

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JAIMESON JARDEL FRANÇA DA SILVA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NO DIAGNÓSTICO DA MATA CILIAR DO
RESERVATÓRIO ENGENHEIRO FRANCISCO SABÓIA, IBIMIRIM-PE**

RECIFE-PE

2023

JAIMESON JARDEL FRANÇA DA SILVA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NO DIAGNÓSTICO DA MATA CILIAR DO
RESERVATÓRIO ENGENHEIRO FRANCISCO SABÓIA, IBIMIRIM-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof. Dra. Simone Mirtes Araújo Duarte

Coorientadora: Ma. Géssica dos Santos Vasconcelos

RECIFE-PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586u

Silva, Jaimeson Jardel França

USO DE GEOTECNOLOGIAS NO DIAGNÓSTICO DA MATA CILIAR DO RESERVATÓRIO ENGENHEIRO FRANCISCO SABÓIA, IBIMIRIM-PE / Jaimeson Jardel França Silva. - 2023.
49 f. : il.

Orientadora: Simone Mirtes Araujo Duarte.

Coorientadora: Gessica dos Santos Vasconcelos.

Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Recife, 2023.

1. Legislação florestal. 2. Monitoramento ambiental. 3. Caatinga. 4. Reservatório d'água artificial. 5. Reservatório d'água artificial. I. Duarte, Simone Mirtes Araujo, orient. II. Vasconcelos, Gessica dos Santos, coorient. III. Título

CDD

JAIMESON JARDEL FRANÇA DA SILVA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NO DIAGNÓSTICO DA MATA CILIAR DO
RESERVATÓRIO ENGENHEIRO FRANCISCO SABÓIA, IBIMIRIM-PE**

Aprovado em 13 de abril de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Nogueira

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Thiago Cardoso Silva

Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Simone Mirtes Araújo Duarte

Universidade Federal Rural de Pernambuco

(Orientadora)

RECIFE-PE

2023

Cem vezes todos os dias lembro a mim mesmo que minha vida interior e exterior, depende dos trabalhos de outros homens, vivos ou mortos, e que devo esforçar-me a fim de devolver na mesma medida que recebi.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a minha mãe, Graciete de França, por me motivar e acreditar tanto no meu potencial, e ao meu pai, Jaime Nascimento, por depositar em mim total confiança, além de me deixar livre para optar pelo que realmente me faz feliz. Felizmente tive a dádiva de ser filho de pais dedicados, que são sustentáculos incontestes da minha constituição moral e civil. Sim, vocês são dignos de todo meu respeito e admiração.

Agradeço à minha irmã Rita Sheylla, por ser a escuta dos meus desabaços, por lutar e cuidar tão bem de mim e pela parceria incontestável durante todos esses anos.

Agradeço a todos meus amigos que me apoiaram, incentivaram e acreditaram em mim, e entenderam as ausências necessárias em ocasiões importantes.

Às minhas amigas de graduação, Clara Maria, Héllen Vitoria, Kássia Maria e Thallyta Brito, que mesmo diante das frustrações, inseguranças e dificuldades, tornaram a caminhada mais fácil. Tenho orgulho da nossa união e sobretudo do que nos tornamos.

Agradeço ao meu namorado Robério Gomes, pela troca constante e por estar tão presente não só nessa jornada acadêmica como também na minha vida pessoal.

Agradeço à minha turma de Engenharia Florestal 2017.1, pela cumplicidade, pelos momentos de descontração e pelas trocas de experiências. Vão deixar saudades e muitos dos nossos momentos já estão eternizados. Nós superamos e vencemos.

Agradeço aos Professores, que honrosamente se dedicaram para passar tantos ensinamentos, tornando-se inspirações para a vida profissional

Agradeço a orientação da Professora Dra. Simone Mirtes Duarte e a coorientação de Géssica dos Santos Vasconcelos, que tanto contribuíram na construção da monografia de forma muito atenciosa. Vocês me engradeceram enquanto profissional e como ser humano.

E a todos que de alguma forma contribuíram nessa caminhada até aqui.

RESUMO

Com o desenvolvimento das cidades, as ocupações desordenadas cresceram exponencialmente, impactando muitas formações vegetais, em especial as matas ciliares, mesmo que ainda protegidas por lei por estarem em Áreas de Preservação Permanente (APP), apresentando grande importância ao manter a qualidade e a estabilidade de corpos d'água, como nos reservatórios de água artificiais, que conferem à sociedade regulação e oferta hídrica, sobretudo em regiões com escassez de água, como a Caatinga. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo diagnosticar a situação das matas ciliares na faixa correspondente a APP no entorno do Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, localizado no município de Ibimirim, no estado de Pernambuco, buscando entender e descrever os graus de degradações e conservação, verificando sua adequação em relação às leis ambientais vigentes, em ambiente SIG. Através de uma investigação documental foi constatado a ausência de licenciamento, logo conseqüentemente a também não definição da faixa correspondente a APP, assim para o estudo considerou-se a metragem de 100m conforme a Resolução do CONAMA 302/2002. Foram utilizadas imagens do satélite CBERS 4A, com alta resolução. Os dados foram manipulados no software QGIS para a criação dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo, pela classificação supervisionada de cinco classes: água, vegetação consolidada, vegetação arbustiva, agricultura e solo exposto. O mapa de NDVI para a quantificação dos percentuais de mata ciliar preservada e degradada e o mapa de declividade para entendimento da configuração altimétrica da região. Como resultados, observou-se no mapa do uso e ocupação do solo a presença de atividade agrícola com cerca de 22%, além de aproximadamente 9% de solo exposto, 9% vegetação consolidada, 25% vegetação rasteira e água 35%, evidenciando a não adequação à legislação. Atrelado a isso pelo cálculo do NDVI ficou nítido a fragilidade da vegetação durante toda extensão da APP, tendo poucos fragmentos de cobertura vegetal e muita área com vegetação morta ou em estresse hídrico. Conclui-se que este diagnóstico tem resultados capazes de nortear uma gestão eficaz com planejamento pautado na ordenação do território e com ações de restauração das APP do reservatório, proporcionando reflexões sobre a situação ambiental da área com tanta importância ambiental, econômica e social para um bioma tão degradado.

Palavras-chaves: Legislação florestal, Monitoramento ambiental, Caatinga, Reservatório d'água artificial.

ABSTRACT

With the development of cities, disorderly occupations have grown exponentially, impacting many vegetation formations, especially riparian forests, even though they are still protected by law for being in Permanent Preservation Areas (PPAs) and presenting great importance in maintaining the quality and stability of water bodies, such as in artificial water reservoirs, which provide society with regulation and water supply, especially in regions with water scarcity, such as the Caatinga. Therefore, the present study aims to diagnose the situation of riparian forests in the PPA strip around the Engineer Francisco Sabóia Reservoir, located in the municipality of Ibimirim, in the state of Pernambuco, seeking to understand and describe the degrees of degradation and conservation, verifying their adequacy in relation to current environmental laws, in a GIS environment. Through documentary research, the absence of licensing was verified, and consequently, the corresponding PPA strip was not defined. Therefore, for the study, a measurement of 100m was considered according to CONAMA Resolution 302/2002. High-resolution images from the CEBERS 4A satellite were used. The data were manipulated in QGIS software to create thematic maps of land use and occupation, through supervised classification of five classes: water, consolidated vegetation, shrub vegetation, agriculture, exposed soil, the NDVI map to quantify the percentage of preserved and degraded riparian forest, and the slope map to understand the altimetric configuration of the region. As results, the land use and occupation map showed the presence of agricultural activity with approximately 22%, as well as approximately 9% of exposed soil, 9% of consolidated vegetation, 25% of shrub vegetation and water 35%, evidencing non-compliance with the legislation. In addition, the NDVI calculation clearly indicated the fragility of vegetation throughout the extension of the PPA, with few fragments of vegetation cover and a lot of area with dead or water-stressed vegetation. It is concluded that this diagnosis has results capable of guiding effective management with planning based on territorial planning and restoration actions of the reservoir's PPAs, providing reflections on the environmental situation of an area with such environmental, economic, and social importance for a severely degraded biome.

Keywords: Forest legislation, Environmental monitoring, Caatinga, Artificial water reservoir.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa com a localização do Reservatório Eng. Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.....	24
Figura 2. Dados meteorológicos da cidade de Ibimirim-PE de 2022.....	25
Figura 3. Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.....	31
Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo no Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.....	33
Figura 5. Paisagem do Reservatório Francisco Sabóia com vegetação rasteira e solo exposto.....	35
Figura 6. Paisagem do Reservatório Francisco Sboia com vegetação arbórea.....	36
Figura 7. Mapa do relevo com a classificação da declividade na região do Reservatório Engenheiro Francisco Saboia, Ibimirim-PE.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação da declividade	29
Tabela 2. Quantificação das classes de uso e ocupação do solo no Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.....	34
Tabela 3. Tabela. 2 - Estados Hidrológicos do Sistema Hídrico do Reservatório Engenheiro Francisco Saboia.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra Secas
EH	Estado Hidrológico
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
PACUERA	Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial
PIMOX	Perímetro Irrigado do Moxotó
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PRH	Plano de Recursos Hídricos
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRC	Sistemas de Referências de Coordenadas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UC	Unidade de Conservação
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza
UTM	Universal Transverse Mercator
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Aspectos legais relativos às APP em reservatórios artificiais	16
3.2 Planejamento ambiental para o uso e ocupação do solo nas matas ciliares	19
3.3 Os reservatórios artificiais e seu papel no bioma Caatinga	21
3.4 Geotecnologias: ferramenta para gestão ambiental	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Área de estudo	25
4.2 Pesquisa sobre a regularização ambiental do reservatório	26
4.3 Aquisição das imagens de satélite	27
4.4 Classificação do uso e ocupação do solo	28
4.5 Quantificação do NDVI	29
4.6 Mapa de declividade	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	43
7. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

As transformações sociais e o processo de desenvolvimento das cidades, que se intensificaram nos últimos anos, culminaram em mudanças significativas na relação do homem com o meio ambiente. Segundo Rezende e Araújo (2016), o surgimento de muitas cidades se deu pela proximidade a corpos hídricos, uma vez que era fundamental para o abastecimento, consumo, irrigação e fonte de alimento. Com o crescimento dessas cidades, a ocupação irregular na margem desses corpos d'água foi crescente, ocupando Áreas de Preservação Permanente (APPs) e, conseqüentemente, provocando um impacto direto nas margens desses corpos hídricos por uma visão antropocêntrica e pela falta do princípio do respeito à natureza.

No que confere a legislação nacional, o Código Florestal, Lei 12.651/2012, considera originalmente, no art. 4, as APPs, como áreas no entorno de cursos d'água, lagos, lagoas naturais, nascentes, olhos d'água perenes e dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, entre outros (BRASIL, 2012). Os reservatórios artificiais são importantes para o incremento da oferta hídrica de uma bacia hidrográfica, sendo uma das principais alternativas para situações de escassez (AYRIMORAES, CRUZ, FONTENELLE, 2019). Nesse contexto, desempenham papel fundamental na regulação hídrica, sendo importante a tutela jurídica e preservação ambiental desses corpos hídricos e ecossistemas que lhes são correlatos (NOGUEIRA, 2017).

Nesses locais, no entorno dos corpos d'água, a forma de vegetação denominada nesse perímetro são as matas ciliares, logo também ocupam as APPs. Para Primo e Vaz (2006), as matas ciliares são formações vegetais que percorrem as margens dos cursos de água com função de proteger os recursos hídricos mantendo a qualidade desses em equilíbrio constante com a fauna e flora existentes na região, além de manter o ciclo hidrológico nas bacias, evitando processo de erosão e assoreamento dos rios. No entanto, diversas atividades antrópicas foram e, ainda, são responsáveis por sua supressão, principalmente a ocupação agrícola, ocupação humana e mineração (RICARDO, 2008). Todavia, as leis ambientais referentes às matas ciliares são mais modernas que o início da ocupação da cidade. Sendo assim, à luz da legislação, não se pode condenar os primeiros ocupantes do espaço urbano local (MARCO, 2012).

Segundo Araújo (2009), a Caatinga é um dos biomas que apresenta maiores impactos quando se analisa as suas matas ciliares, cujas remanescentes estão fragmentadas, em poucas

quantidades e isoladas. Historicamente, a redução de áreas vegetadas foi resultado da pressão exercida por atividades como pecuária extensiva, grandes projetos agropecuários, agricultura de subsistência e extrativismo vegetal, resultando na diminuição da cobertura vegetal e, conseqüentemente, na diversidade biológica (NASCIMENTO, 1998). Segundo MapBiomass (2021), a caatinga foi o terceiro bioma brasileiro mais desmatado durante todo o ano de 2021, o equivalente a 140.000 ha de áreas com cobertura vegetal foi perdida, com a principal causa a atividade relacionada ao uso da biomassa para a produção de carvão.

A Caatinga é uma tipologia vegetal localizada em sua maioria no semiárido da Região Nordeste, ocupando uma área aproximada de 800 mil km² (PRADO, 2003). São características das regiões semiáridas uma periodicidade de crise climática, secas severas que causam impacto direto sobre todos os elementos que compõem o complexo sistema físico-natural e humano (ALVES, 2007). Como resultado, para superar essa escassez de água nos anos secos, uma rede densa de reservatórios artificiais foi construída desde o século passado para suprir as necessidades hídricas (PETER et al., 2014).

Correia et al. (2011) apontam que essa região onde a Caatinga está posicionada, se caracteriza atualmente por ser a zona semiárida mais populosa do mundo, essa consolidação se deve ao fato de que historicamente essa região sempre teve um ótimo potencial econômico, mesmo com o clima adverso, tendo a agricultura irrigada como marco de desenvolvimento recente. Segundo a classificação de Köppen, o clima semiárido se caracteriza como precipitação anual inferior a 500 mm, evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual e além da pequena existência de cursos d'água perenes.

Estudar as tendências futuras da dinâmica do uso do solo é de suma importância para o planejamento geoambiental, principalmente em regiões afetadas pelas constantes alterações no uso e ocupação do solo para expansão agropecuária (XAVIER; SILVA, 2018). Para Botelho e Davide (2002), o correto diagnóstico das matas ciliares é importante para servir de subsídio na definição de estratégias de manejo dessas áreas, obtendo a maior quantidade de informações possíveis, como os aspectos relacionados ao solo, caracterização da vegetação no entorno dos cursos d'água e sua situação atual, dentre outros. Essas análises, entretanto, ainda são escassas para o bioma Caatinga, mesmo sendo um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo.

Uma importante ferramenta para monitorar a dinâmica e a configuração desses locais protegidos por lei são as geotecnologias. Segundo Grigio (2003), as técnicas utilizadas em geoprocessamento (Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas - SIG) contribuem de modo significativo na redução dos custos dos projetos, na confiabilidade das análises e na celeridade do levantamento de áreas, avaliando processos de degradação ambiental, ocupações do solo, entre outros. Importantes Órgãos e Instituições usam dessa ferramenta para prestar serviços para sociedade, tais como: O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o próprio Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Analisar integralmente alguns fatores condicionantes a conservação dos reservatórios artificiais com o uso de ferramentas viáveis e confiáveis a fim de alcançar resultados capazes de embasar um planejamento ambiental é de suma importância, ainda mais em uma região onde o conflito por água já é uma realidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Diagnosticar a faixa correspondente à Área de Preservação Permanente (APP) no entorno do Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, localizada no município de Ibimirim, no estado de Pernambuco, em ambiente SIG, buscando entender e descrever os graus de degradações e conservação, verificando sua adequação às leis ambientais vigentes.

2.2 Específicos

- Mapear a área correspondente à faixa de mata ciliar ideal;
- Quantificar os índices de mata ciliar preservada e degradada;
- Quantificar o uso e ocupação do solo atual e entender o grau de intervenções humanas que permeiam as matas ciliares;
- Analisar a conformidade ou a inconformidade da APP à legislação vigente; e
- Analisar a configuração planialtimétrica da região do reservatório por meio de imagens de satélite.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos legais relativos às APP em reservatórios artificiais

A criação de áreas protegidas com o intuito de conservar a natureza e garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado é um dos instrumentos resguardados como preceitos fundamentais na Constituição Federal, em especial no artigo 225º, onde versa sobre o direito ao meio ambiente e impõe ao poder público ações que visem assegurar a efetividade desse direito, conforme o inciso III, transcrito abaixo:

Art. 225. (...) III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção. (...) (BRASIL, 1988).

A União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN, 2019) define áreas protegidas como um espaço com limites geográficos definidos e reconhecidos em lei, cujo objetivo principal é de conservar a natureza, de forma que ocorra a manutenção contínua da diversidade biológica da localidade para as gerações presente e futura, respeitando seus valores culturais e usando, para isso, uma gestão e um planejamento eficaz. O estabelecimento dessas áreas configura-se como uma ferramenta essencial para evitar o crescente desmatamento, a ocupação desordenada no território, desacelerar o impacto das mudanças climáticas, entre outros (VALLEJO, 2013). A criação desses espaços protegidos nos termos da lei é indispensável para assegurar a eficácia da determinação constitucional e a garantia do equilíbrio ecológico.

Consoante Costa; Costa e Santos (2009), este preceito constitucional vem sendo posto em prática, a passos lentos, ações que antes não eram regulamentadas, passaram a ter agora proteção ambiental. Diversas áreas já são protegidas e reconhecidas pela legislação brasileira, tais como o patrimônio nacional; Floresta Amazônica; Mata Atlântica; a Serra do Mar; o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira, instituído no parágrafo 4º do art. 225º, da Constituição Federal; Reserva legal e Áreas de Preservação Permanente, disposta na lei nº 12.651 de 2012, Unidades de Conservação (UC), na Lei Nº 9.985, de 2000, entre outras.

São muitas as categorias para classificar essas áreas protegidas, o que torna muitas vezes a temática de difícil entendimento, fazendo com que reduzam, usualmente, todas as categorias ao termo “Unidades de Conservação” (UC). No entanto, mesmo que todas as UCs sejam áreas protegidas, nem todas as áreas protegidas são UCs. Essa pluralidade no sistema de classificação desses espaços se dá justamente pelo país ter uma dimensão continental que

abrange diversos biomas e características diferentes, que devem ser tratados com uma certa especificidade.

A exemplo disso são as Áreas de Preservação Permanente (APP), cujo inciso II do artigo 3º da Lei 12.651/12 define como uma área protegida com função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, o solo, o fluxo gênico e a biodiversidade, sendo não restrito a presença de florestas, pois abrange tanto área coberta ou não por vegetação nativa (BRASIL, 2012). Essa definição não foi concebida com os mesmos critérios que estão em vigor atualmente, muitas foram as modificações, a principal culminou na revogação do antigo Código Florestal Lei nº 4.771/65, para o atual, Lei nº 12.651/12, passando a ter regras mais restritivas e ampliando as áreas referidas, como no caso de manguezais que antes não eram reconhecidos, topos de morros, montes, montanhas e serras, agora com a exigência de altura mínima e inclinação determinada, o reconhecimento das veredas, tipo de formação vegetal do Cerrado.

No caso dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, previstos no Código Florestal, inciso III do art. 4º, mesmo com a mudança do código permaneceram sem fixar na legislação os limites específicos para a determinação da faixa de APP no seu entorno, deixando ao órgão licenciador a responsabilidade para definir esta largura no ato da licença ambiental do empreendimento (BRASIL, 2012). Lira (2015), argumenta que os reservatórios artificiais licenciados pelo órgão ambiental e que já delimitaram suas faixas de APP antes de instituído os códigos florestais, fazendo uso da legislação vigente da época, devem, ou deveriam, em algum momento, se adequar a legislação atual, já que a Lei nº 6.938 de 1981 obriga uma revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (BRASIL, 1981).

Baseando-se na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 237/1997, qualquer empreendimento ou atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, que tenham a capacidade de causar degradação ambiental, devem ter licença ambiental para seu funcionamento (BRASIL, 1997). A competência de licenciar se baseia em seus critérios definidos de exigibilidade, no âmbito nacional é o IBAMA, assim como no âmbito estadual é o órgão ambiental estadual e no municipal é o órgão ambiental municipal. Aos estados e municípios cabem legislar sobre a definição de quais atividades e empreendimento devem ser sujeitos obrigatoriamente ao licenciamento ambiental, assim como no nível federal a resolução acima já define, tendo

a construção e operação de barragens incluída nessa lista pelo seu elevado grau de impacto ambiental.

Do mesmo modo que o uso de recursos hídricos, sobretudo, em reservatórios de água, também é condicionado a aprovação de licença e a outorga do uso da água, instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecidos no inciso III do art. 5º da Lei Federal nº 9.433, de 1997. O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (BRASIL, 1997). Compete a união, por meio da Agência Nacional de Águas (ANA) e aos estados, através do órgão competente outorgar, dispondo assim ao usuário outorgado o direito de acesso à água dos rios, lagos e reservatórios.

No mais, existe uma regulamentação da Resolução do CONAMA 302/02, atualmente em vigor, que trata dos reservatórios artificiais, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de APP e o regime de uso do entorno dessa área, onde define em seu art. 2º inciso I, como acumulação não natural de água destinada a quaisquer de seus múltiplos usos (BRASIL, 2002). Ainda segundo essa mesma resolução, o art. 3º traz a definição da metragem acerca das áreas de APP, conforme transcrita abaixo:

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

- I - Trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;
- II - Quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental;
- III - Quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural.

Toda e qualquer atividade que recaia sobre o entorno dos reservatórios artificiais deve também levar em consideração as deliberações e parâmetros que definem a resolução do CONAMA, citada anteriormente, uma vez que são de grande importância, mesmo se configurando de natureza extrajudicial por apresentar complementações as previsões legais relativas as APPs, no caso dos reservatórios d'águas artificiais, a delimitação da proteção das áreas no entorno e o uso de maneira técnica.

As APPs são definidas em lei como bens de interesse comum a todos e devem ser protegidas e preservadas de forma sustentável, tendo a possibilidade de intervenção ou

supressão da vegetação apenas nas hipóteses de utilidade pública ou de interesse social. Assegura-se, desse modo, o princípio da supremacia do interesse público e do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

3.2 Planejamento ambiental para o uso e ocupação do solo nas matas ciliares

Apesar dos diversos pontos positivos trazidos pelo ligeiro crescimento das cidades, foram levantados diversos questionamentos acerca desse modelo de desenvolvimento que ocorreu nos últimos 50 anos, em especial a questão ambiental. A maioria dos problemas ambientais criados pelo veloz processo de urbanização está intrinsecamente ligado aos problemas de gerenciamento por parte do Poder Público, uma vez que não houve uma preocupação com os aspectos ambientais e o uso dos recursos naturais durante a fase de planejamento e ordenamento desse território (SOUZA, 2013). A utilização de indicadores ambientais no planejamento permite a inclusão de novas alternativas no gerenciamento e avaliação de uso e ocupação do solo, destacando-se entre elas a gestão das bacias hidrográficas (SCHUSSEL; NETO, 2015).

Assim, para um planejamento ambiental eficaz se faz necessário a compatibilização da gestão territorial com a gestão de recursos hídricos, de forma que ocorra uma interseção de informações na elaboração de políticas específicas para estes fins, sobretudo pela importância da conservação desse bem imprescindível para a vida humana: a água (MONTAÑO, 2002). As áreas no entorno de corpos hídricos já são protegidas por lei, como citado no item 3.1, visto a necessidade de resguardar a estabilidade do ciclo hidrológico, entre outras funcionalidades. Para Silva (2005), as APPs são consideradas áreas frágeis por suas características particulares, isto é, são áreas sensíveis aos impactos ambientais, em razão de sua baixa resiliência, requerendo assim um cuidado muito especial por parte da sociedade.

Segundo Carvalho (2014), o instrumento de planejamento diretamente relacionado ao planejamento de bacias hidrográficas é o Plano de Recursos Hídricos (PRH), que deve produzir embasamento gerencial da água, de modo a estabelecer diretrizes para o uso e ocupação no território das bacias, garantindo o uso múltiplo, racional e sustentável das águas e do meio ambiente. O autor ainda destaca a necessidade de integração entre o PRH e o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) que é mais multicêntrico, considerado os dois principais instrumentos adotados, direta ou indiretamente, no planejamento das bacias hidrográficas, para compatibilizar áreas sujeitas a restrições de uso em função, também, da proteção e conservação dos recursos hídricos, evitando sobreposições.

Para Franco (2008), o planejamento ambiental pode ser entendido como o planejamento das ações humanas no território, considerando o limite de intervenção nos ecossistemas em nível local e regional, sem que seja desconsiderado o equilíbrio do todo, com o intuito da melhoria da qualidade de vida humana, respeitando os limites ecológicos. A garantia de ambientes permanentemente protegidos, implicam no impedimento de ações degradantes, como o corte, a exploração, a supressão da vegetação, ou qualquer outro tipo de degradação que alterasse as condições naturais daquele ambiente de forma danosa (MARTINS, 2008). Assim, proporcionando que se estabeleça formações vegetais de grande importância, como no caso das matas ciliares no entorno de corpos hídricos.

As matas ciliares funcionam como filtros por ter a capacidade de reter partículas poluentes, auxiliando na estabilidade da qualidade da água, inclusive para abastecimento humano (OLIVEIRA, PEREIRA; VIEIRA, 2011). Garante a proteção natural das nascentes d'água e do solo reduzindo satisfatoriamente processos erosivos como o assoreamento e a poluição (FACUNDO; MORAIS, PANSERA, 2020), além da funcionalidade da sua peculiar arquitetura, que tendo elevado teor de água no solo e ar, faz com que a transferência de energia e a ciclagem de nutrientes sejam bem acentuadas (BARRETO et al., 2009). Logo, uma vez alterada a configuração dessa formação vegetal, os impactos são imediatamente visíveis e com grande prejuízo, sobretudo na perda de capacidade qualitativa e quantitativa no fluxo do curso d'água, condição de infiltração e redução abrupta da biodiversidade (MARMONTE; RODRIGUES, 2018).

A Constituição Federal dispõe, no capítulo II, sobre o ordenamento do desenvolvimento urbano, e define para os municípios acima de 20 mil habitantes a competência de dispor sobre diretrizes gerais da política de desenvolvimento urbano obrigatoriamente no Plano Diretor (BRASIL, 1988). A lei nº 10.257/2001, o Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182º e 183º da Constituição Federal e também estabelece parâmetros acerca das diretrizes gerais da política urbana, como a obrigatoriedade da participação popular no processo de planejamento e a extensão do planejamento para todo o território do município e não apenas para as áreas urbanas, como era até então (BRASIL, 2001).

Montaño (2002), conclui que a essa incumbência quase que exclusiva dos municípios de legislar sobre o uso do solo, através de Planos Diretores e políticas de ordenamento territorial acaba sendo a maior forma de interferência na gestão dos recursos hídricos que

atravessam seu território. No entanto, quando elaborados na esfera federal ou estadual, deverão se ajustar, prevalecendo às normas de proteção ambiental mais restritivas.

Se tratando do planejamento municipal, no tocante ao uso e ocupação do solo, são destacados dois instrumentos legais: O Plano Diretor, resguardado na constituição federal, como destacado anteriormente, que como sintetiza Meireles (2006), é quem norteia a política de desenvolvimento urbano e dispõe sobre diretrizes estratégicas de desenvolvimento da cidade, orientando os investimentos públicos e as normativas para a adequada ocupação do solo, analisando as potencialidades e deficiências tendo como base o ZEE, que é o segundo instrumento, descrito na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), da Lei 6.938/1981, no artigo 9º, inciso II, com regulamentação no Decreto nº 4.297 de 2002, que no art. 2º define como:

Art. 2º O ZEE, instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

Assim, fica evidente a importância de um planejamento ambiental pautado em um zoneamento bem elaborado com a participação da sociedade civil e setor privado, com embasamento técnico e científico a fim de elaborar um Plano Diretor que fomente o desenvolvimento sustentável comprometido com a realidade da comunidade e com o meio ambiente. Por isso é indispensável ao Poder Público exigir dos municípios o cumprimento desses instrumentos, uma vez que, infelizmente, por vontade política, não existe essa movimentação para ordenar o espaço e o uso sustentável do meio ambiente.

3.3 Os reservatórios artificiais e seu papel no bioma Caatinga

A Caatinga tem fisionomia de deserto, com índices pluviométricos muito baixos, em torno de 250 a 900 mm anuais, com pouca variação das médias mensais de temperatura e grande variação diária de temperatura e umidade (ALVES; ARAÚJO, NASCIMENTO, 2009). Campos (2011) analisa que de toda chuva que cai na Caatinga 88% são perdidas por evapotranspiração, 9% em escoamento superficial e apenas 3% infiltram para o subterrâneo o que acaba tornando alguns rios secos por muitos meses, quando somado ao fator estiagem. Isso resulta em baixo potencial hidrogeológico, tornando necessária a construção de açudes para reter águas pluviais e, em determinados casos, perenizar rios (NOVAIS; JÚNIOR; OLIVEIRA, 2022).

A seca é conhecida como um grande fenômeno natural que afeta principalmente as regiões semiáridas do Nordeste do Brasil, portanto, essa ocorrência física e geográfica apresenta precipitações pluviométricas desiguais ou inferiores à média esperada anualmente (SOUZA, 2017). Esse ciclo muito marcante de chuvas regula, assim, toda a dinâmica e os processos ecológicos locais que, por sua vez, afetam a maneira e a intensidade como os seres humanos exploram a Caatinga (ALBUQUERQUE; MELO, 2018).

Com esses fatores climáticos, a fitofisionomia dessa região é marcada, segundo Alves, Araújo e Nascimento (2009), por formações xerófilas resilientes as condições, bem diversa, heterogênea, e condicionadas ao solo e a topografia. A vegetação é composta por espécies lenhosas e herbáceas, de pequeno porte, muitas dotadas de espinhos, sendo, geralmente, caducifólias, com ocorrência de muitas cactáceas e bromeliáceas, tendo cerca de 180 espécies endêmicas (DRUMOND et al., 2000).

As incertezas do regime hidrológico da região juntamente com a sua base geológica, levaram a construção de uma intensa rede de reservatórios artificiais para suprimento de água dos mais diferentes usos (ANDRADE, 2017). A construção dos reservatórios ameniza o problema de seca, aumentando a segurança hídrica e alimentar da região (FERREIRA; KEMENES, 2019). Assim sendo, desde o século XIX o governo federal investe em construção de reservatórios e assim, juntando esforços para superar esse cenário criou-se o Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS), autarquia federal reconhecida na Lei n° 4229/63, que atua na promoção, contribuição, execução e desenvolvimento de projetos que garantam o correto proveito dos recursos hídricos de modo a garantir a essas regiões tão fragilizadas estratégias para superar as consequências das secas. Esta extensa rede de corpos hídricos contribuiu para que a mesma se tornasse a região seca do globo de maior densidade demográfica, o que exerce uma elevada pressão sobre os recursos naturais (ANDRADE, 2017).

Sabe-se que essas práticas causam significativos impactos socioeconômicos e ambientais, considerando que vastas áreas chegam a ser alagadas, comunidades humanas inteiras e rebanhos de animais deslocados e cobertura vegetal sufocada (NOVAIS; JÚNIOR; OLIVEIRA, 2022). Esses impactos devem ser previstos e ações que minimizem os efeitos devem ser desenvolvidos, assim como medidas compensatórias devem ser estabelecidas. Diversos tipos de usos são desenvolvidos em reservatórios e, com isso, é frequente o

surgimento de conflitos quanto à sua conservação e possibilidade de contaminação, especialmente com o aumento das ocupações humanas (GUNKEL et al., 2018).

Grande parte da água utilizada pela população vem dos açudes, assim, é fundamental estratégias sustentáveis de conservação da qualidade da água acumulada. Além do atendimento ao uso doméstico e industrial, os reservatórios artificiais fornecem suprimento para um dos maiores usos de água em escala global que é a agricultura irrigada, atendendo a demanda de produção de alimentos (NOGUEIRA, 2017). Também apresentam potencial para a produção energética a depender do volume de água para que possa passar na turbina. Ainda segundo Nogueira (2017), quando comparada a outras fontes de energia apresenta uma vantagem de ter uma fonte renovável e limpa. Assim como apresenta diversos outros potenciais quando bem planejado e manejado, tais como: pesca e piscicultura, recreação e ecoturismo no seu entorno.

3.4 Geotecnologias: ferramenta para gestão ambiental

A necessidade cada vez mais presente de processar grandes quantidades de dados espaciais com agilidade e confiabilidade proporcionou o surgimento das geotecnologias que, atrelado ao avanço da informática, teve sua consolidação estabelecida. Geotecnologias constituem o conjunto de tecnologias para coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização de dados e informações com referência espacial geográfica, compostas por soluções em *hardware*, *software*, *peopleware* e *dataware* (ZAIDAN, 2017). Já o processamento e a criação de novos dados são as atividades de geoprocessamento que se baseiam em sistemas automatizados de dados cartográficos que especifica a coordenada no globo terrestre, os “Sistema de Informações Geográficas” (SIGs).

Para Farina (2008), os SIGs viabilizam, por exemplo, a construção de um “mundo virtual” quando se integra dados diversos na criação de um modelo que você idealiza, é capaz de projetar um cenário ideal em relação à ordenação territorial de modo que viabilize de maneira realista uma previsão do uso do solo, bem como sua adequação e compatibilidade.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento (MEDEIROS; CÂMARA, 2001). Através do SIG, pode-se quantificar e identificar os

conflitos de uso da terra em APPs, auxiliar o monitoramento, controlar e dar suporte para o estudo de impactos que poderão ocorrer.

São diversas as aplicações dos SIGs relacionadas ao meio ambiente, tais como: diagnóstico e monitoramento dos ecossistemas, gestão de recursos naturais e hídricos, diagnósticos de impactos ambientais, mapeamento sistemático, gestão e planejamento de áreas, viabilizado pela aplicação das principais ferramentas, que segundo Filho (2012), são:

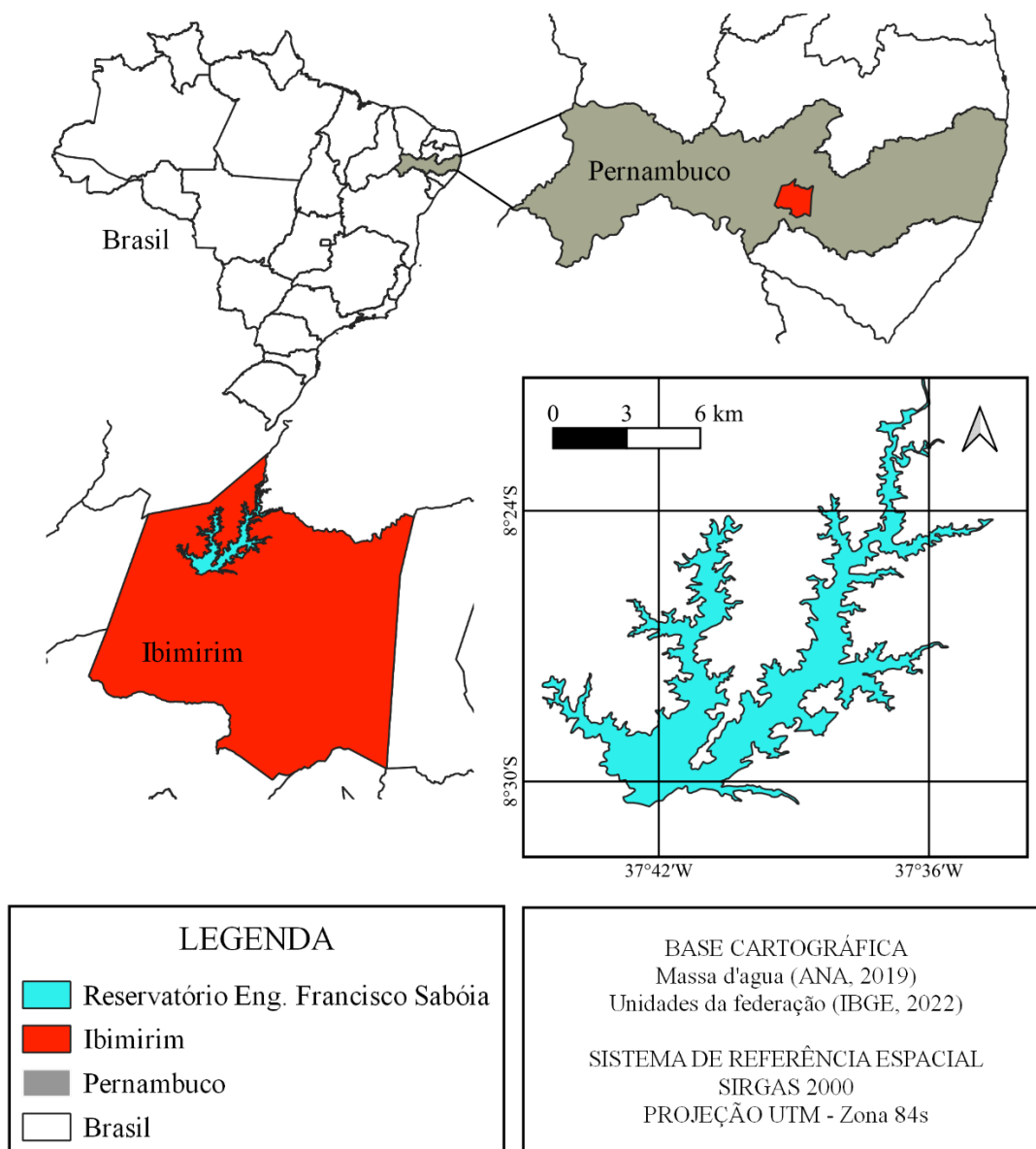
- 1- Produção de mapas, geração e visualização de dados espaciais;
- 2- Suporte para análise espacial de fenômenos e combinação de informações espaciais; e
- 3- Banco de dados geográficos com função de armazenamento e recuperação de informações especializadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, também conhecido como Açude Poço da Cruz, está inserido no município de Ibimirim, semiárido de Pernambuco, sendo considerado o maior reservatório de água de todo o estado. O município de Ibimirim/PE está localizado à 337 km da capital Pernambucana, apresenta uma população estimada em aproximadamente 29,6 mil habitantes (IBGE, 2021), está entre as coordenadas 8°39' a 8°41' S e 37°35' a 37°37' W (Figura 1), com altitude média de 500 m.

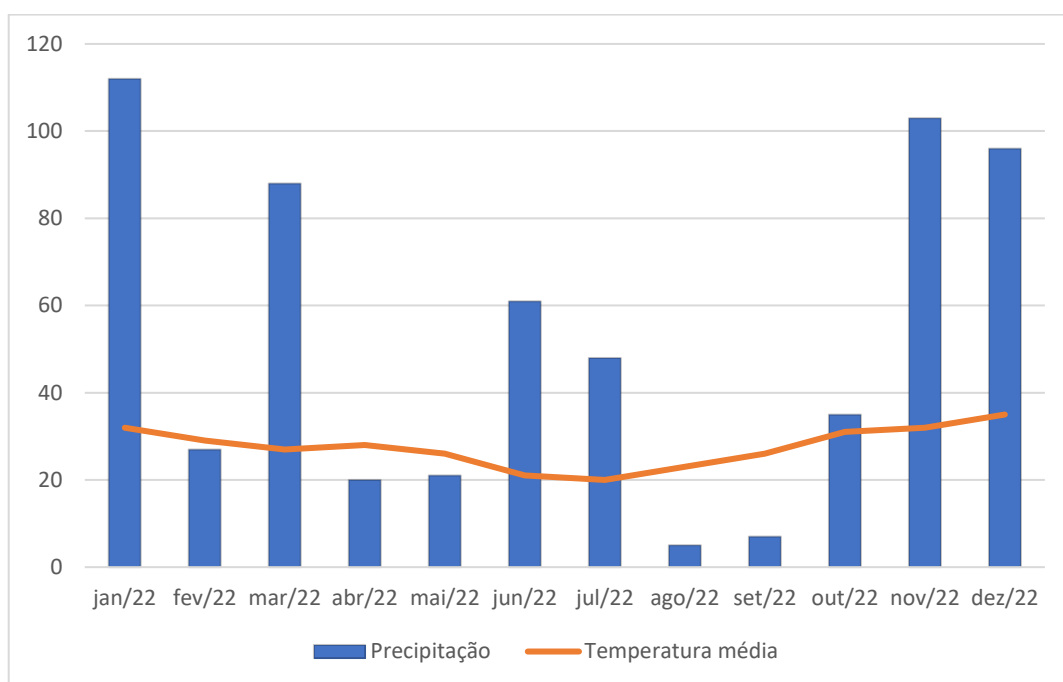
Figura 1. Mapa com a localização do Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.



Fonte: Autor, 2023.

Na classificação de Köppen, o município de Ibimirim apresenta o clima predominante do tipo semiárido quente (BSh). Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023), a temperatura média anual é de 26°C, cujas mais elevadas ocorrem geralmente nos meses de novembro e dezembro com registros atingindo até 38°C, e com mínimas ocorrendo entre julho e agosto, registrando aproximadamente 20°C. Apresenta precipitação média anual de 500 mm, onde a maior incidência de chuva se concentra entre os meses de dezembro a março, e os menores índices entre agosto e outubro (Figura 2).

Figura 2. Dados meteorológicos da cidade de Ibimirim-PE de 2022.



Fonte: INMET, 2023.

Segundo a ANA (2017), o Reservatório Engenheiro Francisco Saboia está dentro da bacia do Rio Moxotó, afluente do Rio São Francisco, com capacidade máxima de 504,00 hm³ de água, idealizado com o objetivo de regularizar a vazão hídrica da região e para a irrigação do perímetro irrigado do Moxotó (PIMOX), onde se encontra um sistema de lotes agrícolas. Sua construção, por barramento, foi finalizada no ano de 1957, sob a operação do DNOCS, que é o responsável pelo reservatório.

4.2 Pesquisa sobre a regularização ambiental do reservatório

Visando atingir os objetivos propostos na presente pesquisa, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos aspectos legais que se relacionam à temática da proteção dos reservatórios artificiais, conforme apresentado no capítulo anterior,

analisando as Legislações Federais vigentes, como o Código Florestal, e as instruções normativas, com destaque para as resoluções do CONAMA.

No segundo momento foi estabelecida uma linha investigativa a fim de apurar a situação do reservatório quanto à regularização ambiental, buscando a existência do possível licenciamento ambiental e, conseqüentemente, a definição da faixa de APP, conforme versa o Código Florestal. Para tanto, foi necessário registrar algumas manifestações para os órgãos: IBAMA, ANA e DNOCS, na plataforma Fala.BR, em que é possível ter acesso a informações públicas no prazo de 20 (vinte) dias, conforme estabelecido no art. 11, § 1º, da Lei nº 12.527/2011. Todas as manifestações foram respondidas de forma clara e dentro do prazo estabelecido. Foi realizado também um encontro com funcionários do DNOCS, com membros do conselho gestor do reservatório e análise sistemática de relatórios disponibilizados por eles.

Com as informações recolhidas nas etapas anteriores, foi possível definir o critério para delimitar a APP e, assim, fazer o correto diagnóstico proposto na pesquisa. Nesse caso, foram tomadas como referência os limites estabelecidos no Art. 3º da Resolução nº 302/2002 do CONAMA, já citado anteriormente, que no inciso I define 100 (cem) metros para reservatórios artificiais em áreas rurais medida a partir do seu nível máximo, uma vez que foi comprovada a ausência do licenciamento.

4.3 Aquisição das imagens de satélite

Para a construção do mapa de uso e ocupação do solo e para o mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IDVN), foram utilizadas imagens do CBERS-4A, que é um satélite de observação da Terra, resultado de uma parceria do Brasil com a China. As imagens são multiespectrais, ao qual considerou-se quatro bandas espectrais correspondentes às cores verde, azul, amarelo e vermelho. As imagens são do dia 22 (vinte e dois) de novembro de 2022, com uma resolução espacial de 8 metros, obtidas na plataforma do INPE.

Realizou-se uma composição colorida com as bandas espectrais e posteriormente a fusão com a banda pancromática utilizando a ferramenta *Pansharpening*, para a melhoria da resolução, alcançando assim 2 (dois) metros, tornando a visualização mais fácil para o olho humano. Foram selecionadas as imagens considerando a maior ausência de nuvens. Para o processamento e análise das imagens, foi utilizado o software QGIS versão 3.22.6. O sistema

de coordenadas utilizado na elaboração dos mapas foi a projeção WPM 84, SIRGAS 2000, *datum* UTM e fuso zona 24 Sul.

Inicialmente, foi utilizado para delimitar o reservatório o arquivo vetorial *shapefile* da base cartográfica “Massa d’água” da plataforma da ANA do ano de 2019, onde foi extraído o delineamento do reservatório em sua capacidade máxima, já com correções e ajustes recentes. Posteriormente, foi utilizado a ferramenta *buffer* para desenhar a metragem em projeção horizontal no entorno do Reservatório Francisco Sabóia, a partir da delimitação da ANA, independentemente da situação topográfica do terreno do reservatório, assim delimitando a área correspondente à faixa de APP. No presente caso, foi considerado 100 m conforme Resolução nº 302/2002 do CONAMA, por estar localizada em área rural.

Por meio da ferramenta “recorte pela camada máscara”, executou-se o recorte da fusão das bandas espectrais para considerar somente o que se encontra dentro da região da APP e na região de drenagem do reservatório para, consecutivamente, realizar a classificação de uso e ocupação do solo e o cálculo do NDVI. Já para o processamento dos dados de declividade foi utilizada imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que são modelos de elevação obtidas por radar através de uma missão realizada em conjunto pela NASA, a NGA, o DoD e as agências espaciais alemã *Deustches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* – DLG) e italiana (*Agenzia Spaziale Italiana* – ASI), obtidas do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) do INPE, com resolução de 30 metros, a quadricula: 08S39, com SRC WGS 84 – Geográfico (latitude e longitude, sem projeção cartográfica), assim precisando reprojetar para a UTM do projeto, no caso SIRGAS 2000 31984, com recorte.

4.4 Classificação do uso e ocupação do solo

Para a classificação do uso e ocupação do solo na área de estudo, realizou-se uma classificação supervisionada onde foram selecionadas amostras representativas para cada classe de cobertura da superfície (grupo de *pixels* semelhantes definidos como pertencentes a uma determinada classe), nas quais a partir dessas informações o *software* reconhece os padrões e relaciona cada grupo de *pixel* (menor ponto que forma uma imagem) a assinatura mais similar dos temas de interesse, resultando em um mapa temático onde se observa a distribuição geográfica dos temas. Utilizou-se o algoritmo do *Plugin Dzetsaka* (*Classification tool*) do *software* QGIS versão 3.22.6, que possibilitou a determinação das classes temáticas.

Nesta pesquisa, foram definidas classes, para a classificação do uso e ocupação dos solos da seguinte forma: Corpo hídrico, vegetação consolidada, vegetação rasteira, agricultura e solo exposto, sendo possível, assim, identificar as áreas de mata que ocupam a APP, juntamente com uso indevido dessas áreas, no caso a agricultura.

A classe vegetação consolidada, nesta pesquisa, corresponde à vegetação com porte acima de 4,5 m e a classe de vegetação rasteira se refere a vegetação em fase de recuperação, abaixo de 4,5 m e com porte arbustivo e herbáceo, ambas as classes são tipologias da Caatinga adaptada pela proposta de Chaves et al. (2008). As áreas classificadas como agricultura, referem-se às atividades de cultivo de tubérculos, frutas e algumas hortaliças. E a classe denominada solo exposto, identificada na classificação das imagens, corresponde a um solo ausente de vegetação que está suscetível ao processo de erosão.

4.5 Quantificação do NDVI

Para a quantificação do índice de mata ciliar preservada e o índice de mata ciliar degradada, foi utilizado o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), ou em português o índice de Vegetação da Diferença Normalizada, na qual apresenta excelente resposta no monitoramento e gestão de áreas de interesse ambiental. Consiste na técnica da razão entre bandas utilizando operações aritméticas que são utilizadas para realçar a diferença de resposta espectral de diferentes alvos das bandas, para aumentar seu contraste entre solo e vegetação, já que as áreas não vegetadas possuem características espectrais distintas da vegetação, uma vez que as áreas vegetadas têm um aumento gradual da refletância com o comprimento de onda e na vegetação essa refletância se dá de forma abrupta seguida de uma diminuição gradual.

A determinação do NDVI no QGIS para as imagens do CBERS 4A foi realizada na calculadora *raster* e se deu a partir da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e vermelho (ρ_V) dividido pela soma das mesmas, bandas 4 e 3, como ilustra a Equação 1. Esse índice varia entre os valores -1 (um negativo) até 1 (um positivo), representando a ausência ou a mortalidade e a presença de vegetação saudável, respectivamente.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (\text{Equação 1})$$

4.6 Mapa de declividade

Para a análise planialtimétrica da área do reservatório buscando entender a declividade, além de representar tematicamente a distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação e elevação do terreno, foi construído o mapa de declividade. Para isso, a imagem SRTM foi recortada pela extração da extensão, considerando um perímetro mais amplo em relação à área circundante do reservatório para o melhor entendimento do comportamento do relevo.

Para a definição das declividades foi utilizada a ferramenta “analisar declividade”, optando-se pelos resultados expressos em porcentagem, pois serão utilizados como parâmetro a classificação da EMBRAPA (1979). O resultado desse processamento de declividade foi reclassificado de acordo com as classes da EMBRAPA, utilizando a ferramenta “*r.reclass*” acrescentando as regras de classificação conforme a tabela 1, e alterando o gradiente de cores para melhor visualização das classes.

Tabela 1 – Classificação da declividade

Declividade (%)	Discriminação
0-3	Relevo plano
3-8	Relevo suavemente ondulado
8-20	Relevo ondulado
20-45	Relevo fortemente ondulado
45-75	Relevo montanhoso
>75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979).

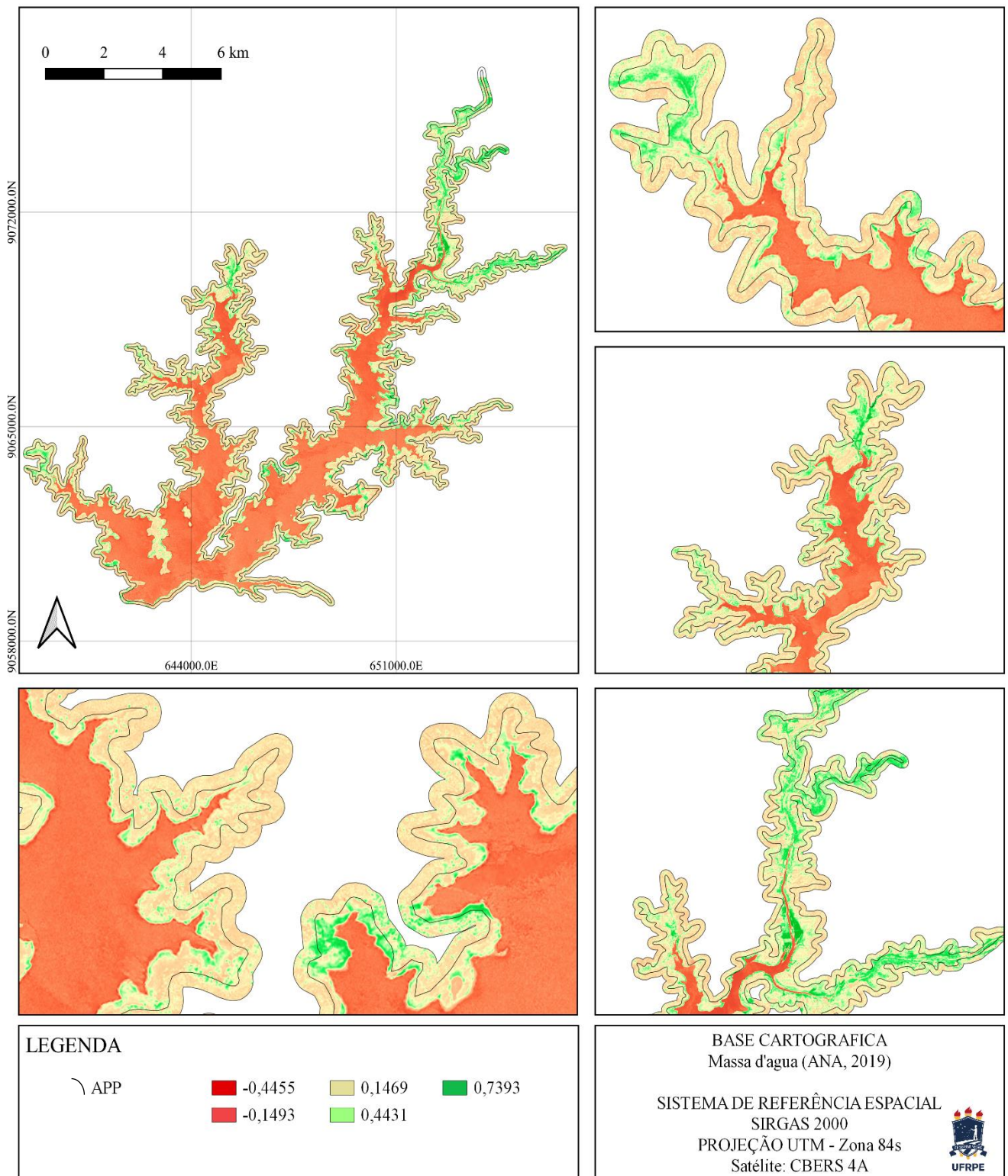
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo cálculo do índice radiométrico do NDVI, representados no mapa temático (Figura 3), demonstram, em praticamente toda a extensão da APP, a ausência de vegetação sem o estabelecimento da mata ciliar na área de estudo. O NDVI apresentou valores dentro de uma faixa numérica, que varia de 0,7393 a -0,4455, onde os valores mais próximos a 0,7393 evidenciam a vegetação presente e saudável, representada pela tímida coloração verde escuro, já os valores mais próximos a 0 (zero), retratado na cor amarelada, configuram vegetação com alto nível de estresse hídrico, baixa atividade fotossintética e não saudável, enquanto que os valores negativos, na cor vermelha, correspondem à completa ausência ou mortalidade da vegetação e presença de corpos d'água, no caso a lâmina d'água do reservatório, ficando próximo a -0,4455.

Ressalta-se que os valores do NDVI, para a área de estudo, não apresentam índices ideais de cobertura vegetal para matas ciliares, concentrando-se no valor zero em praticamente toda extensão, com poucos fragmentos de vegetação sadia, o que corrobora para o diagnóstico do seu péssimo estado de conservação. Este cenário difere da paisagem de Caatinga em ambientes preservados em áreas com boa oferta hídrica, pois segundo Ferraz et al. (2006) por apresentar em maior umidade as matas ciliares no bioma, embora em poucas unidades, apresentam uma flora diversa, consolidada e com predomínio de espécies arbóreas. As variações do NDVI das matas ciliares em áreas não urbanizadas que ocupam as regiões de várzea se caracterizam por valores elevados, acima de 0,5, e variações pouco expressivas deste índice (TERAMOTO et al., 2018).

Segundo Barros (2006), à medida que a paisagem vai se fragmentando, as populações de espécies florestais são reduzidas, padrões de dispersão e migração são interrompidos, fluxos de entrada e saída são alterados, além de tornar ambientes isolados expostos a condições externas, resultando em progressiva erosão da diversidade biológica. Ainda de acordo com o autor, com a fragmentação da paisagem a área fica suscetível a invasão de espécies exóticas que irão atuar de forma significativa na estrutura da vegetação, dificultando a regeneração de espécies nativas. Pode-se constatar que a ausência de vegetação na APP do reservatório Engenheiro Francisco Saboia se deve à pressão exercida, principalmente pela atividade agrícola da região, que influencia diretamente na configuração e no equilíbrio do ecossistema das matas ciliares.

Figura. 3 – Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.

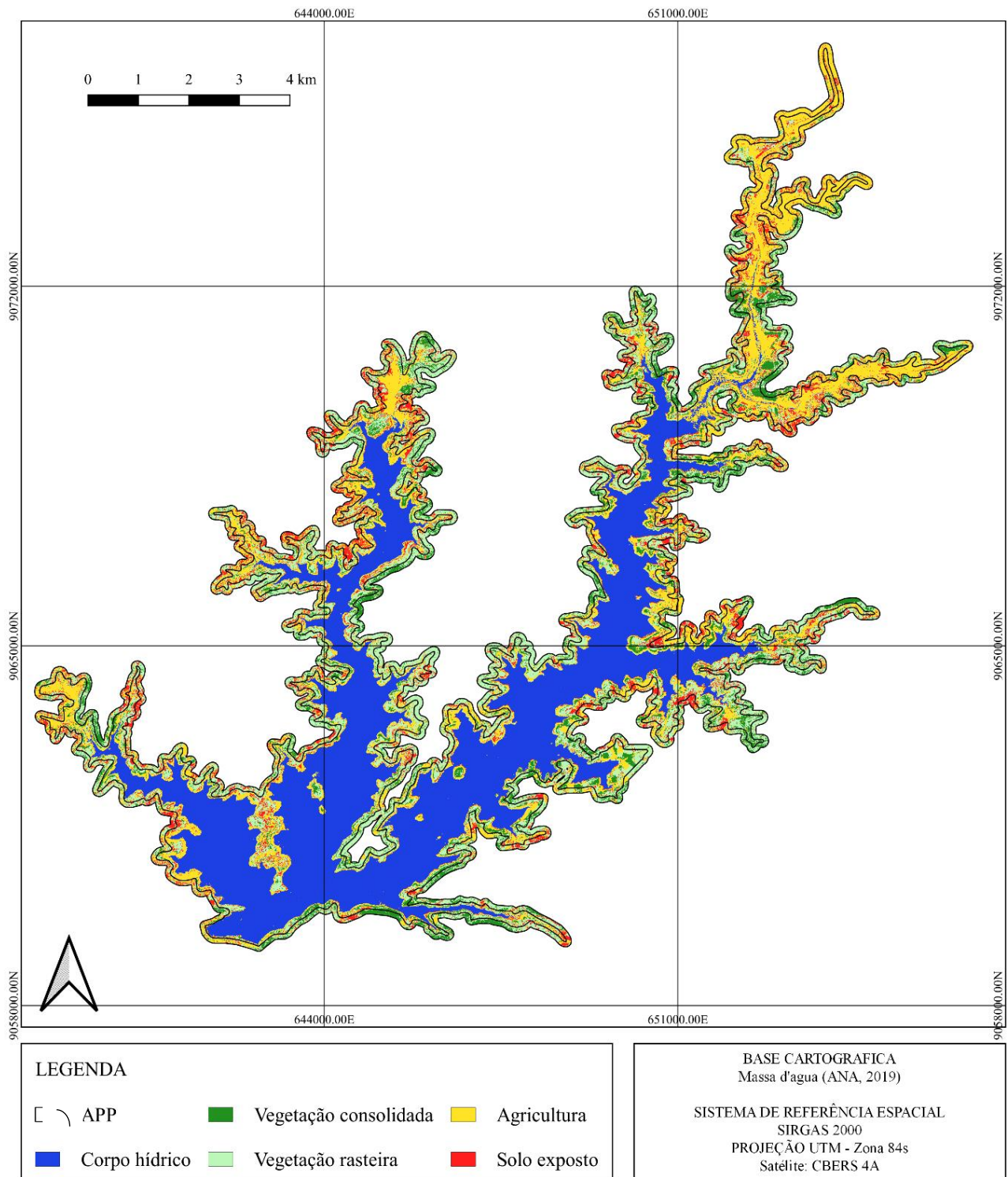


Fonte: O autor, 2023.

O reservatório está localizado no final do Perímetro Irrigado do Moxotó (PIMOX), cujo objetivo principal da sua construção, em 1970, foi de potencializar a capacidade produtiva da região (que abrange não só Ibimirim, mas também os municípios de Inajá, Mandarin, Arcoverde, Custódia e Sertânia), focando na agricultura familiar, para tecnificar o processo de produção agrícola, além de garantir melhorias estruturais, tanto na barragem como no perímetro, sob as ações do poder público. No entanto, segundo funcionários do DNOCS, desde 2013 a autarquia construiu um projeto para a modernização do PIMOX, orçado em 270 milhões de reais, cuja abrangência beneficiaria cerca de 560 (quinhentos e sessenta) lotes de terras em uma faixa de aproximadamente 3.080 hectares, que substituiria um sistema de irrigação antigo que apresenta perda de aproximadamente 70% da água destinada a irrigação, motivo principal para o acelerado processo de seca do açude, por um sistema por microaspersão com eficiência de 90%. Contudo, até os dias de hoje o projeto não saiu do papel, por motivos orçamentários, mesmo comprovada a urgência da implantação de um projeto de uso sustentável e racional dos recursos hídricos e, conseqüentemente, com a diminuição da degradação ambiental.

Destarte, a ausência de cobertura vegetal na APP se dá sobretudo em função de ações antrópicas que vêm se estendendo a vários anos, em razão do falso entendimento de progresso e desenvolvimento em detrimento da perda de vegetação na área, agravando-se no momento que chega as margens dos rios pela desordenada ocupação do território. De um modo geral, a Caatinga tem apresentado historicamente alto nível de degradação da cobertura vegetal na qual essas ações nas APPs desconfiguram todo o equilíbrio ecológico, reduz o potencial de estabelecimento florestal e uso adequado dos seus solos. Esse fator é confirmado pelo mapa de uso e ocupação do solo (figura 4), em que a principal atividade responsável pela mudança da paisagem está ligada a atividade da agricultura de forma irregular na APP. Foi possível identificar a presença de cinco classes de uso e ocupação do solo por meio da classificação supervisionada, as quais são: I) Corpo hídrico; II) Vegetação consolidada; III) Vegetação rasteira; IV) Agricultura; e V) Solo exposto.

Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo no Reservatório Eng. Francisco Sabóia, Ibirimir-PE



Fonte: O autor, 2023.

Por estar situada em uma região rural, o reservatório não tem no seu perímetro áreas povoadas ou edificadas, porém é possível notar grande extensão de área com solo exposto, apresentada no mapa pela cor vermelha. Existem áreas onde a Caatinga demonstra regenerar-se de forma tímida, caracterizando-se por espécies de porte herbáceo e arbustivo, sem muita

variabilidade genética e com muitas ramificações, característica do bioma. Esse cenário se assemelha a um aspecto de savana e está classificado no mapa como vegetação rasteira na cor verde claro. Os remanescentes arbóreos que foram poupados da atividade antrópica estão dispersos e podem ser encontrado no mapa pela cor verde escuro, como vegetação consolidada.

Considerando a APP e a região de drenagem do Reservatório, observa-se que dentre as classes levantadas a de maior abrangência corresponde à Corpo hídrico (Tabela 2), com uma área atual de 2722,18 ha (35%), que compreende 200,07 hm³ de água, em segundo lugar está a vegetação rasteira, com área equivalente a 25%, seguida pela classe Agricultura com 22% e, posteriormente, a de vegetação consolidada e solo exposto, com 9% da área total cada. Esses percentuais são um alerta acerca da má conservação da área de estudo, pois mesmo não sendo obrigatória a cobertura total da APP por vegetação nativa, essa área não deveria apresentar intervenções antrópica, no caso ocupação agrícola, em discordância com a legislação.

Tabela 2. Quantificação das classes de uso e ocupação do solo no Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.

USO DO SOLO	ÁREA (m ²)	ÁREA (ha)	(%)
Corpo hidrico	27221776	2722,18	35%
Vegetação consolidada	7078796	707,88	9%
Vegetação rasteira	19813313	1981,33	25%
Agricultura	16951332	1695,13	22%
Solo exposto	7148696	714,87	9%
Área total	78213913	7821,39	100%

Fonte: O autor, 2023.

O mapa (Figura 4) elucida também que há áreas bastante degradadas, com o uso intenso da terra, com espaços ocupados pela agricultura, especialmente na região mais ao norte, onde acabam ocupando ilegalmente as APPs e as áreas de drenagem expostas pela vazante do reservatório, cuja justificativa se baseia na falta de demarcação da área protegida. Dessa forma, com o consumo de pequenas porções do espaço natural da Caatinga pelo sistema de culturas agrícolas, ocorre um considerável consumo da cobertura vegetal. Para Alves (2007), a derrubada dessa floresta, mesmo com a preservação de algumas dessas

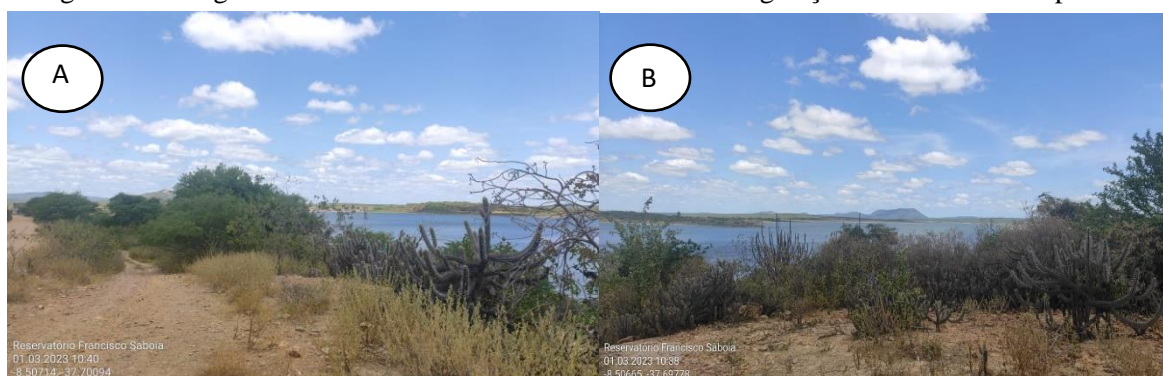
árvores, destrói as condições que são favoráveis ao desenvolvimento do sub-bosque a partir do qual a reconstrução florestal seria possível.

No estudo de Lira (2015), a classe de solo exposto totalizou uma área correspondente a 522ha, logo se constata um ligeiro acréscimo quando comparado com o estudo atual, contudo a capacidade do reservatório se encontrava em estado crítico, (cerca de 540 ha de lâmina d'água, o que significa uma média de 6% da capacidade do açude), e as áreas estavam vulneráveis para quantificações mais abrangentes. A vegetação consolidada apresentou-se bem abaixo dos 707 ha levantados, com 400 ha, a vegetação rasteira com 1245 ha também difere para menos já que foi quantificado agora com total de 1981ha, e a agricultura com alarmantes 4769 há, um valor extraordinário quando comparado com os atuais 1659 ha.

A Caatinga atualmente ainda não apresenta legislação específica com o objetivo de caracterizar a composição florística na área de APP, embora já exista o projeto de Lei nº 4.623/2019 que institui parâmetros que vão além da proteção ao bioma, com restrição ao desmatamento de vegetação nativa e com um zoneamento ambiental das áreas com maior fragilidade (BRASIL, 2019). Ainda são muitas as lacunas legislativas no que concerne a temática da demarcação da APP em reservatórios artificiais, portanto é urgente que trabalhos futuros e as jurisprudências deixem todos os questionamentos sanados e quaisquer problemas de interpretação sejam esclarecidos.

A validação da fitofisionomia da vegetação no entorno do Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia pode ser observada na figura 5, em que se mostra a presença de uma vegetação rasteira com pequenos arbustos, como cactáceas, e solo exposto. A figura 6 indica uma composição florística mais densa com alguns indivíduos arbóreos.

Figura 5- Paisagem do Reservatório Francisco Sabóia com vegetação rasteira e solo exposto.



Fonte: O autor, 2023.

Figura 6- Paisagem do Reservatório Francisco Sabóia, com vegetação arbórea



Fonte: O autor, 2023.

Para Lacerda et al. (2005), por se tratar de um ambiente com boa disponibilidade de água, as matas ciliares dentro do domínio vegetal da Caatinga abrigam espécies com grande interesse econômico, o que potencializa a pressão antrópica. Segundo Araújo (2009), dentre os diversos ambientes presentes na caatinga, as áreas ciliares são alvo de grande devastação devido à proximidade do recurso hídrico, à fertilidade do solo e às condições de clima mais amenas. Para o autor, as famílias botânicas com maior dominância nas áreas ciliares da Caatinga são Cactaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Mimosaceae, Caesalpinaceae.

Conforme averiguado através de pesquisa no órgão regulador IBAMA e no órgão proprietário DNOCS, o Reservatório não possui licenciamento ambiental, evidentemente, não havia licenciamento ambiental em 1957, ano da sua construção, no entanto, em algum momento posterior aos anos 80, esse reservatório deveria ter sido licenciado, já que a legislação obriga "revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras". Contudo, esse panorama de operação de empreendimentos criados antes da instituição das leis correlacionadas sem licença não é algo esporádico, pelo contrário, muitos reservatórios antigos estão passando só agora por processos de licenciamento ambiental, como no caso do complexo hidrelétrico de Paulo Afonso (IBAMA, 2019).

Com a ausência do licenciamento ambiental, conseqüentemente não existe nenhum Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA), o que garantiria o manejo sustentável do seu entorno, não excedendo 10% da APP, segundo a lei nº 12.727, de 2012, admitindo o plantio de culturas temporárias e sazonais de vazante de ciclo curto na faixa de terra que fica exposta no período de vazante, desde que não implique supressão de novas áreas de vegetação nativa, seja conservada a qualidade da água

e do solo e seja protegida a fauna silvestre, para famílias com posse rural e pequenas propriedades (BRASIL, 2012).

Vale salientar que através de um marco regulatório sobre as condições de uso dos recursos hídricos no reservatório Francisco Sabóia, estabelecido pela ANA, na resolução n° 54 de 06 de agosto de 2018, foram definidos Estados Hidrológicos (EH) que usariam a batimetria (cota em metros) e o volume hídrico do reservatório como condicionantes de uso. São eles: o EH Vermelho, EH Amarelo, EH Verde e o EH Azul, conforme descrito na tabela 2.

Tabela. 2 - Estados Hidrológicos do Sistema Hídrico do Reservatório Engenheiro Francisco Saboia.

Estado Hidrológico	Volume hm ³ (maio)	Cota (maio)	Uso	Condições de uso	
				L/s	%
Azul	≥ 279hm ³	≥ 430,55m	Todos consultivos	1598	100%
			Perenização Rio Moxotó	100	100%
			Geração complementar de energia	1552	100%
Verde	Entre 185,80 e 279 hm ³	Entre 427,67 e 430,55m	Todos consultivos	1598	100%
			Perenização Rio Moxotó	100	100%
			Geração complementar de energia	Entre 0 e 1552	Entre 0 e 100%
Amarelo	Entre 98,50 e 185,80 hm ³	Entre 423,79 e 427,67m	Abastecimento público	60	100%
			Demais usos entorno	Entre 15 e 60	Entre 25 e 100%
			Irrigação PIMOX e jusante	Entre 370 e 1478	Entre 25 e 100%
			Perenização Rio Moxotó	Entre 25 e 100	Entre 25 e 100%
			Geração complementar de energia	0	0%
Curva-guia EH Amarelo	128 hm ³	425,31m	Abastecimento público	60	100%
			Demais usos entorno	30	50%
			Irrigação PIMOX e jusante	739	50%
			Perenização Rio Moxotó	50	50%
			Geração complementar de energia	0	0%
Vermelho	≤ 98,50 hm ³	≤ 423,79m	Abastecimento público	≤ 60	≤ 100%
			Demais usos entorno	≤ 15	≤ 25%
			Irrigação PIMOX e jusante	≤ 370	≤ 25%
			Perenização Rio Moxotó	≤ 25	≤ 25%
			Geração complementar de energia	0	0%

Fonte: ANA, 2018

Atualmente, segundo a ANA (2023), o reservatório apresenta um volume de 200,07 hm³, o que corresponde a 39,70% da sua capacidade, e cota de 428,18 m, ou seja, EH Verde, logo, apresenta uma capacidade de desempenhar quase todas as funções planejadas (tendo

posse de outorgas) com pequenas limitações, desde o atendimento ao perímetro, a geração de energia e aos outros possíveis diversos usos. No entanto, por um problema grave na infraestrutura no perímetro de irrigação, que está precarizado, essas potencialidades não estão sendo exploradas há muito tempo, ou seja, o açude está praticamente armazenando um volume considerável de água e perdendo-a pela evaporação, reduzindo os benefícios da acumulação e impactando diretamente centenas de famílias.

O conselho gestor do reservatório (CONSU/Poço da Cruz), é um colegiado deliberativo componente do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco que atua na área de influência à montante e à jusante do reservatório. É constituído por representantes de órgãos públicos federais, estaduais e municipais, entidades civis e usuários de água da área de atuação do conselho, cujo principal objetivo é assegurar a proteção, conservação e usos múltiplos das águas na área de influência, além de colaborar com os poderes públicos na gestão participativa e no cumprimento da legislação específica.

Alguns de seus membros, em reunião, relataram a alta potencialidade de uso que o reservatório teria caso fosse assistido por investimentos governamentais, principalmente por estar em uma região onde a oferta hídrica é mais escassa. Embora com um enxuto orçamento, são realizadas periodicamente reuniões para discutir políticas e ações para o possível funcionamento do açude, com a mediação da ANA, contudo com poucas movimentações pela questão financeira, focando atualmente em questões burocráticas e no desenvolvimento de estratégias para a busca por investimentos no âmbito federal e estadual.

Um retrato dessa potencialidade é que no ano de 2009, o DNOCS firmou contrato com a empresa Rodrigo Pedroso Engenharia para que a mesma pudesse operar a Central Geradora Hidrelétrica (CGH) existente na localidade e, conseqüentemente, gerar energia, o contrato determina a concessão com validade de trinta e cinco anos, ou seja estendido até 2044, com a obrigatoriedade de respeitar a legislação ambiental e de recursos hídricos, zelando pelo bom funcionamento da barragem, objeto da concessão e com o compromisso de recuperar as APPs localizadas ao redor do reservatório, cuja a recuperação se faça necessária. Contudo, a regularização das outorgas que é de responsabilidade do PIMOX e que condiciona a geração de energia na CGH, está irregular e barrada, pois provavelmente agravaria a situação das estruturas do reservatório. Além do mais, existe uma certa resistência das famílias produtoras usuárias do reservatório para irrigação, onde não

enxergam coerência na autorização para geração de energia e não para autorização da atividade de irrigação, que é a atividade principal do reservatório.

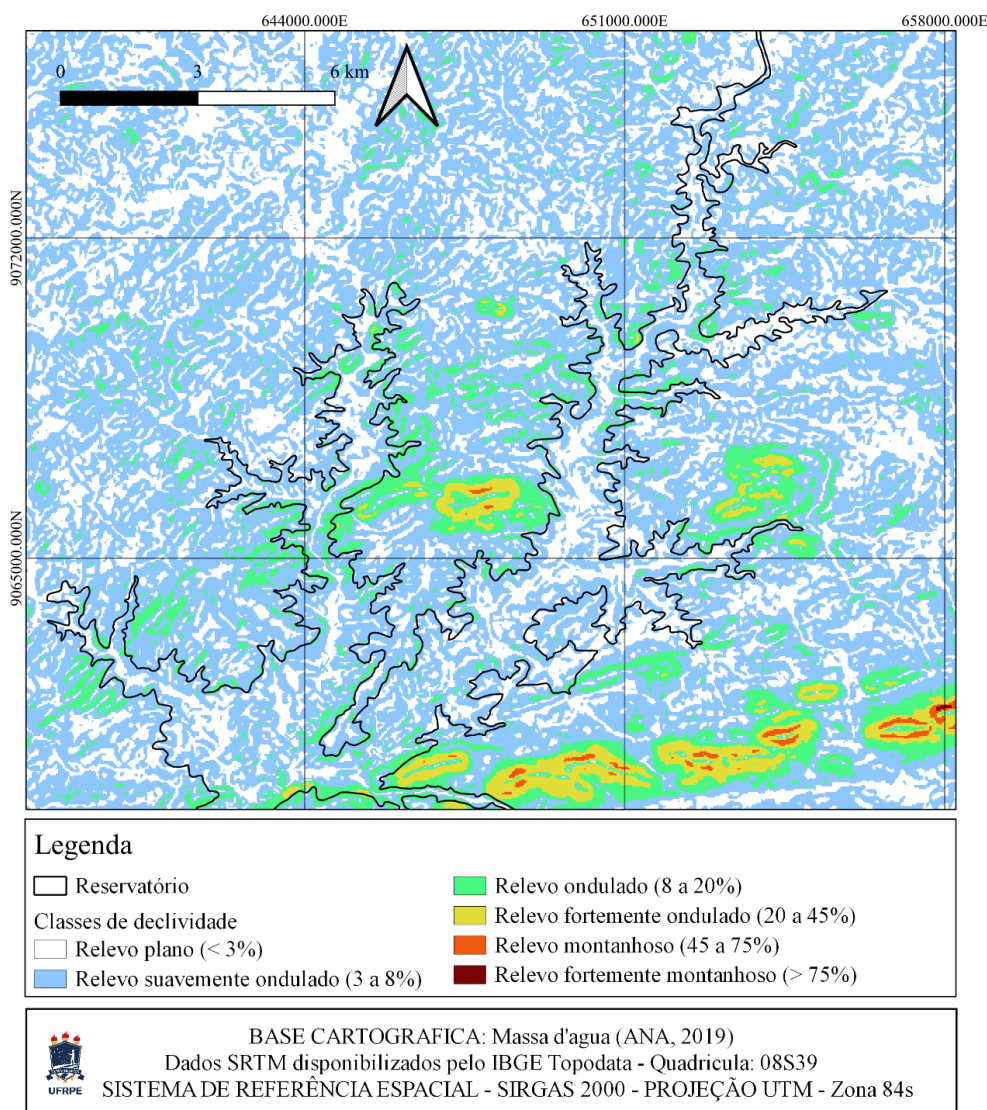
O reservatório já tem um grande amparo teórico para ser referência em utilização eficiente, obviamente com algumas pendências, por possuir um projeto pronto de uma grande obra para modernização do perímetro irrigado para uso sustentável, um marco regulatório, volume adequado, empresa para geração de energia, mas tem o entrave orçamentário que pela escassez de recurso e interesse do poder público faz com que o mesmo não opere, mesmo sabendo que em funcionamento seria de grande valia para a economia da região e do estado.

Visto o completo descaso com a questão ambiental, com a degradação dos solos e das condições hídricas, proporcionado pelo notório desmatamento da mata ciliar e uso indevido da APP, a área limítrofe do reservatório torna-se suscetível a processos erosivos e, conseqüentemente, de assoreamento. Ainda nesse contexto, Xavier et al. (2010) afirmam que, dentre as principais alterações no uso do solo, a erosão é, provavelmente, a forma mais grave de degradação da paisagem ao redor do globo, e as atividades antrópicas têm acelerado esses processos de maneira intensa, tendo como impacto direto o aumento da produção de sedimentos, que, ao atingirem corpos hídricos, se provenientes principalmente de áreas agrícolas, podem ocasionar o assoreamento desses sistemas, além de atuarem diretamente no transporte de outros poluentes.

As matas ciliares apresentam ótima eficiência na retenção de sedimentos, logo quanto maior o seu estado de deterioração, menor será seu poder de filtragem, influenciando diretamente na qualidade da água através de processos físico-químicos e biológicos. As alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, na vegetação e no solo (SANTOS; PEREIRA FILHO, 2010). Entretanto, o transporte dos sedimentos pelo rio é dependente de diversos fatores, como o relevo, a velocidade do corpo hídrico, o clima e a cobertura vegetal da mata ciliar adjacente, o que destaca mais uma vez a importância do componente arbóreo na proteção e controle hidrológico (MACHADO; MADARO; BALBINO, 2010). O relevo é o principal agente controlador do escoamento superficial, e dentre os fatores topográficos, a declividade é, na maioria das vezes, o mais importante na evolução do processo erosivo (PRUSKI, 2006), uma vez que somado ao comprimento da encosta, a velocidade do escoamento tende a aumentar gradualmente resultando em uma erosão mais acentuada.

No mapa de relevo, com a determinação das classes de declividade (Figura 7), é possível observar a partir das características naturais do terreno as áreas mais propensas a processos erosivos. Considerando uma área mais abrangente do que a área de estudo, é possível concluir que o mapa de declividade apresenta uma presença substancial de áreas com classes de relevo plano, que varia de 0 a 3%, onde abarca terrenos com a menor declividade, e relevo suavemente ondulado, que varia de 3 a 8% de declividade. Com isso, grande parte da região não varia muito em relação à declividade, com apenas alguns setores apresentando maiores graus de elevação na classe fortemente ondulado, entre 20 e 45% de declive.

Figura 7 - Mapa do relevo com a classificação da declividade na região do Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, Ibimirim-PE.



Fonte: O autor, 2023.

Essa configuração de declividade mais plana na área de estudo, segundo Lepsch et al. (1991) torna a região propícia para o cultivo de culturas permanentes e anuais com amplo uso da mecanização, o que justifica a presença intensa da atividade agrícola na região. Assim, de acordo com Botelho e Davide (2002), a dominância de áreas sem declividade acentuada na região diminui consideravelmente os prejuízos as condições de estabilidade desses locais, sendo regiões mais suscetíveis ao acúmulo de vegetação e aplicação de métodos de recuperação florestal.

As retiradas da cobertura vegetal na área de APP, podem e devem ser compensadas com medidas mitigadoras para a recuperação dessa área degradada, necessitando que as atividades cessem, para a regeneração da Caatinga se consolidar. No entanto, por conta da pressão antrópica intensa o processo de regeneração não se estabiliza.

A prefeitura de Ibimirim/PE, através do Plano Diretor do município, instituído pela Lei complementar nº 01/2019, se compromete no art. 39, inciso I, III, e V, a conservar, preservar e recuperar e devolver a população o patrimônio do Poço da Cruz e o sistema caatinga, além de desenvolver estratégias para a proteção dos recursos hídricos. Essas políticas públicas devem ser urgentemente postas em prática dada a necessidade de conservação apresentada pelos levantamentos atuais.

6. CONCLUSÕES

Sabendo da grande relevância do bioma Caatinga, sobretudo a funcionalidade ciliar, o diagnóstico da área de preservação permanente do reservatório Engenheiro Francisco Sabóia auxiliou na identificação das fragilidades da área. Com isso, os resultados encontrados apresentam bastante funcionalidade para entender a configuração da área e, posteriormente, servir como base para a elaboração de projetos de conservação e políticas públicas ambientais, de forma a proporcionar melhorias no estado ambiental e, conseqüentemente, na quantidade e qualidade das águas do açude. O uso da geotecnologia proporcionou qualificar e quantificar, por meio de informações espaciais, dados ambientais com melhor exatidão

Com isso, conclui-se que com a introdução do homem no semiárido, a pressão exercida sobre áreas frágeis e sensíveis, no caso a APP, foi bem significativa, acarretando uma interferência grotesca no ecossistema, em especial a atividade de agricultura que contribuiu para alterações estruturais na paisagem. Observa-se que a maior parte das inadequações quanto ao uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório Francisco Sabóia está associado à presença desconforme desta atividade, mediante a ineficiência do poder público de não fiscalizar e não demarcar essas áreas protegidas, contribuindo para o acentuado processo de degradação das matas ciliares.

Torna-se preciso viabilizar projetos que recupere tais áreas, além de garantir a promoção de processos estabilizadores, com a aplicação constante de fiscalização para a aplicação das leis, além de um trabalho de educação ambiental para todos os entes atingidos pelo reservatório, de forma a garantir a conservação da biodiversidade e a manutenção do recurso hídrico que é tão importante para a região que sofre com escassez de água. É urgente a junção de forças para a reativação da operação do reservatório, por ser de suma importância social e econômica para a região, de forma que os problemas possam ser resolvidos pelos vários agentes de interesse, entendendo que, apesar de ser uma obra de domínio da União, é uma infraestrutura hídrica que atende essencialmente o estado de Pernambuco, logo o projeto pode e deve interessar ao governo do estado.

7. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P., MELO, F. P. L. **Socioecologia da Caatinga**. 2018.
- ALVES, J. J. A., ARAÚJO, M. A., NASCIMENTO, S. S. **Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica** Revista Caatinga, vol. 22, n. 3, 2009, pg. 126-135. Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Brasil. Lavras. Minas Gerais. 2009.
- ALVES, J. J; **Geoecologia da caatinga no semiárido do nordeste brasileiro**. Guarabira – PB. Climatologia e estudos da paisagem. v. 2 n. 1, p. 01-14, 2007.
- ANA. **Resolução nº 54, DE 06 de agosto de 2018**. Dispõe sobre condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico Poço da Cruz, e rio Moxotó, localizados no Estado de Pernambuco.
- ANA. Sistema **Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Disponível em: <http://ana.gov.br/> Acesso: 10/abr. 2022.
- Anais do Encontro Fluminense sobre Uso Público em Unidades de Conservação: Gestão e Responsabilidades**. Niterói, RJ, Brasil, 14.
- ANDRADE, E. M. **A floresta tropical seca, caatinga: as incertezas das águas**. TRIM, n.12, 2017.
- ARAUJO, G. M. **Matas ciliares da caatinga: florística, processo de germinação e sua importância na restauração de áreas degradadas**. 2009 (Mestrado em botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2009.
- AYRIMORAES, S., CRUZ, M. e FONTENELLE, T. **Reservatórios artificiais e seus efeitos no balanço hídrico nacional**. Rev. FGV energia, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 04-08, maio 2019.
- BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MADDOCK, J. E. L.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. C.; COSTA, A. R. **The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization, and carbon loss as CO in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil**. Agric. Ecosystems Envir. Dordrecht, v. 132, n.1, p. 243-251, 2009.
- BARROS, F. A. **Efeito de borda em fragmentos de Floresta Montana, Nova Friburgo – RJ**. Brasil. 100f. (Pós-Graduação em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, 2006.
- BOTELHO, S. A., DAVIDE, A. C. **Métodos Silviculturais Para Recuperação de Nascentes e Recomposição de Matas Ciliares**. Lavras. Minas Gerais. 2002.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002**. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Brasília, DF, 2002.
- BRASIL. **Lei 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. São Paulo, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, mai 2012.

BRASIL. **Lei nº 4.229, de 1 de junho de 1963.** Transforma o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em autarquia e dá outras providências. Brasília, DF, 1963.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981.

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, DF, 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 302, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 4.623, 2019.** institui uma lei de proteção da Caatinga, com restrição a desmatamento de vegetação nativa, zoneamento ecológico-econômico (ZEE) e uma política de extrativismo sustentável. Brasília: 2019.

CARVALHO, R. G; **As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no brasil.** 2014. Caderno Prudentino de Geografia. Presidente Prudente, SP. n. 36, p. 26-43. 2014.

CHAVES, I. de B.; LOPES, V. L.; FOLLIOTT, P. F.; PAES-SILVA, A. P. **Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga.** Revista Caatinga. vol. 21. n. 2. p.204-213. 2008.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. **A região semiárida brasileira.** In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.) Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21-48.

COSTA, N. M. C.; COSTA, V. C.; SANTOS, J. P. C. dos. **Definição e Caracterização de Áreas de Fragilidade Ambiental, com Base em Análise Multicritério, em Zona de Amortecimento de Unidades de Conservação.** Encontro de Geógrafos de América Latina – EGAL, 2009

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTE, J. **Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga.** In: Seminário para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Anais... EMBRAPA/CPATSA, UFPE e Conservation International do Brasil, Petrolina. 2000.

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos.** Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. 1 v.

FACUNDO, A. L.; MORAIS, M. A.; PANSERA, C. **Análise geossistêmica da degradação de matas ciliares do semiárido cearense.** Caderno Intersaberes, v.9, n.19, 2020.

FARINA, F. C.; **Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana.** Caderno EBAPE BR. v.4, n.4, 2008.

FERRAZ, J. S. F.; ALBUQUERQUE, U.P.; MEUNIER, I.M.J. 2006. **Valor de uso e estrutura da vegetação lenhosa às margens do Riacho do Navio, Floresta, Pernambuco.** Acta Botanica Brasilica, Porto Alegre, v. 20, p. 1-10. 2006.

FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. **A influência dos eventos climáticos extremos sobre reservatórios do nordeste.** Revista Brasileira de Climatologia. Ano 15. v.25, n. 25, 2019.

FRANCO, M. A. de R., 2008. Planejamento ambiental para a cidade sustentável. Annablume, São Paulo.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera.** 2003 (Mestrado em Geodinâmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2003.

GUNKEL, G., SELGE, F., KEITEL, J., LIMA, D. CALADO, S., SOBRAL, M., RODRIGUEZ, M., MATTA, E., HINKELMANN, R., CASPER, P., Hupfer, M., 2018. **Water management and aquatic ecosystem services of a tropical reservoir (Itaparica, São Francisco, Brazil).** Regional Environmental Change, 18, 1913-1925.

IBGE. **Contagem da população 2021.** 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/?1>. Acesso em: 16 abr. 2022.

IBAMA, Assessoria de comunicação do Ibama. **Ibama realiza reunião pública sobre licenciamento do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso.** 201. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy_of_noticias/noticias-2016/ibama-realiza-reuniao-publica-sobre-licenciamento-do-complexo-hidreletrico-de-paulo-afonso/> Acesso em: 28 mar. 2023.

INMET. **Tabela estações.** 2022. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A349>> Acesso em: 18 jan. 2023.

INPE - **Instituto Nacional e Pesquisas Espaciais**, FAQ. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Disponível em: <http://inpe.br/faq/index.php?pai=1>. Acesso em: 18 abr. 2022. Base de dados.

LACERDA, A.V.; et al. **Levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar do rio Taperoá, PB, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 647-656. 2005.

LEPSCH, J.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas, Soc.Bras.Cien.do Solo, 2001. 175p.

LIRA, M. M. P. **Análise do uso e ocupação do solo no entorno do reservatório Poço da Cruz, Pernambuco** - Brasil. 2015. 95 f. (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; BALBINO, L. C. **Manejo e conservação do solo e água no contexto das mudanças ambientais** – Panorama Brasil. Embrapa Solos Livros técnicos (INFOTECA-E), 2010.

MAPBIOMAS – **Relatório anual do desmatamento no Brasil 2021**. São Paulo, Brasil, pg.126. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 4 fev. 2023.

MARCO, D. J. **Diagnóstico da situação das matas ciliares dos córregos urbanos de Espírito Santo do Pinhal**. 2012. (Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos-SP, 2012.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. **Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar**. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2018.

MARTINS, P. T. A., 2008. **Análise das intervenções antrópicas no manguezal do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia**. (Mestrado em geografia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

MEDEIROS, J.S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**; 2ª edição; INPE, São José dos Campos, 2001.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Municipal Brasileiro**. 14ª. ed. São Paulo: Malheiros, 2006.

MONTAÑO, M. **Os recursos hídricos e o zoneamento ambiental: o caso do município de São Carlos (SP)**. 2002. (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2002.

NASCIMENTO, C. E. S. **Estudo florístico e fitossociológico de um remanescente de caatinga à margem do Rio São Francisco, Petrolina-Pernambuco**. 1998 (Mestrado em botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 1998.

NOGUEIRA, J. A. S. **Os reservatórios artificiais de água e seu importante papel na gestão dos recursos hídricos**. 2017. (Especialização em Direito Ambiental no curso de pós-graduação em Direito Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

NOVAIS, R. P.; JÚNIOR, A. P. C.; OLIVEIRA, M, A. **A perenização de rios pela construção de açudes para o combate à seca no semiárido nordestino**. *Geopautas*, v. 6, n. 27, p. 1-22, 2022.

OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, R.; VIEIRA, J, G. **Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do rio Maranguape – RN: uma contribuição à gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte** – Brasil. *Holos*, v. 5, n. 27, p. 49-66, 2011.

- PETER, S.; De ARAÚJO, J.C.; De ARAÚJO, N.; HERRMANN H.J.. **Flood avalanches in a semi-arid basin with a dense reservoir network**. Journal of Hydrology. 512: 408–420. 2014.
- PRADO, D. E. **As caatingas da América do Sul**. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Org.) Ecologia e conservação da caatinga. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 1-74.
- PRIMO, D. C.; VAZ, L. M. S. **Degradação e perturbação ambiental em matas ciliares: estudo de caso do Rio Itapicuru-Açu em Ponto Novo e Filadélfia Bahia**. Diálogos & Ciência, v. 4, n. 7, p.1-11, jun. 2006.
- PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- REZENDE, G. B. M.; ARAÚJO, S. M.S; **As cidades e as águas: ocupações urbanas nas margens de rios, Pernambuco, Brasil**. Revista de Geografia (Recife), v.33, n.2, p.119-135, 2016.
- RICARDO, V. P. **Projeto de recuperação das matas ciliares**. 2008. (Curso de administração) – Faculdade Centro Paulista de Ibitinga, Ibitinga, 20108.
- SANTOS, F. C. dos; PEREIRA FILHO, W. **Sensoriamento remoto aplicado aos estudos de ambientes aquáticos continentais**. In: Reflexões sobre a Geografia do Rio Grande do Sul: Temas em Debate. Santa Maria: UFSM, 2010. p. 209- 222.
- SCHUSSEL, Z.; NETO, P, N. **Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal**. Ambiente & Sociedade. São Paulo, v. XVIII, n. 3. p. 137- 152, 2015.
- SILVA, A. L. M., 2005. **Direito do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais**. Tribunais, São Paulo, pp. 487
- SOUZA, C. S. **O papel do zoneamento ambiental no planejamento municipal**. PIDCC, Ano II, n. 4, p. 154 – 175, out/2013.
- SOUZA, M. L **As consequências da seca no perímetro irrigado de São Gonçalo, Souza -PB**. 2017. 64 f. (Licenciatura em geografia) – Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2017.
- Teramoto, E. H., Benjumea, M. T., Gonçalves, R. D., & Kiang, C. H. **Séries temporais do índice NDVI na avaliação do comportamento sazonal do aquífero Rio Claro**. *Revista Brasileira de Cartografia*, 70(3), 1135-1157, 2018.
- UICN – União Internacional Para A Conservação Da Natureza**. América do sul, escritório regional: relatório anual: 2019.
- VALLEJO, L.R. (2013). **Uso público em Áreas Protegidas: atores, impactos, diretrizes de planejamento de gestão**.
- XAVIER, A. P. C.; SILVA, R. M S.; **Modelagem temporal dinâmica do uso e ocupação do solo baseado em SIG para a bacia do Rio Tapacurá (PE)**. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 37, n. 1, p. 193 - 210, 2018.
- Z Aidan, R. T. **Geoprocessamento conceitos e definições**. Revista de geografia – PP GEO - UFJF. Juiz de Fora, v.7, n.2, p.195-201, 2017.

XAVIER, F.V; CUNHA, K.L; SILVEIRA, A; SALOMÃO, F.X.T. **Análise da suscetibilidade à erosão laminar na bacia do rio manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando Sistemas de Informações Geográficas.** Revista Brasileira de Geomorfologia. V.11. n.2, p.51-60, 2010