada por uma presilha plástica (Figura 2.B).

As armadilhas eram monitoradas semanalmente, sendo substituídas e levadas ao LABPAM, onde eram preenchidas com água até o nível máximo e cobertas com tecido de microtule. Após sete dias, eram analisadas pela contagem do número de larvas visualizadas a olho desarmado.

Para análise dos dados, foram calculados o Índice de Positividade da Ovitrapa (IPO), que corresponde ao percentual de armadilhas positivas, e o Índice de Densidade de Ovos (IDO), que indica o número médio de insetos por armadilhas, conforme as fórmulas seguintes. As médias foram comparadas utilizando o teste T, com nível de significância de 5%.

$$IPO = \frac{\text{Número de armadilhas positivas}}{\text{Número de armadilhas examinadas}} \times 100$$

$$IDO = \frac{\text{Número de insetos encontrados}}{\text{Número de armadilhas positivas}} \times 100$$

O estudo ocorreu durante 13 semanas, no período de 02 de abril a 08 de julho, sem

nenhum registro de perda de armadilhas. Nas 195 MA utilizadas, foram encontradas 856 larvas do mosquito *Aedes aegypti*, sendo que as MP capturaram 78% dos insetos obtidos nesse tipo de armadilha, sendo mais eficiente do que as transparentes ($p=0,002$) e as verdes ($p=0,0017$), que não diferiram significativamente entre si ($p=0,75$), as quais obtiveram 12% e 10% das larvas, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Número de larvas obtidas nas armadilhas mosquitéricas artesanais pretas (P), transparente (T) e verdes (V) em distintos pontos de coleta nas dependências da Faculdade de Ciências da Saúde-UERN.

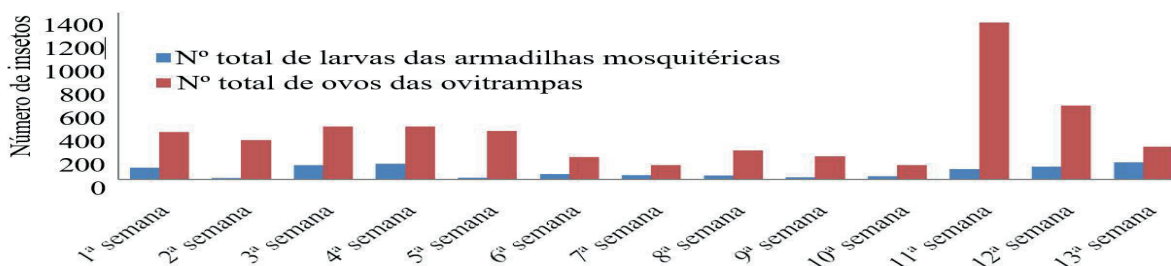
Semanas	Locais/ Tipos de armadilhas mosquitéricas (MA)														
	L1			L2			L3			L4			L5		
	P	T	V	P	T	V	P	T	V	P	T	V	P	T	V
1	3	0	0	38	0	1	43	11	0	0	0	0	1	0	0
2	1	0	1	0	0	0	1	2	2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	55	0	0	0	21	0	0	0	0	3	0	6
4	26	16	37	4	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0
6	10	7	0	4	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0
7	20	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	7	1	0	0
8	5	0	0	0	0	0	20	0	4	0	0	0	0	0	0
9	9	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
10	18	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
11	2	0	0	0	0	0	16	11	14	31	1	0	0	0	0
12	65	11	0	0	0	0	22	0	0	8	0	0	0	0	0
13	73	1	0	0	0	0	46	0	11	11	0	2	0	0	0
Total	232	35	38	101	0	1	225	57	31	55	10	9	40	0	6

L1: Ambulatórios; L2: secretaria da FACS; L3: banheiro feminino do bloco de aulas; L4: Serviço de Verificação de óbitos (SVO); L5: Laboratório de Parasitologia Médica - LABPAM

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Quando comparados com as ovitrapas, o número das larvas contidas nas armadilhas mosquitéricas foi bastante inferior ao número de ovos capturados (5058 ovos), mesmo com a utilização de apenas duas armadilhas (Figura 3).

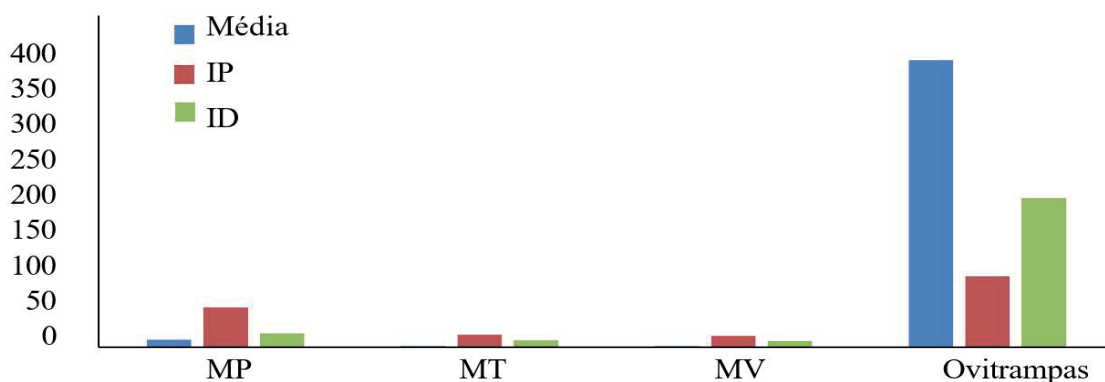
Figura 3. Número de larvas e de ovos obtidos nas armadilhas mosquitéricas e ovitrapas, nas dependências da Faculdade de Ciências da Saúde - UERN.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Embora seja esperado um maior número de ovos do que de larvas, pois nem todos os ovos têm as condições favoráveis para sua eclosão, a diferença significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros de densidade (IDO) e detecção de presença (IPO) evidenciam a maior eficácia das ovitrampas (Figura 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva; Limongi (2018), que observou um índice de positividade de mosquiteiras artesanais de apenas 3% e constatou que as ovitrampas tiveram até 6,6 vezes maiores chances de positividade para *Ae. aegypti* quando comparadas com as *MosquiTRAP* (mosquiteiras comerciais). Braga *et al.* (2000) encontraram chances de até 3,4 vezes maiores de positividade das ovitrampas quando comparadas com a pesquisa de larvas.

Figura 4. Comparação entre as armadilhas mosquitéricas e ovitrampas dispostas nas dependências da Faculdade de Ciências da Saúde-UERN. IP= Índice de Positividade; ID = Índice de densidade; MP = mosquitérica preta; MT = mosquitérica transparente; MV = mosquitérica verde.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Mesmo com um custo superior (aquisição dos vasos de jardinagens e confecção das palhetas de madeira) em comparação às MA (que foram feitas com garrafas descartadas), além da exigência de um microscópio estereoscópico para contagem dos ovos, a utilização das ovitrampas foi considerada viável, pois as armadilhas têm maior durabilidade e são de fácil manipulação, exigindo apenas a troca do substrato, o que também facilita o manejo no campo. As palhetas de madeira foram confeccionadas em serraria por meio do corte em chapas de eucatex, com cada uma possuindo dimensões de 15 cm X 3,5 cm x 3mm (comprimento x largura x espessura).

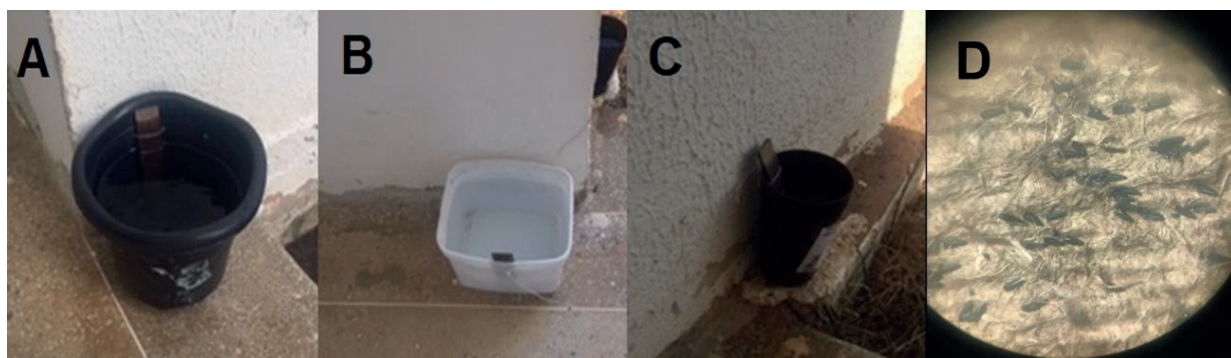
2.2. ESCOLHA DO MODELO DE OVITRAMPAS E VERIFICAÇÃO DE SUA EFICÁCIA NO PERÍODO DE ESTIAGEM

Apesar de terem sido reconhecidas como armadilhas de baixo custo e de elevada sensibilidade para demonstrar a presença de mosquitos adultos de *Ae. aegypti* (Passos *et al.*,

2003), a utilização em áreas maiores exige a utilização de muitas armadilhas. Nesses termos, experimentos foram realizados testando diferentes modelos de recipientes, com o objetivo de obter possível redução nos custos.

Foram testados três diferentes modelos de ovitrampas, assim denominadas: OV1 (recipiente cilíndrico preto com capacidade para 1500 mL, preenchida com 1L de água), OV2 (recipiente branco retangular com capacidade para 2000 mL, preenchida com 1L de água) e OV3 (recipiente preto cilíndrico com capacidade para 300 mL, preenchido com 200mL de água) (Figura 5 A-C). Todos os recipientes eram de plástico e continham o mesmo tipo de palheta de madeira, com as mesmas dimensões, para suporte dos ovos, a qual era substituída semanalmente e transportada para o LABPAM-UERN para contagem dos ovos, com o auxílio de um microscópio estereoscópico (Figura 5.D).

Figura 5. Modelos de ovitrampas utilizadas nos ensaios. A: OV1, recipiente cilíndrico preto com capacidade para 1500 mL; B: OV2, recipiente branco retangular com capacidade para 2000 mL; OV3: recipiente preto cilíndrico com capacidade para 300 mL. D: Visualização dos ovos nas palhetas de madeira em microscópio estereoscópico.



Fonte: Arquivos do LABPAM, compilado pelo autor, 2025.

Os três modelos de ovitrampas foram colocadas ao nível do solo, com distância aproximada de 1 a 1,5 m entre si, em três diferentes locais, situados em diferentes bairros: FACS- UERN, bairro Aeroporto, zona Sul; Campus Central UERN, bairro: Costa e Silva, zona leste; e Reitoria da UERN, bairro Centro.

O ensaio teve duração total de 10 semanas, sendo realizado no período de 08/09/2016 a 20/11/2016, que corresponde aos meses mais secos em termos de precipitação pluviométrica (Espínola Sobrinho *et al.*, 2011). A preferência das fêmeas foi verificada pela comparação dos índices de IPO e IDO.

Foram recolhidos 4.150 ovos, não existindo diferenças significativas entre os modelos quanto à média dos ovos coletados ($p=0,11$). Todavia, algumas armadilhas OV3 que ficaram expostas ao sol precisam ter seu conteúdo repostado, exigindo um monitoramento mais

constante, o que pode ser inviável nas atividades de campo. Por sua vez, os maiores valores de média, IPO e IDO observados nas armadilhas do tipo OV1 apontam para a maior viabilidade desse modelo.

Tabela 2 Quantidade de ovos e Índice de Positividade da Ovitrapa (IPO) e Índice de Densidade de Ovos (IDO) obtidos com diferentes modelos de ovitrampas.

Tipo de ovitrapa	Total de ovos	Desvio padrão	Média	IPO	IDO
OV1	1.955	83,88	65,16	96,67	67,41
OV2	1.323	63,44	44,10	80,00	55,13
OV3	872	49,07	29,06	73,33	39,64
Total	4.150				

Fonte: Autora

Os dados obtidos reforçam o baixo custo das ovitrampas, que podem ser confeccionadas com diferentes depósitos conforme a disponibilidade, incluindo depósitos plásticos reutilizáveis. Também alerta sobre a capacidade do *Aedes aegypti* de procriar em diferentes criadouros artificiais com pouca quantidade de água, o que parece ser fundamental para sua persistência, mesmo nos períodos de estiagem.

2.3. ESCOLHA DA SOLUÇÃO ATRATIVA

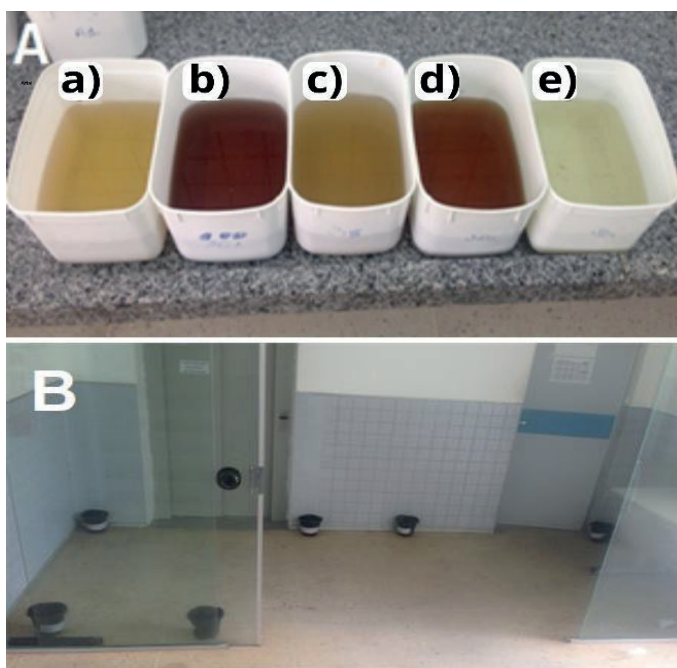
Esforços têm sido empreendidos visando otimizar o monitoramento por ovitrampas, por meio da incorporação de substâncias atrativas (Santana *et al.* 2006; Brasil, 2009). Segundo Navarro *et al.* (2003), a eficiência das infusões orgânicas é diretamente influenciada pelo processo de crescimento bacteriano e, posteriormente, da formação de metabólitos, que podem atuar como atrativos para fêmeas que estejam buscando criadouros, elevando a eficácia das armadilhas de postura.

Foram testadas armadilhas preenchidas com diferentes soluções: água; infusão de feno de capim colônia (*Panicum maximum*); infusão de folhas de caju (*Anacardium occidentale*); infusão de capim santo (*Cymbopogon citratus*); decocção de capim santo (*Cymbopogon citratus*); decocção de cascas de cumaru-nordestino (*Amburana cearenses*) (Figura 6.A).

Para o preparo das soluções, foram utilizadas 15g de materiais para 1L de água. As infusões foram feitas durante 7 dias e, para a decocção, foi utilizado o tempo de fervura de 5 minutos. Completados os tempos de preparo, os materiais foram coados e diluídos a 30% em água destilada e destinados aos ensaios (Nascimento, 2017).

A coleta dos dados foi realizada no período de abril a maio, utilizando ovitrampas instaladas em três pontos distintos: Faculdade de Ciências da Saúde (FACS-UERN), bairro Aeroporto; Sede do Sindicatos dos Docentes da UERN - ADUERN e campus Central da UERN, ambos no bairro Costa e Silva. Em cada local, foram instaladas 6 ovitrampas ao nível do solo, com distância aproximada de 1 a 1,5 m entre si (Figura 5. B), preenchidas com as diferentes soluções e monitoradas semanalmente durante 10 semanas, totalizando 150 coletas.

Figura 6. Soluções atrativas para a postura das fêmeas de *Aedes aegypti*. A. Visualização dos extratos preparados; B. Disposição das armadilhas em um dos pontos de coleta. a) Infusão de feno de capim coloniãõ; b) Infusão de folhas de caju; c) Infusão de capim santo; d) Decocção de capim santo; e) Decocção de cascas de cumaru.



Fonte: Arquivo do LABPAM, compilado pela autora, 2025.

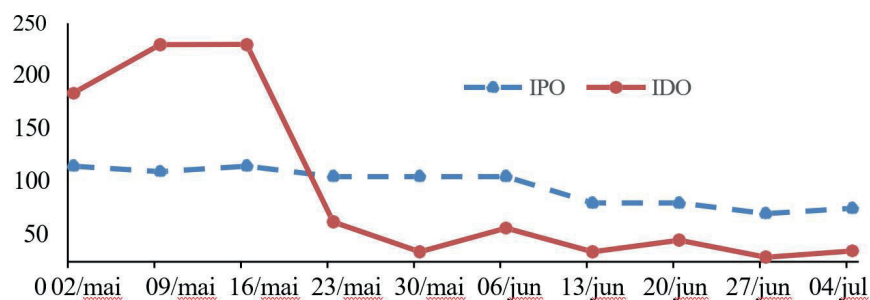
Semanalmente, os substratos e as palhetas foram substituídos. Os ovos foram contados e a preferência das fêmeas foi verificada pela comparação dos índices de IPO e IDO.

Após a contagem, as palhetas foram submersas em bandejas com água para eclosão dos ovos. Um total de 20% das larvas obtidas foram identificadas em microscópio óptico para confirmação da espécie *Aedes aegypti*.

Durante o período de 10 semanas, foram coletados 12918 ovos. O maior número de ovos foi coletado no bairro Costa e Silva, sendo 7880 no campus central da UERN e 3092 na sede da ADUERN. Um total de 1946 ovos foram coletados na FACS, bairro Aeroporto. Os índices de oviposição apresentaram consideráveis variações entre o início e final do experimento (Figura 7). O IPO apresentou valores de 100% nas coletas de 02 e 16 de maio,

reduzindo-se a 50% e 55,6% nas coletas finais. O IDO alcançou valores de 226,9 e 227,2 nas coletas de 09 e 16 de maio, reduzindo-se a 4,2 na coleta de 27 de julho. Tais variações devem ser decorrentes do término do período chuvoso, uma vez que a influência das condições climáticas na postura das fêmeas do *Ae. aegypti* já é conhecida (Monteiro *et al.*, 2014).

Figura 7. Médias dos Índice de Positividade da Ovitrapas (IPO) e o Índice de Densidade de Ovos (IDO), verificados durante o período experimental de 10 semanas.



Fonte: Autora

Foi verificado que todos os tratamentos utilizados foram capazes de atrair as fêmeas de *Ae. aegypti* para a oviposição. O maior valor de IPO, índice que indica a presença da fêmea, foi obtido no tratamento com água e apenas a decocção do cumaru apresentou valor significativamente inferior aos demais. Quanto ao número de ovos por palhetas e o IDO, que fornecem informações sobre os períodos de maior ou menor reprodução, o tratamento com infusão de feno apresentou os maiores valores, seguido da infusão do capim-santo, enquanto a decocção do cumaru foi novamente inferior aos demais (Tabela 3).

Tabela 3. Número de ovos, Índice de Positividade da Ovitrapas (IPO) e Índice de Densidade de Ovos (IDO) de ovitrapas com diferentes substâncias atrativas.

Tratamentos	Ovos				IPO	IDO
	Total	Média	Desvio padrão	%		
Água	2138	71,3	155,4	0,17	90,0	79,2
Feno	3563	118,8	222,2	0,29	80,0	148,5
Infusão folha de caju	1340	44,7	106,5	0,11	70,0	63,8
Infusão capim-santo	2431	81,0	159,5	0,20	76,7	105,7
Decocção capim- santo	2027	67,6	113,3	0,16	86,7	78,0
Decocção cumaru	808	27,9	35,6	0,07	56,7	47,5
Total	12307	68,5	-	1	-	-

Fonte: Autora

Entre as substâncias utilizadas, as infusões de feno de capim têm sido consideradas as mais eficazes (Santana *et al.*, 2006, Brasil, 2009). A infusão à base de folha de caju (*Anacardium Occidentale*) também tem mostrado resultados promissores, com a vantagem de não exalar odor fétido, o qual é observado nas infusões de feno (Santos *et al.*, 2010). Numa pesquisa realizada em Natal-RN, comparando ovitrampas com água, infusão de feno e infusão de folhas de caju, Nascimento (2017) verificou resultados diferentes para ensaios em laboratório e em campo. Em laboratório, ovitrampas com infusão de folhas de caju foram superiores, mas em campo, infusão de feno e água não diferiram.

No presente estudo, foram testados pela primeira vez, pelo que temos conhecimento, infusão e decocção de capim santo e decocção de cumaru como substrato para ovitrampas. Esses produtos foram escolhidos pela fácil disponibilidade, já que são bastante usados na preparação de chás caseiros, além de resultarem em produtos com odor mais agradável que as infusões de feno e folhas de caju e, portanto, mais promissoras para uso em áreas internas. E, embora ambos tenham conseguido atrair as fêmeas de *Ae. aegypti* para a postura, o capim santo mostrou resultados superiores.

Os resultados reforçam a eficácia das ovitrampas na obtenção dos ovos de *Ae. aegypti* para fins de monitoramento. A possibilidade de utilização de diferentes substratos facilita a adoção desse instrumento. Todavia, para fins de monitoramento por longo período e, especialmente em áreas que exijam número elevado de armadilhas e com elevada densidade do *Ae. aegypti*, a facilidade de preparo e manejo torna-se um fator decisivo. Nessas condições, ovitrampas com água foram consideradas como a opção com maior viabilidade.

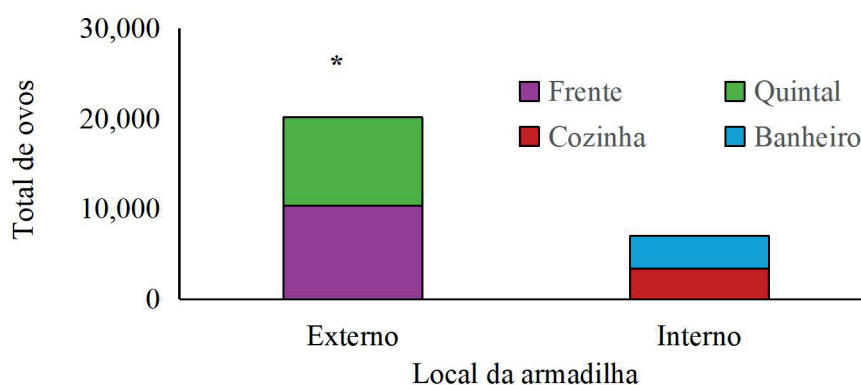
Por sua vez, ovitrampas com infusão de feno podem ser mais indicadas em atividades com menor número de ovitrampas ou quando o vetor estiver em baixa densidade. Ovitrapas com infusão de folhas de caju e infusão ou decocção de capim-santo estão indicadas para ovitrampas localizadas em ambientes internos, inviáveis para utilização de infusão de feno dado seu fétido odor.

2.4. ESCOLHA DO LOCAL DE COLOCAÇÃO DAS OVITRAMPAS

Definido o modelo, foram instaladas 4 ovitrampas em local sombreado e com reduzida movimentação, sendo duas na área externa (frente e quintal) e duas na área interna (cozinha e banheiro), em 6 residências situadas em diferentes bairros (Boa Vista e Aeroporto, na zona Sul, Doze Anos, Paredões e Bom Jardim, na zona Central). Os locais de coleta foram escolhidos entre as moradias da equipe de pesquisa. As ovitrampas foram monitoradas semanalmente durante 8 semanas, conforme já descrito.

Com relação ao local de colocação da armadilha, um maior número de ovos foi coletado nas ovitrampas instaladas nos ambientes externos ($209,82 \pm 103,85$) do que nas dispostas no ambiente interno ($72,94 \pm 68,5$, $p=0,0022$), como visto na figura 8. Todavia, não houve diferença entre as ovitrampas externas dispostas na área da frente ($216,33 \pm 122,76$) e no quintal ($203,31 \pm 88,06$) e entre as ovitrampas internas dispostas em cozinhas ($71,12 \pm 88,06$) e banheiros ($74,77 \pm 72,82$), conforme as análises utilizando Qui-quadrado de Pearson (Tabela 4).

Figura 8. Distribuição dos ovos de *Aedes aegypti* coletados em ovitrampas dispostas em diferentes locais no ambiente doméstico.



Fonte: Autora

Tabela 4. Quantidade de ovos e Índice de Positividade da Ovitrapa (IPO) e Índice de Densidade de Ovos (IDO) obtidos com ovitrampas dispostas em ambiente doméstico, em diferentes localizações no município de Mossoró-RN

	Total de ovos	Média	Desvio padrão	IPO	IDO	P-valor
Frente	10.384	216,33	131,24	91,66	236	0,78
Quintal	9.759	203,31	94,14	85,41	238,02	
Cozinha	3.414	71,12	72,99	81,25	87,53	0,93
Banheiro	3.589	74,77	77,85	79,17	94,44	

Fonte: Autora

Resultados semelhantes foram observados por Depoli *et al.* (2016), num estudo em Mirassol, São Paulo, no qual os autores também obtiveram mais ovos nas armadilhas instaladas no ambiente externo ao ar livre, enquanto não houve diferença entre as armadilhas colocadas no quarto e sala de estar. Todavia, tem-se considerado que as fêmeas de *Aedes aegypti* apresentam elevada endofilia (Brasil, 2009). Barata *et al.* (2001), capturando fêmeas em residências, observou que a maior parte delas (87,3%) estava no ambiente interno. Os

resultados sugerem que as fêmeas podem preferir diferentes ambientes para a alimentação e descanso (ambiente interno) e deposição dos ovos (ambiente externo). Uma melhor compreensão do comportamento do *Aedes* é fundamental para definição das estratégias de controle, tornando possível a indicação de locais preferenciais de ação conforme o objetivo, seja bloquear a transmissão viral pelo bloqueio das picadas (ambiente interno) ou reduzir a infestação predial pela redução do número de formas jovens (ambiente externo) (Depoli *et al.*, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

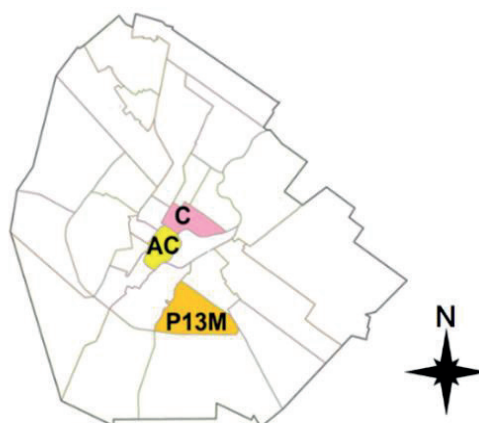
O Índice Infestação Predial (IIP), um dos indicadores obtidos no Levantamento Rápido de Índice para o *Aedes aegypti* (LIRAA), revela o grau de infestação de uma área, indicando o percentual de edifícios com criadouros do inseto entre os pesquisados. São considerados satisfatórios valores de até 1%, e classificados como situação de risco elevado para epidemias índices superiores a 3,9% (Brasil, 2013).

Não obstante, dos esforços empreendidos na sua realização, o LIRAA é considerado um levantamento impreciso, pois é baseado na identificação de formas imaturas que não indicam, fidedignamente, a presença simultânea do vetor adulto naquele local, já que as formas aquáticas observadas em determinado momento podem ser originárias de ovos depositados meses antes (Nascimento, 2017). Já o monitoramento por ovitrampa assegura a presença da fêmea e a quantificação dos ovos pode estimar a densidade dos vetores, embora não seja capaz de quantificar o número total de insetos de uma área, uma vez que a fêmea costuma espalhar os ovos de um mesmo ciclo gonotrófico em diversos criadouros (Passos *et al.* 2003).

Para verificar a eficácia das ovitrampas no monitoramento de bairros, foram selecionadas três áreas para o estudo, conforme os valores do IIP do LIRAA realizado pela Prefeitura Municipal de Mossoró (PMM) em junho de 2017: Planalto 13 de Maio (P13M), Zona leste, IIP = 8,8 (risco epidêmico alto); Alto da Conceição (AC), Zona Sul, IIP = 3,4 (risco moderado); e Centro, Zona Central (C), IIP = 0,9 (baixo risco) (Figura 9).

Figura 9. Localização dos bairros selecionados para instalação das ovitrampas no município de Mossoró-RN.

P13M = Planalto 13 de Maio; AC = Alto da Conceição; C = Centro



Fonte: Adaptado pelo autor de imagem obtida do Wikipedia, 2025.

Para a coleta de dados, utilizou-se ovitrampas preenchidas com 1L de água e contendo uma palheta para deposição dos ovos. No total, foram utilizadas 47 armadilhas, instaladas ao longo de todos os bairros, distantes umas das outras cerca de 300 m, sendo 26 no bairro P13M, 11 no AC e 10 no C. As ovitrampas foram monitoradas semanalmente no período de dezembro de 2017 a junho de 2018. Todavia, o mês de dezembro foi considerado apenas como período de adaptação.

As palhetas foram renovadas semanalmente e conduzidas ao LABPAM-UERN para contagem do número de ovos, utilizados para a obtenção do IPO e do IDO. No total, foram realizadas 1.222 coletas e recolhidos 73.466 ovos, sendo 3.830 no período de adaptação e 69.636 no período de janeiro a junho. Houve perda de 29 armadilhas (2,4%). Uma importante vantagem no uso das ovitrampas é a obtenção de dados semanais. Todavia, para facilitar a apresentação dos dados, estes foram apresentados agrupados em períodos mensais (Tabela 5).

Tabela 5. Dados mensais do total de ovos coletados e dos Índice de Positividade de Ovitrapas (IPO) e Índice de Densidade de Ovitrapas (IDO) do *Ae. aegypti* em bairros do Município de Mossoró com monitoramento entomológico por ovitrampas.

Meses	Bairros								
	Planalto 13 de Maio			Alto da Conceição			Centro		
	Total	IPO	IDO	Total	IPO	IDO	Total	IPO	IDO
Janeiro	2801	80,8	35,0	3318	88,4	62,4	2169	94,9	58,6
Fevereiro	7442	80,0	93,0	2434	90,7	87,3	2889	85,0	85,0
Março	8237	81,2	100,4	3311	90,9	82,8	2618	83,3	104,7
Abril	4953	75,0	63,5	4028	97,7	93,7	2883	78,4	99,4
Maio	6498	81,3	106,5	3254	66,7	147,9	2725	75,0	90,8
junho	4513	58,6	77,8	3601	97,6	87,8	1962	87,5	56,1
Soma/Média	34444	79,7	74,8	19946	89,6	89,4	15246	83,7	80,2

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

De acordo com a análise mensal, pode-se observar que em todos os bairros houve uma elevação dos valores de IDO após o mês de janeiro, com redução no último mês de análise. Essa elevação deve estar relacionada com o volume das precipitações, uma vez que o período que o estudo foi realizado contemplou o período da estação chuvosa (Espínola Sobrinho *et al.*, 2011). Quanto aos valores de IPO, que indica a presença do vetor, a redução foi observada apenas no Planalto 13 de Maio, podendo ser uma resposta à utilização do carro fumacê pela PMM que ocorreu nesse período. Entretanto, o impacto do fumacê foi menos pronunciado no IDO. A elevada resistência ambiental dos ovos, a qual permite que eles permaneçam viáveis por um período superior a um ano, torna possível a elevação da densidade vetorial caso o controle químico dos adultos não seja acompanhado de medidas de controle dos criadouros (Beserra; Castro Jr, 2008; Powell; Tabachnick, 2013).

A menor variação nos valores de IPO é condizente com os resultados obtidos pelo LIRAA. Em 2017, os três ciclos realizados ao longo do ano pela PMM revelaram valores médios muito semelhantes (IIP=7,4, 7,8 e 7,4). Assim sendo, mesmo com a redução na procriação, provavelmente pela redução no número de criadouros disponíveis no período seco, o *Aedes* pode permanecer com um quantitativo de vetor capaz de resistir ao período da estiagem. Os dados de IPO foram superiores aos observados por Monteiro *et al.* (2014) em Macapá-AP e por Nascimento (2017) em Natal-RN.

A análise trimestral permitiu o comparativo com os valores do LIRAA obtidos no mesmo período pela PMM (Tabela 6). Pode-se verificar que o monitoramento com ovitrampa se mostrou mais sensível para detectar a presença dos *Aedes*. Pelos valores do IIP, o bairro Centro apresentou baixo risco no primeiro ciclo (IIP = 0,8) e situação de alerta (IIP =1,7) no segundo. Os valores de IPO indicam que esse bairro tem infestação condizente com os outros bairros que foram classificados como risco epidêmico, indicando que as ovitrampas foram mais eficientes para detectar a presença do vetor (Nascimento, 2017).

Tabela 6. Dados trimestrais do total de ovos, Índice de Positividade de Ovitrapas (IPO) e Índice de Densidade de Ovitrapas (IDO) do *Ae. aegypti* em bairros do Município de Mossoró com monitoramento entomológico por ovitrampas e do Índice de Infestação Predial (IIP) obtido pelo Levantamento Rápido de

Índice para o *Aedes aegypti* (LIRAA).

Bairros	Primeiro trimestre				Segundo trimestre			
	Ovos	IPO	IDO	IIP	Ovos	IPO	IDO	IIP
Planalto 13 de Maio	1845	79,8	106,5	5,8	15964	69,2	80,6	6,7
Alto da Conceição	8323	90,0	71,1	4,1	10177	89,1	96,0	7,1
Centro	7024	87,3	73,2	0,8	6598	81,3	75,8	1,7

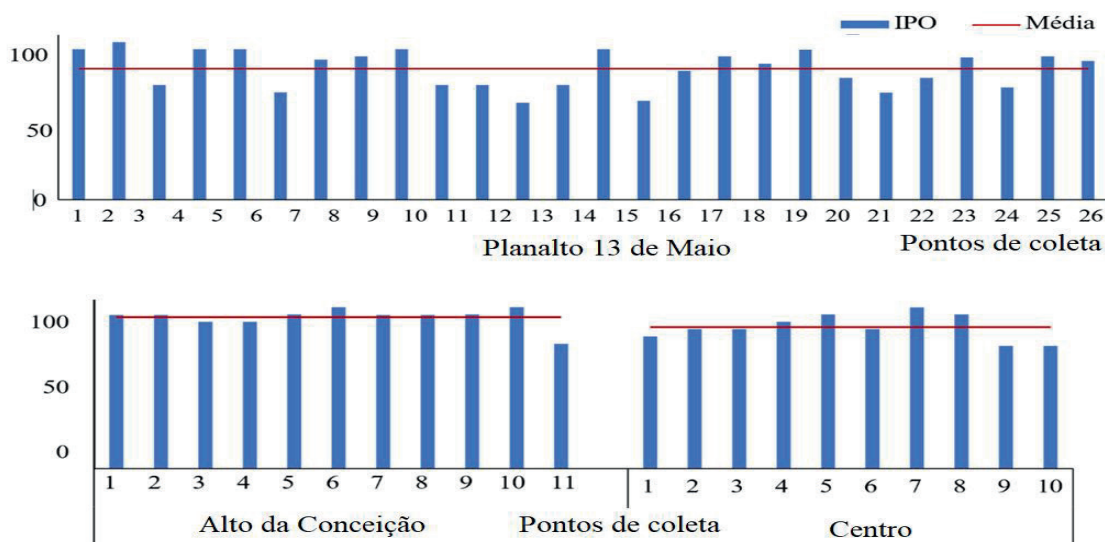
Fonte: Autora

Além de possibilitar dados semanais, o monitoramento por ovitrampa também possibilita dados para a análise por ponto de coleta, que podem possibilitar tomadas de decisões mais pontuais e a concentração de esforços em áreas críticas (Monteiro *et al.*, 2014). Para facilitar a apresentação dos dados, as Figuras 10 e 11 trazem a média semestral dos dados de IPO e IDO por ponto de coleta em cada um dos bairros analisados.

Com relação a presença do vetor, os dados do IPO (Figura 10) confirmam a presença do *Aedes aegypti* em todos os pontos de coleta. Já com relação ao IDO (Figura 11), que estima a densidade, é possível verificar que os dados apresentaram maior heterogeneidade, permitindo a identificação de pontos com maiores e menores riscos de transmissão.

Embora os dados confirmem o potencial do monitoramento com ovitrampas para indicar áreas críticas, os poucos pontos com baixa densidade indicam que todos os bairros analisados devem ser intensamente trabalhados, com fins de reduzir a infestação do *Aedes* e o risco de epidemias.

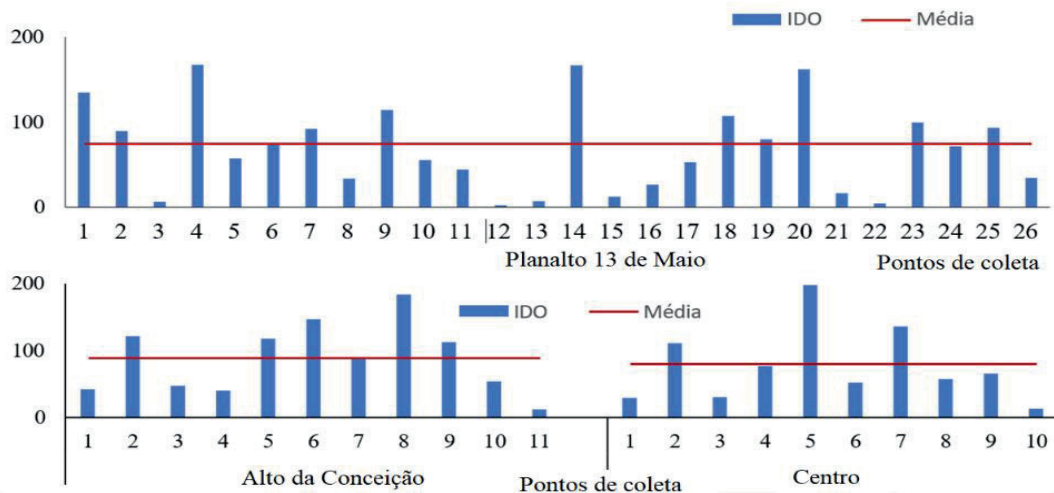
Figura 10. Comparativo dos valores médios do Índice de Positividades de Ovitrampa (IPO) do *Ae. aegypti* por ponto de coleta (barras) e do respectivo bairro (linha vermelha), do Município de Mossoró-RN, no período de janeiro a julho de 2018.



Fonte: Autora

Figura 11. Comparativo dos valores médios do Índice de Densidade de Ovitrampas (IDO) do *Ae. aegypti* por ponto de coleta (barras) e do respectivo bairro, do Município de Mossoró-RN, no período de janeiro

a julho de 2018.



Fonte: Autora

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo sendo considerada de baixo custo, a implantação das ovitrampas exige um investimento inicial para a aquisição e reposição das armadilhas e, principalmente, a disponibilidade de mão de obra para o seu monitoramento semanal. Dessa forma, é necessário que o município disponha de equipes de Agentes de Combate às Endemias, integradas às equipes de Saúde da Família, cobrindo toda a área monitorada. Já a contagem pode ser facilitada pelo desenvolvimento de ferramentas automatizadas (Brun *et al.*, 2020).

Além de fornecerem dados sobre a presença e densidade de vetores, as ovitrampas possibilitam a obtenção de dados semanais, que podem corroborar com o número de casos de arboviroses notificados em cada semana epidemiológica (Monteiro *et al.*, 2014). Isso permite indicar áreas e períodos críticos, tornando o combate ao *Aedes* mais eficiente. Ademais, as ovitrampas podem contribuir no controle do vetor pela retirada dos ovos depositados nas armadilhas.

Embora os estudos tenham sido suspensos em virtude da pandemia da COVID-19, os dados obtidos, alguns dos quais aqui foram compilados e apresentados, indicam que as ovitrampas são mais sensíveis e eficientes do que os LIRAA e, portanto, são recomendadas. Todavia, o combate só obterá êxito se associado a estratégias que reduzam a diversidade e disponibilidade de criadouros, decorrentes de processos de urbanização mal planejada, remoção de resíduos ineficientes e abastecimento de água irregular (Wilke *et al.*, 2019).

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Controle de Zoonose da Prefeitura Municipal de Mossoró pelo fornecimento dos dados do LIRAA e pelo auxílio na coleta dos bairros.

REFERÊNCIAS

BARATA, E. A.; COSTA, A. I. P. da; CHIARAVALLI NETO, F.; GLASSER, C. M.; BARATA, J. M. S.; NATAL, D. População de *Aedes aegypti* (L.) em área endêmica de dengue, Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, p. 237-242, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102001000300004>.

BESERRA, E. B.; CASTRO JR, F. P. Biologia Comparada de Populações de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) da Paraíba. **Neotropical Entomology**, v. 37, n.1, p.81-85, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000100012>

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 4, p. 295-302, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742007000400007>

BRAGA, I. A.; GOMES, A. de C.; NELSON, M.; RITA DE CASSIA, G. M.; BERGAMASCHI, D. P.; SOUZA, J. M. P. de. Comparative study between larval surveys and ovitraps to monitor populations of *Aedes aegypti*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 33, n. 4, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0037-86822000000400003>

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA) para vigilância entomológica do *Aedes aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipo de recipientes**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 84 p.:il. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf>. Acesso em 15 de março de 2025

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico: monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 49, 2016**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. v. 47, n. 38. Disponível em: <https://cnm.org.br/cms/images/stories/02012017_Boletim_Epidemiologico---Dengue-SE49-publicacao.pdf>. Acesso em 15 de março de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Painel de Monitoramento das Arboviroses**. Atualização dos casos de arboviroses. Brasília: Ministério da Saúde, 2025a. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses>>. Acesso em 15 de março de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento do Programa Nacional de Imunizações. **Informe Técnico Operacional da Estratégia de Vacinação contra a Dengue em 2024**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/arboviroses/publicacoes/estrategia-vacinacao-dengue/view>>. Acesso em 15 de março de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Painel de Monitoramento das Arboviroses**. Atualização dos casos de arboviroses. Brasília: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses>>. Acesso em 15 de março de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009. 160 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf>. Acesso em 15 de março de 2025.

BRUN, A. L.; MORAES, P. L.; RIZZI, C. B.; RIZZI, R. L. Uma revisão das técnicas computacionais para contagem de ovos de *Aedes aegypti* em imagens de ovitrampas. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 12, n. 3, p. 1-15, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5335/rbca.v12i3.10947>.

DEPOLI, P.A.C, ZEQUI, J.A.C, NASCIMENTO, K.L.C., LOPES, J. Eficácia de Ovitrapas com Diferentes Atrativos na Vigilância e Controle de Aedes. **EntomoBrasilis**, v. 9, n. 1, p. 51-55, 2016. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v9i1.509>.

DONATTI, J. E.; GOMES, A. de C. Adultrap: descrição de armadilha para adulto de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 2, p. 255-256, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262007000200019>

ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; PEREIRA, V. da C.; OLIVEIRA, A. D. de; SANTOS, W. de O.; SILVA, N. K. C.; MANIÇOBA, R. M. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Riscos climáticos e cenários agrícolas futuros: anais.** Guarapari: Incaper, 2011. Disponível em: <<https://sbagro.org/files/biblioteca/3624.pdf>>. Acesso em 15 de março de 2025

AY, R. W.; PERRY, A. S. Laboratory studies of ovipositional preferences of *Aedes aegypti*. **Mosquito News**, v. 25, n. 3, p. 276-281, 1965. DOI: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/129217>.

MARCONDES, C. B.; XIMENES, M. F. F. M. Zika virus in Brazil and the danger of infestation by *Aedes (Stegomyia) mosquitoes*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 49, p. 4-10, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0220-2015>

MONTEIRO, F. J. C.; CARVALHO, J. C. T.; SOUTO, R. N. P. Distribuição da oviposição e dinâmica temporal do *Aedes aegypti* (Linnaeus) por meio de ovitrampas. **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 3, p. 188-192, 2014. DOI:

<https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v7i3.419>

NASCIMENTO, F.A.M. **Padronização e implementação do uso de armadilhas de oviposição nas ações de monitoramento do mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/24059>>. Acesso em 15 de março de 2025.

NATAL. **Tecnologia de monitoramento de vetores da dengue em Natal serve como referência para todo o Brasil**. Natal: Prefeitura do Natal, 2023. Disponível em: <https://natal.rn.gov.br/news/post2/40057>. Acesso em: 15 de março de 2025

NAVARRO, D. M. A. F.; OLIVEIRA, P. E. S. DE; POTTING, R. P. J.; BRITO, A. C.; FITAL, S. J. F.; SANT'ANA, A. E. G. The potential attractant or repellent effects of different water types on oviposition in *Aedes aegypti* L. (Dipt., Culicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 127, n. 1, p. 46-50, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00690.x>

PASSOS, R. A.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F. Dominância de *Aedes aegypti* sobre *Aedes albopictus* no litoral sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, p. 729-734, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102003000600007>.

POWELL, J. R.; TABACHNICK, W. History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 108, n. suppl 1, p. 11-17, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/0074-0276130395>.

RODRIGUEZ, M. M.; BISSET, J. A.; FERNÁNDEZ, D. Levels of insecticide resistance and resistance mechanisms in *Aedes aegypti* from some Latin American countries. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 23, n. 4, p. 420-429, 2007. DOI: <https://doi.org/10.2987/5588.1>

SANT'ANA, A. L.; ROQUE, R. A.; EIRAS, A. E. Characteristics of grass infusions as oviposition attractants to *Aedes* (*Stegomyia*) (Diptera: culicidae), **Journal of medical entomology**, v. 43, n. 2, p. 214-220, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1093/jmedent/43.2.214>

SANTOS, E. M. M; CORREIA, J; MUNIZI, L; MELADO, M; ALBURQUEQUE, C; Oviposition activity of *Aedes aegypti* L.(Diptera: Culicidae) in response to different organic infusions. **Neotropical entomology**, v. 39, p. 299-302, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000200023>

SEMENZA, J. C.; SUK, J. E. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. **FEMS Microbiology Letters**, v. 365, n. 2, jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx244>.

SILVA, C. E.; LIMONGI, J. E. Avaliação comparativa da eficiência de armadilhas para a captura e coleta de *Aedes aegypti* em condições de campo. **Caderno de Saúde Coletiva**. v. 26, n. 3, p. 241-248, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X201800030045>.

SILVA, L. S. B; VASCONCELOS, A. S. V. Otimização mono-objetivo no controle do mosquito *Aedes aegypti* por meio de um modelo de duas populações com influência da precipitação. **TEMA, São Carlos**, v.20, n.1. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5540/tema.2019.020.01.0197>

SILVEIRA, M. R. S.; ESPINDOLA, L. S.; LOPES, N. P.; VIEIRA, P. C. Plant natural products for the control of *Aedes aegypti*: the main vector of important arboviruses. **Molecules**, v. 25, n. 15, p. 3484, 31 jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25153484>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global Strategic Framework for Integrated Vector Management**. Geneva: WHO, 2004.

WILKE, A. B. B.; BEIER, J. C.; BENELLI, G. Complexity of the relationship between global warming and urbanization – an obscure future for predicting increases in vector-borne infectious diseases. **Current Opinion in Insect Science**, v. 35, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.06.002>

ZARA, A. L. de S. A.; SANTOS, S. M. dos; OLIVEIRA, E. S. F.; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>

CAPÍTULO 4

USOS MÚLTIPLOS DOS RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI/MOSSORÓ, RN

*José Emanuel Tavares Araújo
Maria Losângela Martins de Sousa*

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, localizada no Semiárido brasileiro, possui uma porção cristalina marcada por desafios hídricos, onde a açudagem desempenha um papel fundamental na captação e armazenamento de água.

Os reservatórios superficiais, construídos principalmente para atender às demandas em períodos de estiagem, são essenciais para o abastecimento humano, a agricultura, a pecuária e outros usos múltiplos. No entanto, a eficiência desses açudes está diretamente relacionada às suas características físicas, à qualidade da água armazenada e à gestão integrada dos recursos hídricos entre o poder público e a sociedade civil.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar os reservatórios superficiais na porção cristalina da bacia do rio Apodi/Mossoró, analisando aspectos como capacidade de armazenamento. Além disso, busca-se avaliar os múltiplos usos da água acumulada nesses açudes, considerando suas potencialidades e limitações para diferentes finalidades, como consumo humano, irrigação e dessedentação animal. Por fim, pretende-se discutir estratégias para otimizar o aproveitamento hídrico, visando a sustentabilidade dos recursos na região semiárida.

A partir dessa análise, espera-se contribuir para o planejamento hídrico local, oferecendo subsídios técnicos que auxiliem na gestão dos reservatórios e na garantia da segurança da água em uma área sujeita a variações climáticas extremas.

1.1. POLÍTICAS PÚBLICAS DE AÇUDAGEM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A açudagem é uma técnica que usa as águas do potencial hidráulico móvel e as destina para diversos usos (Campos, 2012). Segundo Molle (1994, p. 14), “no Nordeste, a construção

de açudes foi sem dúvida técnica trazida pelos portugueses, os quais a aprenderam, provavelmente, dos mouros que perlongaram mais de 5 séculos na península Ibérica”.

Os açudes no Semiárido variam em tamanho e capacidade de armazenamento, classificando-se em médios/grandes (milhões/bilhões de m³ de água) e pequenos (centenas de m³ de água), conforme sua demanda social (Cirilo, 2008). Sua construção como estratégia contra as secas recebe incentivo governamental desde 1830 no Ceará (Guerra, 1981).

Ao longo dos anos, as políticas de açudagem foram sendo classificadas em fases de acordo com os seus objetivos em relação ao combate às secas. Essas fases marcam o início de ações de caráter institucional. Magalhães e Glantz (apud Campos, 2014, p. 66) identificam seis fases no desenvolvimento hídrico do Nordeste, sendo a primeira (1877-1906) marcada por estudos e propostas de soluções para as secas através de comissões técnicas.

Na fase de estudos, iniciada ainda no governo imperial, as comissões se dirigiram para o interior do estado do Ceará, o mais castigado pelas estiagens. Com os estudos, foi constatado que alguns municípios do interior cearense eram locais propícios para a construção de açudes por suas características geológicas favoráveis.

A institucionalização das políticas de açudagem no Semiárido ocorreu por meio de órgãos como a IOCS (1909), transformada em IFOCS (1919) e depois em DNOCS (1945), complementados por outras instituições como o Banco do Nordeste (1952), GTDN (1957) e SUDENE (1958), que garantiram a continuidade dessas ações (Guerra, 1981).

Segundo Macedo (2014), o principal benefício que a açudagem trouxe ao Semiárido foi a garantia de reservas hídricas para mitigar os efeitos de longos períodos de secas sobre atividades econômicas como a agricultura, pecuária e para o abastecimento humano.

1.2. OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

De acordo com Castro (2022), a partir de meados do século XVIII, os diversos usos da água foram se diversificando devido ao avanço tecnológico resultante da Revolução Industrial. Esse período marcou o desenvolvimento industrial das sociedades, o que gerou aumento significativo da população nas áreas urbanas devido às migrações do campo para a cidade.

Os reservatórios são fontes essenciais de água no Brasil, mas seu uso varia conforme fatores como crescimento populacional, urbanização e atividades econômicas, aumentando seu valor. O estresse hídrico cresce, principalmente no Sudeste (abastecimento e indústria), Sul (irrigação) e Nordeste, onde a demanda supera a disponibilidade (ANA, 2018, p. 31).

De acordo com Tundisi; Matsumura-Tundisi (2020), a região Nordeste apresenta uma disponibilidade hídrica bastante reduzida (1.270 m³/habitante/ano), agravada pela desigual distribuição de usos múltiplos e atividades humanas no território, exigindo medidas de proteção, conservação e recuperação dos recursos hídricos, especialmente em áreas urbanas.

As principais atividades que mais utilizam recursos hídricos no país são: o abastecimento público urbano e rural, a irrigação, usos industriais, navegação em hidrovias, turismo e recreação, produção de energia elétrica, pesca e piscicultura e agricultura, sendo o uso para irrigação a atividade que mais consome os recursos hídricos (Tundisi; Matsumura-Tundisi (2020).

O uso consuntivo setorial da água no Brasil ocorre, principalmente, para irrigação, abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento animal, indústria, geração termelétrica e mineração. O conhecimento acerca desses usos vem sendo constantemente ampliado por meio de estudos específicos e cadastros de usuários, e os avanços são registrados anualmente no Relatório Conjuntura da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico – ANA.

Os usos da água nos reservatórios da bacia do rio Apodi-Mossoró foram categorizados em consuntivos (irrigação, abastecimento humano e animal) e não consuntivos (lazer, turismo e navegação), conforme classificação da ANA, (2019).

No meio rural, a agricultura e pecuária são as atividades que mais consomem água, principalmente para irrigação e dessedentação animal. A crescente demanda por esse recurso, incluindo uso industrial e humano, levou ao desenvolvimento de técnicas sustentáveis de aproveitamento hídrico. Segundo Telles e Domingues (2006), essas atividades representam cerca de 65% do consumo global de água.

A irrigação agrícola é o maior uso consuntivo de água globalmente. O Brasil está entre os 10 países com maior área irrigada (6,95 milhões de ha), sendo o Sudeste a região líder (2,7 milhões de ha), seguido por Sul (1,7 milhões), Centro-Oeste (1,2 milhões), Nordeste (1,2 milhões) e Norte (194 mil ha) (ANA, 2019).

No Semiárido, a construção de reservatórios públicos (como o Cedro em Quixadá) amenizou a escassez hídrica, viabilizando a irrigação. A expansão agrícola nas décadas de 1970/80, impulsionada por incentivos governamentais e financiamentos, intensificou essa prática em regiões climaticamente desfavoráveis (ANA, 2019).

A irrigação tornou-se crucial no Semiárido para gestão hídrica e aumento da produção agrícola, beneficiando comunidades locais. Paralelamente, a piscicultura introduzida pelo DNOCS nas décadas de 1960/70 emergiu como alternativa econômica vital, gerando renda e segurança alimentar através do aproveitamento dos reservatórios.

Segundo Vidal (2016), a piscicultura no Brasil é desenvolvida principalmente em águas interiores. Os sistemas de produção podem ser classificados de várias maneiras, a classificação mais empregada no país é por produtividade (intensivo, semi-intensivo e extensivo).

O sucesso da piscicultura depende da adaptação às condições ambientais e climáticas, exigindo conhecimento técnico, políticas públicas adequadas e análise de fatores como capacidade do reservatório, qualidade da água e ecossistema local.

As técnicas de intervenção humana na natureza, com a introdução de alevinos em reservatórios e o fornecimento de ração e adubagem para o crescimento dos peixes, são o que distingue a piscicultura da pesca tradicional. Tais técnicas garantem uma maior produção (Molle; Cadier, 1992). A piscicultura nos reservatórios estudados é do tipo extensiva, em que os peixes são cultivados em ambientes naturais sem ração, geralmente em policultivo e com mínimo manejo (Lopes, 2012).

O peixamento com espécies como tilápia, curimatã, piaui e traíra, diversifica a produção, garantindo renda familiar e consumo. Essas espécies coexistem com dietas variadas, desde herbívoras até carnívoras. O peixamento deve ser feito após chuvas intensas, quando o açude está cheio mas sem risco de transbordar, garantindo tempo para o desenvolvimento dos peixes (Molle; Cadier, 1992).

Os vários reservatórios construídos ao longo de décadas têm ajudado a minimizar os impactos causados pela escassez. Com o passar do tempo, a água desses açudes passou a ser usada de maneiras diferentes, tornando-se um recurso essencial na região.

No que se refere à utilização da água como atrativo turístico e atividades de recreação e lazer, Bruna (2006) salienta que a água, recurso essencial à vida e importante atrativo turístico em ambientes naturais e urbanos, não deve ser desperdiçada ou poluída, exigindo conscientização e preservação para garantir a sustentabilidade ambiental

O turismo, como atividade econômica do setor terciário, depende da preservação hídrica, mas seu crescimento tem alterado paisagens e ecossistemas naturais.

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (2003, *apud* ANA, 2005, p. 11), o setor de turismo associado aos recursos hídricos pode ser agrupado em três segmentos principais: o turismo e lazer no litoral brasileiro, com cerca de 8.000 km de costa; turismo ecológico e a pesca em alguns biomas, como o Pantanal e a Floresta Amazônica; o turismo e o lazer nos lagos e reservatórios interiores.

A atividade turística de lazer e de recreação em lagos e reservatórios no interior do Nordeste ganha destaque como a principal escolha tanto dos moradores locais quanto dos

turistas que visitam a região, especialmente no Semiárido, devido às condições climáticas com pouca chuva ao longo do ano. Com a presença de água, há um aumento significativo no número de turistas que buscam diversão em áreas geralmente afetadas pela falta de chuva.

O Ministério do Turismo classifica os fluxos turísticos em três tipos: Itinerante - visitas curtas (até 12h) sem pernoite; de estrada - permanência superior a 24h com pernoite; Sedentário-residencial - estadia prolongada/indeterminada, como em casas de veraneio.

O turismo náutico, originalmente associado a áreas costeiras, expandiu-se para reservatórios interiores devido à sua capacidade hídrica adequada para pequenas embarcações. Essa atividade, assim como a construção de represas, transforma a dinâmica local ao alterar paisagens e criar novas opções de lazer (Leme, 2007).

O turismo emerge como estratégia eficaz para desenvolvimento socioeconômico local, gerando empregos, renda e melhorando a qualidade de vida através de negócios que atendem às demandas dos visitantes (hospedagem, alimentação, transporte e infraestrutura), beneficiando tanto turistas quanto a comunidade local.

O turismo promove benefícios econômicos que se estendem além dos destinos turísticos, impulsionando diversos setores produtivos regionais e beneficiando comunidades fornecedoras de bens e serviços (Barbosa, 2005)

Da mesma forma que qualquer outra atividade econômica que produz bens e promove consumo, o turismo também pode gerar impactos adversos nos locais em que é desenvolvido, quando não é realizado de maneira sustentável e responsável pelos visitantes e residentes.

O aumento da demanda turística em áreas naturais gera impactos ambientais como esgotamento de recursos naturais, poluição e alterações paisagísticas (Rocha, 2011). Diante dessa situação, questões ligadas ao turismo, quando não devidamente gerenciadas, resultam em uma redução significativa no número de visitantes no local. Como resultado, os indivíduos mais impactados são os moradores locais, uma vez que são os principais beneficiados por essas atividades turísticas.

A bacia Apodi-Mossoró engloba diferentes atividades, tais como agricultura, indústria, abastecimento de água para humanos e animais, turismo, recreação e lazer. Nesse contexto, em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos, a dificuldade está em encontrar um equilíbrio entre essas utilizações, levando em conta as necessidades em expansão e a quantidade limitada de água disponível, sendo crucial dar prioridade às utilizações mais fundamentais, como o fornecimento de água para consumo humano e a conservação dos ecossistemas aquáticos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo adota uma abordagem descritiva e qualitativa, visando caracterizar fenômenos e analisar relações entre variáveis (Gil, 2010).

Em relação aos procedimentos da pesquisa, a fase inicial utilizou a pesquisa bibliográfica do tipo revisão integrativa para dar embasamento teórico ao texto. A pesquisa bibliográfica fundamenta-se em publicações existentes, particularmente em livros e artigos acadêmicos (Severino, 2017). Foram realizadas buscas em bancos de dados utilizando os seguintes termos: bacia hidrográfica, recursos hídricos, semiárido e açudagem.

Os levantamentos de dados cartográficos, como variados arquivos vetoriais do tipo *Shapefile* para a elaboração dos mapas utilizados na pesquisa, foram adquiridos em sites de instituições e órgãos governamentais, conforme as temáticas a serem apresentadas nos tópicos dessa pesquisa.

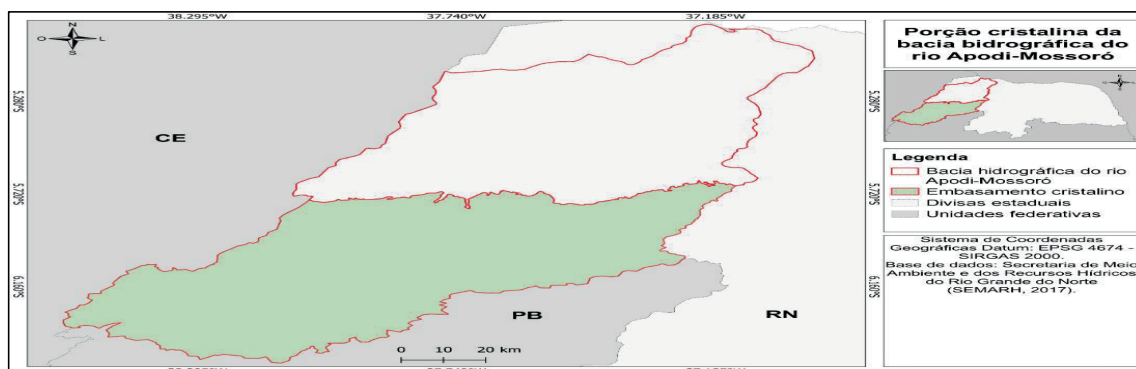
A segunda etapa da pesquisa se constituiu de visitas de campo na área dos açudes analisados, com o objetivo de levantar informações sobre as características dos reservatórios e os usos atribuídos às suas águas.

2.1. ÁREA DE ESTUDO: EMBASAMENTO CRISTALINO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ

O Rio Grande do Norte possui 14 bacias hidrográficas principais, sendo a bacia do rio Apodi-Mossoró a segunda maior em extensão (14.276 km²), abrangendo 26,8% do território estadual em sua região semiárida ocidental (Maia, 2021).

Geologicamente, a bacia Apodi-Mossoró apresenta dois compartimentos distintos: a porção norte (4.500 km²) integra a Bacia Sedimentar Potiguar, enquanto a porção sul (6.500 km²) está inserida no embasamento cristalino (Silva; Camargo, 2022).

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró.



Fonte: Araújo, 2024.

A bacia do rio Apodi-Mossoró, uma das mais relevantes do Rio Grande do Norte, concentra diversas atividades econômicas, incluindo exploração de petróleo e gás, produção de sal e cimento, além de práticas agrícolas e de fruticultura irrigada que sustentam comunidades locais (Carvalho *et al.*, 2021). Essa diversidade econômica exige estudos e ações voltados à gestão sustentável dos recursos naturais, garantindo a preservação dos ecossistemas para gerações futuras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção de açudes foi uma das técnicas mais empregadas no Semiárido brasileiro para mitigar os efeitos das secas e atendimento básico das necessidades humanas e animal. De acordo com Pereira Neto (2023), tais políticas foram amplamente incorporadas ao discurso desenvolvimentista do território.

Na porção cristalina da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, o Instituto de Gestão de Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) realiza o monitoramento volumétrico e qualitativo de 25 (vinte e cinco) reservatórios em diversos municípios potiguares. Atualmente são monitorados os reservatórios com capacidade em milhões de metros cúbicos de água.

Deve-se ressaltar que, em virtude da extensão territorial da área de estudo e do número de reservatórios, esta pesquisa terá foco na caracterização de 2 (dois) reservatórios. Sendo eles: Reservatório Flechas, localizado em José da Penha-RN e o Reservatório de Pau dos Ferros, localizado nos municípios de Pau dos Ferros-RN, Marcelino Vieira-RN e Rafael Fernandes-RN.

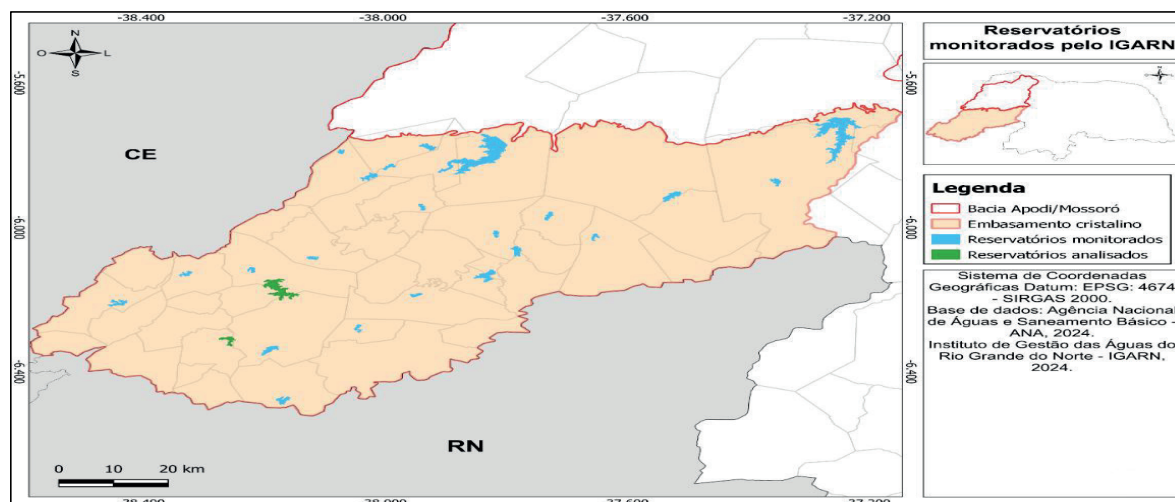
A escolha dos reservatórios levou em consideração a sua importância para os usuários de água e a proximidade do pesquisador em relação à localização geográfica em que eles se encontram, possibilitando assim, um melhor estudo desses mananciais.

Sendo assim, o monitoramento se torna essencial para a obtenção de dados sobre os níveis e qualidade das águas desses mananciais para serem realizados procedimentos de regulação de usos múltiplos, garantindo a qualidade e o abastecimento hídrico da população que reside nessa porção da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

A figura 2 mostra os reservatórios monitorados pelo IGARN na porção cristalina da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. São reservatórios que ultrapassam milhões de metros cúbicos de água e possuem diversas extensões territoriais, podendo abranger o território de vários municípios, alterando significativamente a paisagem local. Os usos múltiplos das águas dos reservatórios também são variados e requerem maior controle por

parte do IGARN e do Comitê de Bacia Hidrográfica para evitar conflitos entre os usuários de água.

Figura 2. Reservatórios monitorados pelo IGARN.



Fonte: Araújo, 2024.

Tabela 1. Dados dos reservatórios monitorados pelo IGARN.

Reservatório	Municípios abrangidos	Capacidade (m ³)
Santa Cruz do Apodi	Apodi, Itaú	599.710.000
Umarí	Upanema, Campo Grande, Paraú	292.810.000
Pau dos Ferros	Pau dos Ferros, Marcelino Vieira, Rafael Fernandes	54.850.000
Lucrécia	Lucrécia, Frutuoso Gomes	24.75.000
Rodeador	Umarizal, Rafael Godeiro, Almino Afonso	21.400.000
Marcelino Vieira	Marcelino Vieira	11.200.000
Bonito II	São Miguel	10.870.000
Jesus Maria José	Tenente Ananias	9.640.000
Riacho da Cruz II	Riacho da Cruz	9.600.000
Flechas	José da Penha, Marcelino Vieira	8.950.000
Santo Antônio de Caraúbas	Caraúbas, Janduís	8.540.000
Passagem	Rodolfo Fernandes, Severiano Melo	8.270.000
Tourão	Patu	7.990.000
Malhada Vermelha	Severiano Melo	7.540.000
Morcego	Campo Grande	6.710.000
Brejo	Olho d'água do Borges	6.450.000
Pilões	Pilões	5.900.000
Encanto	Encanto	5.190.000
25 de Março	Pau dos Ferros	4.720.000
Corredor	Antônio Martins	4.640.000
Dona Lulu Pinto (Arapuã)	Luís Gomes	4.290.000
Currais	Itaú, Severiano Melo	4.020.000
Tesoura	Francisco Dantas	3.930.000
Umarizal	Umarizal	3.100.000
Sossego	Rodolfo Fernandes	2.350.000

Fonte: Elaborado com base em informações do IGARN, 2024.

A tabela 1 traz as informações dos 25 (vinte e cinco) reservatórios superficiais monitorados pelo IGARN na porção cristalina da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

O reservatório com maior volume hídrico na área de estudo é o reservatório de Santa Cruz do Apodi, localizado no município de Apodi-RN (Ver Figura 2), mas também se encontra em menor porção no território do município de Itaú-RN. Concluído em 2022, com capacidade de 599.710.000 m³ (milhões de metros cúbicos de água) e uma área de drenagem total de 4.385,80 km² (quilômetros quadrados), sendo este o segundo maior em capacidade de acúmulo de água no Rio Grande do Norte.

O terceiro maior reservatório concluído em 2002 é o Umarí, localizado nos territórios dos municípios de Upanema-RN, Campo Grande-RN e Paraú-RN, sendo o terceiro maior reservatório potiguar, com capacidade para 292.810.000 m³ (milhões de metros cúbicos de água) e uma área de drenagem total de 1.547,20 km² (quilômetros quadrados).

3.1. RESERVATÓRIO FLECHAS

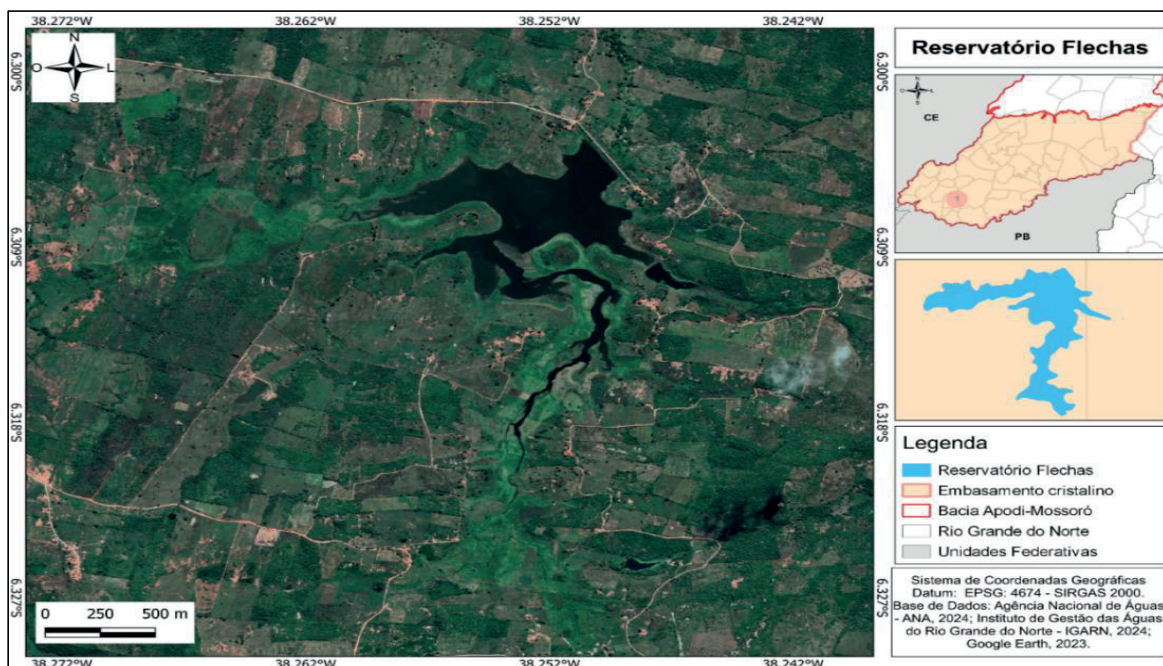
O segundo reservatório caracterizado foi o Flechas, que abrange o território do município de José da Penha-RN e uma pequena parte do município de Marcelino Vieira-RN. Sua localização se encontra nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 6°18'27"S e longitude 38°15'09"W. O reservatório possui uma elevação em torno de 252 metros acima do nível do mar e fica situado a cerca de 6 quilômetros da sede municipal de José da Penha-RN.

A capacidade de armazenamento é de 8.950.000 m³ (milhões de metros cúbicos de água) e uma área de drenagem de 450,00 km² (quilômetros quadrados). O reservatório Flechas barra um riacho de mesmo nome que é um afluente do rio Apodi. O reservatório teve sua construção finalizada em 1983 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

O perfil da barragem é do tipo terra homogênea. Barragens de perfil homogêneo utilizam solos argilosos e sistemas de drenagem interna (filtros verticais/horizontais e enrocamento) para controlar o fluxo hídrico e garantir estabilidade estrutural (ANA, 2016).

A barragem possui altura máxima de 14,00 metros, a extensão do coroamento é de 430,00 metros, com 6,80 metros de largura. O vertedouro é do tipo *creager*.

Figura 3. Reservatório Flechas.



Fonte: Araújo, 2024.

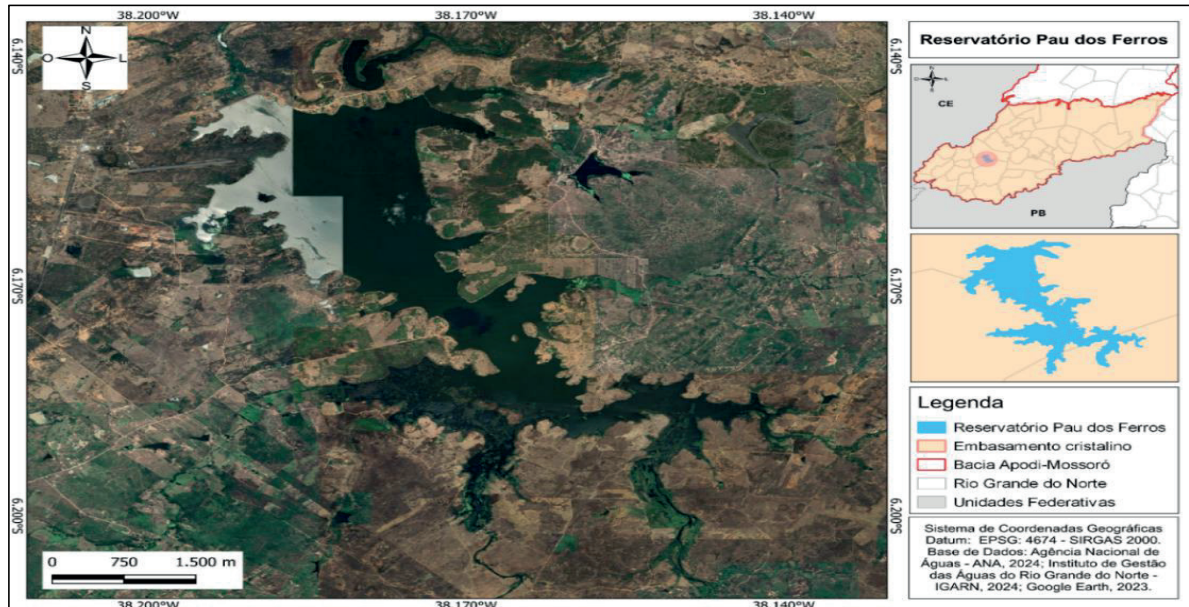
A visita ao reservatório foi feita no dia 3 de abril de 2024 e o reservatório se encontrava com 78,10% de sua capacidade de acúmulo hídrico, de acordo com dados obtidos pelo monitoramento volumétrico feito pelo IGARN. No dia da visita, não foi observado mecanismo de medição do nível do reservatório. Para a tomada d'água, foi verificada a presença de bombas flutuantes no reservatório.

3.2. RESERVATÓRIO PAU DOS FERROS

O reservatório Dr. Pedro Diógenes Fernandes (Pau dos Ferros) é um dos mais importantes do Alto Oeste Potiguar. Este reservatório, apesar de receber o nome do município de Pau dos Ferros-RN, abrange o território dos municípios de Marcelino Vieira-RN e Rafael Fernandes-RN. Está localizado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude $06^{\circ} 08' 45,94''$ S e longitude $38^{\circ} 11' 25,70''$ W. O reservatório está a cerca de 200 metros acima do nível do mar.

Possuindo capacidade para $54.850.000 \text{ m}^3$ (milhões de metros cúbicos de água) e uma área de drenagem de $2.051,70 \text{ km}^2$ (quilômetros quadrados), o reservatório é responsável pelo abastecimento público de água dos municípios de Pau dos Ferros-RN, Água Nova-RN, Encanto-RN, Major Sales-RN, Rafael Fernandes-RN e Riacho de Santana-RN.

Figura 4. Reservatório Pau dos Ferros.



Fonte: Araújo, 2024.

Em relação às suas características estruturais, a barragem principal é do tipo terra homogênea, com uma extensão de cerca de 580 metros e 19 metros de altura.

O vertedouro principal é do tipo soleira livre – Creager. Os vertedouros podem ser classificados em controlados, que utilizam comportas para regular o nível do reservatório, e não controlados, em que o vertimento ocorre livremente, dependendo apenas da capacidade de escoamento (Miranda; Araújo; Mendes, 2020).

A medição dos níveis do reservatório é feita através da marcação na torre de comando, que mede em torno de 19 metros de altura.

No dia 5 de maio de 2024 foi feita uma visita ao reservatório que, nesse mesmo dia, segundo dados obtidos no relatório dos volumes dos principais reservatórios potiguares, divulgados através do Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN), o mesmo possuía 71,12% em relação a sua capacidade de armazenamento de 54.850.000 m³ (milhões de metros cúbicos).

Em maio de 2023, após 14 anos, o reservatório atingiu sua capacidade máxima, transbordando após esse longo período, deixando os usuários de água mais esperançosos. Nesse mesmo ano, ao todo, mais de 17 reservatórios do Rio Grande do Norte atingiram seu volume máximo. Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos se torna essencial para garantir o uso racional da água em seus múltiplos usos, de modo a evitar o colapso dos reservatórios e garantir o abastecimento de água para todos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da açudagem na porção cristalina da bacia do rio Apodi/Mossoró evidenciou o papel estratégico dos reservatórios superficiais no Semiárido brasileiro. Esses açudes, caracterizados por diferentes portes e capacidades de armazenamento, são fundamentais para atender demandas hídricas múltiplas, como abastecimento humano, irrigação, piscicultura, turismo e lazer. No entanto, sua eficiência está condicionada a fatores como taxa de evaporação, assoreamento e gestão integrada dos recursos hídricos.

A coexistência de usos consuntivos e não consuntivos revela a necessidade de políticas públicas de manejo sustentável, especialmente em uma região com alta variabilidade climática. Apesar dos benefícios socioeconômicos gerados, como renda e segurança alimentar, os desafios persistem, incluindo a degradação ambiental e os conflitos pelo uso da água.

Em síntese, os açudes da bacia do Apodi/Mossoró são vitais para a resiliência hídrica regional, mas seu potencial só será plenamente alcançado com abordagens que equilibrem desenvolvimento e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA. 2019. 75p

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). **Cadernos de recursos hídricos: turismo e o lazer e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2018.

BARBOSA, F. F. O TURISMO COMO UM FATOR DE DESENVOLVIMENTO LOCAL E/ OU REGIONAL. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, p. 107-114, fev. 2005.

BRUNA, G. C.. Água e ecoturismo. In: REBOUÇAS, A. da C; B., B.; TUNDISI, J. GALIZIA (org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. Cap. 14. p. 461-479.

CAMPOS, J. N. B. A evolução das políticas públicas no Nordeste. In: **A questão da água no Nordeste**. Agência Nacional de Águas; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: CGEE, 2012.

- CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.
- CARVALHO, R. G. de; SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M.; RABELO, F. D. B. Aspectos geocológicos e socioeconômicos para o planejamento integrado da bacia do rio Apodi-Mossoró. In: CARVALHO, R. G. de (org.). **Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento**. Mossoró: EDUERN, 2021. p. 123-142.
- CASTRO, C. N. de. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. 288 p.
- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GUERRA, P. de B. **A civilização da seca: o Nordeste é uma história mal contada**. Fortaleza: DNOCS, 1981.
- LEME, F. B. M. As represas como lugares turísticos: novas significações e valorizações de uma paisagem sem memória. **Revista de Cultura e Turismo**, Santa Cruz, p. 1-21, out. 2007.
- LOPES, J. C. O. **Técnico em agropecuária: piscicultura**. Florianópolis: EDUFPI, 2012. 80 p.
- MACEDO, H. P. Uma nova agenda para o semiárido do Nordeste. In: GUIMARÃES, P. F.; AGUIAR, R. A. de; LASTRES, H. M. M.; SILVA, M. M. da (org.). **Um olhar territorial para o desenvolvimento: Nordeste**. Rio de Janeiro: BNDS, 2014.
- MAIA, R. P. Geomorfologia do vale do rio Apodi-Mossoró. In: CARVALHO, R. G. de (org.). **Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento**. Mossoró: EDUERN, 2021.
- MIRANDA, E. P.; ARAUJO, L.; MENDES, M. F. de A. Maquete de hidráulica: vertedouro tipo creager e dissipador de energia em rolo tipo salto esqu. **Pista: Periódico Interdisciplinar**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 168-186, 2020.
- MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do Pequeno Açude**. Recife: SUDENE, 1992, DPG/PRN/HME.
- MOLLE, F. **Marcos históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento**. Recife: SUDENE, 1994, 193p.
- PEREIRA NETO, M. C. Açudes, paisagens e territórios no Seridó Potiguar: bases para a gestão das águas. In: PEIXOTO, F. da S.; GUEDES, J. de A.; GRÍGIO, A. M.; DIAS, G. H.;

DIODATO, M. A. (org.). **Hidrogeografia e Gestão das Águas no Semiárido**. Mossoró: Edições Uern, 2023. Cap. 9. p. 138-149.

ROCHA, J. M. da. Desenvolvimento e sustentabilidade do turismo: preceitos da teoria da capacidade de carga turística. **Rosa dos Ventos**, Caxias do Sul, p. 382-392, dez. 2011.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017. 306 p.

SILVA, G. H. G. da; CAMARGO, A. F. M. Aspectos econômicos, sociais e ambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. In: SILVA, G. H. G. da; CAMARGO, A. F. M. (org.). **a bacia do rio Apodi-Mossoró: aspectos ambientais, sociais e econômicos de uma bacia hidrográfica no Semiárido do Rio Grande do Norte**. Mossoró: EDUFERSA, 2022. Cap. 2. p. 57-81

TELLES, D. D.; DOMINGUES, A. F. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. da C; B. B.; TUNDISI, J. G. (org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. Cap. 17. p. 545-578

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos: Editora Scienza, 2020. 130 p.

VIDAL, M. de F. Panorama da piscicultura no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 1, n.1, nov.2016. (Série Caderno Setorial ETENE, n.1).

CAPÍTULO 5

VULNERABILIDADE AQUÍFERA EM AMBIENTE CÁRSTICO: DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO HÍDRICO NA CHAPADA DO APODI – CE/RN

*Francisco Mateus da Silva
José Francisco do Nascimento Filho
Filipe da Silva Peixoto*

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a crescente degradação dos corpos hídricos superficiais, os aquíferos tornam-se cada vez mais importantes no abastecimento de água. Os aquíferos cársticos em questão necessitam de uma atenção especial para sua conservação, pois sua alta permeabilidade e heterogeneidade os tornam altamente suscetíveis à poluição (Milek, 2014).

O carste é um tipo de terreno cujas formas e sistemas de drenagem se diferenciam pela combinação de uma rocha extremamente solúvel, sendo elas os calcários, mármore e dolomitos, além de possuir uma porosidade bastante desenvolvida devido à presença de fraturas e descontinuidades (Ferreira, 2019).

A morfologia cárstica divide-se em exocarste (superficial) e endocarste (interno), ambos interligados, mas com processos distintos. A água da chuva, ao se misturar com dióxido de carbono e ácidos biológicos, dissolve gradualmente a rocha, formando cavernas, dolinas e outras estruturas. Esse processo pode ser acelerado por fatores externos, como o tectonismo, que cria fissuras facilitando a infiltração da água (Dantas, 2017).

A vulnerabilidade aquífera pode ser determinada a partir de parâmetros intrínsecos ao aquífero, como: nível estático, condutividade hidráulica, transmissividade, grau de confinamento por não confinamento do aquífero, tipo de aquífero (meio cárstico, intersticial e fissural), tipo de litologia e grau de fraturamento das rochas (Peixoto *et. al.*, 2019). Dentre esses parâmetros, destaca-se o tipo de aquífero de meio cárstico, que é particularmente associado a rochas calcárias, podendo se referir também, a paisagem similar elaborada em outras rochas carbonáticas ou não.

De acordo com Doerflinger *et al.* (1990), o estudo de vulnerabilidade de um ambiente cárstico deve considerar a cobertura protetora da região, ou seja, a vegetação, a rocha e os solos e a área antrópica, as condições de infiltração do aquífero, o desenvolvimento das conexões, ou redes cársticas e a recarga do aquífero.

A área de estudo está situada em dois municípios com alta presença de fruticultura irrigada. Segundo o *site* Dataviva (2023), os municípios de Baraúna e Quixeré somados têm aproximadamente 2.130 empregos relacionados à agropecuária e fruticultura, sendo grandes exportadores de melão. Esse local possui cerca de 200 poços e 9 cavernas, além de sumidouros e carstes expostos, tornando-se assim um ambiente com grande probabilidade de vulnerabilidade aquífera.

De acordo com a Lei nº9.433, de 8 de janeiro de 1997, é primordial assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (Brasil, 1997). Por meio dessa compreensão, é possível desenvolver estratégias eficientes para a sustentabilidade e organização hídrica do recurso hídrico (Gomes Zoby, 2008).

Nesse sentido, o objetivo do estudo foi realizar uma análise de vulnerabilidade de ambiente cárstico na chapada do Apodi, em parte dos municípios de Baraúna- RN e Quixeré - CE, utilizando como base a metodologia proposta por Doerflinger *et al.* (1990), conhecida como EPIK. A aplicação permite zonestar regiões propícias à infiltração de potenciais contaminantes, visando utilizar de maneira sustentável os recursos hídricos da região.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo deste trabalho abrange 284,62 km² e foi delimitada tendo em vista a problemática hidrogeológica da Região oeste da chapada do apodi. A geologia local se localiza sobre terrenos da Formação Jandaíra, que é constituída em sua maior parte por calcários, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos do período paleozóico (Vasconcelos *et al.*, 2010).

O clima que predomina na região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo BSh', ou semiárido quente, cujo mês mais frio tem temperatura superior aos 18° (Dubreuil, 2018). O relevo apresenta topografia plana e sem grandes alterações em sua elevação, característica da Chapada do Apodi. A vegetação do local é a Caatinga Hiperxerófila, que possui um caráter mais seco, com muitas espécies de cactos e plantas de baixo porte (IDEMA 2008).

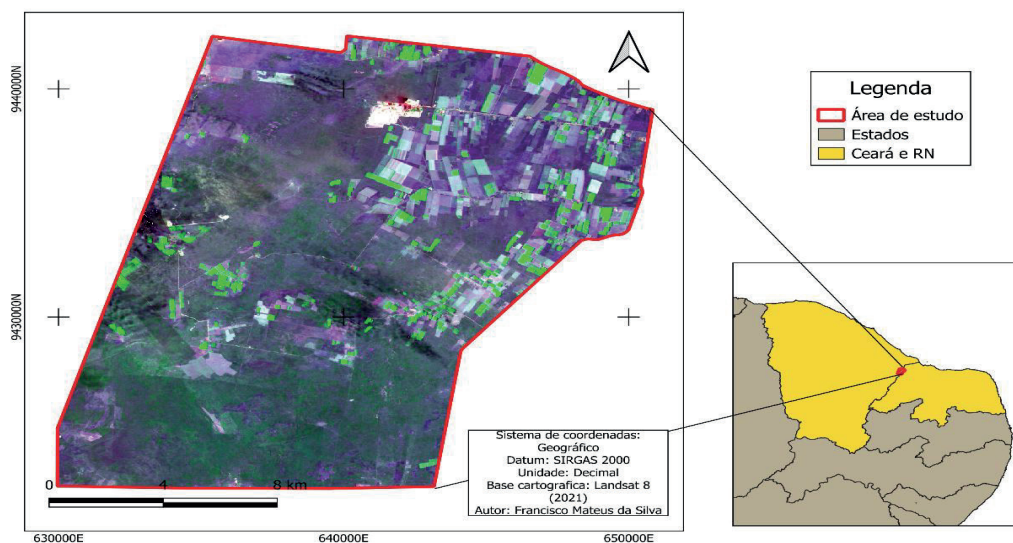
Ademais, foram feitas 3 campanhas de campo entre os meses de setembro e agosto de 2022 utilizando uma bússola do tipo brunton para medição dos azimutes das fraturas na rocha e uso do GPS para checar os exocarstes presentes na área, além do reconhecimento ambiental do local onde foram localizadas diversas estruturas como cavernas, sumidouros, zonas de infiltração e de exposição do carste.

Foi construído um cadastro de poços a partir dos perfis construtivos e litológicos de poços cadastrados no SIAGAS, na região da área de estudo foram identificados 200 tubulares na região. A fase de estudo de uso e cobertura do solo pode ser dividida em 3 etapas: *pré-processamento*, *processamento* e *pós-processamento*.

Na etapa de *Pré-processamento*, foram adquiridas imagens da área pelo satélite LANDSAT 8 Sensor, foram utilizadas imagens de alta definição do terreno em diversas bandas diferentes como arquivo *shapefile* para trabalhar com geoprocessamento. Este mapeamento foi realizado com a finalidade de identificação das áreas correspondentes a epicarstes, baseado nas formas cársticas expressas na superfície. Para isso, foi realizada a correção radiométrica, convertendo os *digital numbers* em valores de reflectância, com base na ferramenta *Dsetsaka* do software QGIS, e a fusão das bandas 2 a 8 deste satélite.

A fusão das bandas permitiu uma interpretação mais apurada dos objetos investigados, com resolução espacial foi melhorada de 30 para 15 m, utilizando a ferramenta de mesclagem e fusão de bandas do QGIS. Foi realizada a classificação da imagem utilizando os canais RGB com as seguintes bandas: R = Infravermelho próximo; G = Infravermelho médio e B= infravermelho distante (Figura 1).

Figura 1. Mapa da área de estudo na composição RGB.



Fonte: Autores (2025)

Essa composição colorida permitiu destacar as áreas de epicarste, além de características do uso e cobertura do solo, da superfície da área de estudo, além do melhoramento radiométrico para classificação das outras classes. Além disso, o trabalho feito em campo foi essencial para identificar os epicarstes e o tipo de ambiente da região.

Na etapa de *processamento* foram realizadas classificações na imagem, utilizando os softwares QGIS versão 3.38, fazendo uso de métodos semiautomáticos para definição das classes baseadas no manual técnico de uso da terra do IBGE (2013), foram treinadas as classes por meio de amostras espectrais, isso consistiu na classificação de amostras de pixels. Foram coletados na imagem 20 pixels para cada classe, ou seja, 20 pixels para o exocarste, 20 para solo exposto, 20 para vegetação alta, e assim por diante.

Por fim, na etapa de *pós-processamento* foi feita uma avaliação visual para observar se a classificação semiautomática estava de acordo com as informações do satélite e conhecimento da área. Desse modo, pode ser feito o mapa de uso e cobertura do solo (figura x). A metodologia aplicada para identificação da vulnerabilidade aquífera foi a baseada na identificação do grau de proteção, cujo índice EPIK classifica de acordo com a tabela 1:

Tabela 1. Interpretação dos valores de proteção

Índice de proteção	Classes de vulnerabilidade
< 19	Muito alta
20 - 25	Alta
> 25	Moderada

Fonte: Doerflinger et al. (1990)

Para aplicação do índice EPIK de Doerflinger *et al.* (1990), considerado mais adequado para aquífero cárstico, definido pelos seguintes parâmetros: Epicarste (E) - corresponde à zona de epicarste sob o solo consolidado. Baseia-se em estudos das formas cársticas presentes na área; foram identificados por meio de sensoriamento remoto, os trabalhos de campo foram realizados entre os dias 19/03/2022 e 23/07/2022, identificando as aberturas e graus de dissolução e as componentes estruturais que influenciaram nas feições cársticas, conforme consta na figura 2.

Os epicarstes tiveram sua área expandida por meio de um buffer de 50 metros, identificado também sua área de influência, conforme recomendado por Pereira *et al.* (2019).

As feições e os valores deste atributo foram definidos de acordo com a figura 2.

Cobertura superficial (P) – este parâmetro inclui tanto o solo (profundidade) como outras configurações geológicas, tais como: depósitos do quaternário (silte, sedimentos inconsolidados e detritos); foram identificados neste estudo por meio de perfis construtivos e

litológicos de 16 poços, que foram interpolados por meio da metodologia IDW, no software QGIS 3.10. Esses dados também foram complementados pelas áreas de exposição de carstes (campos de lapiás) que não possuía solo como cobertura. Os valores de P foram definidos conforme a figura 2.

Condições de infiltração (I) – trata do tipo de recarga do aquífero cárstico, não sendo considerada em termos de quantidade e localização. A recarga é classificada em difusa ou concentrada; as condições de infiltração foram identificadas por meio da hipsometria da área, medida por modelagem com dados SRTM, como a área se trata de uma plataforma carbonática com relevo plano, as declividades encontradas foram inferiores a 10%. Portanto, a variável mais importante para esse atributo foi o uso e cobertura do solo identificado por meio dos procedimentos de análise das imagens de satélite. Os valores de I foram atribuídos conforme a figura 2.

O desenvolvimento da rede cárstica e seu grau de organização possuem grande influência na velocidade do fluxo da água. Este atributo foi identificado com base nos perfis dos 16 poços na área, alguns desses perfis constataram existência de cavernas, além dos dados disponibilizados pelo CECAV/ICMbio (2022), evidenciando 10 cavernas na área.

Essas feições tiveram suas áreas ampliadas para um buffer de 100 m, buscando abranger suas áreas de influência. Além disso, buscou-se o mapeamento das estruturas geológicas do local, por meio da interpretação de imagens SRTM. No entanto, não foi possível mapeá-las de maneira individual, apenas notou-se a diferença da direção dos falhamentos, ocorrendo em sua maioria nas direções Noroeste/Sudeste da falha de carnaubais.

Figura 2. Descrição dos atributos do método EPIK

VALORES DO ATRIBUTO (E)			VALORES DO ATRIBUTO (P)			
Epicaste (E)	Valor atribuído	Morfologia cástica - característica	Cobertura de proteção (P)	Valor atribuído	Características	
Alto desenvolvimento	1	Maior vulnerabilidade, associada à ocorrência de depressões com acúmulo de água, dolinas, karrens, afloramentos com alta densidade de fraturas, por vezes relacionados às falhas geológicas.	Ausente	0	Solo cobrindo diretamente rochas calcárias	Solo cobrindo camadas geológicas de baixa permeabilidade
				1	0 – 20 cm de solo	0-20 cm de solo
2	20 – 100 cm de solo	20-100 cm de solo				
3	100 – 200 cm de solo	Espessura de solo > 100 cm cobrindo camadas com baixas permeabilidade				
Moderado desenvolvimento	2	Correspondente as zonas intermediárias, em alinhamentos de dolinas e vales secos	Presente	4	>200 cm	Solo > que 1m cobrindo depósitos de muito baixa permeabilidade ou aquíclules > 8 m de espessura
Desenvolvimento pequeno ou ausente	3	Sem fenômeno de morfologia cárstica e baixa densidade de fraturas.				

VALORES DO ATRIBUTO (I)			VALORES DO ATRIBUTO (K)		
Condições de infiltração (I)	Valor atribuído	Características	Rede cárstica (K)	Valor de atributos	Caracterização
Concentrada	1	Riachos perenes ou temporários – alimentando dolinas e sumidouros – áreas de captação de água dos rios mencionados, incluindo sistemas de drenagens naturais e artificiais	Rede bem desenvolvida	1	Presença de rede cárstica moderada a bem desenvolvida com condutos em decímetros a metros com pouca obstrução e interconectados
	2	Áreas de captação de água em riachos II (sem sistema de drenagem artificial com declive > 10% para áreas cultivadas a 25% para pastagens)			
	3	Áreas de infiltração concentradas (sem sistema de drenagem artificial com declive < 10% em campos cultivados e <25% em campos de pastagens.			
Difusa	4	Terras remanescentes	Aquífero fissural ou misto	3	Surgências emergindo do meio poroso do terreno. Aquíferos fissurais, não cársticos.

Fonte: Adaptado de Doerflinger *et al.*, (1990)

Os dados foram integrados por meio de um SIG elaborado no software *Qgis* versão 3.10 “A Coruña”, integrando os mapas por meio da análise multicritérios. Os pesos e valores de cada parâmetro são arbitrados de acordo com Doerflinger *et al.* (1990). Para cada atributo foi elaborado um mapa síntese, que foram integrados por meio de álgebra de mapas, desenvolvendo assim um mapa da vulnerabilidade do aquífero cárstico (Figura 3):

Figura 3. workflow metodológico para integração dos parâmetros de vulnerabilidade aquífera EPIK



Fonte Autores (2025) adaptado de Doerflinger *et al.* (1990)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos primeiros resultados adquiridos através da análise e junção da composição de bandas RGB do Landsat 8 foi um mapa que permitiu classificar o terreno e ter uma visão mais precisa do epicarste na superfície da área de estudo, sendo que as regiões com maior presença dessa feição se caracterizavam por sua cor roxo-escuro. Nesse mesmo mapa, ficou evidente a proximidade das zonas de cultivo com as de carste exposto (Figura 4), evidenciando que a atividade de fruticultura pode estar relacionada com os mecanismos de disseminação de contaminantes com agrotóxicos.

Os aquíferos cársticos são particularmente vulneráveis à contaminação devido às suas características geológicas únicas, que facilitam o movimento rápido da água e a infiltração direta que pode levar poluentes para o aquífero dependendo do tipo de atividade em seu entorno. Solos cobertos e protegidos nessas regiões podem conferir maior barreira contra degradação desse ambiente e possível disseminação de contaminantes que podem chegar até o aquífero (Souza *et al.*, 2023).

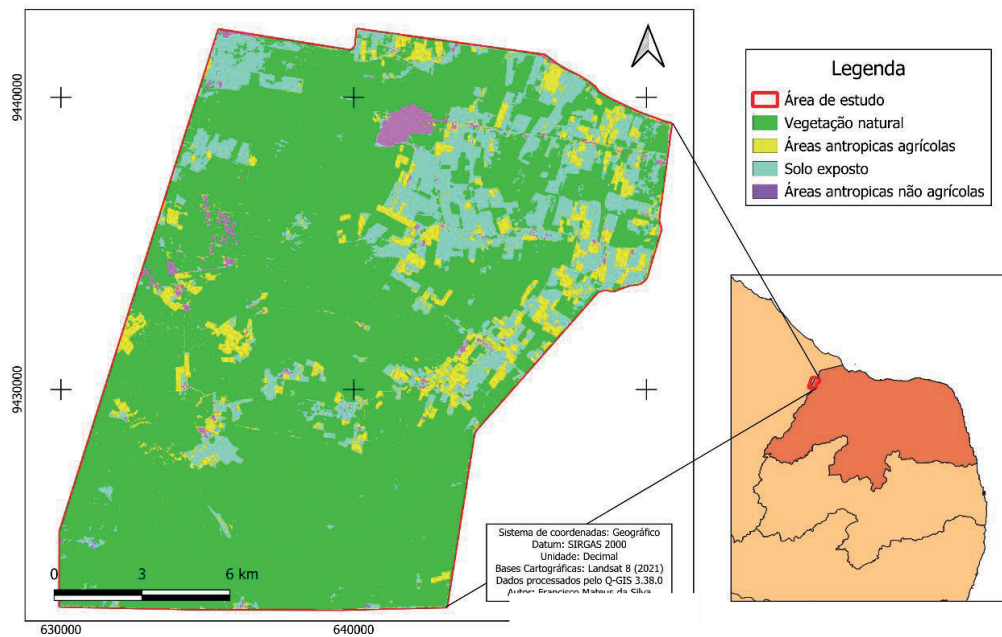
Entender a relação do solo e de sua cobertura com a vulnerabilidade do ambiente cárstico é um parâmetro bastante utilizado em metodologias que reconhecem a importância

das características do solo para a proteção de aquíferos cársticos e a vulnerabilidade intrínseca dos mesmos (Goldscheider, 2019). Atividades potencialmente poluidoras são um elemento importante que podem ser considerados na análise da vulnerabilidade, pois fazem parte de uma das muitas atividades antrópicas que podem diminuir a proteção do solo e acelerar a entrada de poluentes na estrutura cárstica (Cusano et al., 2023).

No mapeamento da vulnerabilidade cárstica, a metodologia EPIK possibilita produzir mapas de vulnerabilidade que categorizam as áreas com base em sua suscetibilidade à contaminação, auxiliando no gerenciamento de recursos hídricos (Nekkoub *et al.*, 2020). No mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo (figura 4), os fenômenos que estão relacionados na superfície evidenciam a análise de como a cobertura do solo está presente no ambiente e se relaciona com a vulnerabilidade.

As áreas que se destacaram na aplicação do método EPIK, além da vegetação natural, foram o solo exposto e as áreas antrópicas que podem interferir na vulnerabilidade, pois podem acelerar a exposição da rocha calcária, criando vias para infiltração direta da água sem a devida depuração (Goldscheider, 2019). Esse processo de afloramento da rocha aumenta a interação dos contaminantes com o ambiente cárstico, criando canais difusos e pontuais de acesso ao reservatório que potencializam ainda mais sua vulnerabilidade natural existente.

Figura 4. Mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo.



Fonte: Autores

Em algumas regiões não se possuía solo como cobertura (campos de lapiás), o que torna o processo de infiltração e dissolução mais fácil e rápido e propício à contaminação.

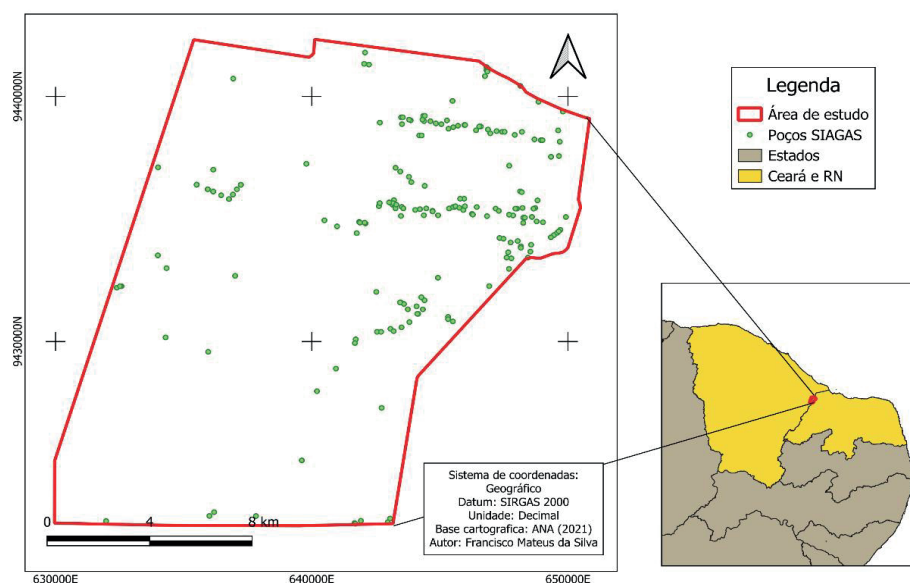
Além disso, a área em questão possui pouquíssimas declividades por ser muito plana, o que torna sua recarga muito difusa. Outro detalhe são as cavernas cujo grau de dissolução e desenvolvimento de redes cársticas era bastante alto, gerando bolsões de ar.

Além do mapa de composição RGB, foi feito também com um uso de *shapefile* um mapa dos poços da região. Conforme já foi citado, existem 200 poços registrados, mas apenas 16 com dados litológicos decentes que auxiliaram no entendimento do funcionamento do aquífero estudado (Figura 5). Esses dados são importantes para a análise da vulnerabilidade, pois devido seus aspectos construtivos e ausência de monitoramento, esses poços podem oferecer risco de contaminação.

A presença de poços para os mais diversos usos em aquíferos cársticos apresentam desafios e oportunidades únicos devido à complexa hidrologia e vulnerabilidade desses sistemas, pois a pressão exercida pelo uso da água via poço tem relação direta com a sustentabilidade do reservatório. Compreender o rendimento sustentável, a qualidade da água e as práticas de gestão é crucial para uma utilização eficaz dos recursos naturais e devem ser consideradas na análise de vulnerabilidade (Piscopo *et al.*, 2024).

Nesse sentido, entender a exploração de água subterrânea em aquíferos cársticos faz parte da análise de vulnerabilidade e exige uma compreensão detalhada das características hidrogeológicas e estruturais desses sistemas, sabendo que o fluxo de água subterrânea ocorre predominantemente por meio de condutos e fraturas no meio subterrâneo (Gomes *et al.*, 2021).

Figura 5. Mapa de poços da área de estudo.



Fonte: Autores

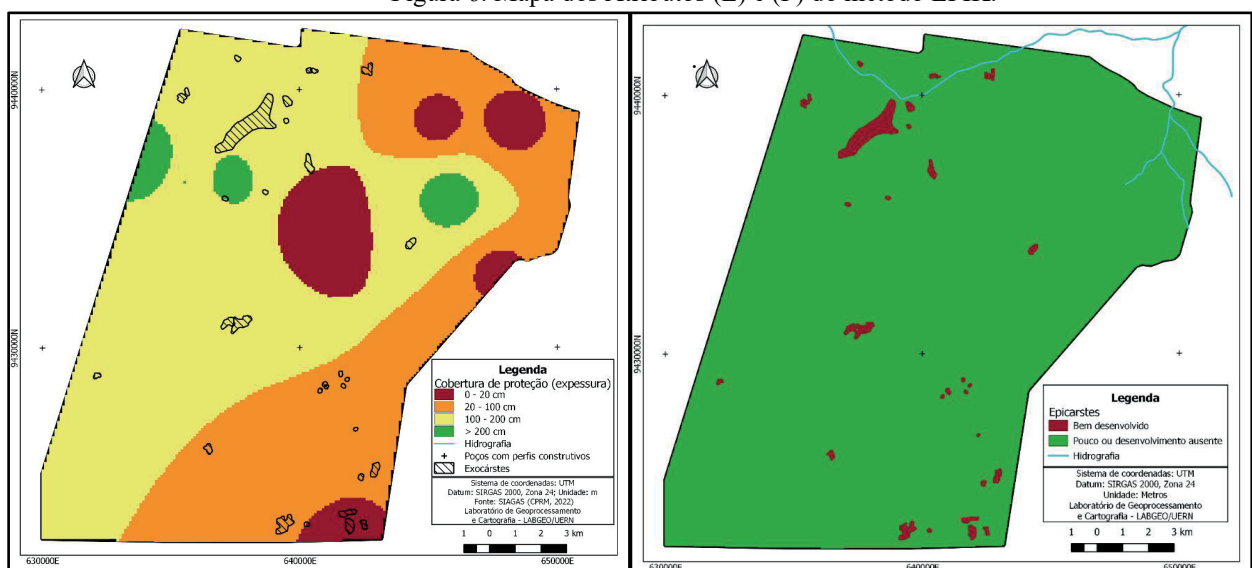
De acordo com Gomes e colaboradores (2021), a concentração de poços de bombeamento em área urbana central resultou em um cone de rebaixamento significativo, alterando a direção original do fluxo subterrâneo, mostrando que a superexploração de aquíferos cársticos pode levar a consequências adversas, como subsidência de terrenos, secas de nascentes e lagoas, além de contaminação da água.

Os mapas que compõem a vulnerabilidade aquífera estão dispostos da seguinte forma: o mapa de atributo de epicarstes (figura 6) correspondentes às feições cársticas mapeadas e expandidas por meio de *buffers* de 50 metros para notar-se também a sua área de influência.

No resultado encontrado para esse parâmetro, a área tem boa parte de sua extensão preenchida por áreas que sinalizam a presença de solos mais espessos, vegetação protetora ou baixa densidade de fraturas e condutos cársticos. Essa informação permite mapear regiões em que a rede de drenagem pode ser mais facilmente alterada do ponto de vista estrutural (Gomes *et al.*, 2021).

Em contrapartida, no Sudeste, Noroeste e no Centro da área de estudo (Figura 6), algumas feições sugerem que essas regiões apresentam carstificação mais intensa, com maior conectividade hidráulica e, portanto, maior vulnerabilidade à contaminação. A atribuição de vulnerabilidade para caracterização proeminente se justifica na natureza de dissolução da rocha carbonática e sua maior rede de contato por meio de fissuras e fraturas no próprio carbonato (Musgrove *et al.*, 2014).

Figura 6. Mapa dos Atributos (E) e (P) do método EPIK.



Fonte: Autores

Todas essas atribuições inerentes ao ambiente junto com a perfuração excessiva de poços, tornam os aquíferos cársticos potencialmente mais suscetíveis à contaminação, devido aos caminhos de fluxo rápido que permitem que os poluentes cheguem aos poços rapidamente (Musgrove *et al.*, 2014). Dessa maneira, o equilíbrio entre a utilização de poços profundos e a manutenção da descarga da nascente é fundamental, pois a extração excessiva pode levar a problemas de sustentabilidade (Taheri *et al.*, 2022).

Apesar da boa disponibilidade hídrica, a complexidade e vulnerabilidade do ambiente exigem gerenciamento para garantir a sustentabilidade, considerando tanto a quantidade quanto a qualidade da água em um cenário de atividades capazes de oferecer risco à integridade ambiental do aquífero (Taheri *et al.*, 2022). Nesse cenário, a espacialização dessas variáveis no método EPIK pode orientar as decisões de preservação e proteção dos ambientes cársticos do ponto de vista da sustentabilidade.

Ainda dentro do quesito sustentabilidade, o método EPIK considera para sua análise atividade ou empreendimento com potencial poder de degradação do ambiente natural. Um exemplo de atividades que podem alterar e interferir na dinâmica da vulnerabilidade é a agricultura que pode causar modificações nos solos, gerando consequências no transporte de substâncias de forma difusa da estrutura cárstica (Cusano *et al.*, 2023).

Arelado a esse parâmetro, o fator cobertura de proteção do solo relaciona a profundidade da cobertura de proteção (solo) que tem a capacidade de fornecer revestimento ao carste, se determina com base nos perfis estratigráficos de poços de captação de águas subterrâneas que se integram com os dados de variação de profundidade máxima de cobertura do solo e com base na descrição de perfis de poços.

O mapa atributo de cobertura e proteção do solo (Figura 6) faz uma análise da espessura do solo em diferentes distribuições geográficas, em que as regiões em vermelho escuro presentes no Nordeste, no centro e no Sudeste, possuem o solo de menor espessura, portanto mais suscetíveis à infiltração. É interessante destacar que foi observado zonas de vulnerabilidade, nas quais o solo é muito raso ou praticamente inexistente, facilitando a infiltração de contaminantes.

O atributo de proteção do solo é um atributo crucial para determinar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, pois solos mais espessos atuam como barreiras naturais contra a infiltração direta de poluentes (Cusano *et al.*, 2023).

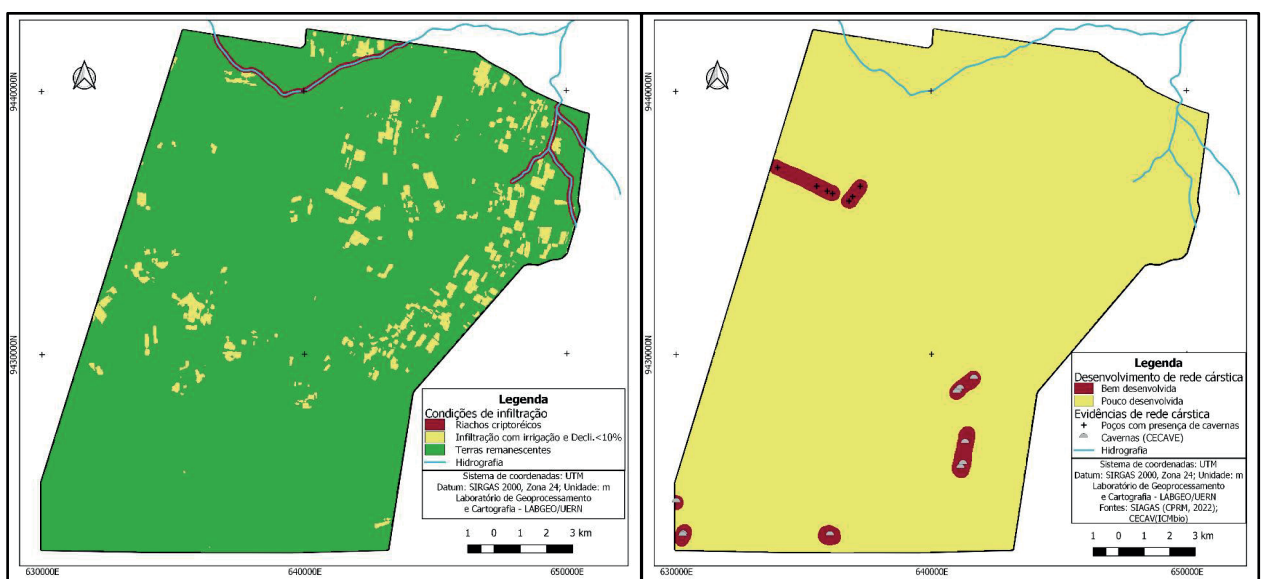
No mapa atributo de condições de infiltração (Figura 7), pode-se observar riachos criptorréicos ocorrendo no nordeste e no noroeste, além de uma grande quantidade de

infiltração resultante da irrigação da agricultura da região, ocorrendo em sua maior parte no nordeste, espalhando-se até o centro oeste e com ausência no sul da área em estudo.

O mapa de atributo da rede cárstica (Figura 7) apresenta o desenvolvimento delas na região, em que se pode visualizar poços com presença de cavernas e de redes cársticas bem desenvolvidas no centro oeste e algumas cavernas com redes cársticas bem desenvolvidas no sul e sudeste. Além disso, o mapa avalia o desenvolvimento da rede cárstica, que é crucial para entender como a água se move pelo aquífero.

Aquíferos e cavernas cársticas exibem uma vulnerabilidade significativa devido às suas características hidrológicas e formações geológicas únicas. Essa vulnerabilidade exige estratégias abrangentes de avaliação e proteção para mitigar os riscos de contaminação (Ribeiro; Nascimento; Garcia, 2016).

Figura 7. Mapa de atributos (I) e (K) do método EPIK



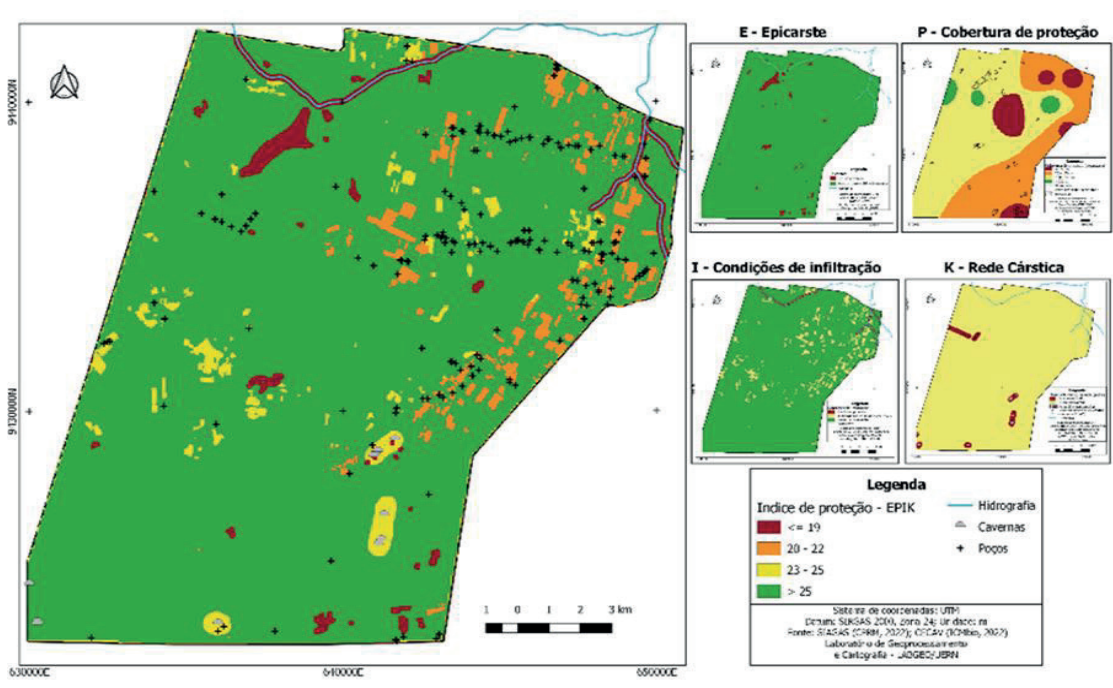
Fonte: Autores

Por último, a junção dos quatro mapas de atributo resultou no mapa de vulnerabilidade final (Figura 8), no qual ela é expressa no Índice de Proteção-EPIK. O Índice de Proteção foi considerado em sua maioria moderado, mas as partes associadas aos epicastes e cavernas, presença de rios e irrigação demonstram vulnerabilidades muito altas (< 19) e altas (20 – 25).

Através do mapa de vulnerabilidade final é possível analisar também a formação da região de toda a rede cárstica, cuja influência, segundo Oliveira (2016), está intrinsecamente relacionada com a litologia da rocha sedimentar que se dissolve com mais facilidade, exemplo disso pode ser visto na região norte e nordeste da área de estudo. Esse produto tem como

principal característica espacializar as áreas mais críticas e mais protegidas do ambiente estudado, servindo como base na tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos.

Figura 8. Mapa de Vulnerabilidade Final.



Fonte: Autores

A área situada no nordeste da área de estudo corre mais riscos devido à maior quantidade de atividades agrícolas e de mineração e processamento de calcário para produção de cimento. Principalmente em áreas de intensa atividade antropogênica, destaca-se a necessidade de pesquisa e validação contínuas para garantir que estratégias de proteção eficazes sejam implementadas (Marín; Andreo, 2014).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aprofundou o conhecimento sobre a vulnerabilidade aquífera na Chapada do Apodi, destacando a importância de uma abordagem integrada que concilie ciência, preservação ambiental e uso sustentável da água. A aplicação do índice EPIK mostrou-se eficaz na identificação de zonas críticas, auxiliando no planejamento hídrico e na mitigação dos impactos das atividades humanas, como agricultura e mineração.

Observou-se a escassez de dados detalhados sobre os poços da região, o que limitou a análise. Além disso, foi possível compreender o comportamento do ambiente cárstico e a

influência das interações humanas, especialmente o uso inadequado de agrotóxicos em áreas vulneráveis. O estudo reforça a necessidade de preservar esses recursos e sugere a investigação das culturas agrícolas e dos agrotóxicos utilizados para avaliar seus impactos na região.

Referências

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Publicada em 9 de janeiro de 1997. *Diário Oficial da União*, Seção 1, Brasília.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil básico municipal: Quixeré**. Fortaleza, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixere_2017.pdf. Acesso em: 23 nov. 2024.

CUSANO, D. et al. **A comparison of methods for assessing groundwater vulnerability in karst aquifers: the case study of Terminio Mt. aquifer (Southern Italy)**. [s. l.], v. 33, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s42834-023-00204-8>.

DANTAS, R. B. Análise geomorfológica do carste da área de proteção ambiental de São Desidério - BA. 2017. 124 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Nacional, 2017.

DataViva: Linha. Disponível em:

https://www.dataviva.info/pt/build_graph/rais/2rn030201/all/all?view=Occupations&graph=line. Acesso em: 23 nov. 2024.

DE SOUZA, R. T. et al. First Steps to understanding Intrinsic Vulnerability to Contamination of Karst Aquifers in Various South American and Caribbean Countries. **Acta Carsologica**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3986/ac.v52i1.10516>.

DOERFLIGER, N.; JEANNIN, P.Y.; ZWAHLEN, F. Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). **Environ Geol**, v. 39, p. 165–176, 1990.

FERREIRA, C. F.; UAGODA, R. E. S. Tipologias do carste e classificações de dolinas: uma revisão. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 20, n. 70, p. 519-537, jun. 2019.

GOLDSCHIEDER, N. Uma abordagem holística para a proteção de águas subterrâneas e serviços ecossistêmicos em terrenos cársticos. **Carbonates and Evaporites**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 1241–1249, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S13146-019-00492-5>.

GOMES, M. A. R. et al. Comportamento do fluxo de água subterrânea e potencialidade hídrica em aquífero cárstico a partir de análise estrutural e parâmetros hidrogeológicos – Sete Lagoas (MG). **Águas Subterrâneas**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29416>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GOMES ZOBY, J. L.. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: *Congresso brasileiro de águas subterrâneas, XV*, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: [s. n.], 2008.

MARÍN, A. I.; ANDREO, B. **Vulnerability to Contamination of Karst Aquifers**. Em: [s. l.]: Springer International Publishing, 2015. p. 251–266. DOI: 10.1007/978-3-319-12850-4_8.

MILEK, C. B.; KISHI, R.; GOMES, J. Avaliação do risco de contaminação da água subterrânea do aquífero cárstico no município de Almirante Tamandaré/PR com o uso de mapa de índices de risco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, p. 89–100, 2014.

MUSGROVE, M. et al. Factors Affecting Public-Supply Well Vulnerability in Two Karst Aquifers. **Ground Water**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 63–75, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/GWAT.12201>.

NEKKOUB, A. et al. The EPIK multi-attribute method for intrinsic vulnerability assessment of karstic aquifer under semi-arid climatic conditions, case of Cheria Plateau, NE Algeria. **Arabian Journal of Geosciences**, [s. l.], v. 13, n. 15, p. 1–15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S12517-020-05704-0>.

OLIVEIRA, C. M. Avaliação dos impactos ambientais e qualidade de águas superficiais na Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro - RJ. 2016. 94 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PEIXOTO, F. S.; CAVALCANTE, I. N. Vulnerabilidade aquífera e risco de contaminação da água subterrânea em meio urbano. **Revista do Instituto de Geociências - USP, Geol. USP**,

Sér. cient., São Paulo, v. 19, n. 2, p. 29-40, jun. 2019. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v19-142384. Acesso em: 23 nov. 2024.

PISCOPO, V.; PAOLETTI, M.; SBARBATI, C. Response to Pumping of Wells in Carbonate and Karst Aquifers and Effect on the Assessment of Sustainable Well Yield: Some Examples from Southern Italy. **Water**, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w16182664>.

RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município: Baraúna**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Natal, 2008. Disponível em: [arquivo PDF]. Acesso em: 23 nov. 2024.

TAHERI, K.; MILANOVIĆ, P.; GROVES, C. **Springs and Deep Water Wells in Karst: Which is Preferred More Than the Other?** Em: [s. l.]: Springer International Publishing, 2023. p. 221–225. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42917-0_50.

CAPÍTULO 6

POÇOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM MOSSORÓ-RN: LEGADO HISTÓRICO E RELEVÂNCIA SOCIOAMBIENTAL

*Anderson Mikael de Souza Silva
Lucas Matheus Garcia Torres
Filipe da Silva Peixoto*

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas, exploradas através de poços, desempenham um papel crucial no abastecimento hídrico de diversas localidades ao redor do mundo, estrategicamente em áreas semiáridas, onde os corpos hídricos superficiais são limitados. Na região Nordeste brasileira, na qual predomina o clima semiárido, as águas subterrâneas são um recurso essencial para o abastecimento humano, agricultura, indústria e lazer, especialmente em áreas com a geologia propícia à formação de aquíferos de origem sedimentar, como no caso da Bacia Potiguar, em que o Sistema Aquífero Apodi (SAA), dentre outras, caracteriza-se como importante fonte de abastecimento de água.

Em Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte, município inteiramente localizado no Semiárido Brasileiro e na Bacia Potiguar, o uso das águas subterrâneas teve papel fundamental para o desenvolvimento socioeconômico ao longo da história do município. Há registros da utilização das águas subterrâneas na cidade de Mossoró desde o início da formação do seu núcleo urbano. Antes de ter um sistema de abastecimento de água encanada, os moradores se auto abasteciam através de poços rasos, escavados próximos ao leito do Rio Apodi-Mossoró. Na época, era comum os habitantes transportarem água para uso doméstico dos pontos de distribuição coletivos, que poderiam ser chafarizes, cacimbas, cacimbões ou até mesmo água coletada direto do rio.

Por volta de 1960, Mossoró despontava como centro de atração populacional devido à produção de sal e ao cultivo do algodão. Com o crescimento da população urbana, houve aumento da demanda de serviços básicos como saneamento. Foi então que, no início da década de 1970, a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) foi encarregada de realizar o abastecimento de água na zona urbana. Impulsionada por recursos do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), a CAERN contratou uma empresa para

realizar o primeiro estudo hidrogeológico do aquífero Açú, destinado a avaliar o abastecimento da cidade através de uma bateria de poços tubulares profundos que captariam água deste aquífero. O estudo viabilizou o abastecimento e até a escrita deste trabalho no ano de 2025, possibilitando saber que as águas subterrâneas do aquífero Açú são distribuídas no sistema de abastecimento de água da cidade.

Além do abastecimento urbano, as águas subterrâneas em Mossoró são essenciais para a fruticultura irrigada. O aquífero Jandaíra, importante unidade hidrogeológica para diversos municípios localizados na Bacia Potiguar, é a principal fonte de água para fruticultura irrigada, principalmente nos plantios de melões, e é fundamental também no abastecimento de comunidades rurais.

As águas subterrâneas são a principal fonte de abastecimento de Mossoró, seja zona urbana ou rural, o que demonstra a importância desse recurso hídrico para o contexto socioeconômico e ambiental do município, que por estar em uma região sedimentar dispõe de unidades hidrogeológicas capazes de armazenarem e transferirem água em quantidades e qualidades necessárias para suprir uma série de demandas ao longo da história e do espaço geográfico mossoroense. No entanto, o monitoramento e a gestão das águas subterrâneas carecem de fiscalizações e de ferramentas que otimizem e dimensionem a real situação do uso e captação desse recurso, sendo necessários mais trabalhos e medidas para a preservação e sustentabilidade do uso das águas nos aquíferos.

A hipótese trabalhada neste estudo é que as águas subterrâneas exploradas através dos diversos tipos de poços em Mossoró são cruciais ao longo do contexto histórico e do desenvolvimento do município, sendo, portanto, um recurso inestimável para a construção do espaço geográfico de Mossoró, e por isso, merecem mais estudos que destaquem a importância das águas subterrâneas. O objetivo deste trabalho é retratar o significado histórico e a relevância socioambiental dos poços e das águas subterrâneas em Mossoró-RN através de pesquisa bibliográfica e dados secundários, principalmente dialogando e se fundamentando em pesquisas anteriores acerca do uso e da relevância das águas subterrâneas em Mossoró-RN, incluindo a dissertação de mestrado de Silva (2022), intitulada “Captação, Uso e Qualidade das Águas Subterrâneas na Área Urbana de Mossoró-RN”.

2. METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma metodologia exploratória e descritiva, com abordagem de natureza qualitativa. O estudo tem como objetivo retratar o significado histórico e a relevância socioambiental dos poços e das águas subterrâneas no município de Mossoró. Foi

desenvolvido utilizando pesquisa bibliográfica, dados secundários e fundamentando-se na dissertação de mestrado de Silva (2022).

A área de estudo é o município de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte. Trata-se de um município integralmente localizado no Semiárido Brasileiro e na Bacia Potiguar. Essa localização é fundamental para o contexto da pesquisa, dada a importância das águas subterrâneas em regiões semiáridas, em que os recursos hídricos superficiais são limitados.

O trabalho foi desenvolvido com base em fontes secundárias, incluindo artigos científicos, dissertações, monografias, relatórios técnicos e documentos institucionais relacionados à hidrogeologia da Bacia Potiguar, à história do abastecimento hídrico de Mossoró e à atuação da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Destacam-se, entre as principais referências, a dissertação de Silva (2022), os estudos hidrogeológicos de Beltrão *et al.* (2005) e os artigos de Peixoto *et al.* (2021) e Ribeiro e Peixoto (2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em linhas gerais, um poço é uma estrutura construída pelo ser humano com o propósito de acessar as águas subterrâneas. Segundo Vasconcelos (2015), um poço é “um sistema geralmente vertical, feito pelo homem, que tem ação em subsuperfície, usado para a captação, recarga ou observação das águas subterrâneas através de mecanismos artificiais ou naturais”. A construção, o diâmetro, a profundidade e o revestimento (se houver) dos poços podem variar significativamente. Em Mossoró, historicamente e na atualidade, identificam-se principalmente dois tipos de poços: poços escavados (manuais) e poços tubulares (perfurados).

3.1. TIPOS DE POÇOS E LEGADO HISTÓRICO EM MOSSORÓ-RN

Construídos com ferramentas manuais, os poços escavados (Figura 1) geralmente apresentam diâmetro superior a 0,5 metros e profundidade variável. Segundo a classificação de Vasconcelos (2015), podem ser categorizados em três tipos: cacimba, cacimbão e poço Amazonas.

- **Cacimbas:** Poços escavados com diâmetro superior a 0,5 metros e sem revestimento interno;
- **Cacimbões:** Poços escavados com diâmetro entre 1 e 5 metros, com revestimento interno parcial ou total;

- **Poços Amazonas:** Caracterizados por um diâmetro superior a 5 metros e revestimento interno parcial ou total

Figura 1 - Poços escavados do tipo cacimbão às margens do Rio Apodi-Mossoró



Fonte: Silva, 2022

Os poços escavados representam uma forma tradicional e significativa de captação de água em Mossoró. Anteriores à implantação do sistema de abastecimento de água encanada, esses poços foram a principal fonte de abastecimento doméstico da população. Mesmo após a expansão da rede de abastecimento com a CAERN, a partir da década de 1970, os poços escavados ainda coexistem com o sistema de abastecimento, especialmente em áreas periféricas como o bairro Dom Jaime Câmara, em que o acesso ao sistema convencional de água ocorreu mais tardiamente e por isso os primeiros moradores do bairro utilizavam-se de poços escavados para se auto abastecerem (Silva; Peixoto, 2024).

Uma característica importante dos poços escavados é que eles captam água de aquíferos superficiais, em que o nível freático é mais próximo da superfície. Isso facilita a sua manutenção e exploração de água para uso doméstico em geral, sendo frequentemente utilizado como fonte secundária/alternativa de abastecimento em caso de necessidade. No entanto, devido a sua construção artesanal e, por vezes, falta de revestimento e filtros adequados, os poços escavados podem apresentar maior turbidez na água e são mais vulneráveis à contaminação por fontes de esgotos domésticos, principalmente em áreas com saneamento precário (Silva; Peixoto, 2024).

Apesar dessas limitações na qualidade da água, que geralmente a tornam imprópria para o consumo humano direto sem tratamento, em Mossoró, esses poços continuam sendo

utilizados para tarefas domésticas menos nobres e para a irrigação de pequenas áreas, mesmo na zona urbana, em que o sistema de abastecimento de água abrange quase que 100% da sua área como aponta o trabalho de Silva (2022).

Os poços tubulares são estruturas artificiais construídas para captar águas subterrâneas de forma eficiente e segura, diferente dos poços escavados que são construídos manualmente e geralmente possuem diâmetros maiores, os poços tubulares são perfurados com equipamentos especializados e apresentam diâmetros menores, geralmente medidos em polegadas. Possuem revestimento tubular que podem ser de policloreto de vinila (PVC) ou aço, com diâmetro inferior a 1 metro. Conforme Vasconcelos (2015), os poços tubulares podem ser de dois tipos: freáticos e artesianos.

- **Poços tubulares freáticos:** são aqueles que captam água em aquíferos livres;
- **Poços tubulares artesianos:** são os que captam água em aquíferos confinados, e podem ser subdivididos em dois outros tipos;
 - **Artesianos jorrantes:** quando o nível potenciométrico está acima da cota do terreno;
 - **Artesianos não jorrantes:** quando o nível potenciométrico está abaixo da cota do terreno.

Assim como os poços escavados, os poços tubulares têm uma relevância histórica intimamente ligada ao desenvolvimento de Mossoró. Conforme uma matéria publicada no Blog do Cezar Santos em 2019, sobre os 50 anos de existência da CAERN, na década de 60, um poço piloto foi instalado na zona rural de Mossoró, na então localidade Panela do Amaro (hoje Morada Nova). Inicialmente, com o objetivo de encontrar petróleo, revelou potencial para a perfuração de poços profundos com água de boa qualidade e características termais oriunda do aquífero Açú. Essa descoberta subsidiou as ações políticas necessárias para iniciar a construção de poços profundos em Mossoró.

O primeiro poço profundo dessa bateria de poços que viria a abastecer a cidade de Mossoró foi inaugurado no ano de 1969, localizado na Avenida Rio Branco, próximo ao Teatro Municipal Dix-Huit Rosado. Em atividade até os dias atuais, esse poço foi denominado Poço Presidente Costa e Silva (Figura 2), em homenagem ao presidente militar da época. Os primeiros 9 poços perfurados destinados ao abastecimento público em Mossoró homenagearam figuras ilustres da época. Após o poço 9, a CAERN adotou o sistema de numeração para identificar os poços.

Figura 2 - Poço Tubular Presidente Costa e Silva



Fonte: Silva, 2022

Um evento marcante na história da exploração de poços em Mossoró ocorreu em 1979, durante a perfuração do poço 12 no Hotel Thermas. Em vez de água, foi descoberto petróleo, marcando o início da exploração da Petrobras no Rio Grande do Norte. O poço, localizado no Hotel Thermas, é considerado o poço pioneiro da Petrobras no estado.

Antes da formalização da CAERN em 1969, esses primeiros poços profundos foram cruciais para o abastecimento de água em Mossoró. A CAERN, ao ser criada em 2 de setembro de 1969, herdou os sistemas de abastecimento de água de Natal e Mossoró (entre outros) do Departamento de Saneamento do Estado. O então Governador Cortez Pereira, que sucedeu Walfredo Gurgel, realizou uma grande ampliação no abastecimento de Mossoró, instalando tubulações, redes e aumentando o número de reservatórios na cidade (Santos, 2019).

Na zona rural de Mossoró, o acesso à água para uso doméstico tem sido historicamente dependente de poços localizados principalmente no aquífero Jandaíra, embora a salinidade da água muitas vezes comprometa sua qualidade para o consumo humano. Uma alternativa para conseguir água potável bastante utilizada na zona rural são as estações de dessalinização por osmose reversa, que transformam as águas salobras e salgadas em potável, garantindo o fornecimento de água para a população local (Ribeiro; Peixoto, 2024).

Enquanto a CAERN é a principal responsável pelo abastecimento na zona urbana de Mossoró, na zona rural essa responsabilidade se divide entre a prefeitura municipal, a própria CAERN e as associações de moradores. A prefeitura realiza investimentos em infraestrutura, como a construção de adutoras e manutenção de poços existentes, bem como coordena ações emergenciais, como o abastecimento com carro pipa. A CAERN é responsável principalmente

pelo abastecimento de comunidades que ficam próximas ao sistema da Adutora Jerônimo Rosado, que capta água da Barragem Eng. Armando Ribeiro Gonçalves no Rio Piranhas/Açu. Em algumas comunidades, as associações de moradores desempenham um papel ativo na gestão e manutenção de poços e sistemas locais de abastecimento (Oliveira; Gomes; Costa, 2025).

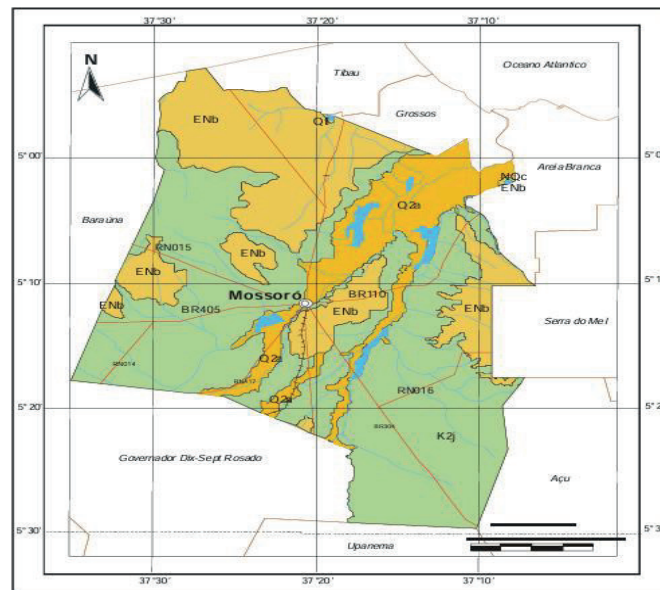
A história dos poços tubulares em Mossoró reflete a busca por uma fonte de água confiável para suprir a demanda crescente e garantir a segurança hídrica, culminando com o desenvolvimento de um sistema de abastecimento gerenciado pela CAERN na zona urbana e marcando até mesmo o início da exploração de petróleo no estado, o que conseqüentemente acarretou crescimento econômico e afetou diretamente as condições socioambientais do município. A exploração das águas subterrâneas só é possível graças à hidrogeologia local que permite a formação dos aquíferos, que armazena e consegue transferir água em quantidades necessárias para seus usuários.

3.2. O CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO DE MOSSORÓ E A EXPLOTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Mossoró está localizado no oeste do estado do Rio Grande do Norte, inserida na Bacia Potiguar e integralmente no Semiárido Brasileiro. Essa localização geográfica confere às águas subterrâneas um papel de extrema importância para o abastecimento hídrico local, dada a limitação dos recursos hídricos superficiais. A geologia da região (Figura 3), marcada pela presença de rochas sedimentares, é propícia à formação de aquíferos, que historicamente e na atualidade abastecem o município.

Segundo Peixoto *et al* (2021), o Sistema Aquífero Apodi é a mais importante unidade hidrogeológica de armazenamento e fluxo de água subterrânea da região. Composto pelo aquífero Açu, aquífero Quebradas e aquífero Jandaíra, que em alguns locais é sobreposto pela formação do Grupo Barreiras e depósitos aluvionares, esse sistema possui características distintas entre suas camadas, porém, cada uma delas apresenta sua relevância histórica para o abastecimento do município.

Figura 3 – Mapa Geológico do Município de Mossoró



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Cenozóico

- Q2a Depósitos Aluvionares (a) : areia, cascalho e níveis de argila.
- Qf Depósitos flúvio-lagunares (f) : lama arenosa e carbonosa
- NQC Depósitos colúvio-luviais : Sedimento arenoso, arenó-argiloso e conglomerático
- ENb Grupo Barreiras (b) : arenito e conglomerada, intercalações de siltito e argila.

Mesozóico

- K2 Formação Jandira (j) : calcário, calcário bioclástico e evaporito (plataforma rasa e plataforma rasa carbonática).

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

— Contato geológico

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sede Municipal
- Rodovias
- Linhas férreas
- Limites intermunicipais
- Rios e riachos
- Açude/barragem

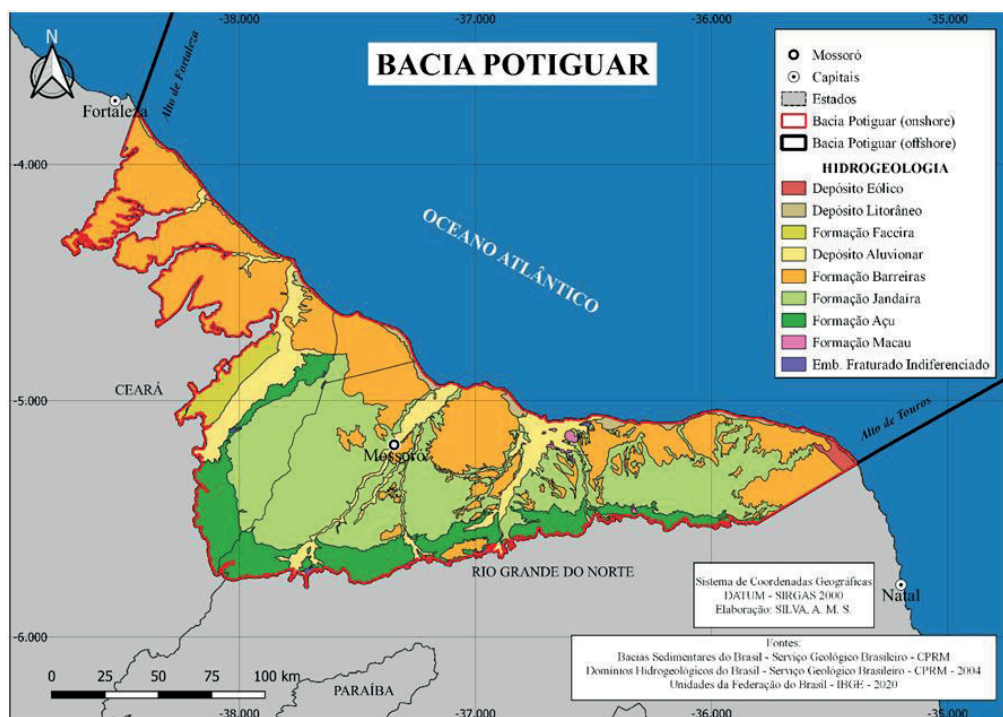
Fonte: Beltrão *et al.* (2005).

Conforme Silva (2022), os depósitos aluvionares e os poços escavados próximos ao leito do rio Apodi-Mossoró desempenharam papel crucial no abastecimento histórico da população local. Segundo Queiroz (2012), era comum o uso de águas subterrâneas captadas através de poços escavados próximos ao leito do rio Apodi Mossoró, principalmente para tarefas menos nobres. As águas dos depósitos aluvionares na altura do núcleo urbano são geralmente salobras ou salgadas e apresentam alta concentração de cloreto (Cl⁻) e sódio (Na²⁺), este fato está possivelmente ligado à influência fluviomarinha, já que antes da construção de barragens a maré chegava até o atual centro da cidade de Mossoró (Silva, 2022).

Costa (2010) investigou uma das tecnologias utilizadas para transportar água para as casas em Mossoró. A autora traz depoimentos que relatam a dificuldade de conseguir água em certos períodos, e a utilidade de um instrumento chamado de roladeira para o autoabastecimento no século XX. Em um dos depoimentos, o entrevistado conta que os mais ricos da época compravam água, que chegava a Mossoró de trem, essa água era transportada da comunidade Km 101, hoje pertencente ao município de Caraúbas-RN. Repartida para as famílias de maior poder aquisitivo, através da unidade de medida popular na época (lata), a água dessa comunidade era captada na zona de afloramento do aquífero Açú, na borda sul da

Bacia Potiguar (Figura 4). Embora não consiga mensurar a quantidade, o aquífero Açú já fornecia água para Mossoró antes mesmo da perfuração de poços tubulares profundos em solo mossoroense.

Figura 4 - Hidrogeologia e delimitação da Bacia Potiguar *onshore*



Fonte: Tôrres, 2023

Queiroz (2012) ressalta o crescimento populacional em Mossoró na década de 1960, fato esse ligado a atividades econômicas relacionadas à produção de sal, agricultura e posteriormente ao petróleo. Junto a esse crescimento populacional foram fundados novos bairros na cidade, em meados de 1980 o poder municipal oficializou a criação do bairro Dom Jaime Câmara, esse bairro passou a ter uma auto ordenação e por ser periférico em relação ao centro da cidade não recebeu de imediato sistema de saneamento básico, por estar em parte sobre o Grupo Barreiras, os moradores construíram poços escavados para captar água para uso doméstico. Conforme Silva (2022), esses poços escavados do tipo cacimbão possuem profundidade entre 2 e 4 metros, são utilizados como fontes alternativas, mesmo após a chegada do sistema de abastecimento de água da CAERN.

No ano 2000, o então Governador do Rio Grande do Norte, Garibaldi Alves Filho, popularmente conhecido como o governador das águas, inaugurou a adutora Jerônimo Rosado. Essa obra que capta água no rio Piranhas-Açu passou a fornecer água do açude da barragem Eng. Armando Ribeiro Gonçalves (maior reservatório de água superficial do Rio Grande do

Norte), localizada entre os municípios de Assú, Itajá e São Rafael. A partir desse momento, Mossoró passou a possuir sistema de abastecimento de água do tipo misto, não dependendo mais exclusivamente dos poços tubulares em sua zona urbana.

Segundo Silva (2022), cerca de 70% da água direcionada para o abastecimento da zona urbana de Mossoró são dos poços tubulares profundos operados pela CAERN e outros 30% vêm através da adutora Jerônimo Rosado. Está previsto para 2025 a conclusão de uma segunda adutora para fornecer água para a cidade de Mossoró. Trata-se da adutora Apodi-Mossoró, que irá captar água no açude da barragem de Santa Cruz no município de Apodi, sendo este o segundo maior reservatório de água superficial do estado. Conforme a CAERN, a adutora Apodi-Mossoró irá garantir mais segurança hídrica para a zona urbana de Mossoró, garantindo maior volume de água para suprir o crescimento da cidade.

Vale mencionar que esses reservatórios estão distantes mais de 70 km da cidade de Mossoró, e encontram-se no embasamento cristalino ao sul da Bacia Potiguar. Ao longo do percurso, no caso da adutora Jerônimo Rosado, ela abastece algumas comunidades rurais que ficam próximas a sua tubulação. No caso da adutora Apodi-Mossoró, está previsto o abastecimento de comunidades rurais e algumas cidades até chegar ao seu destino, que é Mossoró. Com a chegada dessa adutora, espera-se a diminuição do uso da água do aquífero Açú, que atualmente é explorado em regime de exaustão.

De acordo com Silva (2022), a manutenção dos poços tubulares para a cidade de Mossoró é fundamental, sendo estes uma fonte estratégica capaz de fornecer água para o município em situações de escassez. Esse recurso poderá suprir demandas futuras que surgirão com o crescimento populacional, industrial e agrícola. Preservar esses aquíferos é necessário, maior controle no processo de desativação desses poços também, para evitar que se tornem vias contaminantes para as águas subterrâneas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou demonstrar a importância histórica e a relevância socioambiental dos poços e das águas subterrâneas para o município de Mossoró-RN. Desde o início da formação do seu núcleo urbano, as águas subterrâneas foram a principal fonte de abastecimento da população através de poços escavados, como cacimbas e cacimbões, localizados próximos ao leito do Rio Apodi-Mossoró.

Com o crescimento populacional e a demanda por melhores serviços, a criação da CAERN na década de 1970 marcou uma transição para o uso de poços tubulares profundos, explorando principalmente o aquífero Açú para o abastecimento da zona urbana.

Paralelamente, o aquífero Jandaíra se consolidou como fonte essencial para a fruticultura irrigada e para o abastecimento de comunidades rurais.

O trabalho ressaltou a coexistência de diferentes tipos de poços em Mossoró, desde os poços escavados, ainda utilizados como fonte secundária apesar de sua vulnerabilidade à contaminação, até os poços tubulares, que representam uma forma mais eficiente e segura de captação. A história da exploração de poços em Mossoró também é marcada por eventos como a descoberta de petróleo durante a perfuração de um poço em 1979, com impactos significativos no desenvolvimento do estado.

Do ponto de vista hidrogeológico, a inserção de Mossoró na Bacia Potiguar e a sua geologia sedimentar propiciam a formação de importantes aquíferos, com destaque para o Sistema Aquífero Apodi, composto pelos aquíferos Açu e Jandaíra. Atualmente, o sistema de abastecimento de água de Mossoró é misto, combinando a exploração de poços tubulares profundos operados pela CAERN com a água proveniente da adutora Jerônimo Rosado.

Apesar da reconhecida importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento de Mossoró ao longo de sua história, o estudo aponta para a necessidade de aprimorar o monitoramento e a gestão desse recurso. A garantia da preservação e sustentabilidade do uso das águas subterrâneas nos aquíferos é fundamental para o futuro socioeconômico e ambiental do município de Mossoró.

REFERÊNCIAS

- BELTRÃO, B. A.; ROCHA, D. E. G. A.; MASCARENHAS, J. C.; SOUZA JÚNIOR, L. C.; PIRES, S. T. M.; CARVALHO, V. G. D. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Rio Grande do Norte: relatório diagnóstico do município de Mossoró**. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2005. Mapa Figura 3, p. 4. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17028>. Acesso em: 27 mar. 2025.
- COSTA, F. V. Um diálogo sobre os aspectos históricos, etnomatemáticos e criativos no uso da Roladeira na zona rural de Mossoró-RN. **Rematec**, Belém, v. 5, n. 7, p. 23–33, 2010. Disponível em: <https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/396>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- OLIVEIRA, V. L. L. de; GOMES, E. T. de A.; COSTA, S. L. F. O sistema de abastecimento urbano: um estudo no município de Mossoró-RN. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. e13738, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n1-285. Disponível em:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/13738>. Acesso em: 27 mar. 2025.

PEIXOTO, F. S. et al. A city on waters: use and quality of the groundwater in Mossoró-RN. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 12, p. 294 - 307, sep. 2021. ISSN 2178-0463. Available at: <<http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/1114>>. Acesso: 28 mar. 2025. doi: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v12i0.1114>.

QUEIROZ, R. J. de G. Política urbana e desigualdades socioespaciais em Mossoró – RN: uma investigação acerca das políticas de implantação da rede de esgotamento sanitário. 2012. 176 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

RIBEIRO, V. S.; PEIXOTO, F. da S. Acesso à Água para Abastecimento Doméstico na Zona Rural de Mossoró-RN. **Revista Territorium Terram**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 304–315, 2024. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5404. Acesso em: 26 mar. 2025.

SANTOS, C. **História de 50 anos da Caern em Mossoró e no Rio Grande do Norte**. DeFato.com, Mossoró, 18 ago. 2019. Disponível em: <https://defato.com/cesarsantos/62258/histria-de-50-anos-da-caern-em-mossor-e-no-rio-grande-do-norte>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SILVA, A. M. S. Captação e Uso das Águas Subterrâneas na Área Urbana de Mossoró-RN. 2018. 53 f. **Monografia** (Graduação em Geografia) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2018.

SILVA, A. M. S. Captação, Uso e Qualidade das Águas Subterrâneas na Área Urbana de Mossoró-RN. 2022. 67 f. **Dissertação** (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2022.

SILVA, A. M. S.; PEIXOTO, F. S.. Captación y aprovechamiento de aguas subterráneas en Mossoró-RN, Brasil. **Agua y Territorio / Water and Landscape**, [S. l.], n. 24, p. e7084, 2024. doi:10.17561/at.24.7084.. Acesso em: 31 mar. 2025.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288>. Acesso em: 26 mar. 2025.

CAPÍTULO 7

AUTOABASTECIMENTO URBANO E USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BACURAU 1, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

*Lucas Matheus Garcia Tôrres
Anderson Mikael de Souza Silva
Filipe da Silva Peixoto*

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas têm sido utilizadas para o abastecimento doméstico na maioria dos municípios brasileiros, e em alguns destes, esta é a única fonte viável disponível. Mais de 50% dos municípios brasileiros utilizam a água subterrânea em maior ou menor proporção para o abastecimento urbano e industrial (Rebouças, 2003, Ana, 2021).

Diante da necessidade de uso da água e das condições de escassez hídrica do semiárido, vê-se um crescente número de captação das águas subterrâneas, relatado por Hirata *et al.* (2019). Logo, as águas subterrâneas são compreendidas como reservatórios estratégicos para o abastecimento urbano de diversas cidades brasileiras. Entretanto, a ausência de monitoramento dos mananciais subterrâneos coloca esse recurso natural em risco.

A Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 instituiu instrumentos necessários à gestão dos recursos hídricos, dentre os instrumentos, a outorga se trata de uma concessão do uso da água, mediante a um volume previamente estabelecido no pedido de outorga, além de pré-requisito para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (Brasil, 1997). Tais outorgas são fundamentais para compor os cadastros de captações, importantes para o controle de poluição e superexploração e monitoramento dos aquíferos, porém, apenas 12% dos poços fazem parte dos sistemas de informação oficiais sobre água subterrânea em nosso país (Hirata *et al.*, 2019). Isso evidencia o grande número de poços irregulares, não licenciados e, geralmente, sem medidas de controle estruturais para prevenir a contaminação da água subterrânea.

As captações de águas subterrâneas, sobretudo em áreas urbanas, muitas vezes são invisibilizadas pela falta de cadastro de poços e monitoramento adequado dos aquíferos (Tôrres, 2023). Ademais, isso subdimensiona ou despreza a importância que os aquíferos possuem para suprir múltiplas demandas em áreas urbanas.

As transformações econômicas ocorridas no contexto mundial, de certo modo, impulsionaram a expansão das cidades (Almeida, 2011). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), em seu último censo demográfico, apontou a taxa de urbanização média da população brasileira em 87,4%, mostrando que o Brasil urbano é significativamente maior do que o Brasil rural.

O acelerado crescimento urbano sem o planejamento adequado tem como consequência alguns problemas socioambientais, provocado pelo acúmulo de pessoas e a falta de uma infraestrutura adequada, gerando transtornos para a população urbana (Nobrega *et al.*, 2013). Dentro dessa falta de infraestrutura citamos o abastecimento hídrico, no qual em 2021 mais de 35 milhões de brasileiros não possuem acesso à água tratada (Trata Brasil, 2021). Com isso, vê-se que esse serviço urbano não tem acompanhado o crescimento das cidades.

O Bairro Bacurau 1, inserido na cidade de Apodi, semiárido brasileiro, possui total abastecimento advindo das águas subterrâneas. Além disso, o bairro não conta com um abastecimento hídrico convencional, mas feito por um sistema de abastecimento alternativo administrado por antigos proprietários de terras no bairro. Essa situação pode possibilitar uma escassez quantitativa e qualitativa do aquífero que abastece o Bacurau 1, além de explicitar um problema legal.

A falta de terras no centro urbano e a alta na especulação imobiliária fizeram com que as populações de menores rendas procurassem os lotes no bairro, geralmente lotes em áreas sem infraestrutura e equipamentos de consumo coletivo. Isso dialoga com Rodrigues (2007) quando escreve que os conjuntos habitacionais financiados pelo Estado, destinados à chamada população de baixa renda, foram construídos em descontinuidade com o tecido urbano.

Tais espaços de descontinuidade dentro da cidade apresentam de forma explícita as desigualdades socioespaciais, relatadas por Milton Santos (1978, p.122) quando escreveu que “o espaço é um verdadeiro campo de forças cuja formação é desigual. Eis a razão pela qual a evolução espacial não se apresenta de igual forma em todos os lugares”. Isso dialoga com Corrêa (1997) quando nos diz que o espaço urbano é fragmentado e articulado.

Nesse contexto, o mesmo autor denomina o espaço como sendo uma instância da sociedade, como resultado de uma práxis coletiva que reproduz as relações sociais, advindas de suas características e por seu funcionamento, pelo que ele oferece a alguns e recusa a outros (Santos, 1978). Assim, a distribuição desigual dos serviços urbanos, observado a partir da falta de infraestrutura de abastecimento hídrico por parte do poder público no bairro Bacurau 1, apresenta uma questão importante de segregação socioespacial que os programas

habitacionais causam. Então, os próprios moradores passam a organizar-se, para que consigam a implantação de seus serviços urbanos.

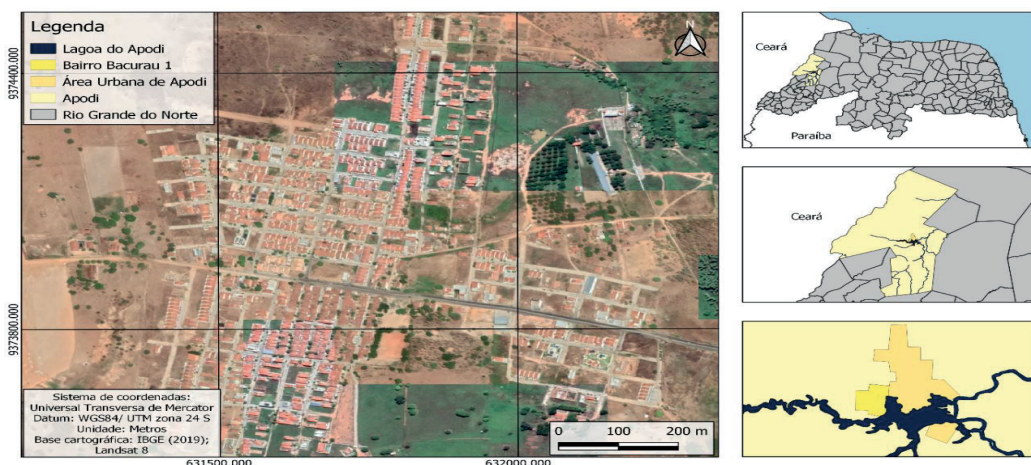
Com isso, nota-se a relevância deste estudo com o objetivo de conhecer os usos e modos de captação das águas advindas dos mananciais subterrâneos e compreender o autoabastecimento hídrico do bairro Bacurau 1 a partir de fontes hídricas alternativas, contribuindo para um melhor entendimento da situação, gerando subsídios para a uma gestão hídrica que vise o uso sustentável desse recurso.

1.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está representada como o Bairro Bacurau 1 (Figura 1), situado a oeste da área urbana do município de Apodi. Este município, com uma população estimada em 36.904 habitantes (IBGE, 2021), possuindo uma demanda hídrica de 90 litros/dia para seu abastecimento, seja doméstico ou industrial, insere-se no semiárido brasileiro, na porção oeste do estado do Rio Grande do Norte (Condel, 2017). O acesso ao bairro estudado se dá por meio da rodovia RN 233, distanciando-se a 1 km da sede municipal. Além disso, o suprimento total dessa demanda de água advém das águas subterrâneas, tornando-as a principal fonte de abastecimento do município (Sá, 2000, Tórres, 2023).

Os aquíferos pelos quais a população do bairro se auto abastece é o aquífero Açú, constituído de arenitos finos a grossos, por vezes conglomeráticos, coloração variegada, com intercalações de folhelhos e argilitos, e o aquífero Aluvionar que são depósitos sedimentares ocasionalmente grosseiros com matriz argilosa (Diniz Filho, 1999; Manoel Filho *et al.*, 2010; Peixoto; Dias, 2022; Sá, 2000; Vasconcelos; Teixeira; Alves Neto, 2010).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Autores

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida conforme as seguintes etapas metodológicas: 1) levantamento bibliográfico; 2) realização de trabalhos de campo para atualização do cadastro de poços; 3) espacialização e análise dos dados.

O levantamento de dados e informações se deu a partir de livros, revistas, artigos científicos, monografias, dissertações, teses e também nos sites dos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos, tais como Agência Nacional das Águas – ANA, Sistema de Informação das Águas Subterrâneas – SIAGAS, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH e a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN, e na Prefeitura Municipal, detentora constitucionalmente da atribuição de abastecimento de água para os domicílios.

Posteriormente, realizou-se os trabalhos de campo, tendo como objetivo obter dados atualizados sobre a captação e uso das águas subterrâneas. Nesta etapa, realizou-se a atualização do cadastro de poços, visando identificar novos poços que captam águas dos aquíferos presentes no meio urbano estudado, conhecendo sua captação, os múltiplos usos da água e outros parâmetros de interesse para a pesquisa.

Na última etapa, todas as informações obtidas foram colocadas em um banco de dados que posteriormente vieram a serem indexados em um Sistema de Informação Geográfica – SIG, realizando assim a integração dos dados obtidos, visando um melhor tratamento e análise dos mesmos. Para isso, foi utilizado o software QGis versão 3.4, elaborou-se a integração espacial dos dados obtidos em campo às bases cartográficas, possibilitando a classificação e o mapeamento dos poços que exploram águas subterrâneas na área de estudo.

Dessa maneira, foi elaborada uma análise espacial dos dados obtidos, visando entender a localização dos poços, a análise da profundidade, tipos de captação, usos das águas e o sistema de abastecimento hídrico a partir das águas subterrâneas no Bairro Bacurau 1, semiárido brasileiro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a execução desta pesquisa, foram identificados, a partir dos dados do Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, apenas 8 poços dentro do Bairro Bacurau 1, zona oeste da área urbana do município de Apodi. Fazendo a etapa de campo desta pesquisa, identificou-se mais 4 poços que exploram águas subterrâneas e estão localizados neste bairro. Sendo assim, foram identificados ao todo 12 poços dentro do bairro em estudo (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização dos poços estudados



Fonte: Autores

Todos os poços são tubulares (Figura 3), os quais, segundo o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (1998), são aqueles cujo diâmetro é estreito e a perfuração (vertical) é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas ou rotopneumáticas.

Figura 3 - Poço tubular



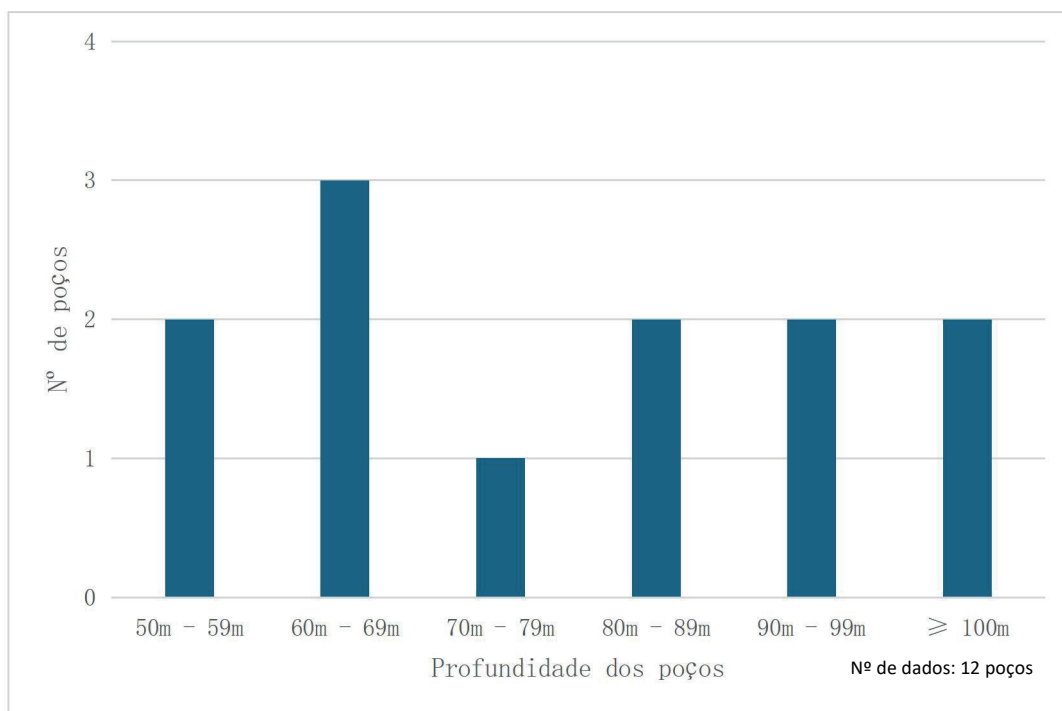
Fonte: Autores

O Manual de Procedimentos Outorga e Licença de Obras Hídricas da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (2008) classifica os poços de acordo com sua profundidade. Neste documento, são considerados poços rasos aqueles cuja profundidade é inferior a 20 metros, poços com profundidade média os que estão entre 20 e 50 metros e poços profundos os que superam os 50 metros de profundidade. Nesta pesquisa, utilizou-se essa classificação para analisar a profundidade dos poços que exploram água subterrâneas no Bairro Bacurau 1 em Apodi/RN.

A espacialização dos dados de profundidade na área estudada (Figura 4) permitiu verificar que estes poços possuem uma profundidade variando entre 60 e 105 metros, sendo assim, 100% são considerados poços profundos. Nesse sentido, percebeu-se que dentre os poços identificados, aqueles com menor profundidade são os poços 5 e o poço 8, que estão localizados mais próximos a de um manancial superficial, a Lagoa do Apodi, explorando águas do aquífero aluvionar.

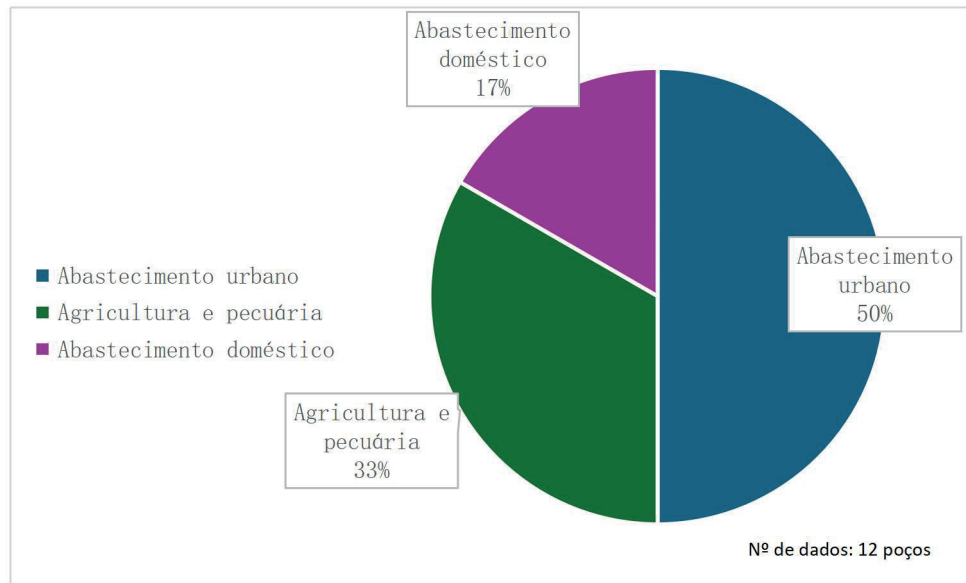
Nos poços estudados, foram identificados os mais diversos tipos de usos das águas do manancial subterrâneo, tais como abastecimento urbano, doméstico, atividades agrícolas e pecuaristas (Figura 5).

Figura 4 - Profundidade dos poços na área estudada



Fonte: Autores

Figura 5 - Usos das águas subterrâneas na área estudada



Fonte: Autores

50% dos poços identificados nesta pesquisa são para abastecimento urbano, 33% para atividades agrícolas/pecuaristas e apenas 17% para abastecimento doméstico, ressalta-se a distribuição espacial dos poços e seus respectivos usos das águas (Figura 6). Vale salientar que o abastecimento urbano difere de abastecimento doméstico, sendo o primeiro definido como aqueles voltados para o sistema de distribuição coletiva de água para a população local e o segundo diz respeito aos poços particulares das residências (Brasil, 2021), sendo assim, um meio de abastecimento individual.

Figura 6 - Espacialização do uso das águas na área estudada



Fonte: Autores

O poço 6 (Figura 7), o qual realiza o abastecimento de 40 residências, possui outorga para explorar as águas, mas encontra-se em uma situação de falta de proteção, sem abrigo montado sobre a superfície, medida necessária de acordo com a NBR-12.212. Observando a imagem, vê-se que o quadro de distribuição de energia não possui nenhuma espécie de proteção, estando a céu aberto.

Figura 7 - Poço 6 (poço sem proteção)



Fonte: Autores

O uso das águas subterrâneas exploradas dos poços 5, 7, 10 e 12 são para usos agrícolas e pecuaristas. Com exceção do poço 12 (Figura 8), todos os outros já possuem mais de 10 anos de uso. O poço 12 é o mais recente da área estudada, foi construído em 2020, atinge a profundidade de 93 metros e capta água do aquífero Açú.

Figura 8 - Poço 12 (poço mais recente da área estudada)



Fonte: Autores

O poço 7 (Figura 9), também com finalidade de atividades agrícolas e pecuaristas, possui uma proteção como uma espécie de gambiarra, feita com galhos secos encontrados nos arredores do poço.

Figura 9 - Poço 7 (poço com proteção adaptada)



Fonte: Autores

Para as atividades domésticas, como por exemplo banho, lavagem de roupas e utensílios domésticos, foram identificados 2 poços, o poço 8 (já apresentado anteriormente) e o poço 11, o qual não conseguimos visualizá-lo devido ele estar soterrado sob a garagem da residência.

Há ainda outros 2 poços que foram apontados por moradores do bairro, mas que não são contabilizados entre os 12 poços estudados devido não se ter conseguido acesso a eles. Portanto, não se sabe qual a forma de captação e nem a finalidade dos usos das águas subterrâneas exploradas destes.

O abastecimento hídrico à população de Apodi/RN é realizado pela exploração das águas subterrâneas, através de poços tubulares. A cidade possui três poços utilizados para o abastecimento urbano, administrados pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, sendo um deles destacado na figura abaixo (Figura 10).

Figura 10. Poços para abastecimento urbano de Apodi/ RN.



Fonte: Autores

Esses poços possuem uma profundidade que varia entre 100 e 150 metros. O sistema de captação dessas águas, em ambos os poços, é realizado por um conjunto motor bomba. Neste sistema de captação, há um tubo adutor que liga a bomba ao reservatório elevado (Figura 11), mas, antes disso, passa por um processo de adição de cloro, visando melhorar a qualidade da água que chegará à população.

Figura 11: Reservatório elevado para abastecimento urbano de Apodi/ RN.



Fonte: Autores

Entretanto, o bairro Bacurau 1, hoje inserido na área urbana de Apodi, ainda não possui o sistema de abastecimento gerenciado pela CAERN. O abastecimento desse bairro

iniciou como responsabilidade da Prefeitura Municipal de Apodi – PMA, mas, hoje, boa parte do bairro possui um autoabastecimento privado, no qual alguns proprietários de poços realizaram tubulações de seus poços até as casas dos moradores e realizaram tal distribuição.

O primeiro poço (Figura 12) para abastecimento urbano deste bairro foi inaugurado pela Prefeitura Municipal de Apodi – PMA, no ano de 2004, visando abastecer 20 famílias que deram início ao que naquele período ainda se configurava como conjunto habitacional. Até o desenvolvimento desta pesquisa, o poço mencionado abastece 160 residências com águas explotadas do aquífero Açú, que é operado pelos próprios moradores do Bairro Bacurau 1.

Figura 12: Poço 3: primeiro poço para abastecimento do bairro Bacurau 1.



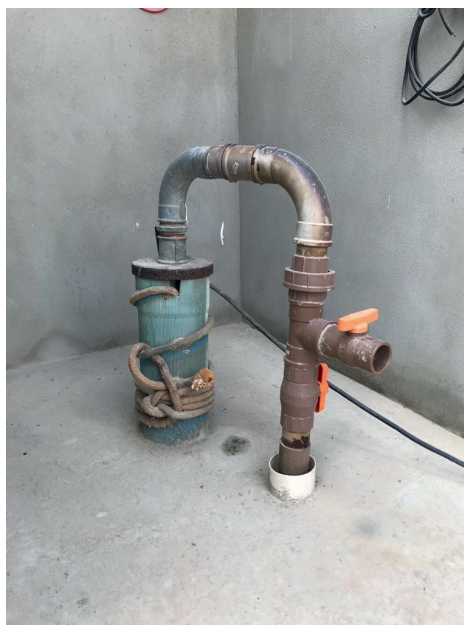
Fonte: Autores

Até meados do início da segunda década dos anos 2000, somente este poço era suficiente para o abastecimento hídrico dos moradores, pois a área construída do bairro era pequena, com difícil acesso e conseqüentemente com uma reduzida população. Após os proprietários de terras no bairro loteadas para as construções de casas para serem vendidas pelo Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV, observaram-se transformações espaciais significativas no mesmo espaço (Prefeitura de Apodi, 2019).

Benevides e Oliveira (2021) reafirmaram o crescimento do bairro ter se dado por meio da implementação do Programa Minha Casa Minha Vida. Os autores, em seus estudos, escrevem que a infraestrutura local de comércio começa a ser desenvolvida a partir do crescimento do bairro devido às construções do Programa Minha Casa Minha Vida. Com isso, surge uma maior demanda por água no bairro Bacurau 1.

Para suprir as demandas hídricas deste bairro, devido à falta do serviço por parte do poder público responsável pela distribuição de água, o antigo proprietário da primeira área loteada no bairro realizou o abastecimento urbano por conta própria através do poço 1 (Figura 13). A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN não fornece tal abastecimento até o desenvolvimento desta pesquisa. Este poço abastece até o desenvolvimento desta pesquisa 49 famílias.

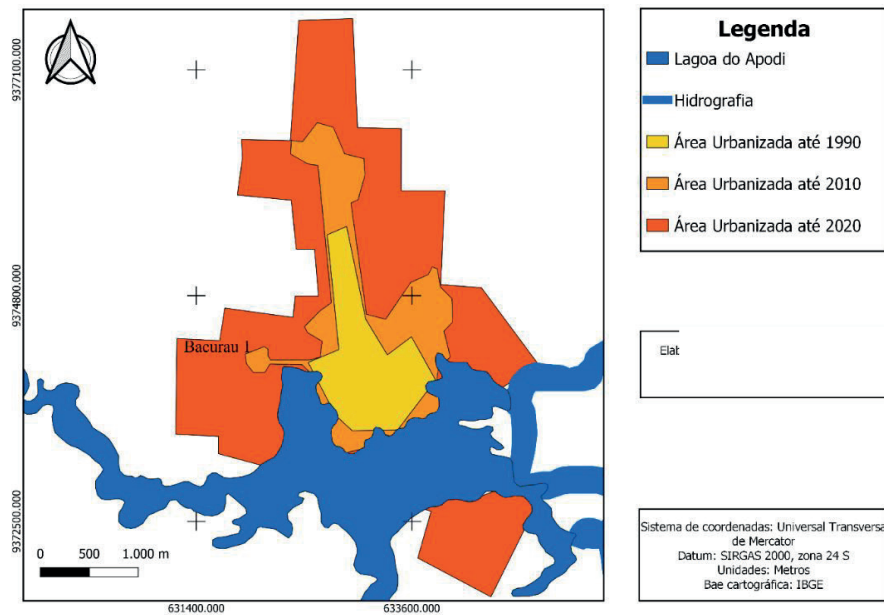
Figura 13: Poço 1: primeiro poço para abastecimento do bairro Bacurau 1.



Fonte: Autores

Peixoto *et al.* (2022) fizeram uma representação da expansão urbana da área municipal de Apodi, cidade na qual a área de estudo está inserida. A figura abaixo nos mostra o crescimento da mancha urbana no município de Apodi/RN entre os anos de 1990 e 2020 (Figura 14).

Figura 14: Crescimento da mancha urbana no município de Apodi/RN entre os anos de 1990 e 2020.



Fonte: Autores

Observando a figura acima, vê-se que até a década de 1990, a área que corresponde ao bairro Bacurau 1 ainda não era urbanizada, caracterizando-se como um espaço rural. Após a primeira década do século XXI, é notório o surgimento de uma mancha urbana na área mencionada, mas ainda relativamente pequena. No ano de 2020, vê-se um aumento significativo da mancha urbana neste bairro.

Neste ano, é possível perceber que a expansão da área ocupada do bairro foi enorme e, por consequência, novas demandas por água vêm surgindo a cada lote de terra vendido no mesmo espaço.

Durante todo o estudo foram identificados 6 poços (P1, P2, P4, P6 e P9) distribuindo água para as residências do bairro estudado. A partir do campo realizado, descobriu-se quais ruas eram abastecidas com determinado poço e, então, especializou-se o bairro a partir do poço que abastece água para os moradores (Figura 15).

Figura 15. espacialização da distribuição dessas águas no bairro Bacurau 1.



Fonte: Autores

Analisando a espacialização da distribuição de águas até as residências a partir da figura acima, identifica-se o poço 4 distribuindo água para a subárea A, o poço 4 para a subárea B, o poço 3 para a C, o poço 6 para a subárea D e a subárea E sendo abastecida por 2 poços, o P2 e P9.

Esse autoabastecimento urbano do bairro pode ser um problema, uma vez que a cidade de Apodi se encontra em um contexto ambiental de alta vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, além de ser a área de afloramento do aquífero mais importante para o abastecimento da população do Oeste Potiguar (Peixoto *et al.*, 2022).

Associado a isso, os esgotos domésticos possuem uma grande quantidade de compostos orgânicos e alta variabilidade de composição que, quando não tratados, também atuam como contaminantes dos mananciais hídricos subterrâneos. De acordo com o Ministério das Cidades (2018), apenas 57,6% dos municípios brasileiros possuem coleta de esgotamento sanitário, e 70% do esgoto coletado não é tratado, sendo que, o município no qual o bairro se insere, não possui sistema de esgotamento sanitário.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A captação e uso das águas subterrâneas foram caracterizados de modo a identificar uma série de informações importante para a conservação dos recursos hídricos locais e regionais, já que a cidade de Apodi se encontra em um contexto ambiental de alta vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, além de ser a área de afloramento do aquífero mais importante para o abastecimento da população do Oeste Potiguar.

A captação da água subterrânea foi caracterizada a partir de um cadastro de poços composto por meio da sistematização de dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS e de um trabalho de campo. Constatam-se 12 poços no bairro Bacurau 1, área de crescimento considerável da mancha urbana do município de Apodi, sendo em sua totalidade poços tubulares. A maioria desses poços se encontra em uma profundidade entre 60 e 105 m.

As águas subterrâneas exploradas por poços localizados no Bacurau 1 atendem a múltiplos usos, sendo o principal abastecimento urbano realizado pelos próprios loteadores das terras, ou seja, fazem um autoabastecimento do bairro, devido a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte não fornecer abastecimento hídrico no bairro.

O investimento em abastecimento para populações urbanas de países em desenvolvimento, como o Brasil, vem crescendo. Entretanto, a falta de infraestrutura de abastecimento hídrico por parte do poder público levou os moradores do bairro a buscarem o autoabastecimento urbano. Isso pode tornar-se um problema desde ambiental até uma questão de saúde pública. Essa situação é um risco devido a vários fatores, por exemplo as formas de captação podem contaminar as águas, a falta de manutenção dos poços e monitoramento da qualidade dessas águas podem ser atuantes em desenvolver doenças nos que fizerem seu uso, a criação de múltiplos poços na área pode pôr em risco o ciclo hidrológico da água e conseqüentemente as inter-relações das águas subterrâneas com o meio ambiente.

Por ter possibilitado se conhecer em nível local diversos parâmetros sobre a água subterrânea, o presente trabalho certamente pode auxiliar em pesquisas mais aprofundadas sobre essa temática, como, por exemplo, sobre a vulnerabilidade do aquífero explorado, os riscos pontuais e não pontuais de contaminação dessas águas, a qualidade dessas águas a partir dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, dentre outros estudos que contribuam significativamente com a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Portanto, com os resultados desta pesquisa, o banco de informações geradas por esta serve de base para o município tomar decisões sobre como gerir tais recursos hídricos da melhor forma possível e para futuros trabalhos com esta temática. Ademais, é imprescindível ações mais efetivas da gestão municipal que garantam a conservação das águas subterrâneas para o abastecimento urbano, visto que o manancial subterrâneo é a principal fonte hídrica para abastecer a sua população.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano (2021)**. ANA: Brasília, Brasil, 2021.

BENEVIDES, Héllen Jamilly; OLIVEIRA, Jionaldo Pereira de. **O espaço urbano e o Programa Minha Casa Minha Vida: O bairro Bacurau I em Apodi/RN**. Revista Pensar Geografia v.04, n.02 (2021) 110-118. ISSN:2527-0040

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Constituição (1988)**. Constituição da Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2008.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html Acesso em 17 de maio de 2023.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos; Coordenadoria de Gestão dos Recursos Hídricos. **Outorga e Licença de Obras Hídricas: Manual de procedimentos**. Fortaleza: Editora, 2008 p. 67.

CONSELHO DELIBERATIVO DA SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - CONDEL. **Resolução nº 107, de 27 de julho de 2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para a delimitação do semiárido brasileiro e procedimentos para a revisão de sua abrangência. Disponível em:

https://www.lex.com.br/legis_27508570_RESOLUCAO_N_107_DE_27_DE_JULHO_DE_2017.aspx Acesso em 24 de novembro de 2021.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Noções básicas sobre poços tubulares: Cartilha informativa**. Recife, 1998.

DINIZ FILHO, José Braz. **Recursos hídricos subterrâneos no médio e baixo curso da Bacia hidrográfica do Rio Ceará Mirim/RN**. 1999. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. doi:10.11606/T.44.2016.tde-08012016-143110. Acesso em 05 de set 2021.

HIRATA, Ricardo et al. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI, S.; VILLAR, P.; MARCELLINI, L.. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento** - [São Paulo]: Instituto Trata Brasil, 2019, 35 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama das cidades: Apodi**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/panorama> Acesso em 14 de dez. de 2021.

MANOEL FILHO, J. et al.. **Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará**. Vol. III – Hidrogeologia. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. PROGRAMA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Acordo de Empréstimo N° 7420-BR, Banco Mundial, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218 p.

Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), UNESCO Etxea – Centro UNESCO do País Basco. **Resultados da Reunião Internacional de Peritos sobre o Direito à Água**. Paris, 7 e 8 de Julho de 2009 Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001854/185432e.pdf> Acesso em 03 de janeiro de 2022.

PEIXOTO, F. S.; DIAS, G. H.. Hidrogeologia da porção oeste da Bacia Potiguar: aspectos quantitativos e problemática para gestão da água subterrânea. IN: PEIXOTO, F. S.; GUEDES.

- J. A.; GRIGIO, A. M.; DIAS, G. H.; DIODATO, M.A. (orgs). **Hidrogeografia e gestão das águas no semiárido**. Mossoró, RN: Edições UERN, 2023
- PEIXOTO, F. da S.; TÔRRES, L. M. G.; FERREIRA, I. C. da S.; SOUZA FILHO, J.C.S. de. **Risco de contaminação da água subterrâneas associada ao uso e cobertura do solo urbano em Apodi-RN**. Revista Acta Hidrogeográfica, v. 1, p. 1 – 18, 2022.
- PMA - Prefeitura Municipal de Apodi (2019). **Dados do município**. Disponível em <https://apodi.rn.gov.br/omunicipio.php> Acesso em: 21 de nov. de 2021
- REBOUÇAS, A. C. (org.) et al. 2003. **Águas doces no Brasil**. Escrituras Editora, São Paulo.
- RODRIGUES, Arlete Moysés. **Desigualdades socioespaciais – a luta pelo direito à cidade**. CIDADES (Brasília), v. 4, n. 6, 2007, p. 73-88.
- SÁ, José Ubaldo de. **Base municipal de informações das águas subterrâneas Município de Apodi**. Recife: CPRM, 2000.
- SANTOS, Milton. **Por uma Geografia Nova**. São Paulo: Hucitec, Edusp, 1978.
- SIMABUKURO, Edson Akira (2011). **Revestimento geomecânico – metodologia de aplicação**. 1st Joint World Congress on Groundwater.
- TÔRRES, L. M. G.. **Escassez e contaminação: desafios para a conservação das águas subterrâneas em pequenas cidades no semiárido brasileiro**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, Brasil, 2023.
- VASCONCELOS, S. M. S.; TEIXEIRA, Z. A.; ALVES NETO, J.. **Caracterização do aquífero Jandaira, porção situada no Estado do Ceará, Brasil**. Revista de Geologia (Fortaleza), v. 23, p.

CAPÍTULO 8

INSEGURANÇA HÍDRICA DOMICILIAR NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN, SEMIÁRIDO POTIGUAR

*Victor Sales Ribeiro
José Michael de Oliveira Sousa
Filipe da Silva Peixoto
Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva*

1. INTRODUÇÃO

As características climáticas do semiárido brasileiro, que atualmente engloba 11 estados (SUDENE, 2024), em virtude de sua irregularidade intra-anual e interanual, podem ocasionar escassez hídrica quando as políticas públicas e as medidas de mitigação e convivência com os períodos de seca não ocorrem de forma efetiva. Isso compromete a garantia do direito humano básico, instituído pela ONU, de acesso à água potável (ONU, 2010). Esse contexto evidencia a necessidade e importância de estudar a segurança hídrica, reconhecendo a necessidade de gestão dos recursos hídricos e de medidas mitigadoras de convivência com o semiárido para garantia do acesso à água dentro dos padrões de segurança qualitativa e quantitativa (Ribeiro, 2018).

O Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH reconhece as dificuldades impostas pela natureza encontradas no Nordeste Setentrional (ANA, 2021). Nessa área, encontramos Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Ceará (CE), Pernambuco (PE), Alagoas (AL) e Sergipe (SE), que apresentam alto índice de insegurança hídrica. Uma das principais medidas realizadas pelo Estado brasileiro para buscar assegurar a disponibilidade hídrica para alguns setores econômicos desses estados foi a transposição do Rio São Francisco. Tal obra é enfatizada como fundamental para a segurança hídrica, como aponta Rabelo (2017), ao discutir o convívio com a seca no Estado do Ceará.

No Rio Grande do Norte, onde está inserida a área de estudo desta pesquisa, essa solução tem sido direcionada para atividades econômicas prioritariamente, portanto, não servindo para alcançar a segurança hídrica domiciliar. Desse modo, as soluções difusas e de

pequena escala estão bem mais presentes em comunidades no meio rural. Medeiros (2014), ao analisar a situação da comunidade rural de São Paulo – São José do Seridó, localizado no Estado do Rio Grande do Norte, conseguiu visualizar soluções diferentes para manter o abastecimento de água de forma constante, com o uso de poços artesianos canalizados até as residências rurais de criação de gado.

No município de Mossoró-RN, em que apesar da escassez de trabalhos acerca da segurança hídrica, alguns estudos contribuem para entendimento, sobretudo da qualidade da água disponível nas principais reservas hídricas da região. Cosme *et al.* (2018) analisaram a qualidade da água em poços de comunidades rurais do município e constataram a existência de um grau elevado de salinidade no aquífero Jandaíra. Tal estudo aponta previamente as dificuldades vivenciadas pelos moradores da zona rural de Mossoró, para terem um acesso digno e seguro à água que consomem.

O município de Mossoró-RN possui uma área de 2.099,334 km² com cerca de 90% do seu território constituído pela zona rural (IBGE,2021). Segundo Diniz e Pereira (2015), Mossoró é classificada como subdomínio climático semiárido, com variabilidade climática mediana com 7 a 8 meses secos e tipo climático Tropical de Zona Equatorial. Saraiva (2021) destaca que os meses mais chuvosos para o município são fevereiro, março, abril e maio, em que a média anual de chuva é de 718,3 mm anual (EMPARN,2025).

Segundo dados da Prefeitura de Mossoró (2019, p. 4), 75% da água destinada ao município é proveniente de um sistema de poços artesianos que retiram água do aquífero Açú. Os outros 25% correspondem à água proveniente do sistema adutor Jerônimo Rosado. Tal condição decorre justamente do fato de Mossoró estar situada sobre uma área de geologia sedimentar, pois, conforme discutido por Lima *et al.* (2006), a Bacia Sedimentar Potiguar possui uma grande reserva de água subterrânea, com potencial hidrológico médio, destacando-se o município de Mossoró, que abriga em seu território os aquíferos Jandaíra e Açú.

Diante das condições de disponibilidade dessas fontes, a questão que baliza esta pesquisa é: a água destinada ao consumo em comunidades rurais do município de Mossoró pode ser considerada segura? Portanto, cabem aqui algumas perguntas: será que os moradores da zona rural de Mossoró possuem acesso à água em quantidade e qualidade suficientes para suprir suas necessidades básicas? A população convive frequentemente com problemas de escassez hídrica, gerando conflitos e estresse? Quantas e quais são as fontes que atendem às comunidades estudadas? Essas perguntas são essenciais para compreender

os níveis de insegurança hídrica vivenciados pelos moradores, em complementação ao reconhecimento das fontes hídricas disponíveis.

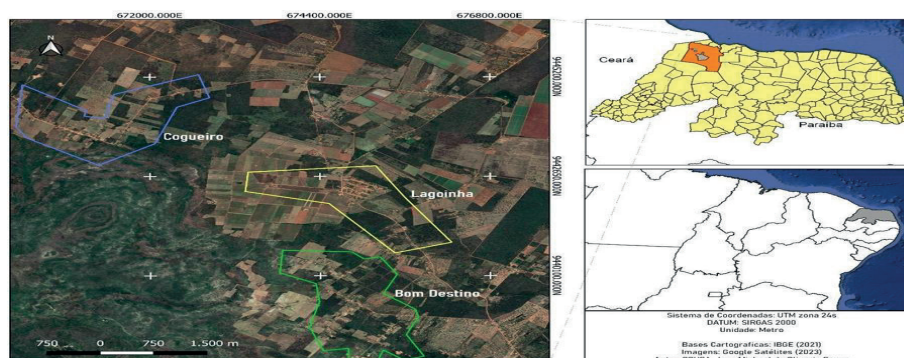
O objetivo dessa pesquisa é reconhecer os níveis de insegurança hídrica em comunidades rurais no município de Mossoró-RN. Soma-se a isso a importância social acerca dessa pesquisa, tendo em vista que os resultados aqui adquiridos podem ser utilizados para constatar e gerar subsídios e informações para ajudar a solucionar problemas referentes à insegurança hídrica para os moradores das comunidades rurais do município de Mossoró. E geração de uma base georreferenciada para utilização na administração e gestão dos recursos hídricos, para melhor atender as necessidades da população.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi feito um levantamento bibliográfico da literatura e das bases cartográficas necessárias para construção da pesquisa e dos mapas base para a análise espacial. Aqui, foram considerados livros, artigos, monografias, teses etc. e arquivos de bases cartográficas nos sites do Serviço Geológico do Brasil - SGB, além de dados fornecidos por secretarias do município de Mossoró, como a Secretaria Municipal de Agricultura e Desenvolvimento Rural (SEADRU) e a Secretaria Municipal de Segurança Pública Defesa Civil, Mobilidade e Trânsito (SESDEM).

Para delimitar a área da pesquisa foi utilizado o mapa de Ribeiro e Peixoto (2024), realizando o mapeamento das comunidades que mais demandaram água via caminhões-pipa em 2023, a partir de dados na SEADRU e na SESDEM. Os autores selecionaram 3 comunidades, levando em consideração o quantitativo de caminhões-pipas e a proximidade dentre as comunidades, para facilitar a logística de campo: Coqueiro, Bom Destino e Lagoinha (Figura 1).

Figura 1. Localização geográfica de Lagoinha, Coqueiro e Bom Destino.



Fonte: Autores

O presente trabalho mensurou a insegurança hídrica dessas comunidades a partir da escala HWISE – *Household Water Insecurity Experiences Scale* (Escala de Experiências Domésticas de Insegurança Hídrica) (Young *et al.*, 2019), que constitui um padrão internacional de análise acerca da segurança hídrica. A opção por esse instrumento considerou seu desenvolvimento, aceitação e aplicabilidade dentro da comunidade científica internacional, bem como a possibilidade de comparação com outras áreas do mundo onde já foi aplicado. Além disso, configura-se como uma metodologia consolidada, já utilizada no semiárido nordestino do Brasil. Nesse instrumento, foram adicionadas algumas perguntas referentes aos aspectos socioeconômicos, como renda, sexo, número de habitantes por casa, idade e tempo de moradia na comunidade.

O projeto de pesquisa e o questionário foram submetidos ao comitê de ética no dia 10 de outubro, modificado no dia 26 do mesmo mês e aprovado no dia 02 de novembro de 2022, com número do parecer 5.723.957. O questionário foi composto de quarenta questões de múltipla escolha, sendo cinco delas sobre questões socioeconômicas e as outras trinta e cinco referentes à insegurança hídrica. Sobre a parte social, foi questionada a idade dos entrevistados, o sexo, a quantidade de pessoas que moram no domicílio, a renda familiar, e há quanto tempo a família reside na comunidade. Todos os sujeitos abordados foram maiores de 18 anos.

Durante a pesquisa de campo, foram aplicados os questionários nas três comunidades e mapeados os sistemas e soluções de abastecimento. Ao todo foram realizadas cinco visitas e aplicados 147 questionários. O total de questionários foi determinado pelo cálculo de espaço amostral presente na eq.1. Vale destacar que esse número se refere a agregados familiares e não a membros de uma única família. Ou seja, foi aplicado apenas um questionário por família, tendo em vista a necessidade de estudar a insegurança hídrica domiciliar (Tabela 1).

Tabela 1. Número de questionários aplicados por comunidade

Comunidades	Nº de questionários aplicados
Lagoinha	46
Coqueiro	52
Bom Destino	49
Total	147

Fonte: Autores

As visitas foram realizadas nos dias 10, 11 e 12 de janeiro, 29 de julho e 2 de setembro de 2023. A primeira visita ocorreu no dia 10 de janeiro, na comunidade Lagoinha, onde foram aplicados 28 questionários. A segunda foi realizada na comunidade Coqueiro, no dia 11 do mesmo mês, com a aplicação de 33 questionários. A terceira visita aconteceu na comunidade de Bom Destino, no dia 12, com 22 questionários aplicados. O retorno para a aplicação dos demais questionários só pôde ser feito nos dias 29 de julho e 2 de setembro. Esse atraso ocorreu devido à dificuldade de acesso às comunidades e à falta de transporte, em função das estradas de barro e das obstruções nas vias.

De forma simultânea, nos dias 29 e 02 de setembro foi realizado o georreferenciamento dos poços existentes em cada comunidade, quando foi preenchido uma tabela, constando os seguintes dados: Tipo de poço, proprietário, Local/Endereço, Coordenadas, Revestimento, Altura da boca (m), Situação do poço, Finalidade, Uso e Fonte potencial de poluição. Os dados sobre a localização foram coletados com o uso do modelo de GPS *garmim*, em que foi coletada a longitude e latitude (UTM).

Por fim, na última etapa do trabalho foi realizada a integração dos dados adquiridos após o trabalho de campo. Essa etapa foi realizada por meio da integração de dados e informações em mapas, tabelas e gráficos produzidos através do uso do sistema de informação geográfica – SIG, no software Qgis versão *A coruña*.

Nessa etapa de análise, depois da realização da tabulação dos dados, foi aplicado o cálculo descrito no manual de uso do questionário HWISE, em que é realizada a soma dos resultados dados pelos questionários, de forma individual. Contudo, com uma pequena adaptação. Seguindo as adaptações mais recente da metodologia em “*Development and validation protocol for an instrument to measure household water insecurity across cultures and ecologies: The Household Water In Security Experiences (HWISE) Scale*” de Young *et al.* (2019), é possível encontrar um manual com perguntas suplementares que ampliam com várias outras categorias de análise o questionário. Na presente pesquisa, foi preferível trabalhar de forma mais completa, com 23 questões a mais sendo realizadas. O índice foi, portanto, calculado de acordo com a equação 1.

$$PI = \frac{HWISE \geq 35}{Nd} \quad \text{Eq. 1}$$

PI = Proporção de famílias com insegurança hídrica; Nd = Número total de domicílios

$HWSIE \geq 35$ = Número de domicílios com mais de 35 pontos na escala HWISE

De forma resumida, os domicílios que apresentaram somatório superior a trinta e cinco foram contabilizados como agregados que apresentam insegurança hídrica. Após essa contabilização, esse número foi dividido pelo total de residências, no qual o questionário HWISE foi aplicado de forma individual e por comunidade, conforme a equação 2. Através disso, foi possível visualizar a porcentagem de famílias dentro desse aspecto por comunidade e realizar a discussão dos dados, com base nos níveis de insegurança que podem variar de baixo a alto, com base nos dados do quadro 1.

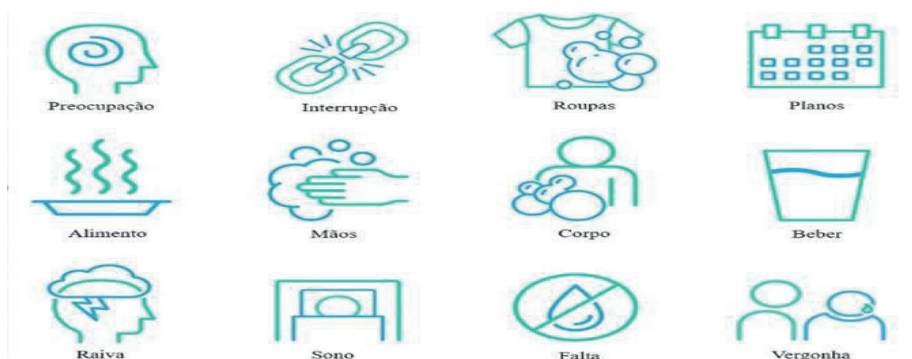
Quadro 1 – Classificação do nível de insegurança hídrica

Nível de insegurança hídrica	Valor do índice de Insegurança
Muito Baixo	$0,00 \leq 0,19$
Baixo	$0,20 \leq 0,39$
Médio	$0,40 \leq 0,63$
Alto	$0,64 \geq 1$

Fonte: Adaptado de Young, 2019

Para além dessa análise numérica e quantitativa, foi realizado também a discussão dos doze indicadores de destaque no manual de uso do questionário HWISE de forma individual. A intenção por trás disso vem da tentativa de captar os principais problemas apresentados de forma mais detalhada e diferentes experiências por comunidade. Os doze indicadores estão presentes na figura 2 e foram extraídos dentre as quarenta questões realizadas nas residências. Vale destacar que esses doze indicadores agrupam as questões relacionadas à insegurança hídrica, e assim é possível indicar o grau de insegurança conforme o indicador.

Figura 2 – Categorias de análise sobre a insegurança hídrica



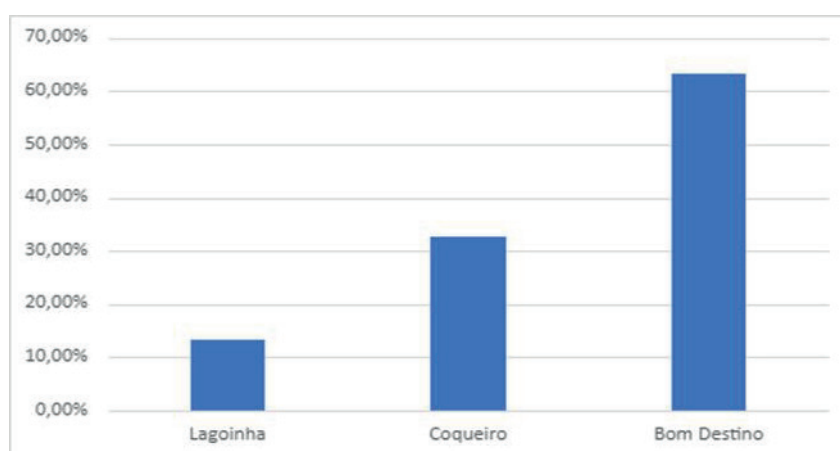
Fonte: Adaptado de Young, 2019

A análise de cada um dos pontos em destaque foi realizada com base nas respostas dadas pelos questionários. Os pontos que apresentaram maior pontuação foram considerados os mais sensíveis à insegurança por comunidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três comunidades estudadas — Coqueiro, Bom Destino e Lagoinha — possuem características bastante distintas entre si, mesmo estando geograficamente próximas. Por exemplo, a maior distância entre elas, que é entre Bom Destino a Coqueiro, é de 8,52 km. Ao todo, 147 famílias responderam ao questionário: 46 na Lagoinha, 52 no Coqueiro e 49 no Bom Destino. Dos resultados obtidos, 13,33% das casas na Lagoinha foram consideradas inseguras; em Coqueiro, esse percentual foi de 32,69%; e no Bom Destino, 63,25%. Esta última comunidade apresentou o maior percentual de agregados familiares em situação de insegurança (Figura 3).

Figura 3. Proporção de famílias em insegurança hídrica domiciliar em três comunidades da zona rural de Mossoró-RN



Fonte: Autores

Fazendo um paralelo com o trabalho de Tomaz, Santos e Jepson (2023), que utilizaram o mesmo método, observa-se que as comunidades de Bom Destino e Coqueiro apresentam níveis de insegurança hídrica muito superiores aos de boa parte da zona rural do semiárido cearense. Na análise realizada por meio da aplicação do questionário da escala HWISE, foi constatado, na comunidade de Lagoinha, um nível de insegurança de 13,33%, classificado como baixo. Assim como em outras comunidades, a principal fonte de acesso à água é proveniente de poços. A comunidade é bastante organizada, pois conta, em sua área, com um assentamento conhecido como Recanto da Esperança, cuja principal fonte de acesso

à água é um único poço, tendo em vista que os outros dois, localizados em seu território, estão inativos.

A comunidade Coqueiro apresenta um contexto diferente de Lagoinha. A única semelhança entre ambas está na dependência de poços para o abastecimento da população e na existência de um sistema de distribuição de água — embora bastante limitado — que atende apenas algumas casas na área central. Possivelmente esse seja o motivo pelo qual a comunidade apresentou um nível de insegurança hídrica relativamente mais elevado na escala HWISE, com 32,29%, em comparação à Lagoinha.

A quantidade de poços identificados em Coqueiro é significativamente maior: ao todo, foram georreferenciados seis. Destes, três são públicos e estão em atividade, enquanto os demais são de caráter particular (um poço) ou estão inativos (dois poços). No entanto, diferentemente do que ocorre em Lagoinha, o acesso à água em Coqueiro é realizado por meio de um chafariz que utiliza a água dessalinizada de um poço. O chafariz fica disponível para coleta de água apenas duas vezes por semana — às segundas e quintas-feiras —, durante o período de duas horas, entre 7h e 9h. Um desses chafarizes e um dos poços podem ser vistos nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Figura 4 – Chafariz de acesso a água na comunidade Coqueiro



Fonte: Autores.

Figura 5 – Poço conectado a chafariz na comunidade Coqueiro.



Fonte: Autores

Essa situação obviamente não é adequada, afinal, boa parte dos moradores, que não moram próximos ao chafariz, precisam se deslocar até o local em que eles se encontram, com baldes para os levar até suas casas, algumas delas se localizam até 600 metros de distância desse ponto. Isso demonstra uma das questões ligadas ao território apresentada por Peixoto (2020) sobre os fluxos de água, pois, a infraestrutura hídrica existente no local, sua regulação e intensidade, mostram que o processo de territorialização existente em Coqueiro exclui uma parcela significativa dos agregados familiares. Ou seja, a distribuição de água é feita, porém não a fazem de maneira espacialmente justa e democrática.

A situação da comunidade de Bom Destino é a mais delicada entre as que foram estudadas neste trabalho. Nessa comunidade, foi registrado o nível de insegurança hídrica mais elevado (63,25%), conforme a escala HWISE, além de apresentar uma quantidade muito reduzida de pontos de acesso à água, que, apesar da escassez de acesso, apresenta o maior número de poços entre as três comunidades analisadas — foram encontrados oito poços. A Figura 6 mostra o chafariz público da comunidade Bom Destino.

Figura 6 – Chafariz público no Bom Destino.



Fonte: Autores

De um total de oito poços existentes no local, dois são privados e seis são públicos, contudo, desses seis públicos, apenas um está ativo. O poço em questão, localizado no chafariz, distribui água para uma pequena parcela das residências somente em uma rua, o qual funciona como um sistema de abastecimento autogerido. Conforme o responsável e os próprios moradores do local, a água não consegue chegar muito longe, pois o encanamento está obstruído, devido sua alta salinidade, sendo necessário o deslocamento até seu local para retirar água. Esse poço também capta suas águas do aquífero Jandaíra, por isso o alto teor de salinidade. Devido ao elevado nível de insegurança hídrica, aqueles que possuem melhores condições financeiras optaram por soluções alternativas individuais, ao realizar a perfuração de seus próprios poços. Obviamente essa alternativa só foi encontrada em dois locais da comunidade, tendo em vista a baixa renda per capita apresentada pelos moradores do local. Apesar do número mais elevado de poços, apenas três estão ativos, mas somente um é utilizado para abastecimento público.

Essa informação, apesar de não ter sido confirmada em laboratório, pode ser considerada correta, pois os agregados familiares disseram não conseguir lavar suas roupas e pratos da maneira adequada, pois não conseguem produzir espuma ao usar sabão. Isso indica uma elevada dureza da água, como discutido por Von Sperling (1996), que é gerada normalmente pela elevada concentração de cátions bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} , caracterizando a água como de alta dureza, e imprópria para o abastecimento doméstico, conforme a Portaria do MS 888/2021.

Alguns estudos, como o realizado por Cosme *et al.* (2018), demonstram a ocorrência de água com alto índice de salinidade em alguns poços da zona rural de Mossoró. Ou seja, esses poços captam as águas salobras e salinas do aquífero Jandaíra e são, frequentemente, a única fonte para o uso doméstico da população. Vale lembrar que, o aquífero Jandaíra na área dessa comunidade se localiza acima do aquífero Açú, que seria mais adequado para a retirada da água, contudo, por se localizar em áreas mais profundas, o gasto para sua construção é maior. Todavia, mesmo Coqueiro apresentando um percentual abaixo de 50%, existe condição de insegurança hídrica na comunidade que necessita ser pontuada. Isso também pode ser aplicado às demais comunidades de forma individual. Para isso, é preciso destacar os indicadores socioeconômicos do local e os que foram usados para encontrar o nível de insegurança hídrica.

Segundo informações da própria população e pelo que foi observado no local, muitas pessoas que não possuem nenhuma fonte de água já abandonaram suas casas. Isso levanta

uma discussão trazida por Saquet (2009), que destaca o território também como espaço da desterritorialização. Apesar de representar a saída da população de seus locais de origem, esse processo também implica uma mudança — simbólica e/ou material — no modo de vida da comunidade.

Por exemplo, nessa comunidade, mais de 65% dos moradores responderam que o convívio com a falta de água os obriga constantemente a mudar seus planos e rotinas. No caso de Bom Destino, ninguém foi forçado a sair de forma direta, mas houve abandono indireto, motivado pela ausência de acesso a um recurso essencial. Como discutido por Peixoto (2020), a água é um recurso territorial e sua desterritorialização, no contexto dessa comunidade, contribui para sua desconfiguração e gera graves problemas, como injustiças ambientais e sociais. Esse cenário ajuda a compreender melhor uma das questões feitas aos moradores: apesar de grande parte da população viver há muitos anos no local — especialmente os idosos —, 46% afirmaram já ter pensado em se mudar em algum momento devido à situação da água.

Esse dado nos leva a refletir sobre as questões da justiça espacial e ambiental, conforme discutido por Ribeiro (2017), pois Bom Destino é um exemplo de espaço que não foi democraticamente planejado para atender às necessidades da população local. A situação da comunidade demonstra que o ambiente em que essas pessoas vivem é marcado por desigualdades, visto que existem áreas dentro do próprio território com poços em funcionamento — tanto públicos quanto privados. Portanto, há água subterrânea disponível, ainda que, em muitos casos, de qualidade inadequada. Mesmo assim, os agentes públicos municipais se mostram omissos na promoção de um espaço mais igualitário para todos. Para isso, é fundamental resgatar a discussão proposta por Cook e Baker (2012), que afirmam que a segurança hídrica deve caminhar lado a lado com a boa governança da água.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho conseguiu reconhecer alguns dos problemas vivenciados pela população de três comunidades rurais de Mossoró, sobretudo no que diz respeito à insegurança hídrica. Com o uso do questionário HWISE como ferramenta, foi perceptível que comunidades com Bom Destino e Coqueiro apresentam problemas que o encaixam como inseguras do ponto de vista hídrico, mensurando os índices de insegurança hídrica na zona rural de Mossoró, através do questionário HWISE, além de mapear os poços para o abastecimento doméstico existentes no local e indicar os modelos de abastecimento. As informações coletadas, servem, sobretudo, para indicar que uma parcela considerável da população da zona rural de Mossoró se encontra em situação de insegurança hídrica domiciliar.

O uso dessa metodologia, embora estruturado e criterioso, não conseguiu reconhecer a realidade vivenciada pelos moradores da comunidade. Isso ocorreu devido às condições históricas e materiais que as pessoas que vivem no semiárido nordestino conviveram ao longo dos anos, como as secas que ocorreram entre 2012 e 2017, ou até mesmo as mais antigas, como as de 1934, 1979 e 1997, quando havia menos alternativas de abastecimento e falta de pontos de acesso à água local era comum, o que os faziam se deslocar quilômetros para conseguir acessá-la.

De forma geral, existem problemas perceptíveis em todas as comunidades, mas, sobretudo, novamente nas comunidades de Coqueiro e Bom Destino, que demonstram uma má distribuição territorial de água, fato que aponta para injustiça espacial e má administração pública desses espaços.

A distribuição dos poços e, sobretudo, a situação em que alguns deles se encontram são os principais problemas que contribuem para a insegurança hídrica nas comunidades. Isso ocorre devido à ausência de sistemas de abastecimento de água que atendam a todos, com destaque para a comunidade de Bom Destino, que possui apenas um poço público ativo, cujo sistema de distribuição se limita a poucas casas de uma única rua. Em Coqueiro, muitos moradores precisam se deslocar até o ponto de retirada para terem acesso à água.

Além disso, observa-se uma péssima organização e a ausência de critérios técnicos para a perfuração de novos poços, bem como a falta de manutenção adequada dos já existentes. Há poços que nunca chegaram a fornecer água e outros que foram abandonados após apresentarem problemas técnicos. A pesquisa também contribui para uma análise crítica da metodologia aplicada com base na escala HWISE, permitindo comparações com outras realidades em nível local e global, ao mesmo tempo em que revela as limitações desse instrumento no contexto do semiárido nordestino.

Do ponto de vista geográfico, este trabalho traz contribuições relevantes para a espacialização dos problemas de acesso à água segura no município de Mossoró, com destaque para as comunidades estudadas, nas quais é possível visualizar diferenças significativas nas formas e condições de acesso à água.

REFERÊNCIAS

ANA. **Plano Nacional de Segurança Hídrica.** Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>> Acesso em 09 de nov. De 2021.

Brasil. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS N° 888**, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021, seção 1, ed.58, p. 127.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global environmental change**, v. 22, n. 1, p. 94-102, 2012.

COSME, C. R. et al. Avaliação da qualidade das águas de poços em comunidades e assentamentos rurais Mossoró-RN. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 2, p. 97.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE – EMPARN. **Gráfico pluviométrico:** Prefeitura (Mossoró). Disponível em: <https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/graficos>. Acesso em: 4 abr. 2025.

DINIZ, M. T. M; PEREIRA, V. H. C. **Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil:** sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/38839>

IBGE, Mossoró. IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama> Acesso em 05 de out. de 2023.

LIMA, E. A. et al. Mapeamento hidrogeológico das folhas sb. 24-xb/-xd-areia branca/mossoró. **Águas Subterrâneas**, 2006. v. 23. n.2, p. 263 – 272.

MEDEIROS, J. A. Organização comunitária e a segurança hídrica no núcleo de desertificação do Seridó: um estudo da comunidade rural São Paulo, São José do Seridó/RN. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 3-15, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Resolução 64/292, de 28 de julho de 2010:** o direito à água potável e ao saneamento como um direito humano. Assembleia Geral das Nações Unidas, Nova York, 2010. Disponível em: <https://undocs.org/A/RES/64/292>. Acesso em: 04 abr. 2025.

PEIXOTO, F. S.; DIAS, G. H. Hidrogeologia da porção oeste da Bacia Potiguar: aspectos

quantitativos e problemáticas para gestão da água subterrânea. In: PEIXOTO, F. S.; GUEDES, J. A.; Grigio, A. M.; Dias, G. H; Diodato, M. A. **Hidrogeografia e Gestão das Águas no Semiárido** 1 ed. Mossoró: Edições UERN, 2023, v. 1, p. 89-112.

PEIXOTO, F. S. **Por uma geografia das águas**: ensaio sobre o território e recurso hídrico no nordeste setentrional. Curitiba: Crv, 2020. 140 p.

PREFEITURA DE MOSSORÓ. **Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB**, Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos. [online] Disponível em: <<https://www.prefeiturademossoro.com.br/wpcontent/uploads/2019/12/APRESENTACAO-do-complemento-diagnóstico-PMSB.pdf>>. Acesso em 14 de mar. de 2022

RIBEIRO, S. L. Considerações iniciais sobre a segurança hídrica do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, v. 4, n. 1, 2018.

RIBEIRO, W. C. Justiça espacial e justiça socioambiental: uma primeira aproximação. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 147-165, 2017.

RIBEIRO, V. S.; PEIXOTO, F. da S. Acesso à Água para Abastecimento Doméstico na Zona Rural de Mossoró-RN. **Revista Territorium Terram**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 304–315, 2024. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5404. Acesso em: 26 mar. 2025.

RIBEIRO, S. L. Considerações iniciais sobre a segurança hídrica do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, v. 4, n. 1, 2018

SARAIVA, A. L. B. C. A natureza cíclica do clima: uma leitura do ritmo climático no semiárido potiguar – Mossoró/RN. Assú/RN. In PERERA NETO, M. C.; SARAIVA, A. L. B. C. **Geografia do Semiárido**: Perspectiva geoambientais para planejamento e reconhecimento do território. Edições UERN: Mossoró. 2020.

SAQUET, M. A. Por uma abordagem territorial. **Territórios e territorialidades: teorias, processos e conflitos**. São Paulo: Expressão Popular, p. 73-94, 2009.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. **Resolução CONDEL/SUDENE nº 176, de 3 de janeiro de 2024**. Aprova Relatório Conclusivo elaborado pela Equipe Técnica do Comitê Provisório do Conselho Deliberativo da

SUDENE (CONDEL/SUDENE). Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/hierarquia/resolucoes-conselho-deliberativo/resolucao-condel-sudene-no-176-de-3-de-janeiro-de-2024> . Acesso em: 4 abril de 2025.

TOMAZ, P. A.; SANTOS, J. O.; JEPSON, W. Insegurança Hídrica Domiciliar e Vulnerabilidade Social em Contexto Municipal do Semiárido Cearense. **Sociedade & Natureza**, v. 35, p. e69988, 2023.

VON SPERLING, E. Afinal, quanta água temos no planeta. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 4, p. 189-199, 2006.

YOUNG, S. L. et al. The Household Water in Security Experiences (HWISE) Scale: development and validation of a household water insecurity measure for low-income and middle-income countries. **BMJ global health**, v. 4, n. 5, p. e001750, 2019.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Prof. Dr. Filipe da Silva Peixoto

Geógrafo e doutor em hidrogeologia e gestão de recursos hídricos, Professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e docente permanente dos programas de Pós-graduação em Geografia PPGeo e em Ciências Naturais – PPGCN. Tem atuado na discussão sobre Hidrogeografia no semiárido brasileiro, realizando estudos qualitativos e quantitativos das águas superficiais e subterrâneas em integração com a insegurança hídrica.

Profa. Dra. Danielle Peretti

Bióloga e doutora em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Professora do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e docente colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais (PPGCN). Realiza estudos em ecologia de ecossistemas aquáticos continentais do semiárido e ecologia trófica de peixes.

Prof. Dr. Robson Fernandes Filgueira

Engenheiro Agrônomo, doutor em Geografia, professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERJ) e coordenador do Laboratório de Estudos da Paisagem e Educação Ambiental (LABEPE). Trabalha com geodiversidade e biodiversidade de paisagens semiáridas.

Profa. Dra. Patrícia Batista Barra

Mestre e Doutora em Bioquímica e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Docente da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Docente do Departamento de Ciências Biomédicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e integrante do corpo docente do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional. Atuação acadêmica na pesquisa e extensão nos seguintes focos: parasitos e parasitoses; doenças negligenciadas tropicais, zoonoses, controle de vetores de importância em saúde pública e educação em saúde.

Profa. Me. Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva

Geógrafa, Mestre e Doutoranda em Geografia, professora do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica; Clima Urbano; Conforto térmico e saúde em locais Semiárido; e Mudanças Climáticas Globais; Áreas Protegidas, Unidades de Conservação e Serviços Ecológicos; Educação Ambiental e Inclusão.

Profa. Dra. Maria Losângela Martins de Sousa

Geógrafa, doutora em geografia, professora do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido (PLANDITES – UERN). tem experiência na área da Geografia Física, com ênfase na Dinâmica Ambiental e territorial, a partir dos seguintes temas: relação sociedade natureza, degradação ambiental, desertificação, bacia hidrográfica, recursos naturais, análise ambiental e ensino de Geografia.

SOBRE OS DEMAIS AUTORES

Anderson Mikael de Souza Silva

Licenciado e Mestre em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Desenvolve pesquisas na área de Hidrogeografia, com ênfase em águas subterrâneas e gestão de recursos hídricos no semiárido. Sua trajetória acadêmica está voltada para o estudo das dinâmicas socioambientais associadas ao acesso, uso e qualidade das águas subterrâneas, integrando perspectivas físicas e geográficas no contexto semiárido.

Francisco Mateus da Silva

Licenciado em Geografia, com formação voltada para o entendimento das dinâmicas ambientais e territoriais. Atuou como bolsista no PIBIC, desenvolvendo pesquisas sobre contaminação aquífera em áreas de relevo cárstico na Chapada do Apodi. Sua trajetória acadêmica reflete o compromisso com a investigação científica e a valorização do conhecimento geográfico aplicado.

José Emanuel Tavares Araújo

Mestre em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido (PLANDITES) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Graduado em Geografia (Licenciatura) pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Atua com as temáticas que envolvem os recursos hídricos, bacias hidrográficas, relação homem/natureza no Semiárido.

José Francisco do Nascimento Filho

Técnico em Meio Ambiente, Biólogo e pesquisador a nível de mestrado em Ciências Naturais, com interesse nos estudos relacionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no semiárido. Desenvolve pesquisa com foco na qualidade e disponibilidade de água em Unidades de Conservação e sua relação com o uso e ocupação do solo

José Michael de Oliveira Sousa

Graduando do curso de Licenciatura em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Realizou pesquisas no âmbito do Programa de Iniciação Científica

- PIBIC, atualmente é analista em geoprocessamento na empresa Progel – Gestão de recursos naturais.

Lucas Matheus Garcia Tôrres

Geógrafo, mestre e atualmente doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em Geoprocessamento, Ordenamento territorial e Hidrogeografia, atuando principalmente nos seguintes temas: águas subterrâneas, gestão de recursos hídricos no semiárido, águas urbanas, uso e ocupação do solo, geoprocessamento aplicado aos recursos hídricos e ordenamento territorial.

Luiz Tavernard de Souza Neto

Licenciado em Geografia, Mestre em Ciências Naturais e especialista em Geoprocessamento. Tem formação superior também em Gestão Ambiental. Atualmente exerce a função de Professor no Departamento de Gestão Ambiental (DGA/UERN) e no MedioTec Senac/RN. Desenvolve estudos nas seguintes áreas: geografia física e suas subáreas, geoprocessamento, uso e ocupação do solo, geoecologia da paisagem, vulnerabilidade e fragilidade ambiental, planejamento ambiental, ordenamento territorial e gestão ambiental em instituições públicas.

Victor Sales Ribeiro

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte -UERN, Licenciado em Geografia pela (UERN) campus central; Técnico em Informática, pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Mossoró.

Volume IV

COLEÇÃO

PENSANDO O
**SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

SOB MÚLTIPLAS
PERSPECTIVAS

