

**ANÁLISE PRELIMINAR DA VULNERABILIDADE NATURAL DA LAGOA DE  
APODI, SEMIÁRIDO POTIGUAR, BRASIL**

***ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD NATURAL DE LA LAGUNA DE  
APODI, SEMIÁRIDO DE POTIGUAR, BRASIL***

***PRELIMINARY ANALYSIS OF THE NATURAL VULNERABILITY OF THE APODI  
POND, SEMIARID POTIGUAR, BRAZIL***



Lucas Matheus Garcia TÔRRES<sup>1</sup>  
e-mail: lucas-matheus-@hotmail.com



Andreza Tacyana Felix CARVALHO<sup>2</sup>  
e-mail: andrezaafelix@uern.br



Paulo Victor Menezes VIEIRA<sup>3</sup>  
e-mail: paulomenezes744@gmail.com

**Como referenciar este artigo:**

TÔRRES, Lucas Matheus Garcia; CARVALHO, Andreza Tacyana Felix; VIEIRA, Paulo Victor Menezes. Análise preliminar da vulnerabilidade natural da lagoa de Apodi, semiárido potiguar, Brasil. **Revista Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 7, n. 1, e023006. e-ISSN: 1984-1647. DOI: <https://doi.org/10.35416/2023.9544>



| **Submetido em:** 02/09/2022  
| **Revisões requeridas em:** 01/08/2023  
| **Aprovado em:** 22/08/2023  
| **Publicado em:** 25/08/2023

---

**Editoras:** Eda Maria Góes  
Karina Malachias Domingos dos Santos  
Roberta Oliveira da Fonseca

---

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró – RN – Brasil. Mestrando em Ciências Naturais (PPGCN).

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Pau dos Ferros – RN – Brasil. Professora Adjunta do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGeo). Doutorado em Engenharia Civil (UFPE).

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró – RN – Brasil. Mestrando em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (PPGATS).

**RESUMO:** O reservatório de água superficial, Lagoa do Apodi, favoreceu significativamente o desenvolvimento do município de Apodi, localizado no semiárido do Rio Grande do Norte. Entretanto, com a área urbana do município localizada nas proximidades de seu vertedor, vem sendo alvo de diversas fontes potenciais de degradação ambiental, incluindo, a ocupação da área de preservação permanente. Assim, compreendendo que a vulnerabilidade natural dos reservatórios hídricos é de fundamental importância para um eficiente planejamento do uso e ocupação da terra nas suas áreas de entorno e da gestão de suas águas, este trabalho tem o objetivo de analisar de forma preliminar, a vulnerabilidade natural do reservatório de água superficial Lagoa do Apodi. Fundamentado por pesquisa de gabinete e pesquisa de campo realizada em 17 pontos margeantes ao reservatório, os resultados obtidos mostram que, a área sem vegetação que predomina a zona urbana, é a área mais vulnerável, mesmo possuindo características físicas similares às áreas menos vulneráveis, localizadas nas zonas rurais ao norte, noroeste, sul e sudoeste do reservatório.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água. Semiárido. Reservatório de água superficial. Fontes potenciais de poluição. Vulnerabilidade natural.

***RESUMEN:** El reservorio de agua superficial, Laguna de el Apodi, favoreció significativamente el desarrollo del municipio de Apodi, ubicado en la región semiárida de Rio Grande do Norte. Sin embargo, con la zona urbana del municipio ubicada cerca de su aliviadero, ha sido blanco de varias fuentes potenciales de degradación ambiental, incluida la ocupación del área de preservación permanente. Así, entendiendo que la vulnerabilidad natural de los embalses de agua es de fundamental importancia para una eficiente planificación del uso y ocupación del suelo en sus alrededores y para la gestión de sus aguas, este trabajo tiene como objetivo analizar, de forma preliminar, la vulnerabilidad natural de el embalse de agua superficial de la Laguna de el Apodi. Con base en investigaciones de gabinete e investigaciones de campo realizadas en 17 puntos aledaños al embalse, los resultados obtenidos muestran que la zona sin vegetación que predomina en la zona urbana es la zona más vulnerable, aun teniendo características físicas similares a las zonas menos vulnerables, ubicadas en zonas rurales al norte, noroeste, sur y suroeste del embalse.*

***PALABRAS CLAVE:** Agua. Semi árido. Superficie del agua. Fuentes potenciales de contaminación. Vulnerabilidad Natural.*

***ABSTRACT:** The surface water reservoir, Lagoon of Apodi, significantly favored the development of the municipality of Apodi, located in the semiarid region of Rio Grande do Norte. However, as the urban area of the municipality is located near its spillway, it has been the target of several potential sources of environmental degradation, including the occupation of the permanent preservation area. Thus, understanding that the natural vulnerability of water reservoirs is of fundamental importance for the efficient planning of land use and cover in their surrounding areas and the management of their waters, this work aims to preliminarily analyze the natural vulnerability of the Lagoon of Apodi surface water reservoir. Based on office research and field research carried out in 17 points bordering the reservoir, the results obtained show that the area without vegetation that predominates in the urban area is the most vulnerable, having physical characteristics similar to the less vulnerable areas, located in rural areas north, northwest, south and southwest of the reservoir.*

***KEYWORDS:** Water. Semi-Arid. Surface Water. Potential Pollution Sources. Natural Vulnerability.*

---

## Introdução

A água é um recurso natural, essencial para a sustentação da vida. Os recursos hídricos agem como integradores dos processos biogeoquímicos, econômicos, sociais, paisagísticos, culturais, entre outros. Assim, a água firma-se como um elemento imprescindível à existência humana, constituindo-se um bem essencial a todos os seres vivos (CARVALHO; RECCO; PIMENTEL, 2007).

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída através da Lei nº 9.443/1997, visa estabelecer um pacto nacional que defina as diretrizes, bem como as políticas públicas, voltadas para a melhoria da oferta de água no país, buscando assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997). Desse modo, a PNRH compreende a água como sendo um recurso natural limitado, bem de domínio público e dotado de valor econômico, na qual sua preservação, conservação e uso racional são primordiais para o desenvolvimento e bem-estar, ambiental e social do país (BRASIL, 1997).

De acordo com Silva, Sousa e Batista (2018), o Brasil possui uma grande disponibilidade de recursos hídricos, mas o semiárido sofre com sua escassez. No contexto hídrico nacional, a região do semiárido brasileiro apresenta uma má distribuição pluviométrica, no tempo e no espaço, tendo média anual igual ou inferior a 800mm, além de escassez periódica de água (CONDEL, 2017). Diante de suas particularidades, sua maior demanda de água é para irrigação, sendo da ordem de 6 a 20 mil m<sup>3</sup> por hectare a cada safra (ARAÚJO, 2012).

Contudo, nesta região, há uma significativa concentração populacional, com mais de 27 milhões de habitantes distribuídos por 1.262 municípios. Destes, 62% residem em áreas urbanas e 38% em áreas rurais. Além disso, essa região detém o título de ser a área com o mais alto índice de aridez e ao mesmo tempo a mais povoada do planeta (CONDEL, 2017). Conforme a densidade populacional aumenta, há também um aumento correspondente nas cargas de poluentes geradas pelas atividades humanas. “Esses poluentes entram nas águas superficiais, via escoamento superficial, sem serem submetidos a nenhum tipo de tratamento” (ARAÚJO *et al.*, 2005, p. 64).

A qualidade das águas superficiais está diretamente relacionada aos tipos de uso e ocupação da terra e da bacia hidrográfica. Estes geram resíduos e efluentes que escoam superficialmente, possibilitando chegar aos corpos hídricos, comprometendo a sua qualidade. Segundo a Resolução do CONAMA, nº 357 de 17 de março de 2005, Capítulo IV, os efluentes, independente da fonte de poluição, somente poderão ser depositados nos corpos d’água, após

tratamento adequado, de acordo com as condições e/ou padrões exigidos por esta Resolução (BRASIL, 2005).

O aumento populacional vivido pelo Brasil nas últimas décadas, juntamente com o processo de crescimento dos centros urbanos e industriais, tem exercido impactos consideráveis nos recursos naturais, com destaque para os solos e águas, acentuando processos de erosão, assoreamento e poluição de mananciais e reservatórios hídricos, afetando, assim, a qualidade das águas ofertadas à população (ROIG, 2005; ECHEVERRIA, 2007). Nesse contexto, Franz (2011) diz que o crescimento urbano gradual compromete a qualidade dos recursos hídricos, decorrentes do lançamento de carga poluente que é transferida para os corpos d'água (POLETO, 2007). Uma vez que, o habitat aquático é alterado pela presença de poluentes descartados nele, ocorre a alteração em suas propriedades físico-químicas naturais, modificando a qualidade da água, e esta, quando consumida sem o devido tratamento, diretamente ingerida, ou até quando consumida indiretamente (ingestão de animais que vivem nessas águas), pode vir a ocasionar o desenvolvimento de doenças, causando danos tanto aos ecossistemas aquáticos, quanto a qualidade de vida da sociedade (POLETO, 2007).

Assim, as ações antrópicas tornam os corpos d'água vulneráveis ao processo de poluição, alterando a natureza dos recursos hídricos de maneira prejudicial aos usos que deles são feitos. Compreende-se como vulnerabilidade a probabilidade que uma estrutura, comunidade ou área geográfica têm de ser arruinada pelo impacto de um determinado perigo (TOBIN; MONTZ, 1997). Pode-se dizer que esta vulnerabilidade foca na avaliação das condições e processos dos sistemas que sobressede a sensibilidade do meio e causam respostas adaptativas (EAKIN; LUERS, 2006).

Desse modo, segundo Barbosa (1997) o índice de vulnerabilidade natural é condicionado a determinado espaço, e é compreendido como a resistência que este oferece ao processo natural de erosão. Isso é definido através da análise em conjunto das unidades de paisagem natural tais como, o conjunto de rocha, solo, relevo, vegetação e clima. Estas unidades são observadas a partir dos elementos considerados em cada componente físico da paisagem, como por exemplo, o comportamento do tipo de rocha e solo quanto à erosão, muito resistente, resistência moderada ou pouco resistente, o tipo de relevo e vegetação, com relação a sua influência na erosão e conseqüentemente modificação da paisagem (BARBOSA, 1997).

No entanto, conforme a perspectiva de Figueiredo *et al.* (2007), a vulnerabilidade ou fragilidade ambiental está relacionada com a susceptibilidade de uma área em sofrer danos quando submetida a uma determinada ação. Sobre isto, Sierra e Mesquita (2006) compreendem

que esta vulnerabilidade envolve as relações socioespaciais, associando-as às ideias de fragilidade e dependência.

Assim, pode-se considerar para esta pesquisa que a vulnerabilidade de um território, está relacionada com a condição em que se encontra o espaço, mas também, à sua capacidade de resposta às perturbações, resultado de determinado efeito adverso (SANTOS; CALDEYRO, 2007). As demandas e impactos sobre os recursos hídricos no semiárido são tomados como objeto para uma análise preliminar da vulnerabilidade hídrica. Nesse contexto, o reservatório de água superficial escolhido é a Lagoa do Apodi, situada no município de Apodi, no Estado do Rio Grande do Norte.

A escolha por este reservatório deve-se ao fato do mesmo possuir um papel relevante para a dinâmica social e econômica local, a partir do direcionamento de seus recursos hídricos para os múltiplos usos: irrigação, criação de animais, pesca artesanal e atividades de lazer (NASCIMENTO, 2018). No entanto, aliado a isto, com seu vertedor localizado nas proximidades da área urbana do município, a mesma vem sendo alvo de diversas fontes potenciais de poluição tais como: efluentes urbanos e industriais, retirada de vegetação e ocupação de área de preservação permanente, atividades da agropecuária, e principalmente, direcionamento de efluentes. Conforme destacam Pinto, Souza e Santos (2012), a ação antrópica é o principal meio de contaminação deste reservatório, que é o segundo maior reservatório de água superficial do município de Apodi. Estas ações, associadas ao escoamento superficial que transporta diversos resíduos e efluentes, estão interferindo na qualidade físico-química e microbiológica do reservatório.

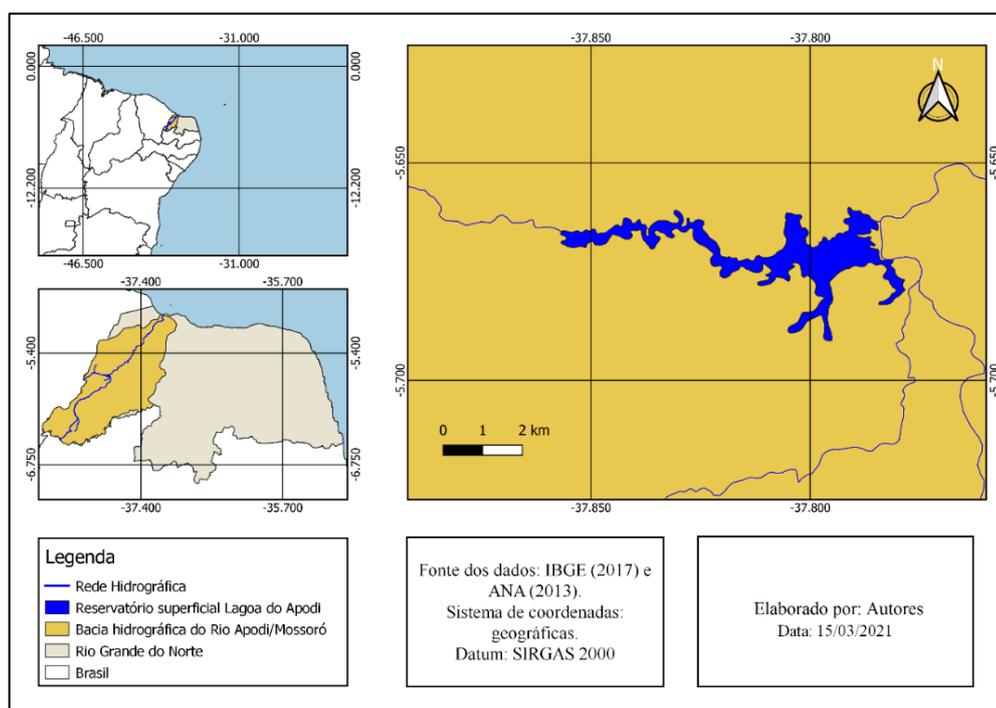
Desse modo, a partir da identificação das principais fontes potenciais de poluição das águas superficiais do reservatório, da sistematização das características físicas de sua área entorno e, posteriormente, da aplicação da metodologia adaptada por Grigio (2008) e Crepani *et al.* (2001), readequada pelos autores, espera-se contribuir para apresentar as áreas de maior vulnerabilidade e despertar na população local e instituições competentes a consciência e responsabilização ambiental para direcionamento de ações específicas a estas áreas.

## Metodologia

### Caracterização da área de estudo

A Lagoa do Apodi, localizada no município do Apodi, no semiárido do Estado brasileiro do Rio Grande do Norte, é um reservatório de águas superficiais configuradas pelo barramento de cursos d'água. Possui área de 30 km<sup>2</sup>, com capacidade de armazenamento de aproximadamente 50 milhões de m<sup>3</sup> de água, e está localizado exclusivamente sob o domínio do município que leva o mesmo nome, no semiárido potiguar (Figura 1).

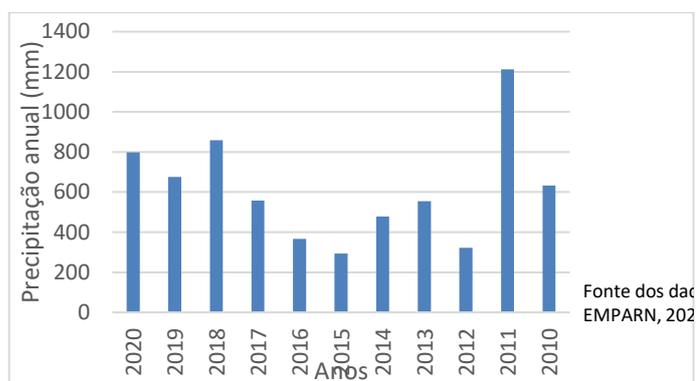
**Figura 1** – Localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

O referido reservatório está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, que ocupa uma área de 14.276km<sup>2</sup>, correspondente a 26,8% do território Potiguar, sendo a única bacia genuína do Estado. Seu fluxo hídrico advém da contribuição direta das precipitações de chuva e, do escoamento “[...] do rio Apodi/Mossoró, quando atinge a cota topográfica de 45m, córrego da Empresa, afluente do Riacho da Barra e pelos riachos do Sítio Ponta e riacho das Minas” (SÁ, 2000, p. 4). De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN (2020), a localidade que está inserido o reservatório possui comportamento variável das chuvas no espaço e no tempo, apresentando médias pluviométricas no decênio 2010-2020, de 613,2mm, como mostra o Gráfico 1.

**Gráfico 1** – Gráfico das médias das precipitações anuais no município de Apodi – RN, entre os anos de 2010 e 2020



Fonte: Elaborado pelos autores (2021), a partir dos dados da EMPARN

Sobre sua origem, indica-se que a Lagoa de Apodi foi descoberta pelos irmãos Nogueira, em 1680, quando pisaram pela primeira vez em solo da então vila Podi. As margens da lagoa, que antes era denominada de Lagoa Itaú, já eram habitadas pelos indígenas da etnia Tapuias e com a chegada dos irmãos desbravadores, essas margens se tornaram o epicentro da criação do que antes era a Vila da Ribeira do Apodi, na atual Apodi (PREFEITURA MUNICIPAL DE APODI, 2017).

Destaca-se que o reservatório, desde sua habitação pelos povos originários até os colonizadores, foi um importante meio para se conseguir alimento através da pesca, bem como fonte para irrigação de plantios locais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), o município apresentou no censo demográfico de 2022, a população de 36.094 habitantes, o que representa o aumento de 3,83% em relação ao último censo demográfico.

Com relação ao saneamento básico, Apodi não possui rede de coleta e estação de tratamento de esgoto – ETE, e apenas 73,78% de seus habitantes, estão ligados ao sistema de abastecimento público de água (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019), sendo os demais habitantes usuários de outros tipos de fontes de abastecimento, como poços e cacimbas privadas, captação de água do leito do rio e carros-pipas. Neste contexto, em virtude de o município não possuir nenhuma ETE, alguns efluentes são lançados a céu aberto e outros são direcionados ao reservatório Lagoa do Apodi sem o devido tratamento e fiscalização.

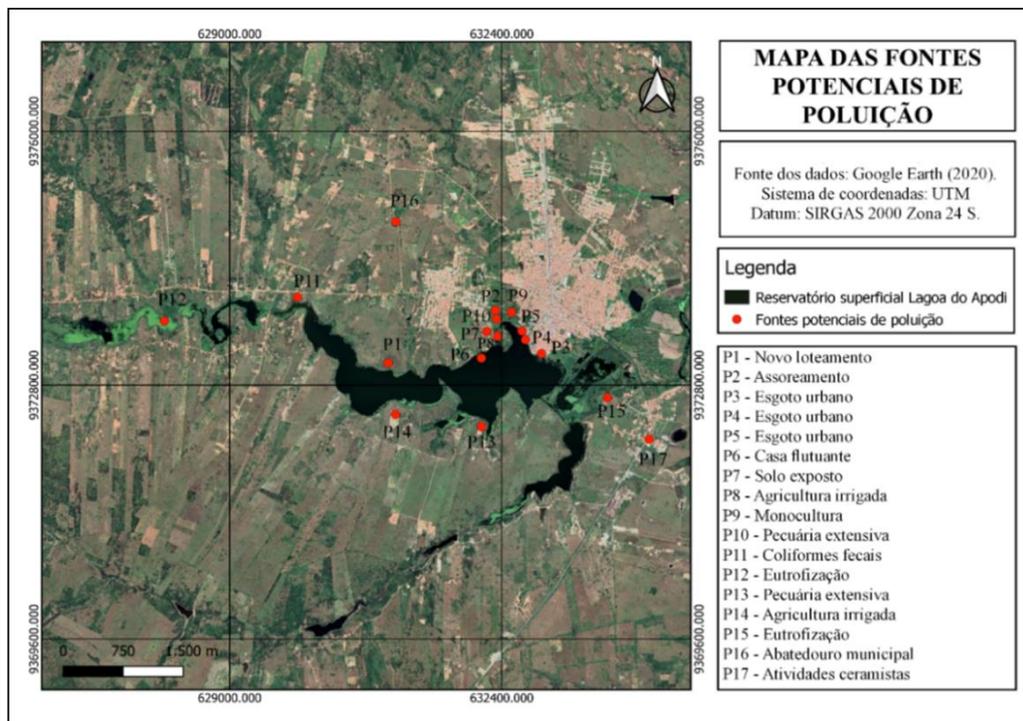
### **Etapas procedimentais da pesquisa**

Para consecução dos objetivos, a pesquisa desenvolveu-se a partir de duas etapas procedimentais. A primeira etapa foi dedicada à pesquisa de gabinete, com um intuito

desenvolver aporte teórico acerca do tema e objeto de estudo, sendo assim, fundamentada a partir de Araújo (2005), Figueiredo (2007), Grigio (2008), Sierra (2008), Silva (2018). Além disso, nesta etapa, direcionou-se esforços para coleta de dados secundários e tratamento e análise de informações primárias e secundárias.

A segunda etapa dedicou-se à pesquisa de campo para identificar fontes potenciais de poluição na área de estudo. Nesta etapa, realizada entre os dias 23 e 30 de janeiro de 2021, foram registrados 17 pontos de fontes potenciais identificados pela numeração sequencial de 1 a 17, conforme destacado na Figura 2.

**Figura 2** – Localização das fontes potenciais de poluição



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Por fim, de posse dessas informações, voltou-se à pesquisa de gabinete, onde os dados foram sistematizados em um banco de dados e inseridos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para espacialização das fontes potenciais de poluição, as quais podem trazer riscos de contaminação da área estudada. Para isto, foram utilizados os *shapefiles* das malhas geográficas municipais, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dos anos de 2010, 2013 e 2017, além do banco de dados gerados pelos autores. Em seguida, com o auxílio do software QGIS versão 3.4, foi elaborada a indexação espacial dos

dados às bases cartográficas, possibilitando a classificação dos contaminados na região, facilitando assim, a análise espacial dos mesmos.

Para os dados de crescimento da mancha urbana em torno do reservatório e redução de sua mancha hídrica, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto. Isso possibilitou, com a disponibilização de dados temporais de imagens adquiridas em nível orbital, avaliar e identificar a evolução da mancha urbana e diminuição da mancha hídrica em uma média resolução espacial (NAKAMURA; NOVO, 2005).

Foram distribuídos em cada classe presente nos mapas de geologia, geomorfologia e solos da área de estudo, valores numéricos, de acordo com Barbosa (1997), que constituiu um modelo composto por 21 classes de vulnerabilidade à erosão. Neste modelo, foram distribuídos valores em uma escala de 1,0 a 3,0 para estabelecer o grau de vulnerabilidade de cada classe. Em situações de predomínio dos processos de pedogênese, foram atribuídos valores próximos de 1,0. Nas situações intermediárias, com equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese, foram utilizados valores de 2,0. Já em situações onde prevalece a morfogênese, processo erosivo modificador da forma do relevo, foram atribuídos valores próximos de 3,0.

No caso do mapa de vegetação, elaborado a partir de dados obtidos por imagem de satélite Landsat 8, do ano de 2018, cruzando as bandas 3, 4 e 5, nas quais são utilizadas para monitorar áreas verdes. O critério estabelecido foi de: grau 3,0 para ambientes com baixa diversidade de espécies, em área de caatinga antropizada; 2,0 para ambientes com média diversidade de espécies, correspondendo a formações em estágio intermediário; e 1,0 para ambientes com alta diversidade de espécies. Segue abaixo, a Tabela 2 com os níveis de vulnerabilidade, adaptados pelos autores, e estabelecidos para cada classe dos mapas temáticos utilizados neste trabalho.

**Tabela 2** – Grau de Vulnerabilidade das classes dos mapas temáticos

Mapa Temático	Classe	Grau de Vulnerabilidade
<b>Geologia</b>	Embasamento Cristalino	1
	Formação Jandaíra	2
	Formação Açú	2
	Deposito Aluvionares	3
<b>Geomorfologia</b>	Depressão Sertaneja	1
	Chapada do Apodi	1
	Taboleiros Costeiros	2
	Superfície plana e suavemente ondulada	3
<b>Solos Naturais</b>	Luvissolo	1
	Chernossolo	2
	Argissolo	2
	Neossolo	3

<b>Formação Vegetal</b>	Caatinga Densa	1
	Caatinga Rala	2
	Área Urbana	3

Fonte: Adaptado pelos autores de Grigio (2008) e Crepani *et al.* (2001)

Em seguida fez-se o mapa de vulnerabilidade natural da área de estudo, utilizando todos mapas mencionados anteriormente, os mapas da geomorfologia, com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013) e o Mapa Geológico do Rio Grande do Norte, geologia, a partir dos dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2015), solos, obtendo os dados a partir do levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do estado do Rio Grande do Norte da MA/EMBRAPA/SUDENE (1971) e vegetação, utilizando a base de dados do Landast (2018), da área em questão, utilizando o software QGis versão 3.4.

A partir disso, foi feita a associação destes produtos, realizando um cruzamento de todos dados, a partir da média aritmética destes, com a finalidade de representar a vulnerabilidade do reservatório em estudo, baseada no conceito de estabilidade de cada unidade da paisagem, considerando o conceito de análise ecodinâmica de Tricart (1977), no qual a estabilidade é classificada conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** – Valores de estabilidade de unidade da paisagem

<b>Unidade</b>	<b>Relação pedogênese/morfogênese</b>	<b>Valor</b>
<b>Estável</b>	Prevalece a pedogênese	1,0
<b>Intermediária</b>	Equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese	2,0
<b>Instável</b>	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Motta *et al.* (1995)

Posteriormente, foram definidos os seguintes valores para a vulnerabilidade de cada local da área de estudo: 1,0 para ambientes pouco vulnerável; 2,0 para uma vulnerabilidade média; e 3,0 para localidades bastante vulneráveis, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3** – Valores de vulnerabilidade da área de estudo

<b>Vulnerabilidade Natural</b>	<b>Valores</b>
<b>Estável</b>	1
<b>Moderado</b>	2
<b>Instável</b>	3

Fonte: Adaptado de Grigio (2008)

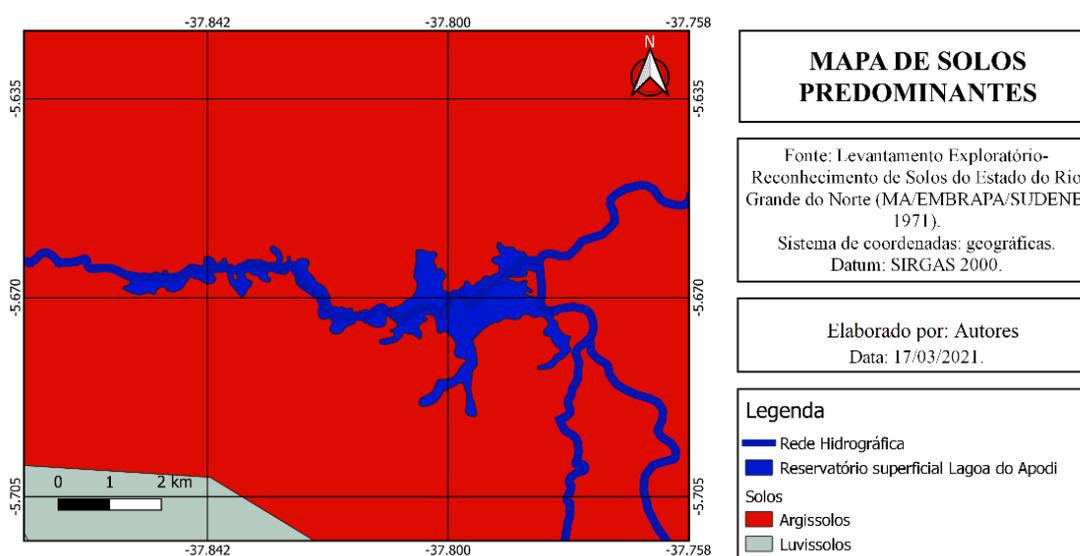
Por fim, para obter o índice de vulnerabilidade natural do reservatório, de acordo com a metodologia adotada neste trabalho, têm-se a necessidade de conhecer as características físicas da área de estudo.

## Resultados e discussão

O clima apresentado na localidade do Reservatório de água superficial Lagoa do Apodi é o Tropical Semiárido, com pluviometria anual média de 717,9 mm, apresentando altas temperaturas, com média de 28,1°C, mínima de 21,0 °C e máxima de 36,0 °C (IDEMA, 2008). A formação dos solos resulta das diversas formas de interação entre alguns fatores, tais como os meios físicos e biótico, material rochoso, matéria orgânica, fatores climáticos e relevo (ARAÚJO, 2019). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizou e disponibilizou a classificação pedológica do território nacional, visando uma normatização e classificação dos solos brasileiros (SANTOS *et al.*, 2018). A partir disso, encontra-se, na área estudada, predominantemente, o tipo de solo Argissolos. (Figura 3).

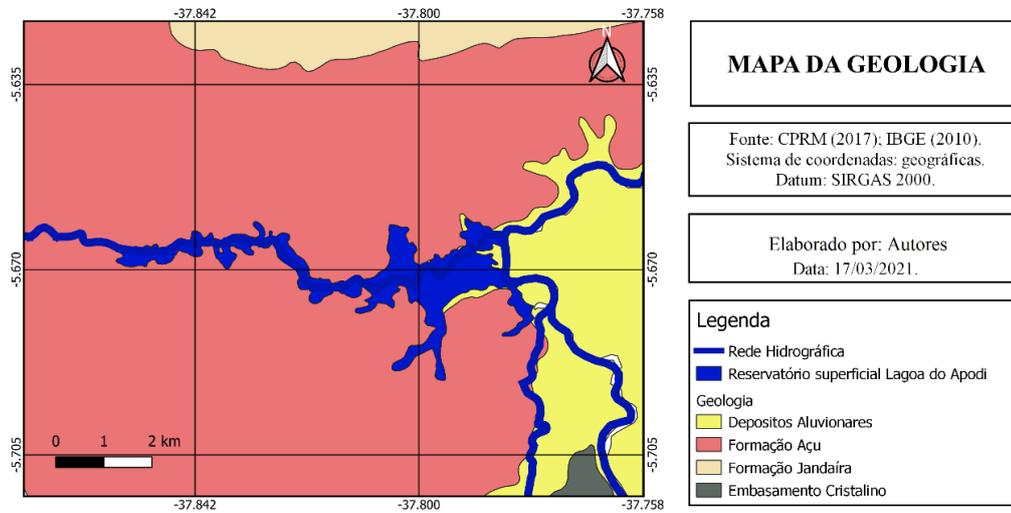
O Instituto Agrônômico de São Paulo (IAC, 2015) define os Argissolos como sendo solos ricos em minerais com uma nítida diferença entre suas camadas e horizontes, reconhecidos em campo, geralmente, pelo seu teor mais elevado de argila em profundidade e possuem cores fortes (amarelada, brunada ou avermelhada). Segundo o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte - IDEMA (2008), as formas de relevo em todo o município no qual o reservatório está inserido não ultrapassam os 100 metros de altitude e, geologicamente, em sua totalidade, está sob área da bacia sedimentar potiguar, que em suas porções norte, oeste e sul, predominam a Formação Açu, (Figura 4).

**Figura 3** – Mapa dos solos predominantes da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

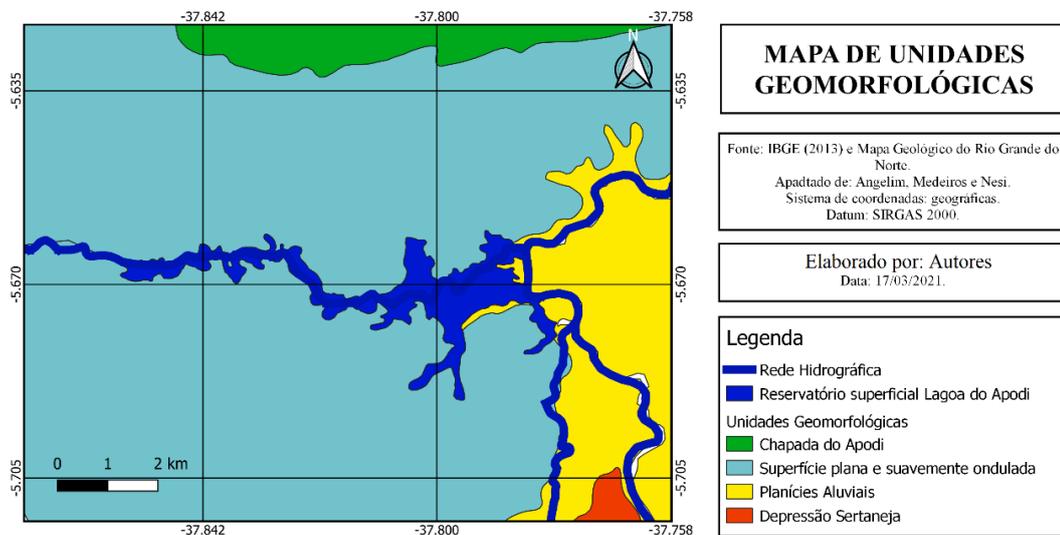
Figura 4 – Mapa da Geologia da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Com relação às Unidades Geomorfológicas na área de estudo, mostra-se, a partir da Figura 5, a diversidade existente na área de entorno ao reservatório. Nas porções leste e sudeste do entorno do reservatório, mais precisamente no vale do leito do Rio Apodi/Mossoró, que é um exemplo de recarga hídrica das águas superficiais em estudo, forma-se uma planície fluvial - área plana resultante da acumulação fluvial - sujeita a inundações periódicas. Já nas direções norte, oeste e sul da Lagoa do Apodi, apresenta-se em sua superfície uma forma de relevo mais aplainada, suavemente ondulada (IDEMA, 2008), como mostra a Figura 6.

Figura 5 – Mapa das unidades Geomorfológicas da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

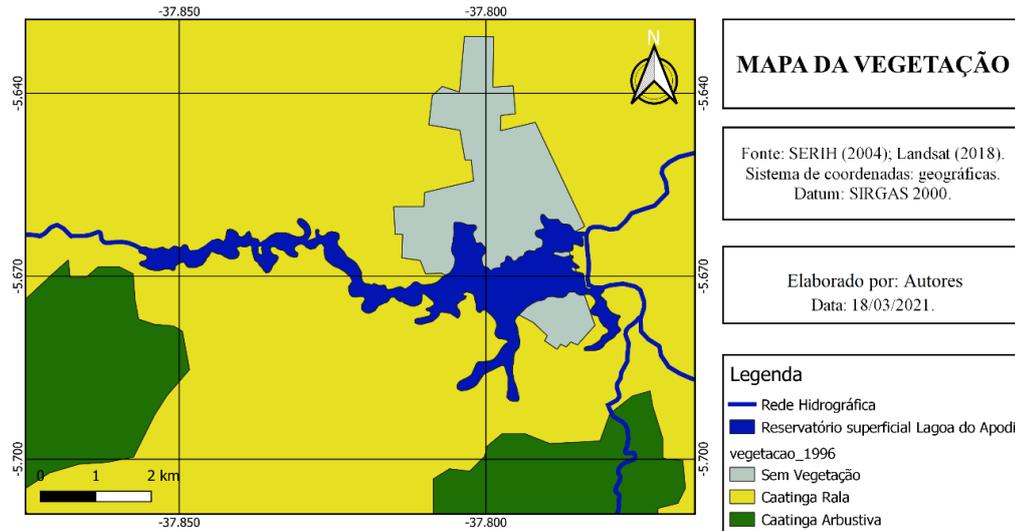
**Figura 6** – Relevo suavemente ondulado do reservatório



Fonte: Acervo dos autores (2021).

O bioma Caatinga está presente no interior do Nordeste brasileiro. “Neste dominam tipos de vegetação constituída de arvoretas e arbustos decíduos durante a seca e frequentemente armados de espinhos” (RIZZINI, 1997, p. 515). Segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (2020) o bioma Caatinga se estende por cerca de 800.000km<sup>2</sup>, o qual corresponde a cerca de 10% do território nacional, sendo o único bioma que tem seus limites totalmente inseridos no Brasil. A vegetação predominante na Caatinga é dos tipos arbóreas, arbustivas e rasteiras, dentre elas podemos citar algumas das mais conhecidas como cajueiro, xique-xique e macambira (DNIT, 2013). O espaço que correspondente ao entorno do Reservatório de águas superficiais Lagoa do Apodi apresenta as seguintes áreas de vegetação (Figura 7).

Figura 7 – Mapa das vegetações predominantes da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

A Caatinga Arbustiva Densa (Figura 8) recobre a maior parte do semiárido nordestino, é quem possui o maior número de árvores e um adensamento do estrato arbustivo, sendo interrompido somente em áreas onde há afloramento de rochas em decomposição. Nela podemos encontrar plantas como a aroeira (*Astronium urundeuva*), o angico (*Anadenanthera macrocarpa*), a jurema (*Mimosa hostilis*), entre outras (Cruz, 2005). Por outro lado, a Caatinga Rala (Figura 9) é formada por arbustos que não recobrem grandes áreas, ou seja, não formam grandes aglomerados. Possui dois estratos, o mais alto formado por Umburanas (*Torresea cearensis*) e o mais baixo por Pereiros (*Aspidosperma pirifolium*). Nela não ocorre cobertura herbácea. É mais evidente entre Paraíba e o Seridó do Rio Grande do Norte (Cruz, 2005).

No cruzamento de média aritmética dos dados referentes aos aspectos naturais para resultar o mapa de vulnerabilidade, o índice com maior grau correspondeu aos depósitos aluvionar na geologia (grau 3), planícies aluviais na geomorfologia (grau 3), caatinga rala ou ausência de vegetação (grau 3) e na classe do solo argissolo (grau 2).

**Figura 8** – Caatinga Arbustiva Densa, no entorno do reservatório superficial Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021).

**Figura 9** – Caatinga rala, no entorno do reservatório superficial Lagoa do Apodi



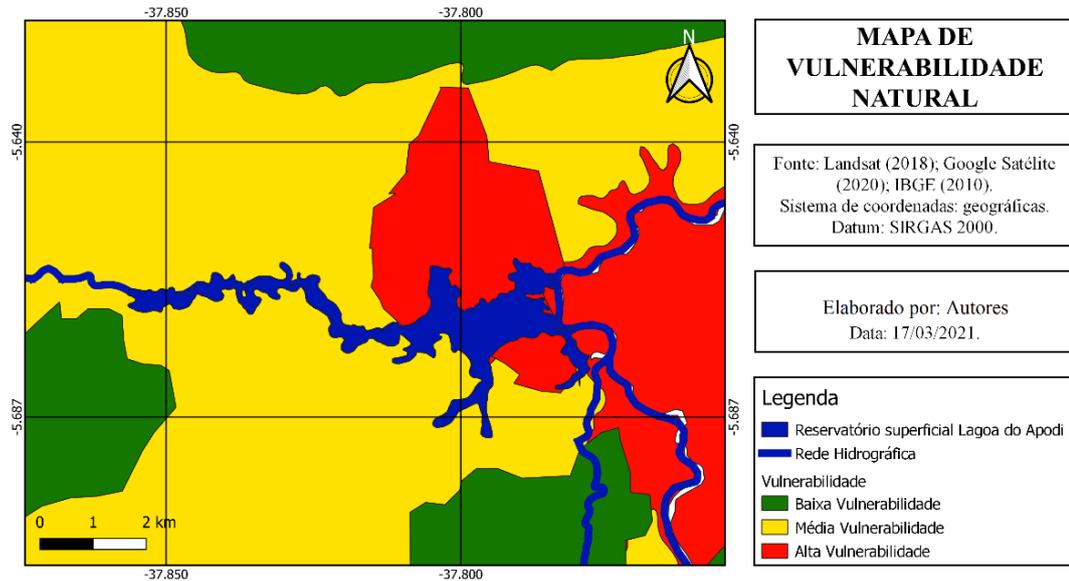
Fonte: Acervo dos autores (2021)

Com relação ao grau de vulnerabilidade moderado, as áreas tiveram as seguintes características naturais: formação Açú na geologia (grau 2); superfície plana e suavemente ondulada no relevo (grau 2); caatinga rala na vegetação (grau 2); e argissolo na pedologia (grau 2). As áreas que obtiveram grau estável no índice de vulnerabilidade demonstraram os seguintes condicionantes intrínsecos: formação Jandaíra (grau 2) e Embasamento cristalino (grau 1); depressão sertaneja e chapada do Apodi (grau 1); caatinga densa (grau 1); e luvisolo (grau 1). A partir do mapa abaixo, são identificadas áreas de baixa, média e alta vulnerabilidade considerando os condicionantes naturais no entorno do reservatório Lagoa do Apodi (Figura 10).

A classe representada pela baixa vulnerabilidade corresponde as áreas contendo o argissolo como tipo de solo predominante, formação açú no que corresponde a Geologia, com presença de vegetação caatinga densa. As direções Noroeste, Oeste e Sul, foram classificadas como espaços de média vulnerabilidade. Estas apresentam também em sua Geologia a Formação açú e o Argissolo como predominante, porém, são regiões que apresentam a vegetação de Caatinga rala, tornando-a um pouco mais vulnerável.

A alta vulnerabilidade teve como fator principal a ausência de vegetação, propiciando que ações como vento ou chuvas causem perda do solo e seus nutrientes, facilitando a ação da erosão. Esta categoria de vulnerabilidade está enquadrada geologicamente nos depósitos aluvionares, altamente vulneráveis, e sua geomorfologia é representada como planícies aluviais.

Figura 10 – Mapa de Vulnerabilidade Natural no entorno do Reservatório Lagoa do Apodi



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

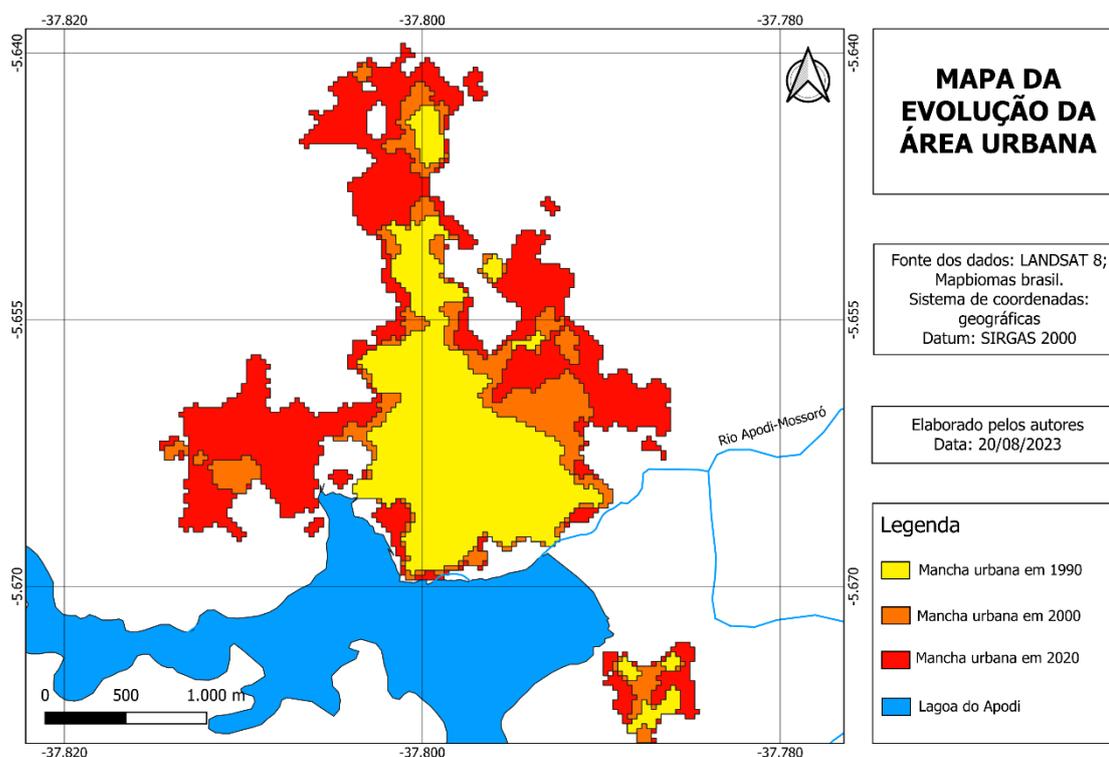
A identificação dos múltiplos usos do território que compreende a área estudada nos permite entender as fontes potenciais de contaminação atuando nas mesmas. Essas fontes podem provocar a degradação do reservatório.

A evolução da área urbana, nas proximidades do Reservatório de água superficial Lagoa do Apodi, acaba por se destacar como uma importante fonte de impactos adversos. Os problemas ocasionados pela expansão da área urbana e, conseqüentemente, o aumento dos efluentes domésticos as margens da Lagoa do Apodi, originam fontes potenciais de poluição desta. A Figura 11 nos mostra como a evolução urbana da cidade de Apodi ocorreu no entorno do reservatório, possivelmente causando impactos negativos, uma vez que o município não possui saneamento básico. Além disso, a crescente mancha urbana aumenta a quantidade de fossas sépticas rudimentares no entorno da lagoa.

Verifica-se que os locais no entorno do reservatório superficial em estudo, principalmente a Norte, Nordeste e Leste deste, apresentaram as maiores expansões da malha urbana. Conforme caracteriza o art. 4º do Novo Código Florestal (Lei Nº 12.651/12), são áreas de preservação permanente as florestas e demais vegetações naturais que se encontrem, entre outros locais, ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais em zona urbana ou rural, com largura mínima de 100 (cem) metros em Zonas Rurais e 30 (trinta) metros em Zonas Urbanas. Sabendo disto, pode-se afirmar que a maior parte do que deveria ser área

de preservação permanente do reservatório Lagoa do Apodi está em constante degradação por parte da população local, sem que haja fiscalização por parte do Poder Público.

**Figura 11** – Mapa da evolução da mancha urbana entre 1990 e 2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

O período chuvoso no município de Apodi, se concentra historicamente entre os meses de fevereiro a maio (CARVALHO, 2020). Sendo seu regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade, no tempo e no espaço. Com média anual de 613,2 mm de chuvas, o município no qual o reservatório em estudo está inserido, ficou abaixo desse índice médio de precipitação entre os anos de 2012 a 2017.

Além da expansão urbana irregular e sem planejamento nas margens da lagoa, do ponto de vista ambiental, identificou-se na área de estudo diferentes usos de sua água e solo em seu entorno, tais como atividades agrícolas, pecuaristas, recreativas e de balneabilidade, tornando-se ao reservatório, fontes potenciais de poluição. Dentre as fontes poluidoras derivadas desse crescimento urbano, foram identificadas em sua área de entorno a retirada de vegetação nativa para construção de casas, contribuindo ao processo de assoreamento da Lagoa, conforme a imagem mostrando uma área assoreada (Figura 12), e a falta de tratamento dos esgotos produzidos e lançados na mesma pela população local (Figura 13).

Destaca-se, nesse quesito, que a rede de esgoto do município é precária e muitas residências lançam suas águas servidas diretamente no solo a céu aberto, ou na rede de esgotos direcionada ao reservatório em estudo (Figura 13). Além disso, no período chuvoso, a ausência de cobertura vegetal causada pelo desmatamento associada a falta de práticas conservacionistas, oportuniza a formação de fluxo de efluentes superficial.

**Figura 12** – Assoreamento da Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021)

**Figura 13** – Esgoto urbano lançado sem tratamento no corpo hídrico



Fonte: Acervo dos autores (2021)

Ainda como fonte poluidora, identificam-se resíduos sólidos gerados pela construção civil (Figura 14), os quais atuam como fonte potencial de poluição da lagoa, visto que, em épocas de chuva, são arrastados e lançados sobre a mesma. Outra fonte poluidora da área de estudo é a balneabilidade. A Figura 15 mostra o Balneário da Lagoa do Apodi, que tem a presença de banhistas e pessoas utilizando *jet-ski*, comprometendo a qualidade das águas. Além do mais, tem-se no local um bar que gera resíduos e efluentes, que são constantemente lançados nas águas da Lagoa por não haver uma rota de coleta pública na localidade.

**Figura 14** – Resíduos sólidos (material e entulho da construção civil)



Fonte: Acervo dos autores (2021)

**Figura 15** – Casa flutuante dentro da Lagoa



Fonte: Acervo dos autores (2021)

De acordo com Grigio (2008, p. 136) “as atividades relacionadas com agricultura [...] são as que conduzem, principalmente, a dinâmica da paisagem”. Essas, ao serem realizadas sem conhecimento das características físicas do local, podem propiciar sérios problemas como erosão, salinização e lixiviação (PRUDÊNCIO; CÂNDIDO, 2009). Pode-se verificar nas Figuras 16 e 17 uma área de agricultura irrigada e outra de monocultura, respectivamente, ambas realizadas no entorno da lagoa.

**Figura 16** – Agricultura irrigada na área de estudo



Fonte: Acervo dos autores (2021)

**Figura 17** – Monocultura na área de estudo



Fonte: Acervo dos autores (2021)

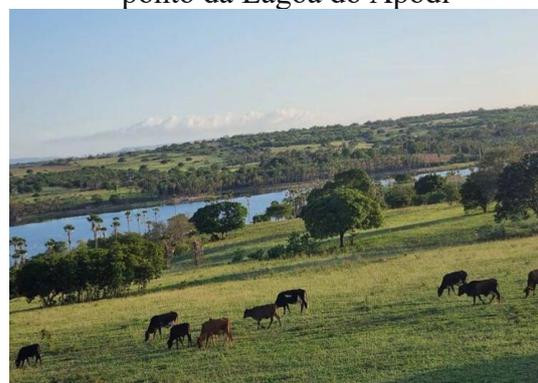
Ainda relacionado ao uso e ocupação das margens deste reservatório, constatou-se em várias áreas a atividade pecuarista (Figuras 18 e 19). Esta, realizada de modo extensivo, degrada o solo em uma área maior, que fica exposto e empobrecido, facilitando a erosão e, possivelmente, o assoreamento das águas superficiais, que afeta diretamente a sua disponibilidade.

**Figura 18** – Pecuária extensiva dentro da Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021)

**Figura 19** – Pecuária extensiva em outro ponto da Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021)

O aumento dos níveis de nutrientes da água, sobretudo de nitrogênio e fósforo, ocasiona o processo de eutrofização das águas (FIGUEIREDO *et al.*, 2007). Este fator causa o desequilíbrio do ecossistema aquático e, por consequência, uma degradação na qualidade do corpo hídrico. Na Figura 20 observa-se dejetos de animal, proveniente da pecuária realizada ao redor da Lagoa que, juntamente com os efluentes domésticos mencionados anteriormente, pode propiciar o aumento do nível de fósforo e nitrogênio na água e, possivelmente, ocasionar o processo de eutrofização do reservatório (Figura 21).

**Figura 20** – Coliformes fecais dentro da Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021)

**Figura 21** – Eutrofização na Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021)

Outro grande problema identificado no local de estudo, que deveria ser preservado, conforme a lei, foi o abatedouro municipal (Figura 22), que é definido como sendo aquele estabelecimento que realiza “[...] o abate dos animais, produzindo carcaças e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem a desossa das carcaças e produzem os chamados cortes de açougue, porém não industrializam a carne” (PACHECO; YAMANAKA, 2006, p. 27). Estes “apresentam-se como uma atividade econômica geradora de efluentes e de resíduos de grande potencial poluidor” (ARAÚJO; COSTA, 2014, p. 2), podendo causar danos ambientais quando não atendem as normas apresentadas na legislação ambiental.

Os resíduos produzidos pelo matadouro municipal pode ser transportado até a Lagoa a partir do escoamento ou carreamento superficial, além da infiltração do solo, visto que a hidrogeologia local trata-se da formação Açú, com condicionantes naturais de alta porosidade (Peixoto; Dias, 2022), possibilitando por sua alta permeabilidade que contaminantes cheguem ao encontro das águas subterrâneas e superficiais.

**Figura 22** – Abatedouro público no entorno do reservatório Lagoa do Apodi



Fonte: Acervo dos autores (2021)

Além disso, as areias encontradas nas encostas da lagoa e do Rio Apodi/Mossoró deram origem a outra atividade econômica relacionada à indústria cerâmicas, que possibilita que resíduos e rejeitos depositados a poucos metros da lagoa contaminem as águas. A indústria ceramista extrai tanto a vegetação nativa quanto os solos argissolos para fabricação de seus produtos. Essa derrubada da vegetação nativa acelera os processos erosivos e propicia o assoreamento no Rio Apodi/Mossoró, que serve como fonte de abastecimento hídrico para o reservatório Lagoa do Apodi. De maneira geral, destaca-se que esse reservatório superficial encontra-se exposto a diversas fontes potenciais de poluição. Isso acaba gerando riscos de contaminação na Lagoa do Apodi, aumentando assim, seu risco de poluição.

## Conclusões

Na área de estudo, foram identificados diversos tipos de uso da água e do solo, tais como atividades agrícolas, pecuaristas e de lazer, que quando realizadas sem planejamento e controle, acabam tornando-se fontes poluidoras do reservatório. Neste contexto, a crescente expansão urbana sem planejamento no entorno do reservatório é uma das principais fontes potenciais de poluição, causando sérios riscos de poluição do mesmo, desde o lançamento de esgotos domésticos sem tratamentos, até o descarte inadequado de resíduos sólidos.

Pode-se observar, a partir do Mapa da Vulnerabilidade Natural (Figura 11), que a área onde predomina a Zona Urbana do município, localizada na parte nordeste do reservatório, está sem vegetação, e pode ser classificada com a área mais vulnerável do reservatório. Nesta, está o maior número de fontes potenciais de poluição do reservatório como os esgotos que são despejados dentro da lagoa, as monoculturas realizadas em torno do reservatório e as atividades de lazer que também são realizadas dentro e no entorno do reservatório. As zonas do Mapa da

Vulnerabilidade Natural que apresentam menor vulnerabilidade são as que estão mais distantes do centro urbano, onde predomina uma maior concentração de vegetação natural e pouca ação antrópica.

Diante dos resultados apresentados, destaca-se que é preciso haver ações de conscientização para população em geral sobre a importância do reservatório e os riscos que o mesmo vem sofrendo ao longo dos anos, seja através de aulas acerca do assunto, ou difundindo as informações nos meios públicos (internet, rádio ou TV). Por fim, indica-se que os resultados desta pesquisa podem ser um facilitador para o Poder Público, responsável pela manutenção e preservação do espaço, no sentido de tornar mais fácil a observação dos principais focos de poluição e as principais áreas de vulnerabilidade, para assim tornar mais ágil as medidas de conservação ambiental.

## REFERÊNCIAS

AGRÔNOMICO, Instituto. **Solos do Estado de São Paulo**. Ano internacional dos Solos. Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Argissolos.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

APODI, Prefeitura Municipal de. **História do município de Apodi**. Disponível em <https://apodi.rn.gov.br/informa.php?id=18>. Acesso em: 17 ago. 2023.

ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

ARAÚJO, J. P. R. de. **Vulnerabilidade Natural, Ambiental e Uso e Ocupação no Município de Assú-RN**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.

ARAÚJO, J. C. de. Recursos hídricos em regiões semiáridas. In: GHEYI, H. R. *et al.* (ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido; Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p. ISBN 978-85-64265-03-5.

ARAÚJO, P. P. P.; COSTA, L. P. Impactos ambientais nas atividades de abate de bovinos: Um estudo no matadouro público municipal de Caicó-RN. **Revista Holos**, v. 1, p. 1-20, 2014.

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 1997. 111 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, São José dos Campos, SP, 1997.

BIODIVERSIDADE, Instituto Chico Mendes de Conservação da. **Bioma Caatinga**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em

<https://www.icmbio.gov.br/portal/protecao1/49-menu-o-que-fazemos/4260-caatinga>. Acesso em: 18 de março de 2021.

BRASIL. **LEI Nº 11.445 DE 05 DE JANEIRO DE 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 5 jan. 2007. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm) Acesso em: 23 mar. 2021.

BRASIL. **LEI Nº 9.433 DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 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. Brasília, 8 jan. 1997. Disponível em <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/alocacao-de-agua/oficina-escassez-hidrica/legislacao-sobre-escassez-hidrica/uniao/lei-no-9433-1997-pnrh/view> Acesso em: 15 jan. 2021

BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Institui o código florestal nacional. Brasília, 25 maio 2012. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 18 mar. 2021.

CARVALHO, H. F.; RECCO-PIMENTEL, S. M. **Moléculas importantes para a compreensão da célula e do seu funcionamento**. In: CARVALHO, H. F.; RECCO-PIMENTEL, S. M. A célula. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007. cap. 2, p. 7-28.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_a\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf) Acesso em: 24 jan. 2021.

BRASIL. **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. Brasília, Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2017. Disponível em: [https://www.lex.com.br/legis\\_27508570\\_RESOLUCAO\\_N\\_107\\_DE\\_27\\_DE\\_JULHO\\_DE\\_2017.aspx](https://www.lex.com.br/legis_27508570_RESOLUCAO_N_107_DE_27_DE_JULHO_DE_2017.aspx). Acesso em: 24 jan. 2021.

CRUZ, F. N. da. **Ciências da natureza e realidade: interdisciplinar**. Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2005. 348 p. ISBN 85-7273-285-3.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. **Annual Review of Environmental Resources**, v. 31, p. 364-394, 2006.

FRANZ, B. Fatores intervenientes nas vulnerabilidades dos recursos hídricos às mudanças do clima do estado do Rio de Janeiro. In: NUNES, R.T. S.; FREITAS, M. A. V.; ROSA, L. P.

**Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano.** Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 1-60.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. *et al.* Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Eng. sanit. Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 399-409, out./dez. 2007.

GRIGIO, A. M. **Evolução da Paisagem do Baixo Curso do Rio Piranhas Assu (1988-2024):** Uso de Autômatos Celulares em modelo Dinâmico Espacial para Simulação de Cenários Futuros. 2008. 247 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2022.** Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IDEMA. Perfil do seu Município. **Apodi**, 2008. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=CATALG&TARG=61&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=Socioecon%C3%B4mico>. Acesso em: 18 mar. 2021.

NASCIMENTO, Paloma Joyce. **Percepção ambiental dos agricultores da Lagoa do Apodi.** 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, RN, 2018.

NAKAMURA, J. C. S. E NOVO, E. M. L. M. Mapeamento da mancha urbana utilizando imagens de média resolução: sensores CCD/CBERS2 e TM/Landsat5 - estudo de caso da cidade de Rio Branco-Acre. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 12., 2005. **Anais [...]**. Goiânia: INPE, 2005.

PACHECO, J. W; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abate.** São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/documentos/abate.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/abate.pdf). Acesso em: 19 mar. 2021.

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. et al. (org.). Hidrogeografia e gestão das águas no semiárido.* Mossoró, RN: Edições UERN, 2023

PINTO FILHO, J. L.O.; SANTOS, E. G.; SOUZA, M. J. J. B. Proposta de índice de qualidade de água para a Lagoa do Apodi, RN, Brasil. **Holos**, v. 2, p. 69-76, 2012.

POLETO, C. **Fontes Potenciais e Qualidade dos Sedimentos Fluviais em Suspensão em Ambiente Urbano.** 159 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

PRUDÊNCIO, M. A.; CÂNDIDO, D. K. Degradação da vegetação nativa do município de Assu/RN: indicadores e ações mitigadoras. **Sociedade e Território**, Natal, v. 21, n. 1 – 2 (Edição Especial), p. 144-156, jan./dez. 2009.

ROIG, H. L. **Modelagem e integração de processos erosivos e do transporte de sedimentos**: o caso da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação dos solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SÁ, J. U. de. Base municipal de informações das águas subterrâneas município de Apodi, RN. Recife: Ministério de Minas e Energia. **Série Hidrogeologia**, v. 21, p. 61, 2000.

SAÚDE, Organização Mundial da. **Guidelines on Sanitation and Health**. Disponível em [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/). Acesso em: 18 mar. 2021.

SIERRA, V. M.; MESQUITA, W. A. Vulnerabilidades e fatores de risco na vida de crianças e adolescentes. **São Paulo em perspectiva**, v. 20, n 1, p. 148-155, 2008.

SILVA, M. M. N. da; SOUSA, C. F. de; BATISTA, R. R. A crise hídrica: uma discussão multiesferas. In: SILVA, J. B.; ALVES, L. da S. F.; SILVA, M. M. N. da. **Sustentabilidade, Políticas Públicas e Interdisciplinaridade no Semiárido**. Natal: Cchla, 2018. p. 219-231

TOBIN, G. A.; MONTZ, B. E. **Natural Hazards, Explanation and Integration**. New York, London: The Guildford Press, 1997.

TRANSPORTES, Departamento Nacional de Infraestrutura de. **Espécies mais comuns da vegetação da caatinga**. Brasília, DF: Governo Federal. Disponível em [http://www1.dnit.gov.br/anexo/Projetos/Projetos\\_edital0746\\_14-14\\_13.pdf](http://www1.dnit.gov.br/anexo/Projetos/Projetos_edital0746_14-14_13.pdf). Acesso em: 18 mar. 2021.

**Processamento e editoração: Editora Ibero-Americana de Educação.**  
Formatação e normalização.

