



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Larissa de Sá Menezes

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DINÂMICA DO USO DA TERRA:
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E
TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOTAFOGO/PE**

Recife-PE

2024

Larissa de Sá Menezes

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DINÂMICA DO USO DA TERRA: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E TERRITORIAL DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOTAFOGO/PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestra em Geografia. Área de concentração: Análise Ambiental, Dinâmica Superficial e Climática das Paisagens.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Rodrigues de Lira

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Menezes, Larissa de Sá.

Análise espaço-temporal da dinâmica do uso da terra: uma contribuição para o planejamento ambiental e territorial da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE / Larissa de Sá Menezes. - Recife, 2024.

114f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2024.

Orientação: Daniel Rodrigues de Lira.

Inclui referências.

1. Uso e ocupação da terra; 2. Impactos ambientais; 3. Bacia fluvial; 4. Sensoriamento remoto; 5. Geoprocessamento. I. Lira, Daniel Rodrigues de. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

LARISSA DE SÁ MENEZES

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DINÂMICA DO USO DA TERRA: UMA CONTRIBUIÇÃO
PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO BOTAFOGO/PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestra em geografia. Área de concentração: regionalização e análise regional.

Aprovada em: 20/12/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Rodrigues de Lira (Orientador – Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Lucas Costa de Souza Cavalcanti (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fredson Pereira da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, que sempre me apoiou e torceu por mim. Agradeço também ao meu marido, Gabriel, pela torcida e ajuda de sempre. Aos meus amigos que também estiveram na torcida para que eu conseguisse chegar até aqui, principalmente Carol, Angélica e Ricardo, que estiveram disponíveis para uma expedição de campo. E à Henrique, na troca de ideias e no suporte que me deu nos mapas de declividade.

Agradeço a todos os professores que me ajudaram nessa longa caminhada do mestrado, especialmente ao professor Osvaldo Girão e meu orientador Daniel Rodrigues de Lira. Não tenho palavras para agradecer ao professor Daniel, por toda paciência, conselhos, puxões de orelha e ajuda para que eu pudesse pagar os créditos das minhas disciplinas e escrever a dissertação. Sem tudo isso, eu não chegaria até aqui.

Agradeço especialmente ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN), onde estive, de 2022 a 2024, como Analista de projetos, e que sempre me apoiaram e contribuíram para que eu conseguisse pagar meus créditos, sem que isso prejudicasse a minha vida profissional.

Não poderia esquecer do pessoal do GEQUA/ANTROPOGEO, e dos que me acompanharam na longa trajetória do mestrado, como Danilo e Jonas, e especialmente de Ri Claudio, que esteve longos dias ao meu lado, me ensinando pacientemente o *Google Earth Engine*. Não poderia também esquecer de agradecer a minha amiga Joana, que sempre acreditou em mim.

Por fim, agradecer a Deus por mais essa vitória, por mais essa SUPERAÇÃO. Foram dois anos difíceis, com doença e com as perdas da minha avó paterna, “Vovó Toinha”, meu tio Assis e meu filho Shih tzu, Luke. Entendo que a superação não é o fim da luta, mas o reconhecimento de que o esforço transforma limitações em conquistas.

RESUMO

Historicamente, a área foi utilizada extensivamente para a monocultura de cana-de-açúcar e extração de madeira. Nos últimos 30 anos, tem passado por um processo de urbanização impulsionado pela especulação imobiliária e desenvolvimento de um polo industrial. A pesquisa busca compreender e analisar a evolução do uso e cobertura da terra na bacia do rio Botafogo e suas implicações ambientais e socioeconômicas. O estudo se justifica pela relevância dessa área, que enfrenta problemas como degradação ambiental e crise hídrica, com impactos diretos no abastecimento de água para municípios vizinhos. Para isto, foram utilizadas imagens de satélite (Coleção 8 do Mapbiomas) processadas no Google Earth Engine e em SIG (QGIS) para mapear o uso da terra nas últimas décadas (1990, 2000, 2010 e 2020). Além disso, o método de classificação de canais de drenagem de Strahler foi empregado para compreender o impacto do uso da terra sobre os cursos d'água. Também foram usados métodos de identificação de impactos baseados na Resolução CONAMA nº 01/86 e em avaliações qualitativas *in loco*. A validação do uso e ocupação da terra e dos impactos identificados foram realizados por meio de trabalhos de campo, registros fotográficos, de GPS, e pelo cruzamento com bases de dados oficiais. Como resultados principais, as análises revelaram que a cobertura florestal, Savânica e manguezais cresceram, especialmente devido a restrições legais e criação de áreas protegidas, assim como as áreas urbanas. A aquicultura apresentou crescimento significativo nos últimos 30 anos, seguindo a demanda mundial, apesar de ter sido reduzida em área entre 2010 e 2020, o que provavelmente está relacionada as restrições impostas pelo Código Florestal brasileiro de 2012, permitindo sua utilização apenas mediante estudos técnicos específicos. Corpos d'água e áreas úmidas, como a Barragem de Botafogo, apresentaram redução, o que pode impactar negativamente o abastecimento hídrico. Áreas sem vegetação, Pastagem e a Silvicultura também reduziram em área no período de 30 anos. A monocultura da cana-de-açúcar e a agropecuária se mantiveram predominantes, mantendo a estabilidade. Os impactos ambientais e socioeconômicos analisados mostraram impactos imediatos, de médio prazo e longo prazo significativos, positivos e negativos, que podem se modificar conforme os cenários previstos. Sobre as prospecções futuras para a bacia hidrográfica, foram pensados dois cenários, um relacionando-se aos aspectos fisiográficos e socioeconômicos da bacia e outro aos aspectos ambientais legais. O estudo revela que, apesar dos avanços na preservação ambiental, a urbanização desordenada e o uso intensivo da terra, principalmente para o cultivo da cana-de-açúcar, continuam a comprometer os recursos hídricos da bacia. As projeções indicam

que a expansão urbana continuará a pressionar os sistemas naturais, destacando a necessidade de um planejamento territorial integrado e de uma fiscalização ambiental maior na bacia para garantir a sustentabilidade ambiental e hídrica da região.

Palavras-chave: Uso e ocupação da terra; Impactos ambientais; bacia fluvial; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento.

ABSTRACT

Historically, the area was used extensively for sugarcane monoculture and timber extraction. In the last 30 years, it has undergone a process of urbanization driven by real estate speculation and the development of an industrial hub. The research seeks to understand and analyze the evolution of land use and coverage in the Botafogo River Basin and its environmental and socioeconomic implications. The study is justified by the relevance of this area, which faces problems such as environmental degradation and water crisis, with direct impacts on the water supply to neighboring municipalities. For this, satellite images (Mapbiomas Collection 8) processed in Google Earth Engine and GIS (QGIS) were used to map land use in the last decades (1990, 2000, 2010 and 2020). In addition, Strahler's drainage channel classification method was used to understand the impact of land use on watercourses. Impact identification methods based on CONAMA Resolution No. 01/86 and on-site qualitative assessments were also used. Land use and occupation and identified impacts were validated through fieldwork, photographic records, GPS, and cross-referencing with official databases. The main results of the analysis revealed that forest, savannah, and mangrove cover have increased, especially due to legal restrictions and the creation of protected areas, as well as urban areas. Aquaculture has shown significant growth in the last 30 years, following global demand, despite having reduced in area between 2010 and 2020, which is probably related to the restrictions imposed by the 2012 Brazilian Forest Code, which allows its use only through specific technical studies. Water bodies and wetlands, such as the Botafogo Dam, have shown a reduction, which may negatively impact water supply. Areas without vegetation, pastures and forestry also reduced in area over the 30-year period. Sugarcane monoculture and agriculture remained predominant, maintaining stability. The environmental and socioeconomic impacts analyzed showed significant immediate, medium-term and long-term impacts, both positive and negative, which may change depending on the predicted scenarios. Regarding prospects for the river basin, two scenarios were considered, one related to the physiographic and socioeconomic aspects of the basin and the other to legal environmental aspects. The study reveals that, despite advances in environmental preservation, disorderly urbanization and intensive land use, mainly for sugarcane cultivation, continue to compromise the basin's water resources. Projections indicate that urban expansion will continue to put pressure on natural systems, highlighting the need for integrated territorial planning and greater environmental monitoring in the basin to ensure the region's environmental and water sustainability.

Keywords: Land use/cover; Watershed; Environmental impacts; Remote Sensing; Geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	30
Figura 2 - Script no Google Earth Engine para obtenção de dados de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.	33
Figura 3 - Legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do Mapbiomas	34
Figura 4 - Fluxograma de classificação e análise do uso e cobertura da terra	35
Figura 5 - Mapa das classes de solo da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	43
Figura 6 - Mapa Geológico da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	44
Figura 7 - Mapa altimétrico da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	45
Figura 8 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	46
Figura 9 - Rio Pilão	49
Figura 10 - Rio Catucá	49
Figura 11 - Rio Botafogo	50
Figura 12 - Gráfico do crescimento populacional dos municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	51
Figura 13 -Indústrias do Polo Empresarial de Igarassu/PE.....	52
Figura 14 -Mapa do uso da terra em 1990, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	54
Figura 15 -Mapa do uso da terra em 2000, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	55
Figura 16 - Mapa do uso da terra em 2010, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	56
Figura 17 - Mapa do uso da terra em 2020, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	57
Figura 18 -Mapa das mudanças o uso da terra da Formação Florestal, com destaque para dois pontos principais de modificação, com as linhas vermelhas mais grossas. Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.....	61
Figura 19 -Mapa da Classificação dos canais conforme Strahler (1952).....	62
Figura 20 - Mapa do impacto no uso da terra (2020) nos canais de primeira ordem da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	63
Figura 21- Diagrama de Sankey das classificações do uso da terra nos quatro anos analisados (1990, 2000, 2010 e 2020).....	64
Figura 22 - Área de Mata Atlântica na fronteira de lavouras de cana-de-açúcar	65
Figura 23 - Mapa das mudanças o uso da terra do Manguezal em 1990 e 2020.....	68
Figura 24 - Araçoiaba/PE	69
Figura 25 - Distrito de Botafogo, Itapissuma/PE.....	69
Figura 26 - Mapa das mudanças o uso da terra da área urbana em 1990 e 2020.	71
Figura 27- Silvicultura de eucalipto ao fundo e cultivo de cana-de-açúcar no entorno da imagem.....	73
Figura 28- Lagoa de Botafogo, distrito de Botafogo, Itapissuma/PE	74
Figura 29 – Riacho ao lado da Fábrica <i>Chlorum Solutions</i> , Igarassu/PE	75
Figura 30 – Agropecuário na área do CMINC, Araçoiaba/PE.....	76
Figura 31 – Mapa das mudanças o uso da terra do Uso Agropecuário em 1990 e 2020.....	77
Figura 32 – Vasta área de lavoura de cana-de-açúcar.....	78
Figura 33 – Cana-de-açúcar queimada e empilhada em Igarassu/PE	86
Figura 34 – Processo erosivo em área de lavoura de cana-de-açúcar	88
Figura 35 – Área com potencial para ocupação, em vermelho a bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE Fonte: Adaptado de Marinho, Leitão e Lacerda (2007).	90
Figura 36 – APP de riacho no entorno da lavoura de cana-de-açúcar	95
Figura 37 – Riacho com a ausência de APP adequada, com a presença de cana-de-açúcar	95
Figura 38 – Mapa da declividade em graus da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	97
Figura 39 – Mapa da declividade em porcentagem da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	98
Figura 40 -Mapa das restrições/impeditivos legais ambientais na bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	101
Figura 41 -Mapa da prospecção futura da bacia conforme as restrições/impeditivos legais ambientais	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Setores econômicos mais representativos dos municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.....	53
Tabela 2 - Mudanças do uso da terra para Formação Florestal entre 1990 até 2020	64
Tabela 3 - Mudanças do uso da terra para Área Urbanizada entre 1990 até 2020	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Normais climatológicas da Estação Recife, 1991 a 2020	41
Quadro 2 - Áreas em Km ² das classificações do uso da terra nos quatro anos analisados (1990, 2000, 2010 e 2020).....	58
Quadro 3 - Matriz de impactos socioeconômicos e ambientais na bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
APP	Áreas de Preservação Permanente
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CIMNC	Campo de Instrução Marechal Newton Cavalcante
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
DOLs	Distúrbios Ondulatórios de Leste
E	Leste
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EVA	Estudo de Avaliação Ambiental
FAO	Food and Agriculture Organization
GEE	Google Earth Engine
GL-1	Grupo de Pequenos Rios Litorâneos
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PE	Pernambuco
PIB	Produto Interno Bruto
PSA	Pagamento de Serviços Ambientais
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RMR	Região Metropolitana do Recife
RPPNs	Reservas Particulares do Patrimônio Natural
RVS	Refúgio da Vida Silvestre
SE	Sudeste
SEUC	Sistema Estadual de Unidades de Conservação
SGB/CPRM	Serviço Geológico do Brasil
SICAR	Sistema de Informação do Cadastro Ambiental Rural

SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SW-NE	Sudoeste - Nordeste
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivo Geral.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. JUSTIFICATIVA	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 A evolução do conceito de Paisagem e a relação com os estudos de Uso e Ocupação da terra.....	19
3.2 Cobertura e Uso da terra no contexto de bacias hidrográficas.....	22
3.2.1 <i>Uso e Cobertura da Terra: Perspectivas, Tecnologias e Impactos em Bacias Hidrográficas</i>	22
3.2.2 <i>Diferentes usos e coberturas da terra e suas implicações em bacias hidrográficas</i>	24
3.2.3 <i>Cobertura e Uso da terra, bacias hidrográficas e a Classificação dos Canais de Drenagem de Strahler</i>	26
3.3 Bacias hidrográficas e impactos ambientais	27
4. METODOLOGIA.....	29
4.1 Caracterização da área	29
4.2 Geração da poligonal da bacia hidrográfica do rio Botafogo e a construção dos mapas.....	32
4.3 Classificação e análise do uso e cobertura da terra.....	32
4.4 Identificação e classificação de impactos.....	35
4.5 Prospecção futura da bacia hidrográfica do rio Botafogo.....	37
4.5.1 <i>Prospecção Futura: Aspectos Fisiográficos e Socioeconômicos</i>	37
4.5.2 <i>Prospecção Futura: Aspectos Legais Ambientais</i>	37
5. RESULTADOS	39
5.1 Caracterização física da bacia hidrográfica	39
5.2 Caracterização Socioeconômica da bacia hidrográfica	50
5.3 Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Botafogo	53
5.3.1 <i>A evolução espaço-temporal do uso e ocupação da terra e os impactos socioeconômicos e ambientais gerados na bacia hidrográfica do rio Botafogo</i>	79
5.4 Prospecção futura do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Botafogo.....	89
5.4.1 <i>Prospecção futura do uso da terra com base nos aspectos socioeconômicos e fisiográficos da bacia hidrográfica do rio Botafogo</i>	89
5.4.2 <i>Prospecção futura do uso da terra com base nos aspectos ambientais legais da bacia hidrográfica do rio Botafogo</i>	92
6 CONCLUSÃO.....	104
REFERÊNCIAS.....	107

1. INTRODUÇÃO

Os municípios de Igarassu, Araçoiaba, Itapissuma e Abreu e Lima estão localizados no litoral norte de Pernambuco, onde está um dos maiores índices de urbanização do estado. O uso e ocupação das terras destes municípios se iniciou com cultivo da monocultura da cana-de-açúcar e do coco, e posteriormente com a extração de madeira e lenha para consumo local. Mais recentemente, com o desenvolvimento das rodovias, como a BR-101, essa urbanização se caracterizou pela atividade industrial intensa, especialmente a indústria sucroalcooleira, pelo turismo relacionado as características físico-ambientais e históricas do território, além da ocupação de segundas residências, na forma de casas de veraneio (CPRH, 2003).

Atualmente, o processo de urbanização no litoral norte de Pernambuco está relacionado ao recente polo automotivo e industrial de Goiana e a expansão imobiliária de alto padrão que segue na direção norte do bairro de Aldeia, Camaragibe, no sentido de Araçoiaba, como alternativa de qualidade de vida próxima à natureza.

Diante disto, esse uso e ocupação das terras sem planejamento territorial prévio causou/tem causado diversas alterações nos seus aspectos ambientais, o que afetou/tem afetado os sistemas costeiros e entre outros, o sistema da bacia hidrográfica do rio Botafogo, objeto deste estudo. Entre as alterações está a crise hídrica e a consequente falta de água para o abastecimento da população local. Isto tem sido uma realidade para a Barragem de Botafogo, situada no rio de mesmo nome, que compõe um dos maiores reservatórios de abastecimento de água de Pernambuco, responsável pelo abastecimento de municípios de Olinda, Paulista, Igarassu e Abreu e Lima, na Região Metropolitana do Recife.

Dessa maneira, faz-se necessário estudos do padrão de uso e ocupação da terra, o qual traz maior consistência ao planejamento territorial (Turetta, 2011) e ambiental. Por meio destes estudos, é possível identificar os agentes responsáveis pelas condições ambientais de um lugar, e consequentemente trazer sugestões de melhorias de aproveitamento dos recursos naturais (Mendonça, 1997), controlar o seu consumo, prevenir a ocorrência de novos impactos e prever condições futuras desse lugar. Isto garante a segurança da população, da biodiversidade local e da economia no desenvolvimento do uso da terra.

Além do mais, os estudos existentes na bacia hidrográfica do rio Botafogo estão relacionados, a exemplo, a análise do uso de herbicidas e suas implicações (Albuquerque Junior & Rodrigues, 2022), da qualidade das águas (Lima, 2006), análises sedimentológicas (Lima, 2008), de mapeamento geomorfológico e de processos erosivos (Ferreira, 2008), e às

condições ambientais do estuário da bacia (Otsuka *et al.*, 2014), não havendo estudos envolvendo o uso e ocupação da terra e sua relação com os aspectos ambientais legais e fisiográficos da bacia hidrográfica.

Sendo assim, esta pesquisa está alicerçada na perspectiva geossistêmica de análise objetivando identificar a evolução espaço-temporal de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo, relacionando-a aos impactos nesta bacia e às implicações futuras desse uso e ocupação, considerando a importância dos serviços ambientais prestados por essa bacia hidrográfica à população do litoral norte de Pernambuco. Para isto, serão utilizadas geotecnologias, com foco no Sistema de Informação Geográfica (SIG) e geração de imagens por sensoriamento remoto, para a produção de mapas temáticos e visualização da dinâmica do uso e cobertura da terra. As imagens de satélite permitem a visualização das mudanças no uso e cobertura da terra em um dado tempo e espaço. Também será realizado um trabalho de campo para identificação dos impactos na bacia hidrográfica do Botafogo e para validação do uso e ocupação da terra gerados; e a pesquisa bibliográfica dos aspectos fisiográficos, socioeconômicos e das leis ambientais vigentes.

Aliado a isto, a teoria geossistêmica contribuirá nessa pesquisa no entendimento e análise da dinâmica do uso da terra por meio das informações geomorfológicas, geológicas, pedológicas, altimétricas e hidrográficas. Considerando a bacia hidrográfica como um território, essas informações serão aliadas aos dados socioeconômicos que compõe a bacia hidrográfica do rio Botafogo, que representam importantes elementos relacionados a mudanças no uso da terra.

Espera-se que esta pesquisa possa subsidiar outras pesquisas e no planejamento urbano e ambiental dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Botafogo.

1.1 Objetivo Geral

Identificar os usos e cobertura da terra em uma escala de evolução espaço-temporal para a Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo através da aplicação de geotecnologias.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar o processo de evolução uso e ocupação da terra por meio de mapas gerados a partir de imagens de satélite (das quatro últimas décadas);

- Relacionar o processo temporal de uso e ocupação da terra aos impactos gerados na bacia hidrográfica do rio Botafogo;
- Classificar o sistema de drenagem conforme Strahler (1952) para determinação da ordem dos cursos de água e do impacto do uso e ocupação da terra nos canais de primeira ordem;
- Problematizar situações futuras do processo temporal de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo, considerando os aspectos fisiográfico, socioeconômico e as restrições/impedimentos legais ambientais no território.

2. JUSTIFICATIVA

A Geomorfologia tem sido uma grande aliada nos planejamentos ambientais e urbanos municipais devido a sua abordagem holística acerca da natureza e da sociedade, permitindo, entre outros, o conhecimento integrado das características do relevo, dos processos atuantes neste, das fragilidades e potencialidades dos sistemas ambientais. Isto possibilita o uso da água e a ocupação da terra de modo mais adequado, e assim, sendo possível preservar, recuperar e conservar os sistemas ambientais, subsidiando ações futuras (Bergamo e Almeida, 2006).

Além do mais, são poucos os estudos que tratam a urbanização como fenômeno geomorfológico, já que grande parte deles estão direcionados para outras atividades (Rodrigues, 2005). Guerra e Marçal (2015) destacam a relevância dos estudos sobre a geomorfologia e suas interações com o ambiente urbano, contribuindo com informações ambientais em análises urbanas. Esses autores apontam que tais investigações buscam compreender até que ponto as alterações no ambiente provocadas por atividades humanas podem acelerar processos relacionados à dinâmica terrestre.

Também, de acordo com Coelho (2014), geógrafos físicos ou geomorfólogos normalmente se restringem a pouca inserção, ainda insuficiente, da população, do ser humano e quase nunca da sociedade nos seus estudos. Os autores afirmam ainda que os geógrafos, de maneira geral, falham ao trazer as relações socioespaciais, principalmente sobre sua relevância.

No contexto das análises sobre sistemas fluviais, essas mudanças no uso da terra causadas pelo homem impactam diretamente os canais fluviais, alterando sua configuração, influenciando sua dinâmica e gerando impactos socioeconômicos e ambientais (Cunha, 2012).

Dentro deste contexto, o mapeamento do uso e ocupação da terra constitui-se de uma importante ferramenta para dar consistência aos estudos de planejamento territorial e

ambiental. Além disso, permitem a compreensão de processos de modificação do espaço geográfico ao longo do tempo, caracterizar os serviços ambientais prestados pelo território, permitem o conhecimento da fragilidade dos recursos naturais e das terras, que se refletem na paisagem da bacia hidrográfica (Turetta, 2011).

Por meio da análise dos impactos gerados pelo uso e ocupação das terras é possível relacionar à perda de diversidade gerada pela fragmentação e degradação de *habitats* (Turetta, 2011). Por meio dessa análise, também é possível observar as mudanças nas relações sociais e ecológicas, em situações futuras, que ao longo do tempo necessitam ser problematizadas e interrogadas constantemente (Coelho, 2014).

Sendo assim, o mapeamento do processo de evolução do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Botafogo é de grande importância, uma vez que tem sofrido com a ação antrópica, especialmente com a ocorrência de processos erosivos devido à substituição da cobertura vegetal natural pela atividade agrícola da cana-de-açúcar, com a expansão urbana e inserção de indústrias em seu perímetro (Lima, 2006). Isto afeta diretamente a oferta de água na bacia hidrográfica, e conseqüentemente o abastecimento de água da parte norte da Região Metropolitana do Recife (RMR), especialmente os municípios de Olinda, Paulista, Igarassu e Abreu e Lima.

A Barragem de Botafogo tem sofrido com a crise hídrica ao longo de décadas, em 2015 o reservatório operava com apenas 16% da capacidade (JC, 2015), em 2020 estava com 16,89% da sua capacidade e mais recentemente, em 2021, estava com 4,5% da sua capacidade (G1, 2021).

Dessa forma, são claros os impactos antrópicos sobre o sistema fluvial dessa bacia hidrográfica e que reverberam além dos seus limites. De acordo com Wohl *et al.* (2017), estes impactos são ainda mais significativos, como nunca foi em outro momento da história, com a construção de barragens e modificações no uso do solo. Segundo Silva (2020), parte importante dos processos de alteração da paisagem e a suas conseqüências para a população ocorrem nos vales ou canais fluviais, respondendo rapidamente no sistema fluvial. Essas conseqüências estão relacionadas ao escoamento superficial e a fluxos no canal fluvial, que podem gerar processos erosivos, assoreamento, movimentos de massas, enchentes etc.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A evolução do conceito de Paisagem e a relação com os estudos de Uso e Ocupação da terra

A paisagem se apresenta como uma das categorias da geografia e se entrelaça com a

história do pensamento geográfico. Apresenta conceitos que se inserem tanto na dicotomia da Geografia Humana quanto da Geografia Física. Vitte (2007) afirma que o conceito de paisagem apresenta vários sentidos, sendo o resultado de uma representação social e filosófica, determinada por um contexto histórico. É um conceito elástico, cômodo e ao mesmo tempo complexo (Bertrand, 2004; Vitte, 2007).

A evolução desse conceito perpassa a história, há mil anos, por meio da palavra *Landschaft* do alemão (Troll, 1997). Mas se desenvolveu no Renascimento, no século XV, por meio de pintores renascentistas, como o Leonardo da Vinci e o Eyck. Houve aqui um distanciamento entre o homem e a natureza. No século XVI, a paisagem denotava o sentido de espaço, região, território e nação. No Romantismo, o conceito de paisagem recebeu uma nova dimensão, o tempo, além da valorização das singularidades, de uma identidade própria a cada nação e comunidade. As paisagens representariam agora várias possibilidades de contemplação e de conexões entre a cultura e a natureza (Vitte, 2007).

No século XIX, da paisagem resultava a paisagem cultural e paisagem natural; em uma abordagem mais descritiva e morfológica. A paisagem ganha características de lugar e território e destacam-se os autores Humbolt, Richthofen, Passarge, Dokoutchaev, da escola russa e Gilbert e Davis da escola anglo-americana, que analisaram a paisagem sob a perspectiva da evolução do relevo (Guerra e Marçal, 2015). Nesse momento também surgia o aumento nas escalas e proporções; e as escalas tornaram-se indissociáveis dos estudos das paisagens (Bertrand, 2004; Vitte, 2007). No século XX, Christofolletti (1999) afirma que nas duas primeiras décadas desse século a paisagem é analisada sob as descrições dos seus elementos físicos em relação às atividades socioeconômicas, apontando o conceito de paisagem como unidade territorial. Também esteve sob influência do naturalismo do século anterior.

A paisagem se tornaria ainda o objeto de estudo da Geografia e na Geografia Física passaria a ser sinônimo de natureza. É um conceito que apresenta duas perspectivas: uma estética-fenomenológica, a qual traz a paisagem como representação, visíveis pelo homem; e outra geopolítica, vista como uma porção territorial onde se desenvolve pequenas comunidades humanas (Vitte, 2007).

No contexto da evolução do conceito de paisagem na Geografia Física e de um novo redirecionamento e interpretação desse conceito, surge na década de 1960 do século XX, a Teoria Geral dos Sistemas, trazendo uma visão mais integradora.

Os sistemas são uma totalidade criada pela integração de um conjunto, estruturado, das partes componentes, cujas inter-relações funcionais e estruturais criam uma totalidade que não se encontra nessas partes componentes quando separadas. Apresentam propriedades comuns, com unidades controladas, mas condicionadas ou dependentes entre si, havendo uma relação funcional, de conexões de matéria e energia. Em uma subclassificação, os sistemas ambientais são do tipo complexo espacial, devido a sua abundância de unidades e de seus fluxos de interação, e se organizam em um algum espaço da superfície terrestre. Esses sistemas são representados pelos geossistemas e ecossistemas (Almeida e Tertuliano, 2013; Christofolletti, 1999).

Os geossistemas apresentam uma visão holística e integradora das paisagens da terra e sua teoria, a Teoria dos Geossistemas, com bases na Teoria das Paisagens (*Landschaft*), foi trazida por Victor Sothava nos anos de 1960, sendo um novo marco para o conceito de paisagem (Guerra e Marçal, 2015). Esta teoria tem sua importância por ser aplicável a estudos que objetivam a compreensão e a preservação do meio ambiente, sendo capaz de auxiliar no processo de ocupação da terra, possibilitando uma redução do desequilíbrio da ordem natural provocado pela ação humana, e aproximando as pesquisas nas relações homem-meio. Por meio dessa teoria é possível também pensar o desenvolvimento e reconstrução de territórios (Silva, 2020).

Nesse sentido, na Geografia Física, a paisagem foi definida como a interação entre o georelevo, estrutura territorial que apresentaria um potencial de ocupação e biológico (Vitte, 2007), e as paisagens naturais com as paisagens culturais, produzidas pelo homem. Posteriormente, com o positivismo e a especialização do saber, esse conceito foi descaracterizado (Vitte, 2007). Ab'Saber (1969) trouxe mais tarde outro conceito de paisagem, o qual compreendia a paisagem como sendo a relação entre os processos passados e os atuais, estes responsáveis pela atual dinâmica das paisagens. Ab'Saber foi um dos estudiosos do Brasil mais importantes na compreensão da paisagem.

Sauer (1998) definiu a paisagem como sendo uma área composta por uma associação de diferentes formas, sendo físicas e culturas, com estrutura e função determinadas por formas dependentes e integrantes. Divide essa paisagem em sítios, que são a soma dos recursos naturais e a sua expressão cultural, da ação antrópica. A paisagem cultura é criada a partir de uma paisagem natural.

Na Geografia Humana, Santos (1994) traz a paisagem como o resultado de um

processo de acumulação, contínua no tempo e no espaço, apresentando um conjunto de formas e funções em constante transformação, com aspectos visíveis e invisíveis, da relação da paisagem com a sociedade. Sartre (2005) e Serpa (2013) trazem a análise de cada paisagem de forma única em um meio infinito de possibilidades de análises. Mas diz que não há uma análise crítica da paisagem atual sem analisar o espaço.

“A geração da paisagem é o resultado imediato da intencionalidade humana na superfície terrestre. Seja ontem ou hoje, por meio dos mais variados meios técnicos e científicos, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. Assim, a paisagem é uma representação do espaço” (Vitte, 2007, p. 77).

Dentro desse contexto, para a compreensão e análise da paisagem de modo integrado, os estudos do uso e ocupação da terra em uma escala espaço-temporal são de suma importância. Eles permitem subsidiar o planejamento de ações futuras, adequando o uso das terras a melhorias ambientais em bacias hidrográficas, por exemplo. Além disso, visa compreender o padrão de organização do espaço pelo homem ou as categorias de vegetação que reveste um solo, podendo ser analisadas as tendências futuras de uso (Pedreira *et al.*, 2009; Rosa, 2007).

3.2 Cobertura e Uso da terra no contexto de bacias hidrográficas

3.2.1 *Uso e Cobertura da Terra: Perspectivas, Tecnologias e Impactos em Bacias Hidrográficas*

Semanticamente, a expressão “uso da terra” pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, forma diferenciada que apresenta diferentes padrões espaço-temporais. Portanto, se refere ao uso cultural da terra. A “cobertura da terra” está associada a cobertura natural ou artificial da terra, referindo-se ao seu revestimento (Novo, 1989; Rosa, 2007; Vale, Bordalo e Fonseca, 2015).

Os primeiros estudos acerca do uso e ocupação da terra surgiram no século XIX, destacando-se na década de 1980, com a degradação ambiental das florestas tropicais e foi conduzido por diversas disciplinas, mas não de forma integrada. O objetivo dos estudos era como as ações humanas e biofísicas afetavam o uso e cobertura da terra e quais os impactos ambientais e sociais dessas modificações, realizando análises comparativas, observações e formulações de modelos integrados regionais e globais. Nos anos de 1990 para 2000 a tecnologia do sensoriamento remoto já auxiliava nas análises do uso e cobertura da terra. Nos

anos 2000, foi redefinida a teoria e a metodologia dos estudos sobre mudanças no uso e cobertura da terra, fortalecendo a abordagem multidisciplinar e análises multiescalares (Côrtes e D'Antona, 2014).

De acordo com Leite e Rosa (2012), o uso e cobertura da terra constituem-se em uma das informações mais acessíveis em uma imagem de satélite, sendo possível a visualização e identificação dos elementos apresentados. Os autores afirmam também que o uso de sensores remotos e de *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas - SIGs são tecnologias aliadas e complementares, pois pelo sensoriamento remoto se obtêm dados de maneira rápida, repetitiva e confiável, em diferentes escalas e faixas espectrais, que são trabalhados em ambiente SIG, conectando esses dados com outros produtos, gerando mapas, por exemplo.

Os mapas são importantes no planejamento local ou regional, pois apresentam a distribuição espacial da tipologia da ação humana geradas por meio da análise de imagens dos sensores remotos, e quando são atualizadas, orientam a ocupação da paisagem, sendo possível entender a sua vulnerabilidade/estabilidade e capacidade de suporte (Leite e Rosa, 2012).

Em bacias hidrográficas, como são unidades fisiográficas formadas por cursos d'águas, rio principal e afluentes, que formam uma rede de drenagem e interagem com a vegetação, o clima e a topografia (Christofolletti, 1980), o uso e ocupação da terra se torna um fator importante na influência dos seus processos hidrológicos e ecológicos, afetando diretamente a qualidade da água e a hidrologia local. De acordo com Oliveira *et al.* (2019), práticas inadequadas de uso do solo, como a expansão urbana desordenada, o desmatamento e a agricultura intensiva, contribuem para a erosão do solo, o assoreamento dos corpos d'água e a poluição por sedimentos, nutrientes e pesticidas. Esses processos podem levar à degradação dos ecossistemas aquáticos e à diminuição da disponibilidade de água para consumo humano, agrícola e industrial.

A pesquisa de Lima e Silva (2020) destaca a importância de utilizar ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para mapear e monitorar as mudanças no uso da terra em bacias hidrográficas. Essas tecnologias são comumente usadas em análises de bacias hidrográficas e permitem a análise espacial e temporal das transformações na cobertura do solo, facilitando a identificação de áreas críticas e a elaboração de estratégias de manejo sustentável.

Além disso, os estudos de uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas precisam

considerar os aspectos socioeconômicos e culturais das comunidades locais, uma vez que as formas de uso e ocupação da terra se originam das atividades econômicas. Esses aspectos são vitais para a compreensão das dinâmicas de uso e ocupação da terra, pois influenciam diretamente como as comunidades interagem com o meio ambiente e utilizam os recursos naturais. As atividades econômicas, como a agricultura, a pecuária e o turismo, são determinantes no uso da terra em bacias hidrográficas.

Em síntese, a relação entre os estudos de uso e ocupação da terra e as bacias hidrográficas permite identificar os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos e desenvolver estratégias de mitigação que promovam a sustentabilidade ecológica, econômica e social.

3.2.2 Diferentes usos e coberturas da terra e suas implicações em bacias hidrográficas

Entre os principais usos e coberturas da terra presentes em bacias hidrográficas estão: formações florestais, presença de agricultura, especialmente de monoculturas; pecuária, áreas urbanizadas e de corpos d'água.

A formações florestais, incluindo remanescentes de vegetação nativa, como a Mata Atlântica, são fundamentais para a proteção das bacias hidrográficas, pois regulam o ciclo hidrológico, promovem a infiltração de água no subsolo, alimentando os aquíferos; e controlam a erosão do solo (Rodrigues *et al.*, 2011), por meio da redução do escoamento superficial, o que conseqüentemente reduz o transporte de sedimentos para os corpos d'água.

De acordo com Ellison *et al.* (2017), as florestas são fundamentais para a manutenção da qualidade da água, especialmente em áreas de captação de água para consumo humano, uma vez que atuam como filtros biológicos, retendo poluentes e nutrientes antes que estes cheguem aos cursos d'água. Além disso, mantém a fertilidade e proteção do solo, produz madeira, alimentos, remédios, fibra, óleos para o homem, fauna, também paisagens cênicas (MMA, 2020). Dessa forma, são inúmeros os serviços ecossistêmicos gerados pelas formações florestais. Mais recentemente tem se falado do serviço de crédito de carbono, não somente das formações florestais, como também das áreas de mangue.

Os manguezais desempenham papel semelhante às formações florestais atuando entre os ambientes terrestre e marinho como zonas de retenção de sedimentos e filtrando poluentes antes que eles atinjam os corpos d'água, além de serem áreas críticas para a biodiversidade (Kjerfve *et al.*, 2012). Os manguezais, juntamente as áreas artificiais, como açudes, represas

ou barragens, e lagos, são considerados zonas úmidas, áreas que correspondem a 20% da superfície territorial do Brasil (MMA, 2013), que desempenham um papel crucial na recarga de lençóis freáticos e na proteção contra eventos extremos, como tempestades e enchentes (Ewel *et al.*, 1998; Alongi, 2014).

No entanto, a conversão desses ecossistemas para usos antrópicos, como pela expansão da aquicultura ou expansão urbana, pode resultar em degradação de bacias hidrográficas e perda de serviços ecossistêmicos.

A silvicultura, dependendo de sua gestão, pode ter impactos tanto positivos quanto negativos. Florestas plantadas, como eucalipto e pinus, ajudam a reduzir a erosão em comparação com solos expostos, mas também podem alterar o balanço hídrico, aumentando a evapotranspiração e reduzindo a disponibilidade de água nos cursos d'água (Ferraz *et al.*, 2013). Por outro lado, os campos alagados e áreas de aquicultura, quando manejados de forma sustentável, podem funcionar como zonas de amortecimento, ajudando a regular o fluxo de água e filtrando sedimentos (Sousa *et al.*, 2017).

A utilização de áreas para pastagens e agricultura apresenta grandes desafios. A conversão de vegetação natural para esses fins frequentemente aumenta a compactação do solo e a erosão, resultando em assoreamento de rios e contaminação por agroquímicos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2013), 70% da água doce são utilizados para a agricultura e na produção de alimentos, sendo 54% utilizados para a irrigação.

No caso específico da monocultura da cana-de-açúcar, o cultivo intensivo em regiões de bacias hidrográficas tem sido associado ao aumento do escoamento superficial, transporte de sedimentos e poluição por fertilizantes e defensivos agrícolas, o que pode comprometer a qualidade da água e a biodiversidade aquática (Martinelli & Filoso, 2008; Souza *et al.*, 2020). Ela é uma das culturas agrícolas que mais consome água, que ocorre tanto pela evapotranspiração das plantações quanto pela irrigação, especialmente em regiões semiáridas ou de baixa precipitação.

Estudos indicam que o cultivo de cana-de-açúcar pode reduzir significativamente a disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas, especialmente quando associado a práticas de irrigação ineficientes ou monoculturas extensivas (Silva *et al.*, 2014). Segundo Gerbens-Leenes *et al.* (2009), a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar requer volumes consideráveis de água, não apenas para o cultivo, mas também para os processos industriais, o que coloca maior pressão sobre os recursos hídricos das bacias onde a cultura está inserida.

Em relação a urbanização, é um dos principais fatores de transformação das bacias hidrográficas, impactando significativamente os recursos hídricos em termos de quantidade, qualidade e distribuição. À medida que as cidades se expandem, a substituição de superfícies permeáveis por impermeáveis, como concreto e asfalto, reduz a infiltração de água no solo e aumenta o escoamento superficial. Esse processo intensifica a frequência e a gravidade de enchentes, altera o regime hidrológico e reduz a recarga dos aquíferos subterrâneos, que são fontes críticas de água em muitas bacias hidrográficas (Paul & Meyer, 2001).

A urbanização intensifica também a demanda por água devido ao aumento do consumo doméstico, industrial e para serviços. Conforme o Ministério do Meio Ambiente (2013), nesse ano eram utilizadas 22% da água para o abastecimento humano urbano, 17% para o uso industrial e 7% para dessedentação animal e abastecimento rural. Regiões metropolitanas, em particular, enfrentam desafios relacionados à captação, tratamento e distribuição de água, frequentemente utilizando volumes significativos de recursos hídricos provenientes de bacias hidrográficas distantes (McDonald *et al.*, 2014). Essa dependência pode levar à sobre-exploração das fontes hídricas, resultando em escassez de água para comunidades rurais e ecossistemas.

Dessa forma, esses usos e coberturas da terra influenciam processos hidrológicos, qualidade da água e estabilidade ecológica nas bacias hidrográficas tanto positivamente quanto negativamente, sendo necessária uma gestão territorial e ambiental eficiente.

3.2.3 Cobertura e Uso da terra, bacias hidrográficas e a Classificação dos Canais de Drenagem de Strahler

O geógrafo Arthur N. Strahler propôs um método de classificação dos canais de drenagem amplamente utilizado em estudos de bacias hidrográficas, o qual associa a hierarquia dos cursos d'água à sua posição na rede de drenagem. Segundo Strahler, os canais são classificados em ordens: um canal de primeira ordem não possui afluentes e está localizado no início da rede de drenagem, onde geralmente estão as nascentes; enquanto um canal de segunda ordem resulta da confluência de dois canais de primeira ordem, e assim por diante. Essa classificação é essencial para compreender a organização espacial e funcional das bacias hidrográficas, pois reflete o padrão de escoamento superficial, a capacidade de transporte de sedimentos e a distribuição de fluxos ao longo da rede fluvial (Strahler, 1957).

A análise da hierarquia dos canais de drenagem torna-se ainda mais relevante quando relacionada ao uso e ocupação da terra. Modificações antrópicas, como desmatamento,

urbanização e práticas agrícolas intensivas, alteram a dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas, afetando o padrão de escoamento e o comportamento dos cursos d'água em diferentes ordens. Essas alterações podem intensificar processos erosivos em canais de baixa ordem ou aumentar os riscos de enchentes em canais de alta ordem (Costa *et al.*, 2013; Pires *et al.*, 2018).

A aplicação da classificação de Strahler em ambientes urbanos permite compreender como as redes de drenagem são reconfiguradas pela ação antrópica. Canais de ordem inferior, muitas vezes localizados em áreas de cabeceira, tendem a ser os mais impactados, devido à ocupação desordenada e ao descarte inadequado de resíduos. Essas áreas também desempenham um papel essencial na recarga de aquíferos e no controle do fluxo para os canais de ordens superiores (Silva *et al.*, 2020).

Estudos como o de Silveira (1993) também destacam que a classificação de Strahler auxilia na identificação de padrões de drenagem e na compreensão dos processos geomorfológicos em bacias hidrográficas sujeitas a intervenções antrópicas. Além disso, estudos indicam que a integração dessa abordagem com análises sobre o uso e ocupação da terra oferece subsídios fundamentais para identificar áreas prioritárias para conservação e manejo sustentável (Silva *et al.*, 2020; Almeida & Santos, 2021). A hierarquização dos canais é essencial para o planejamento e a gestão ambiental e para a gestão integrada dos recursos hídricos, fornecendo elementos para a implementação de práticas de conservação do solo e da água, e permitindo o monitoramento de áreas críticas na bacia e o planejamento de estratégias de mitigação de impactos ambientais e socioeconômicos do uso e ocupação da terra.

Em suma, a classificação dos canais de drenagem conforme Arthur N. Strahler oferece uma base sólida para a análise integrada das bacias hidrográficas, permitindo avaliar as interações entre a rede de drenagem e as atividades humanas. Essa abordagem é indispensável para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável dos recursos hídricos e para a minimização dos efeitos adversos das mudanças no uso e ocupação do solo.

3.3 Bacias hidrográficas e impactos ambientais

As bacias hidrográficas são unidades fisiográficas formadas por cursos d'água que compõem uma rede de drenagem e pela interação desses cursos d'água com a vegetação, o clima e a topografia. A rede de drenagem capta a água da chuva e sedimentos, defluindo-os

para o exutório (Christofoletti, 1980; Araújo *et al.*, 2009).

Christofoletti (1980; 1999) traz as bacias hidrográficas como um sistema geomorfológico aberto, que recebe através de agentes climáticos e da tectônica e perde energia através do deflúvio. Por ser um sistema, apresenta variáveis interdependentes que variam conforme um padrão e quando não perturbadas encontram-se em equilíbrio dinâmico. De modo contrário, quando há alteração de quaisquer elementos, há uma adaptação do sistema, um ajustamento as novas condições de equilíbrio. O comportamento hidrológico da bacia está sujeito às ações antrópicas e as suas características geomorfológicas.

Também é definida como uma área de drenagem de um rio principal e de seus afluentes, composta por microbacias, que compõem subsistemas, e de ecossistemas, como as várzeas, terra firme etc. (Cunha e Coelho, 2012). Esses autores afirmam que o conceito de bacia hidrográfica não é somente geográfico e natural, mas também é socialmente construído, apresentando dimensões social, política e cultural, pois as bacias hidrográficas não respeitam os limites político-administrativos de um município ou estado, podendo conter mais de um município, estado ou país. Dessa forma, são recortes para análise territorial e de gestão ambiental, envolvendo a tomada de decisões, divisão de responsabilidades e ação política.

Sendo assim, são importantes sistemas ambientais que recebem matéria e energia vindas de diferentes condições antrópicas e naturais, e por isto, tem sido um dos sistemas mais impactados, onde grande parte dos danos ambientais acontece, especialmente por se situarem em áreas urbanas aliadas, pela falta de pessoas especializadas para a gestão desse recurso e ou mesmo pela falta de comprometimento ambiental (Araújo *et al.* 2009; Guerra e Marçal, 2015).

A expansão urbana tem castigado as bacias hidrográficas nos dois últimos séculos, ocasionando o aumento de áreas impermeáveis, alterações de canais, impactando diretamente o sistema fluvial urbano (Vieira e Cunha, 2014).

“(…) As atividades humanas podem afetar mudanças num longo período, à medida que o uso da terra é alterado, ou num curto período de tempo, quando a cobertura vegetal é removida, as encostas mudam, o subsolo é exposto e os canais fluviais são alterados.” (Jorge, 2011, p. 136).

Entre os impactos ambientais mais comuns da ação antrópica em bacia hidrográficas, está o uso da terra desordenado. Este associado ao despejo de esgoto e lixo nos rios, a utilização de técnicas ofensivas ao solo na prática agrícola e a urbanização, tem causado transformações

significativas no balanço hídrico, na frequência de cheias e secas, na evaporação, na qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas e no reabastecimento dessas águas subterrâneas.

Dentro desse contexto, a bacia hidrográfica do rio Botafogo tem sofrido desde a década de 1980 com um uso e ocupação da terra desordenado, principalmente com a expansão urbana, a monocultura da cana-de-açúcar e com a instalação de indústrias, a partir de 1963, especialmente de categoria potencialmente poluidora, como de produção de cloro e soda usando células eletrolíticas de mercúrio, acarretando a perda da qualidade ambiental local (Lima, 2006).

Dessa maneira, o mapeamento e análise do uso e cobertura da terra na bacia do rio Botafogo pode fornecer subsídios para a gestão e ocupação racional da bacia, por meio de novos caminhos socioeconômicos e ambientais, e contribuir para o entendimento da questão da falta de água e do abastecimento nos municípios da parte norte da Região Metropolitana do Recife (RMR), que compõem a bacia hidrográfica do rio Botafogo.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área

A bacia hidrográfica do rio Botafogo tem de área de 265 Km² e abrange áreas dos municípios de Araçoiaba, Abreu e Lima, Igarassu e Itapissuma, na parte norte da Região Metropolitana do Recife (Figura 1).

Na bacia do rio Botafogo localizam-se dois núcleos urbanos, o município de Araçoiaba e a vila Três Ladeiras, e três povoados, o Chã de Sapé e as Vilas Araripe e Botafogo (APAC, 2013), esta pertencente a Itapissuma. O acesso à bacia hidrográfica pode ser feito pela rodovia BR-101, por Igarassu, ou pela rodovia PE-027, que segue por Aldeia, em Camaragibe, no sentido de Araçoiaba.

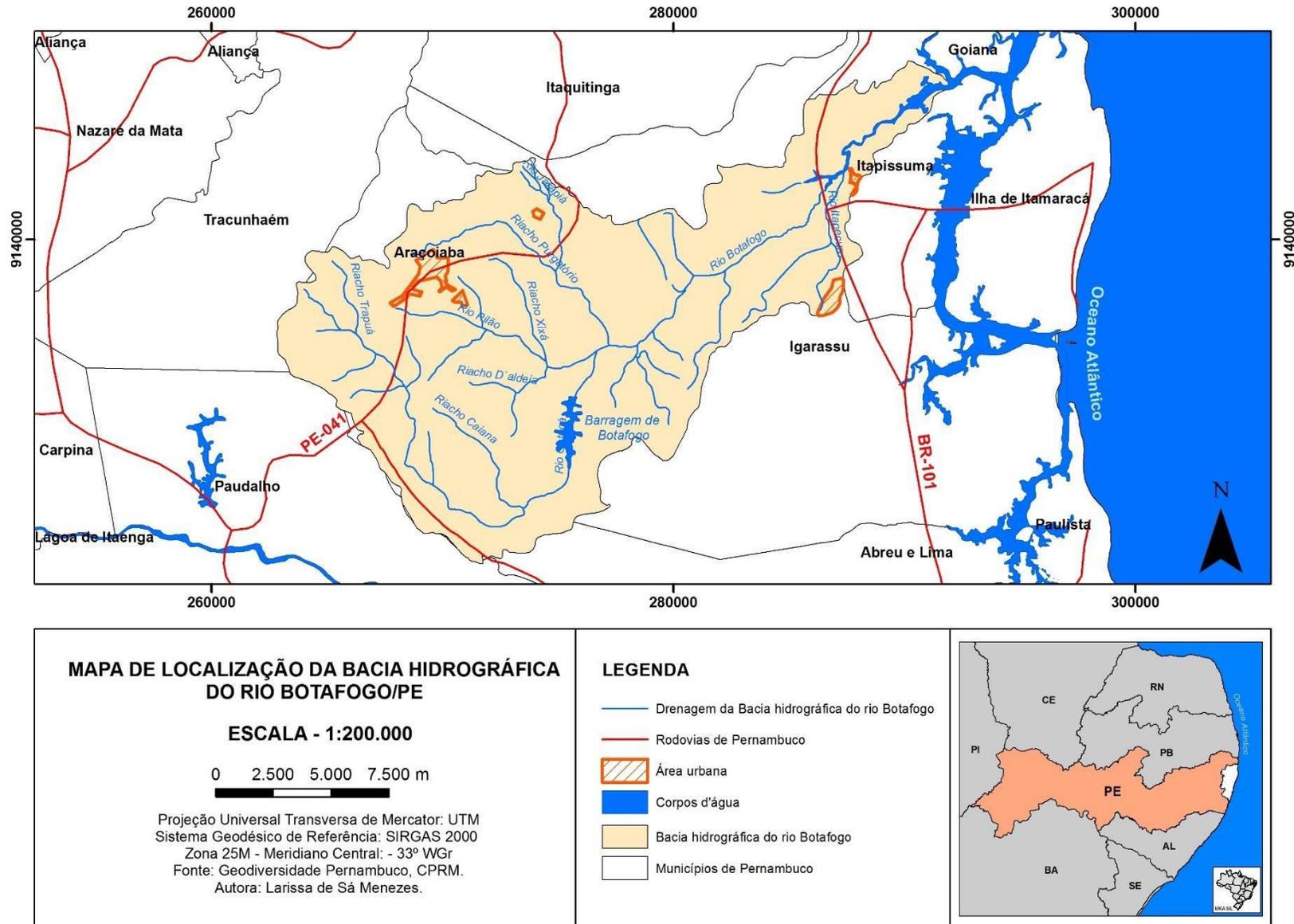


Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.

Fonte: Geodiversidade Pernambuco – CPRM, adaptado pela autora, 2024.

4.2 Geração da poligonal da bacia hidrográfica do rio Botafogo e a construção dos mapas

A poligonal da bacia hidrográfica do rio Botafogo foi extraída de mapas do trabalho de Ferreira (2008) e conferida pelo MDE SRTM (resolução espacial de 30 m), baixado do *site* do INPE. A partir da poligonal, foram construídos todos os mapas da bacia hidrográfica.

Para a construção dos mapas foram utilizadas as bases de dados do Sistema de Informação do Cadastro Ambiental Rural – SICAR, do SIG Caburé da Agência Estadual de Meio Ambiente – CRPH, do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, do Mapbiomas Coleção 8, e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

Já para a comparação ao mapa de uso e ocupação da terra, foi feito o mapeamento da hierarquização fluvial da classificação de Arthur N. Strahler (1952), na qual apresenta os canais de primeira ordem como os canais iniciais, onde estão as nascentes de rios. Os canais de primeira ordem não apresentam afluentes e juntos formam os canais de segunda ordem. Estes se confluem e formam os canais de terceira ordem, que podem também ser o resultado de um canal de primeira ordem mais um canal de segunda ordem, e assim sucessivamente para os demais canais. Esse mapeamento mostra quantos canais de primeira ordem e suas nascentes foram degradados ao longo do tempo com o uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Botafogo.

Todos os mapas foram gerados no sistema de coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000, 25S. Quando estavam no sistema de coordenadas geográficas WGS 1984, foram projetados para SIRGAS 2000.

4.3 Classificação e análise do uso e cobertura da terra

Para a classificação e análise do uso e cobertura da terra foi utilizado o repositório da Coleção 8 do Projeto Mapbiomas, na qual apresenta um mosaico de imagens do satélite Landsat, que resultam nas classificações de uso e cobertura da terra por ano. O *download* desses dados foi feito por meio da plataforma *Google Earth Engine* – GEE, com o auxílio de um *script*, em linguagem do Javascript, sendo gerados automaticamente.

No GEE foi possível filtrar os dados por estado e por ano para fazer o *download* (Figura 2). Sendo assim, foram gerados dados em formato *raster* para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. Estes anos foram escolhidos devido as intensas mudanças econômicas e sociais, observadas em campo e nos dados obtidos, nos municípios pertencentes a bacia hidrográfica

do rio Botafogo, e que estavam relacionadas a urbanização e industrialização no local, desenvolvimento de infraestrutura e de políticas ambientais e de planejamento.

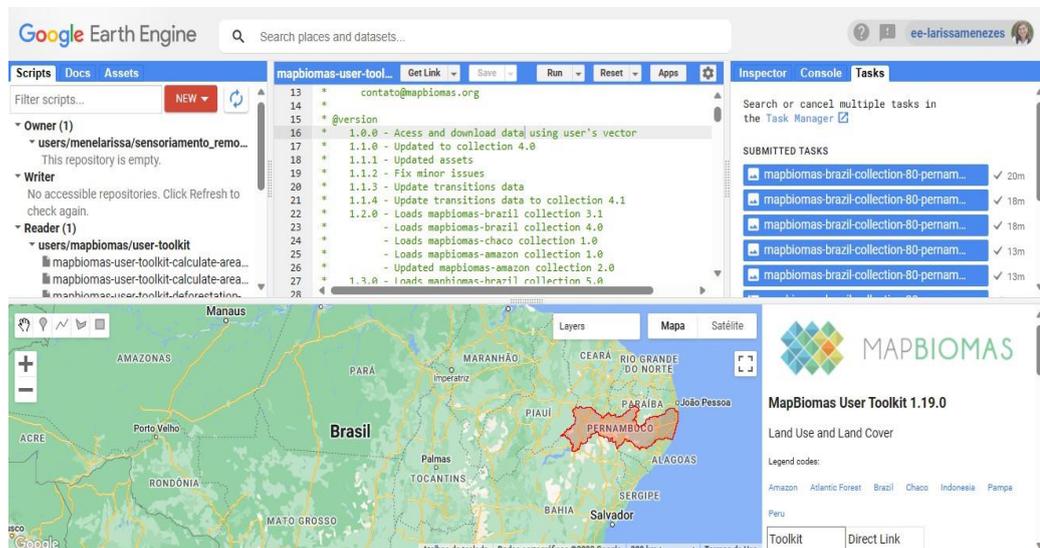


Figura 2 - Script no *Google Earth Engine* para obtenção de dados de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE.

Fonte: A autora, 2024.

Em seguida, esses dados foram exportados e retrabalhados em ambiente SIG, no *software* QGIS Desktop 3.30.1. Os arquivos *raster* baixados foram reclassificados conforme legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do Mapbiomas (Figura 3). Foram também projetados do sistema WGS 1984 para SIRGAS 2000, UTM. Após reclassificação, foram encontradas 11 classes para o ano de 1990 e 12 classes para os anos de 2000, 2010 e 2020. Algumas classificações dessa legenda foram adaptadas para atender as especificidades da bacia hidrográfica do rio Botafogo, a exemplo do ID 33, que foi chamado nos mapas de “Corpos d’água”.

COLEÇÃO 8 - CLASSES	COLLECTION 8 - CLASSES	New ID	New Hexacode Number	New Color
1. Floresta	1. Forest	1	#32a65e	
1.1 Formação Florestal	1.1. Forest Formation	3	#1f8d49	
1.2. Formação Savânica	1.2. Savanna Formation	4	#7dc975	
1.3. Mangue	1.3. Mangrove	5	#04381d	
1.4. Floresta Alagável (beta)	1.4 Floodable Forest (beta)	6	#026975	
1.5. Restinga Arbórea	1.5. Wooded Sandbank Vegetation	49	#02d659	
2. Formação Natural não Florestal	2. Non Forest Natural Formation	10	#ad975a	
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	2.1. Wetland	11	#519799	
2.2. Formação Campestre	2.2. Grassland	12	#d6bc74	
2.3. Apicum	2.3. Hypersaline Tidal Flat	32	#fc8114	
2.4. Afloramento Rochoso	2.4. Rocky Outcrop	29	#ffaa5f	
2.5. Restinga Herbácea	2.5. Herbaceous Sandbank Vegetation	50	#ad5100	
2.6. Outras Formações não Florestais	2.6. Other non Forest Formations	13	#d89f5c	
3. Agropecuária	3. Farming	14	#ffffb2	
3.1. Pastagem	3.1. Pasture	15	#edde8e	
3.2. Agricultura	3.2. Agriculture	18	#E974ED	
3.2.1. Lavoura Temporária	3.2.1. Temporary Crop	19	#C27BA0	
3.2.1.1. Soja	3.2.1.1. Soybean	39	#f5b3c8	
3.2.1.2. Cana	3.2.1.2. Sugar cane	20	#db7093	
3.2.1.3. Arroz	3.2.1.3. Rice	40	#c71585	
3.2.1.4. Algodão (beta)	3.2.1.4. Cotton (beta)	62	#ff69b4	
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	3.2.1.5. Other Temporary Crops	41	#f54ca9	
3.2.2. Lavoura Perene	3.2.2. Perennial Crop	36	#d082de	
3.2.2.1. Café	3.2.2.1. Coffee	46	#d68fe2	
3.2.2.2. Citrus	3.2.2.2. Citrus	47	#9932cc	
3.2.2.3. Dendê (beta)	3.2.2.3. Palm Oil (beta)	35	#9065d0	
3.2.2.4. Outras Lavouras Perenes	3.2.2.4. Other Perennial Crops	48	#e6ccff	
3.3. Silvicultura	3.3. Forest Plantation	9	#7a5900	
3.4. Mosaico de Usos	3.4. Mosaic of Uses	21	#ffefc3	
4. Área não Vegetada	4. Non vegetated area	22	#d4271e	
4.1. Praia, Duna e Areal	4.1. Beach, Dune and Sand Spot	23	#ffa07a	
4.2. Área Urbanizada	4.2. Urban Area	24	#d4271e	
4.3. Mineração	4.3. Mining	30	#9c0027	
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	4.4. Other non Vegetated Areas	25	#db4d4f	
5. Corpo D'água	5. Water	26	#0000ff	
5.1 Rio, Lago e Oceano	5.1. River, Lake and Ocean	33	#2532e4	
5.2 Aquicultura	5.2. Aquaculture	31	#091077	
6. Não observado	6. Not Observed	27	#ffffff	

Figura 3 - Legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do Mapbiomas
Fonte: Mapbiomas, 2023.

Foi feito um campo para reconhecimento da bacia hidrográfica e posteriormente, com os mapeamentos gerados dos anos 1990, 2000, 2010 e 2020, foi realizada a validação dessas classificações do uso e cobertura da terra por meio de fotos e pontos de GPS. Após a validação em campo, foi feita a análise entre os mapeamentos gerados para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, relacionando-os aos dados observados em campo.

Essa classificação e análise do uso e ocupação da terra foi feita com base na análise em estudos, como de Coelho *et al.* (2014), Kumar, N., Singh, S.K., Singh, V.G. *et al.* (2018), Duarte *et al.* (2022), Mengistu *et al.* (2022), Jovino *et at.* (2024).

A Figura 4 abaixo traz o resumo em forma de fluxograma de todo o processo de classificação e análise do uso e cobertura da terra.

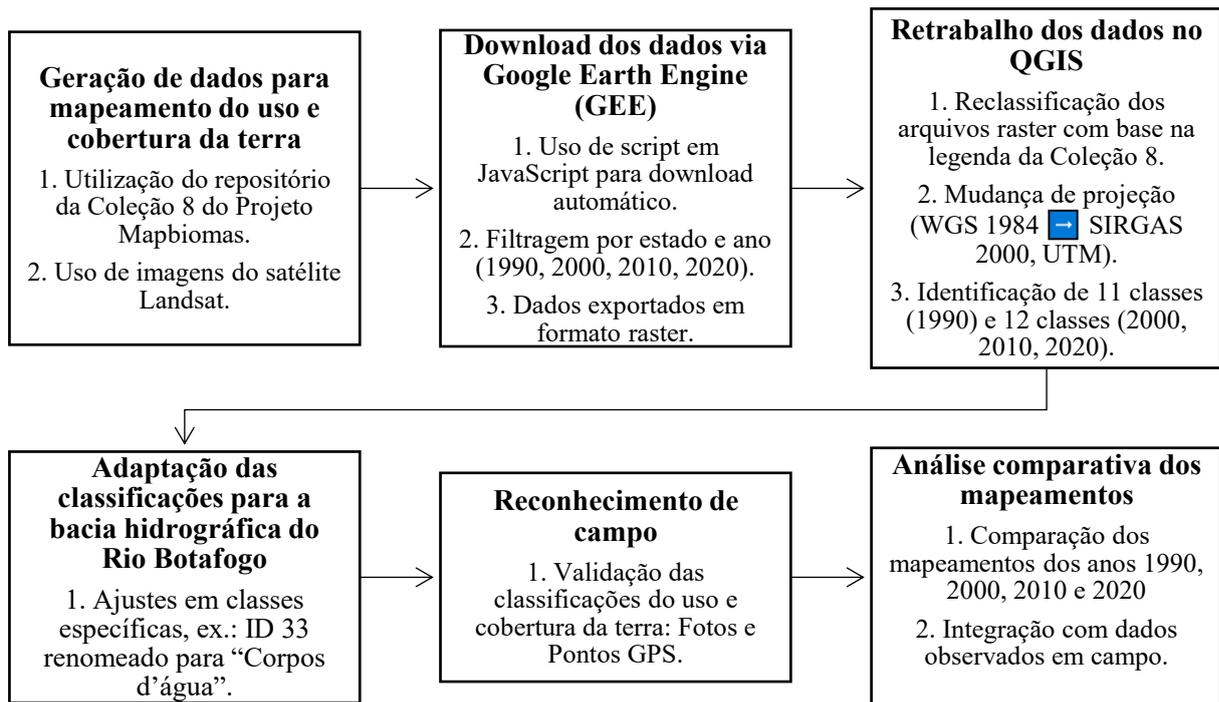


Figura 4 - Fluxograma de classificação e análise do uso e cobertura da terra
Fonte: A autora, 2024.

4.4 Identificação e classificação de impactos

O termo impacto pode ser compreendido como qualquer alteração significativa em um sistema ou ambiente decorrente de atividades naturais ou humanas. Esses impactos podem ser positivos ou negativos, dependendo das suas consequências para o ambiente ou para as populações envolvidas.

Segundo Resolução CONAMA 01/86, o impacto ambiental pode ser entendido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; a biota, as atividades econômicas e sociais, as condições sanitárias e estéticas do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. Já o impacto socioeconômico se refere às alterações que afetam a estrutura social e econômica de uma determinada área ou população. Ele pode envolver mudanças em variáveis como geração de empregos, renda, saúde, educação, qualidade de vida e organização social.

Sendo assim, a metodologia aplicada para a identificação dos impactos socioeconômicos e ambientais consistiu em uma caminhada sistemática ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Botafogo, visando observar, registrar e analisar as condições

ambientais predominantes. Esse procedimento, conhecido como “caminhada de reconhecimento em campo”, foi fundamental para obter uma visão holística da área de estudo, permitindo a identificação direta e in loco de potenciais impactos ambientais e antrópicos. Durante o percurso, foram observados aspectos relevantes da intervenção no rio Botafogo, na cobertura vegetal, uso e ocupação da terra e consequentes intervenções humanas e processos erosivos.

As informações coletadas em campo foram sistematizadas por meio de anotações descritivas e registros fotográficos. Essas informações foram posteriormente correlacionadas com dados secundários, como mapas, imagens de satélite e informações socioeconômicas e ambientais, de forma a embasar uma análise crítica e detalhada da bacia hidrográfica do rio Botafogo.

A identificação dos impactos antrópicos (sociais e econômicos) na bacia hidrográfica do rio Botafogo também foram levados em consideração devido principalmente a uma “invisibilização” e até exclusão das questões sociais ao se tratar de temas ambientais, com tendência de estudos neutros nesse âmbito (Souza, 2019). Nesse contexto, para a classificação e análise dos impactos, considerou-se o estudo de Souza (2019), que traz uma proposta metodológica sensível em relação aos impactos socioambientais, identificando o que foi negativo e o que foi positivo decorrente de uma ação degradante ao ambiente.

Além disso, foi utilizada uma mescla dos métodos *Ad hoc* e Listagens de Controle, especificamente o das “listagens descritivas”, e uma adaptação deles, para a avaliação dos impactos negativos e positivos. O primeiro método permite ter uma visão integrada da questão ambiental, obtendo rapidamente informações quanto aos impactos prováveis e possibilitam a comparação e a classificação de alternativas. O segundo método é uma extensão e evolução do *Ad hoc*, em que há a preparação de uma lista de fatores ambientais potencialmente afetáveis pelas ações propostas (Braga, 2005).

Além desses métodos, foi incorporada também as seguintes classificações para o critério de importância dos impactos, com base na Resolução CONAMA nº 01/86: Direcionalidade - Meio físico / Meio biótico / Meio socioeconômico; Prazo de duração - Imediato (IM)/ Médio Prazo (MP)/ Longo Prazo (LP); Efeito - Benéficos/Positivos e Adversos/Negativos e Reversibilidade Reversível (REV)/ Irreversível (IRRE).

Portanto, essas abordagens metodológicas permite uma identificação empírica e direta dos impactos existentes, fornecendo subsídios para a análise comparativa com o uso e

ocupação da terra e para a análise da prospecção futura da bacia do Botafogo. Sobre ela, a identificação e classificação de impactos contribuem para a identificação de tendências, seja de degradação ou recuperação dessa bacia; a projeção de cenários futuros, seja otimista, pessimista ou mesmo tendencial; na antecipação de riscos e conflitos e ainda ajuda a avaliar a capacidade de suporte da bacia hidrográfica, ou seja, o limite em que o ambiente pode absorver mudanças sem perder suas funções essenciais.

Ademais, a compreensão dos impactos permite orientar ações de gestão integrada e planejamento territorial para garantir o uso sustentável dos recursos.

4.5 Prospecção futura da bacia hidrográfica do rio Botafogo

Para a análise da prospecção futura da bacia hidrográfica do rio Botafogo, o estudo foi dividido em duas abordagens principais:

1. Prospecção baseada nos **aspectos fisiográficos e socioeconômicos** da bacia hidrográfica.
2. Prospecção com foco nos **aspectos legais ambientais** aplicáveis ao território da bacia.

4.5.1 Prospecção Futura: Aspectos Fisiográficos e Socioeconômicos

A análise inicial contou com um levantamento bibliográfico abrangente sobre as características físicas e socioeconômicas da bacia hidrográfica do rio Botafogo. As fontes consultadas incluíram livros, dissertações, teses, revistas eletrônicas e sites de instituições renomadas, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Além disso, foram utilizados mapeamentos detalhados de temas como altimetria, geologia, geomorfologia, classes de solos e declividades (em graus e porcentagens). Esses dados foram integrados e analisados no *software* QGIS Desktop 3.30.1, permitindo uma visualização clara e precisa das diferentes variáveis envolvidas.

4.5.2 Prospecção Futura: Aspectos Legais Ambientais

A segunda abordagem envolveu o levantamento das legislações ambientais aplicáveis à bacia hidrográfica do rio Botafogo. As normas analisadas incluíram:

- **Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n.º 6.938/1981)** – Estabelece os princípios e diretrizes para a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no Brasil, sendo fundamental para o ordenamento da ocupação do solo na bacia hidrográfica.
- **Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981** – Regulamenta a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, o que tem implicações diretas na conservação dos ecossistemas associados ao rio Botafogo.
- **Lei de Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana do Recife (RMR) (Lei nº 9.860/1986)** – Normatiza o uso e a ocupação do solo em áreas de mananciais, protegendo a qualidade hídrica da bacia hidrográfica.
- **Lei Estadual nº 9.989/1987** – Estabelece diretrizes ambientais para o Estado de Pernambuco, impactando diretamente a gestão territorial e a conservação do rio Botafogo.
- **Lei de Crimes Ambientais (Lei n.º 9.605/1998)** – Dispõe sobre sanções penais e administrativas para atividades degradadoras do meio ambiente, sendo relevante para a proteção dos recursos naturais da bacia hidrográfica.
- **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 – SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação)** – Regula a criação e a gestão de unidades de conservação, protegendo áreas estratégicas dentro da bacia do rio Botafogo.
- **Estatuto da Cidade (Lei n.º 10.257/2001)** – Define diretrizes para o planejamento urbano sustentável, impactando a ocupação e o uso do solo na área de influência do rio.
- **Resolução CONAMA nº 303/2002** – Determina critérios de proteção para áreas de preservação permanente, incluindo margens de rios como o Botafogo e seu manguezal.
- **Lei da Mata Atlântica (Lei n.º 11.428/2006)** – Regula a conservação e o uso sustentável dos remanescentes da Mata Atlântica, um bioma presente na bacia do rio Botafogo.
- **Decreto nº 32.488, de 17 de outubro de 2008** – Estabelece normas complementares para a proteção de áreas ambientais no Estado de Pernambuco.
- **Decreto Estadual nº 34.692/2010** – Define diretrizes para a gestão ambiental estadual, incluindo medidas de proteção para áreas de importância hídrica.
- **Lei nº 14.090, de 20 de junho de 2010 – SEUC (Sistema Estadual de Unidades de Conservação)** – Regula a criação e o manejo das unidades de conservação estaduais, relevantes para a bacia hidrográfica do rio Botafogo.

- **Lei Estadual nº 14.324, de 3 de junho de 2011** – Apresenta diretrizes específicas para a preservação ambiental em Pernambuco, com impactos sobre a ocupação territorial e os recursos hídricos.
- **Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012)** – Normatiza o uso sustentável das áreas florestais, protegendo margens de rios e outras áreas de preservação permanente na bacia do rio Botafogo.
- **Decreto nº 47.556, de 5 de junho de 2019** – Estabelece normas recentes para a gestão ambiental e a proteção dos recursos naturais, afetando diretamente o planejamento territorial da região.

Dessa maneira, a análise das leis conforme a bacia hidrográfica do rio Botafogo foi feita considerando os aspectos relevantes e cabíveis de cada uma para essa bacia. Com base nesse levantamento, foram gerados dois mapas principais:

1. Um **mapa das restrições e impeditivos ambientais**, refletindo as limitações impostas pelas legislações analisadas.
2. Um **mapa da prospecção futura da bacia hidrográfica**, elaborado exclusivamente a partir das restrições legais identificadas.

Os dados obtidos nas duas abordagens foram comparados ao levantamento de uso e ocupação da terra, bem como aos impactos já gerados e potenciais na bacia hidrográfica do rio Botafogo. Essa análise integrada permite uma compreensão mais ampla dos desafios e oportunidades para a gestão e o planejamento futuro da bacia, considerando tanto os aspectos naturais e socioeconômicos quanto os legais e ambientais.

5. RESULTADOS

Para melhor entendimento das questões de uso da terra e da problemática hídrica da bacia hidrográfica do rio Botafogo, é necessário realizar inicialmente um diagnóstico socioambiental da área para compreensão das características físicas locais e da dinâmica urbana. Sendo assim, serão apresentados a caracterização física da bacia hidrográfica e socioeconômica.

5.1 Caracterização física da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Botafogo encontra-se na classificação climática As' de Köppen, caracterizado como quente e úmido com chuvas de inverno e antecipadas no outono

(Ferreira, 2008). Os dados das normais climatológicas da Estação Recife (Curado) (INMET) (Quadro 1), a estação meteorológica mais próxima da área da bacia hidrográfica do rio Botafogo, apresenta as temperaturas máximas e mínimas, precipitação acumulada, intensidade e direção dos ventos, insolação e evapotranspiração potencial.

Entre os dados encontrados no período de 29 anos para a Estação Recife (1991 a 2020), a temperatura máxima anual nestes anos foi de 29,7°C enquanto a temperatura mínima anual nos mesmos anos foi de 22,3°C, gerando uma temperatura média anual de 26°C. A precipitação acumulada anual foi de 2.155,5 mm, com maio, junho e julho entre os meses mais chuvosos. A intensidade dos ventos anual é de 2,4m.s⁻¹, com intensidade maior entre os meses de outubro e novembro. A direção desses ventos é quase predominantemente de sudeste (SE), sendo de leste (E) nos meses de novembro e dezembro, originados das áreas de alta pressão, chamados de ventos alísios.

Esses elementos apresentam influência dos sistemas atmosféricos, provocando instabilidades na região, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que traz chuvas especialmente nos meses de março e abril; a Frente Polar Atlântica e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), que provocam chuvas que se concentram normalmente no litoral e mais frequentemente no inverno (Ferreira, 2008).

A evapotranspiração potencial anual é de 1.814,1, um alto índice da região, sendo maior nos meses mais secos, entre novembro e março. Da mesma maneira, a insolação anual em horas é intensa, sendo 2.502,3 horas, especialmente maior nos meses mais quentes e secos.

Quadro 1 - Normais climatológicas da Estação Recife, 1991 a 2020

Normal Climatológica do Brasil 1991-2020															
Temperatura Máxima Mensal e Anual (°C)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	30,8	31	30,9	30,4	29,6	28,5	27,9	27,9	28,6	29,6	30,4	30,8	29,7
Temperatura Mínima Mensal e Anual (°C)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	23,1	23,3	23,2	22,8	22,3	21,5	21	20,7	21,5	22,4	22,8	23	22,3
Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	106,6	127	197,2	268,9	317,1	390,5	314,8	186,7	93,3	52,8	39	61,6	2155,5
Intensidade do Vento (m.s ⁻¹)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	2,5	2,5	2,2	2	1,9	2	2,2	2,5	2,7	2,8	2,8	2,7	2,4
Direção Predominante do vento (Pontos cardeais e colaterais)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	SE
Evapotranspiração Potencial (mm)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	178,6	163,8	177,5	160,9	146,5	124,3	117,2	119,9	132,2	154,7	161,9	176,6	1814,1
Insolação Total (horas)															
Cód.	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
82900	RECIFE (CURADO)	PE	222,5	204,4	220,2	203,6	189,3	164,5	173,6	195,5	207,7	233,2	243,2	244,6	2502,3

Fonte: INMET.

A ação desse clima de alta pluviosidade, quente e úmido, como condicionante ambiental, influenciou e tem influenciado a formação e o comportamento dos solos, do relevo e na drenagem da bacia. Dessa maneira, seis tipos de solos se formaram no território da bacia do Botafogo, são eles: Espodossolo Ferrihumiluvico, Gleissolo Háplico, Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo e Vermelho- Amarelo, Neossolo Quartzarênico e Solos de Mangue (Figura 5).

Estes solos estão relacionados diretamente ao material geológico de origem, representados na bacia do Botafogo pelo Grupo Barreiras, Sedimentos Aluvionares e Sedimentos de Manguezal, do quaternário, pela Formação Beberibe e embasamento fraturado (Figura 6). E estão sobre as unidades geomorfológica dos Tabuleiros, de 40 a 180 metros na bacia (Figura 7), das Vertentes, de declividades baixas a médias, as planícies fluviais relacionadas ao rio Botafogo, áreas de Colinas convexo-côncavas e às planícies fluviomarinhas, de áreas estuarinas (Figura 8) (Ferreira, 2008).

Sendo assim, os Espodossolos Ferrihumiluvicos são encontrados tanto nas áreas mais elevadas da bacia hidrográfica, quanto nas áreas mais baixas. Origina-se dos sedimentos do Grupo Barreiras na área e sobre as unidades geomorfológicas dos Tabuleiros e das Vertentes. São solos arenosos, muito profundos, ácidos, de coloração que varia da cinzenta, escura ou preta, até avermelhada ou amarela, sendo possível a diferenciação de horizontes. Verifica-se principalmente a perda de compostos como o alumínio, com ou sem ferro em presença de húmus ácido. Apresentam baixa fertilidade e pouca adaptação de culturas e por isso são indicados para a conservação ambiental. Apresentam ainda restrição na retenção de água. Na bacia do Botafogo encontram-se nas áreas mais verdes, de agropecuária e plantio da cana-de-açúcar (Zaroni & Santos, 2021).

Os Gleissolos Háplicos estão nas áreas mais baixas da bacia hidrográfica, no vale do rio Botafogo, onde estão situados os sedimentos aluvionares quaternários e sobre áreas de planícies fluviais. São solos minerais, de textura arenosa, que se encontram permanentemente ou periodicamente saturados por água, portanto hidromórficos, apresentam horizonte glei e cores que variam desde cinza a pretas. São solos recentes e pouco evoluídos. (Ferreira, 2008; Zaroni & Santos, 2021).

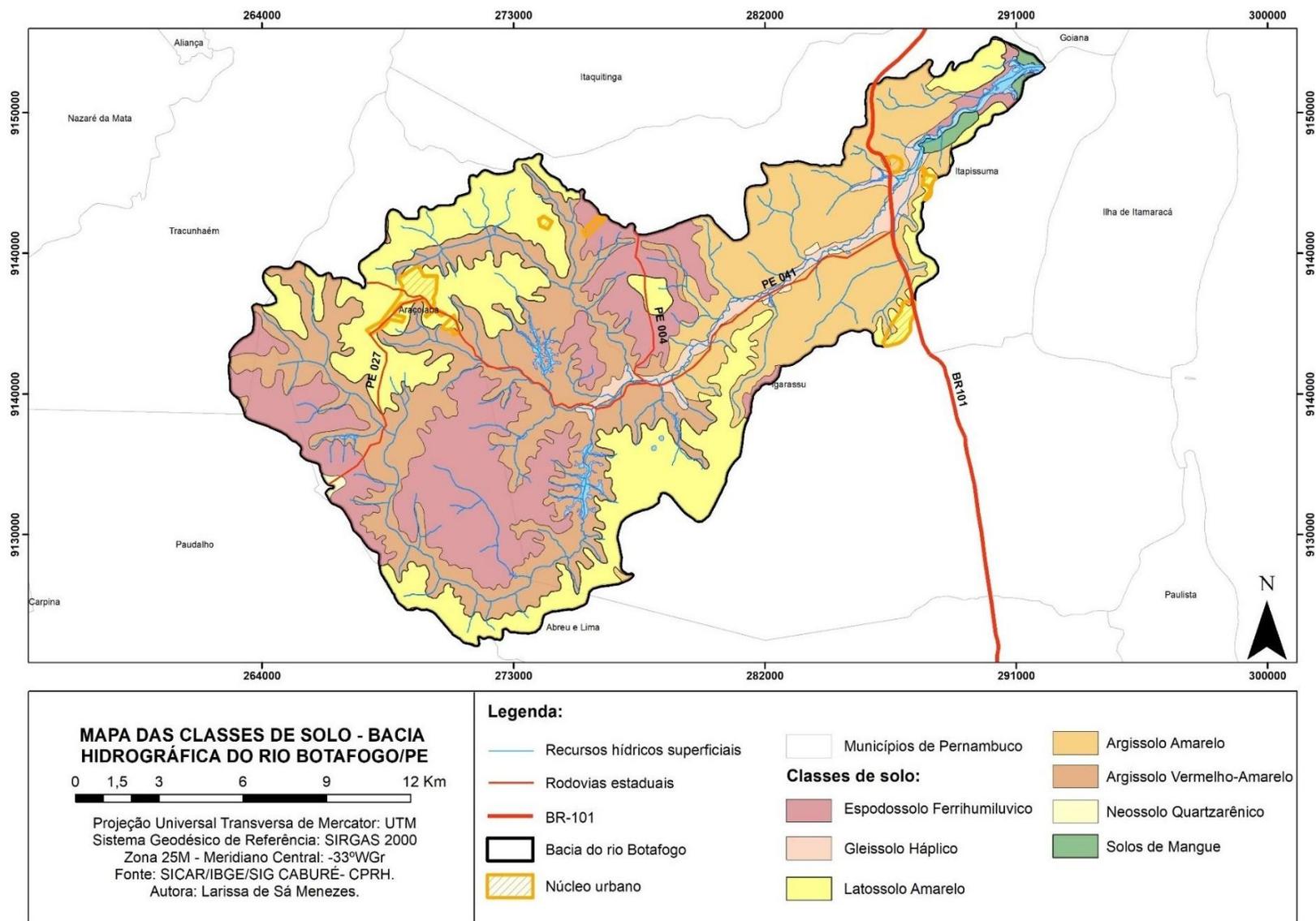


Figura 5 - Mapa das classes de solo da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: SICAR/ IBGE/ SIG Caburé – CPRH, adaptado pela autora, 2024.

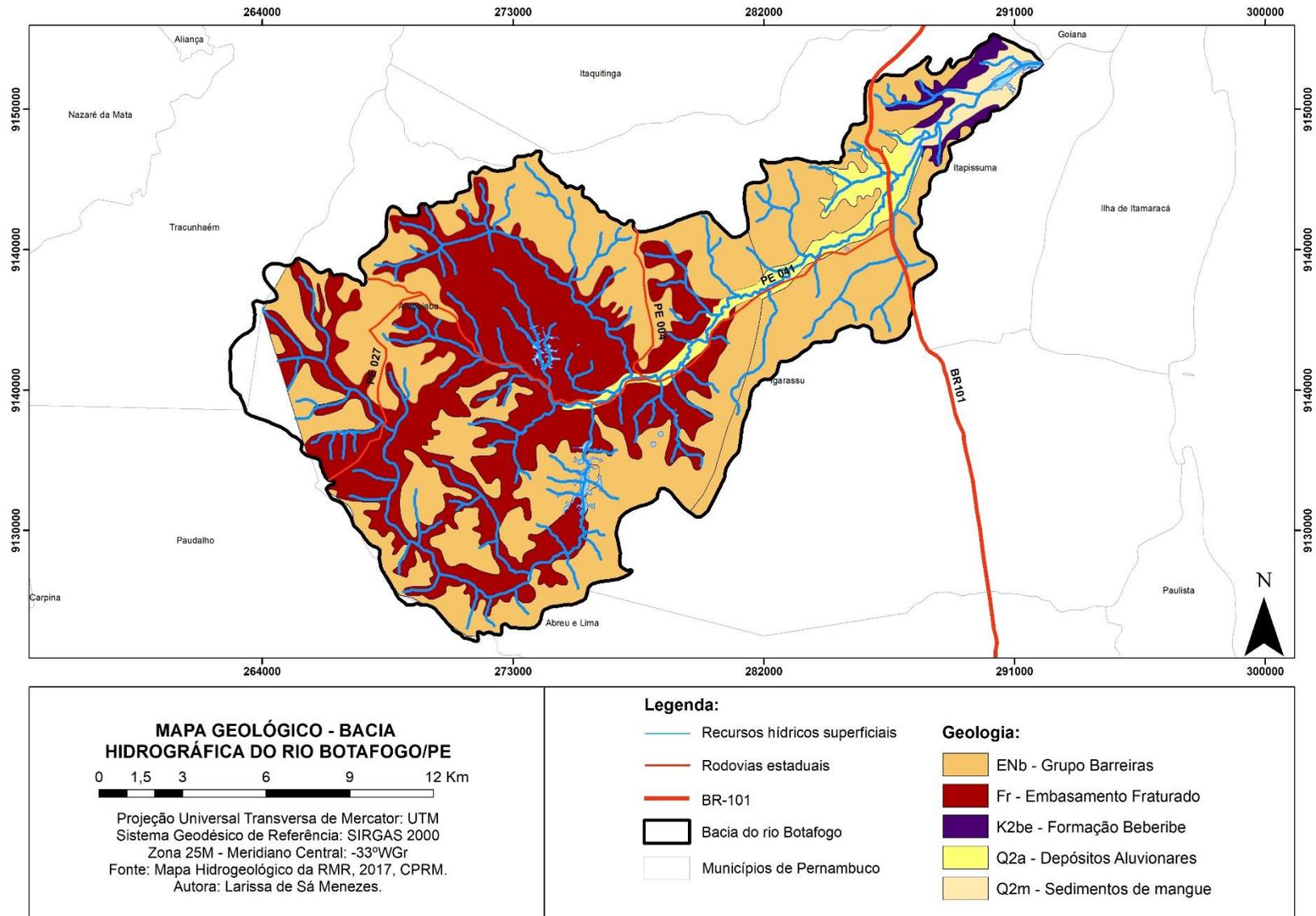


Figura 6 - Mapa Geológico da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
Fonte: Mapa Hidrogeológico da RMR, 2017, CPRM, adaptado pela autora, 2024.

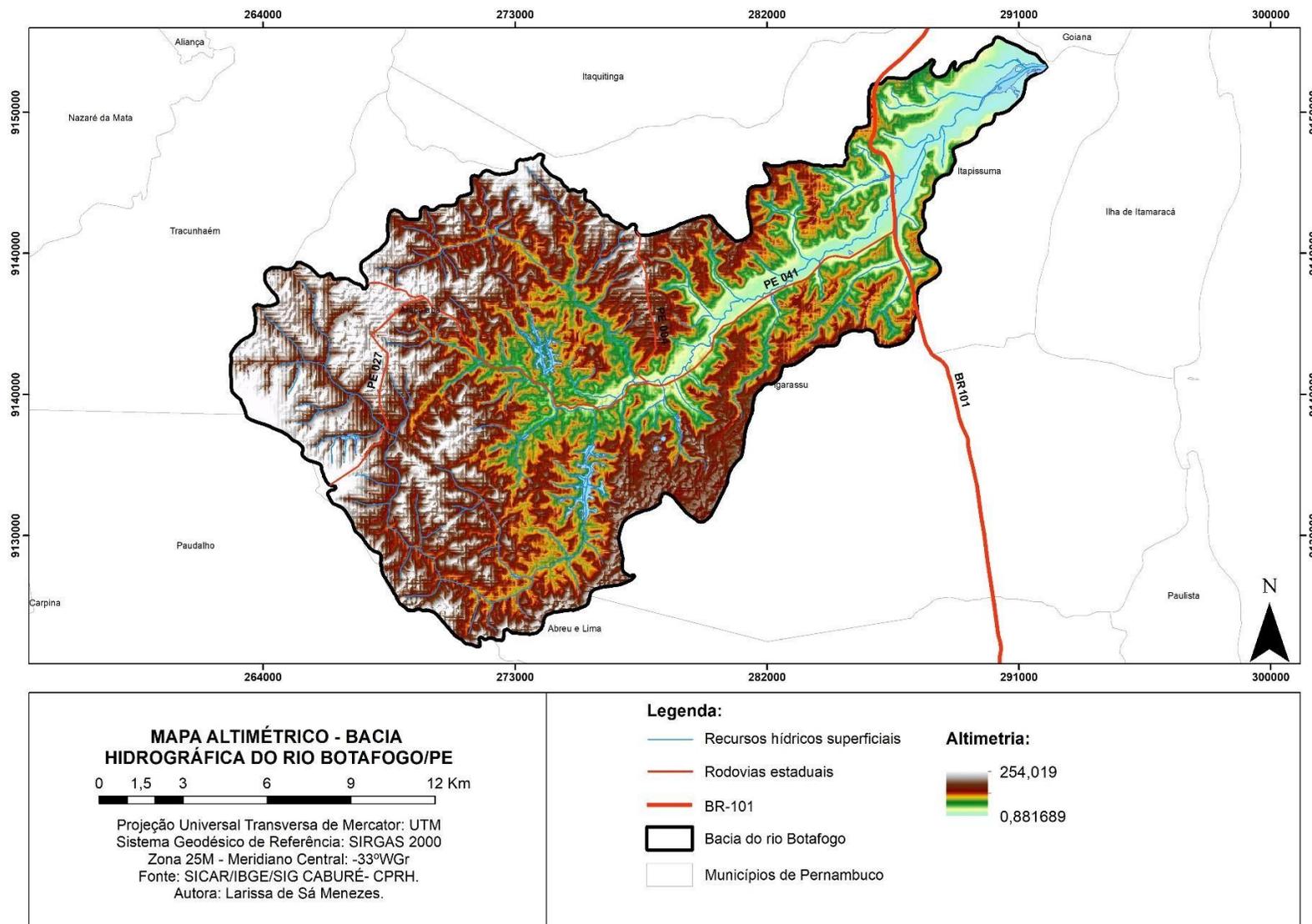


Figura 7 - Mapa altimétrico da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
Fonte: SICAR/ IBGE/ SIG CABURÉ - CPRH, adaptado pela autora, 2024.

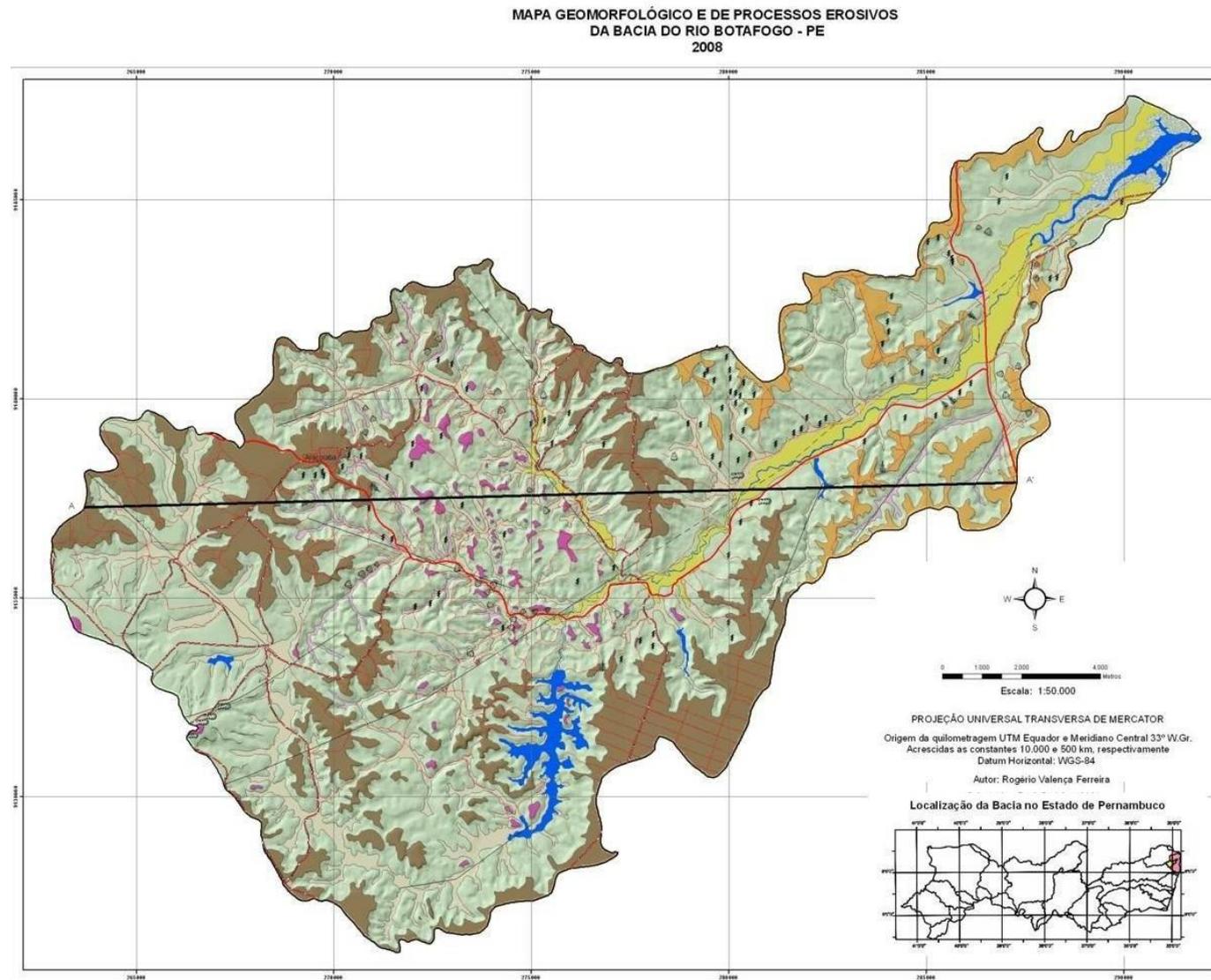


Figura 8 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
Fonte: Adaptado de Ferreira (2008).

LEGENDA

FORMAS DE RELEVO

RELEVOS DE DEGRADAÇÃO

-  **COLINAS EM ROCHAS CRISTALINAS**
Colinas corno-cascavas com perfis de declives médios (6 a 20%) e topos plano-arredondados e aguçados, com amplitude de relevo entre 50 e 150 m. Densidade de drenagem média a elevada e padrão dendrítico.
-  **TABULEIROS EM SEDIMENTOS DA UNIDADE INFRA-BARREIRAS**
Tabuleiros de topos planos, dissocados, com amplitude de relevo entre 100 e 180 m, cortados por rede de canais de média densidade de drenagem e padrão subparalelo a dendrítico; vales incisos de pequena extensão e média profundidade (10 a 60 m e gradientes médios (6 a 20%) a altos (> 20%).
-  **TABULEIROS EM SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO BARREIRAS**
Tabuleiros de topos planos, dissocados, com amplitude de relevo entre 40 e 100 m, sulcados por rede de canais de média densidade de drenagem e padrão subparalelo a dendrítico; vales de fundo plano de pequena extensão e baixa profundidade (10 a 30 m e gradientes médios (6 a 20%).
-  **VERTENTES**
Vertentes suavizadas na base, declives baixos (2 a 6%) a médios (6 a 20%), ocorrendo predominantemente nos vales mais amplos de fundo plano, e íngremos com declives altos (> 20%), ocorrendo nos vales incisos. No segmento basal das vertentes, situam-se os arcos de colúmbio, originados por movimentos de massa, predominando sedimentos de natureza silico-argilosa, com fração argilosa sub-ordinada.
-  **VALES INCISOS**
Vales incisos em forma de "V", profundos e escavados, ocorrendo predominantemente em litologia cristalina, com baixa acumulação de sedimentos, devido a maior competência no transporte, relacionada a altas declividades das vertentes (> 20%).

RELEVOS DE AGRADAÇÃO

-  **VALES DE FUNDO PLANO**
Vales amplos, de fundo plano, com declives suavizados (2 a 6%), onde predomina acumulação de sedimentos.
-  **PLANÍCIES FLUVIAIS**
Superfícies subhorizontais, com declives suaves (0 a 2%) constituídas de depósitos predominantemente silico-argilosa.
-  **PLANÍCIES INTERTIDAIS (MANGUES)**
Superfícies planas constituídas de depósitos argilosa orgânica, localizadas na zona de influência de marés de baixa.

PROCESSOS EROSIVOS

-  **CICATRIZES EROSIVAS POR RETIRADA DE MATERIAL**
Cicatrizes erodidas por retirada de material arenoso, para utilização na construção civil.
-  **DESLEZAMENTOS**
Ruptura e deslizamento de massas de solo e rochas associadas em encostas íngremes.
-  **RAVINAS**
Cicatrizes erodidas em forma de sulcos de largura reduzida, ocasionados pela concentração das águas de escoamento superficial.
-  **VOÇOROCAS**
Cicatrizes erodidas de grande porte, em consequência da ampliação das dimensões das ravinas e formação de dutos pelo escoamento do lençol freático na base da voçoroca.

ESTRUTURAS

-  **FALHA SINISTRAL**
-  **FALHA SINISTRAL ENCOBERTA**
-  **FALHA INFERIDA**

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  **Caminho**
-  **Estrada não pavimentada**
-  **Estrada pavimentada**
-  **Área Urbana**
-  **Drenagem**
-  **Corpos d'água**

Fonte: Adaptado de Ferreira (2008).

Os Latossolos se situam nas áreas mais altas da bacia hidrográfica do rio Botafogo e nas áreas baixas, próxima a foz desse rio. Nas áreas mais altas está sobre os Tabuleiros e Vertentes, originando-se dos sedimentos quaternários do Grupo Barreiras e do Complexo Gnáissico Migmatítico. São de forma geral solos bem evoluídos, minerais, argilosos ou areno-argilosos, de cor amarelada, geralmente profundos ou muito profundos, com porosidade e permeabilidade elevada, bem drenados e características gerais como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade, fortemente ácidos e baixa saturação de bases. Apresentam baixa fertilidade, mas quando originados de rochas mais ricas em minerais essenciais às plantas, possuem boas condições físicas para o uso agrícola, especialmente para a cana-de-açúcar e pastagens (Zaroni & Santos, 2021), como na bacia hidrográfica do rio Botafogo.

Os Argissolos são encontrados em quase toda bacia hidrográfica, tanto em áreas mais declivosas. Originam-se na bacia por meio dos sedimentos do Grupo Barreiras, do Complexo Vertentes e do Complexo Gnáissico Migmatítico e estão sobre áreas de Tabuleiros e Vertentes de baixa declividade. São solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. São de profundidade variável, permeáveis, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. São solos suscetíveis a erosão e os de maior fertilidade natural (eutróficos), em relevos mais suaves e com boas condições físicas apresentam maior potencial para uso agrícola, especialmente para as culturas do coco, cana-de-açúcar e pastagens (Zaroni & Santos, 2021), como ocorre na bacia do Botafogo.

Já os Neossolos ocorrem em um pequeno trecho da bacia hidrográfica, nas áreas mais altas, sobre áreas de Colinas convexo-côncavas, associadas ao Complexo Vertentes. São solos constituídos de materiais minerais ou por material orgânico, arenosos, pouco espesso, com baixa atuação de processos pedogenéticos. Variam de solos rasos até profundos e de baixa a alta permeabilidade. São solos mais apropriados para reflorestamento, mas tem sido muito utilizado para o cultivo da cana-de-açúcar (Zaroni & Santos, 2021).

Os solos de Mangue originam-se dos Sedimentos de Mangue, sobre as áreas estuarinas de planícies fluvio-marinhas, constituídos por material areno-siltico-argiloso, rico

em matéria orgânica. São solos frágeis, hidromórficos e salinos (Ferreira, 2008).

Em relação aos recursos hídricos, a bacia do Botafogo pertence ao Grupo de Pequenos Rios Litorâneos (GL-1) e tem como seus principais afluentes pela margem esquerda, o riacho Cumbe e o riacho Pilão (Figura 9), e pela margem direita, o Rio Catucá (Figura 10). A drenagem dessas bacias é do tipo exorréica, com direção geral SW-NE, seguindo um conjunto de falhas geológicas locais (Ferreira, 2008).



Figura 9 - Rio Pilão
Fonte: A autora, 2024.



Figura 10 - Rio Catucá
Fonte: A autora, 2024.

O rio Botafogo (Figura 11) nasce no município de Araçoiaba, com o nome de Rio Catucá, no alto curso da bacia hidrográfica, seguindo por 93km na direção sudeste até a sua foz, no Canal de Santa Cruz. A Barragem de Botafogo, de mesmo nome do rio principal da bacia, mas inserida na sub-bacia do Rio Catucá, é uma das principais barragens da Região Metropolitana do Recife para o abastecimento d'água dessa região, com capacidade de

acumulação de 27.689,504m³ (Lima, 2006).



Figura 11 - Rio Botafogo
Fonte: A autora, 2024.

Em relação aos recursos hídricos subterrâneos, a bacia está inserida nos Domínios Hidrogeológicos Intersticial, Karstico-fissural e no Fissural. O primeiro é composto por rochas sedimentares do Grupo Barreiras, Formação Beberibe e Depósitos Aluvionares e Fluviomarinhos. O Fissural é formado por rochas do embasamento cristalino (CPRM, 2005).

5.2 Caracterização Socioeconômica da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Botafogo está localizada nos municípios de Araçoiaba, Igarassu, Abreu e Lima e Itapissuma, no estado de Pernambuco. Araçoiaba é o mais novo município deste estado, desmembrado do município de Igarassu em 1995. Em 2000 a população de Araçoiaba era de 15.108, em 2010, a população era de 18.156 pessoas, em 2022, a população era de 19.243 pessoas (Figura 12), sendo 4.135 pessoas a mais em vinte e dois anos, representando um crescimento de 27,37%. Dessa população, em 2020, apenas 8% do pessoal estava ocupado (1.633 pessoas), especialmente no comércio, no setor público (prefeitura e secretarias) e na agropecuária (IBGE Cidades, 2023).

Em relação à economia de Araçoiaba, em 2020, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita do município era de 8.086,51 reais, enquanto o valor adicionado bruto a preços correntes, que é o PIB sendo contribuído pelas diversas atividades econômicas do município, tinha como 3ª atividade econômica, a agropecuária, com 12.691,34 reais. Os setores industrial e de agricultura são os que mais geram renda para Araçoiaba. Da produção agrícola de lavouras temporárias, a cana-de-açúcar se destacou em relação a mandioca, com 72.216 t produzidas, com um valor de produção de 12.481,00 (x1.000 reais), com um rendimento

médio de 53.380 kg/ha (IBGE Cidades, 2023).

O município de Igarassu é um dos mais antigos do estado de Pernambuco, com 488 anos. A população no ano de 2000 era de 82.277 habitantes, em 2010 era de 102.021 pessoas, já no último censo demográfico, em 2022, essa população já era de 115.196 pessoas (Figura 12), sendo 32.919 pessoas a mais em vinte e dois anos, representando um aumento de 40% na população. Dessa população, em 2020, apenas 17,4% estavam ocupadas (23.620 pessoas), especialmente em ocupações elementares (trabalhadores domésticos, da limpeza, ajudantes de cozinha etc.).

Em relação a economia do município, em 2020 o PIB per capita era de 22.371,51 reais, enquanto o valor adicionado bruto a preços correntes, tinha como 1ª atividade econômica a indústria com 892.753,07 (x 1000) reais (Figura 13). Este é o setor mais representativo, seguido do setor de serviços e da agricultura. Neste, nas lavouras temporárias produzidas, a cana-de-açúcar se destaca em relação a batata doce, abacaxi e a mandioca, com 417.700 t produzidas, com um valor de produção de 72.191,00 (x1.000 reais), com um rendimento médio de 63.810 kg/ha. O turismo também se destaca no município pelo turismo histórico e de praias (IBGE Cidades, 2023).

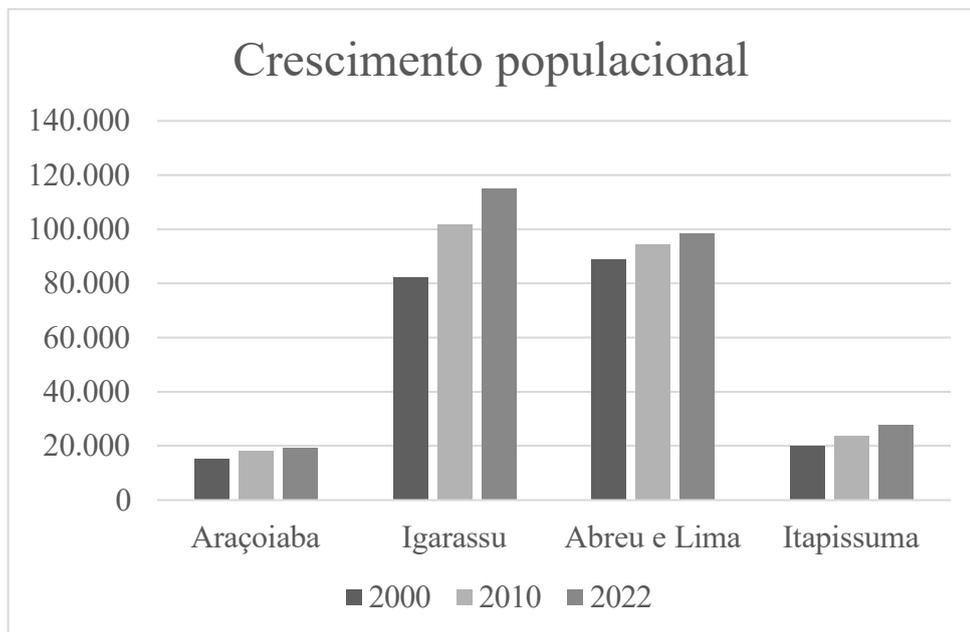


Figura 12 - Gráfico do crescimento populacional dos municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
Fonte: Censo Demográfico do IBGE/2022 e IBGE CIDADES.



Figura 13 -Indústrias do Polo Empresarial de Igarassu/PE
Fonte: A autora, 2024.

Assim como o município de Igarassu, o território de Abreu e Lima é um dos mais antigos do estado. Ele era distrito de Paulista, mas foi desmembrado e tornou-se município em 1982. A sua população em 2000 era de 89.039 pessoas, em 2010 já era de 94.429 pessoas, enquanto em 2022 era de 98.462 (ver Figura 12), sendo 9.423 pessoas a mais em vinte e dois anos, representando um aumento de 10,58%. Dessa população, em 2020, apenas 12,7% estavam ocupadas (10.872 pessoas), especialmente nas atividades de comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas. Em relação a economia do município, em 2020 o PIB per capita era de 18.189,98 reais, enquanto o valor adicionado bruto a preços correntes, tinha como 1ª atividade econômica os serviços, principalmente de administração, defesa, educação, saúde pública e seguridade social, com 680.031,60 (x 1000) reais. Este é setor mais representativo, seguido da indústria e agropecuária (IBGE Cidades, 2023).

O município de Itapissuma, da mesma forma que Araçoiaba, era distrito de Igarassu, elevado à categoria de município em 1982. A população desse município em 2000 era de 20.116 pessoas, em 2010 era de 23.769 pessoas, já em 2022 essa população era de 27.749 (ver Figura 12), sendo 7.633 pessoas a mais em vinte e dois anos, representando um crescimento de 37,94%. Dessa população, em 2020, apenas 20,2% estavam ocupadas (5.908 pessoas), especialmente em ocupações elementares. Em relação a sua economia, em 2020 o PIB per capita era de 74.728,89 reais, enquanto o valor adicionado bruto a preços correntes, tinha como 1ª atividade econômica a indústria, com 841.026,05 (x 1000) reais. Este é setor mais representativo, seguido dos serviços, administração pública e agropecuária. O turismo ambiental se destaca em Itapissuma devido aos seus rios, mangues e mar, além da culinária. Esta vem principalmente da atividade de pesca artesanal da população local (IBGE Cidades, 2023).

A Tabela 1 traz em resumo os setores econômicos mais representativos dos municípios de Araçoiaba, Igarassu, Abreu e Lima e Itapissuma. É importante destacar que a agropecuária e a indústria se destacam economicamente em todos os municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo.

Tabela 1 -Setores econômicos mais representativos dos municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE

MUNICÍPIOS	SETORES ECONÔMICOS MAIS REPRESENTATIVOS					
	Indústria	Serviços	Agropecuária	Administração pública	Lavoura temporária	Turismo
Araçoiaba	X		X		X Cana-de-açúcar	
Igarassu	X	X	X		X Cana-de-açúcar	X histórico e ambiental
Abreu e Lima	X	X	X			
Itapissuma	X	X	X	X		X histórico e ambiental

Fonte: IBGE CIDADES, 2024.

5.3 Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Botafogo

O uso e ocupação da terra na bacia do Botafogo foi marcada pelo processo de ocupação no período de colonização do Brasil, devastando a Mata Atlântica local e posteriormente pelo cultivo da cana-de-açúcar, que perdura até hoje. Juntamente ao cultivo da cana, a agropecuária se configurou como atividade econômica importante. Mais recentemente, a partir de 2010, indústrias de diversos ramos (bebidas alcoólicas, produtos de higiene e limpeza, biscoito etc.) se instalaram, especialmente na rodovia BR-101 no sentido do município de Goiana. Entre as décadas de 1980 e 1990 os municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba e Itapissuma se elevaram a categoria de município, mostrando um crescimento populacional nesse período.

Dentro deste contexto, considerando esses fatores, foram gerados mapas de uso e ocupação da terra para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 (Figura 14, Figura 15, Figura 16 e Figura 17), por meio do projeto Mapbiomas através de suas séries históricas organizadas em coleções. Foram gerados quatro arquivos *raster*, o qual foi classificado conforme a legenda da coleção 8 do Mapbiomas, processado por meio da plataforma *Google Earth Engine*. Por meio dos mapas, foi gerado também o Quadro 2, com as áreas em Km² de cada classe de uso da terra nos quatro anos (1990, 2000, 2010 e 2020).

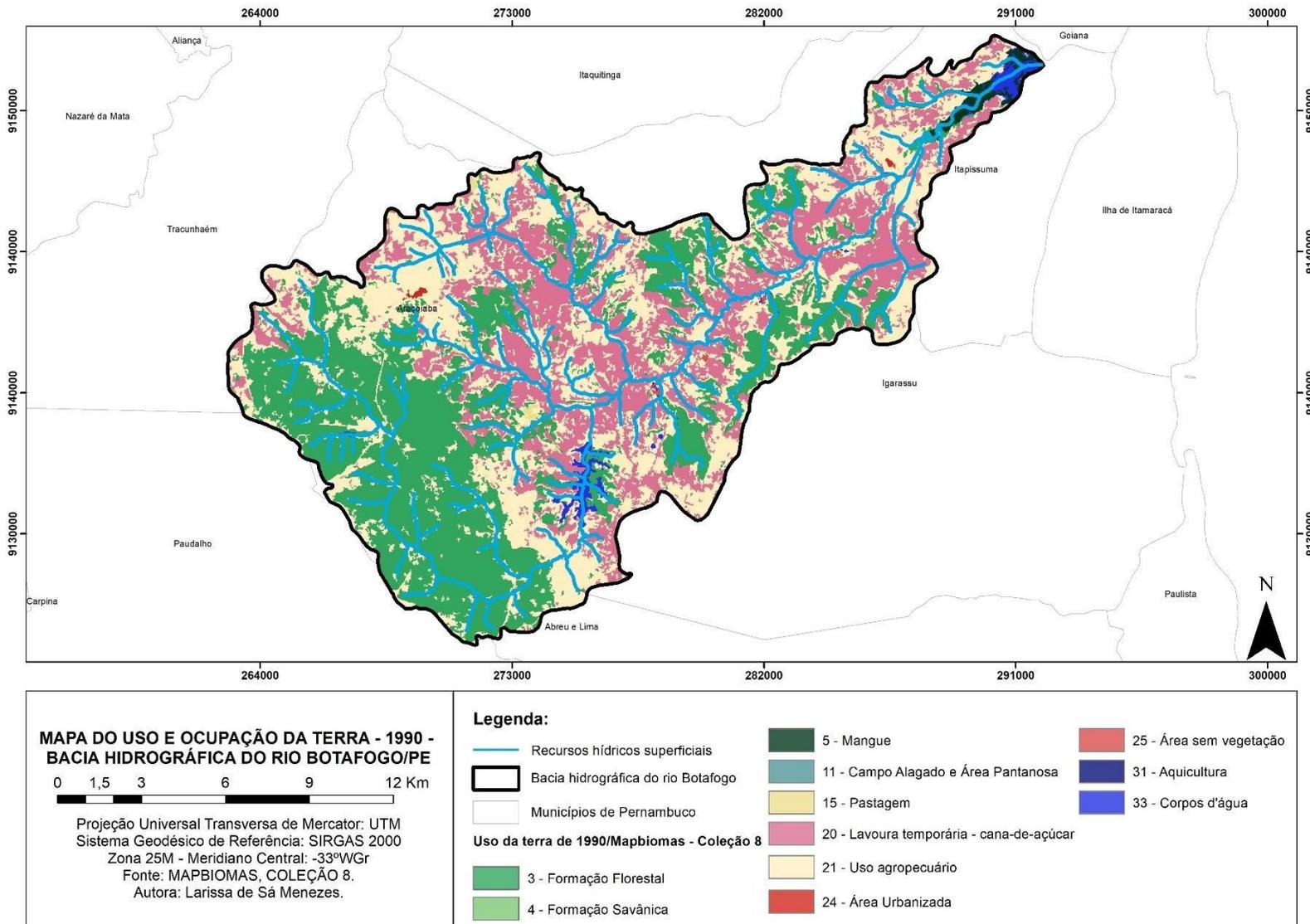


Figura 14 -Mapa do uso da terra em 1990, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

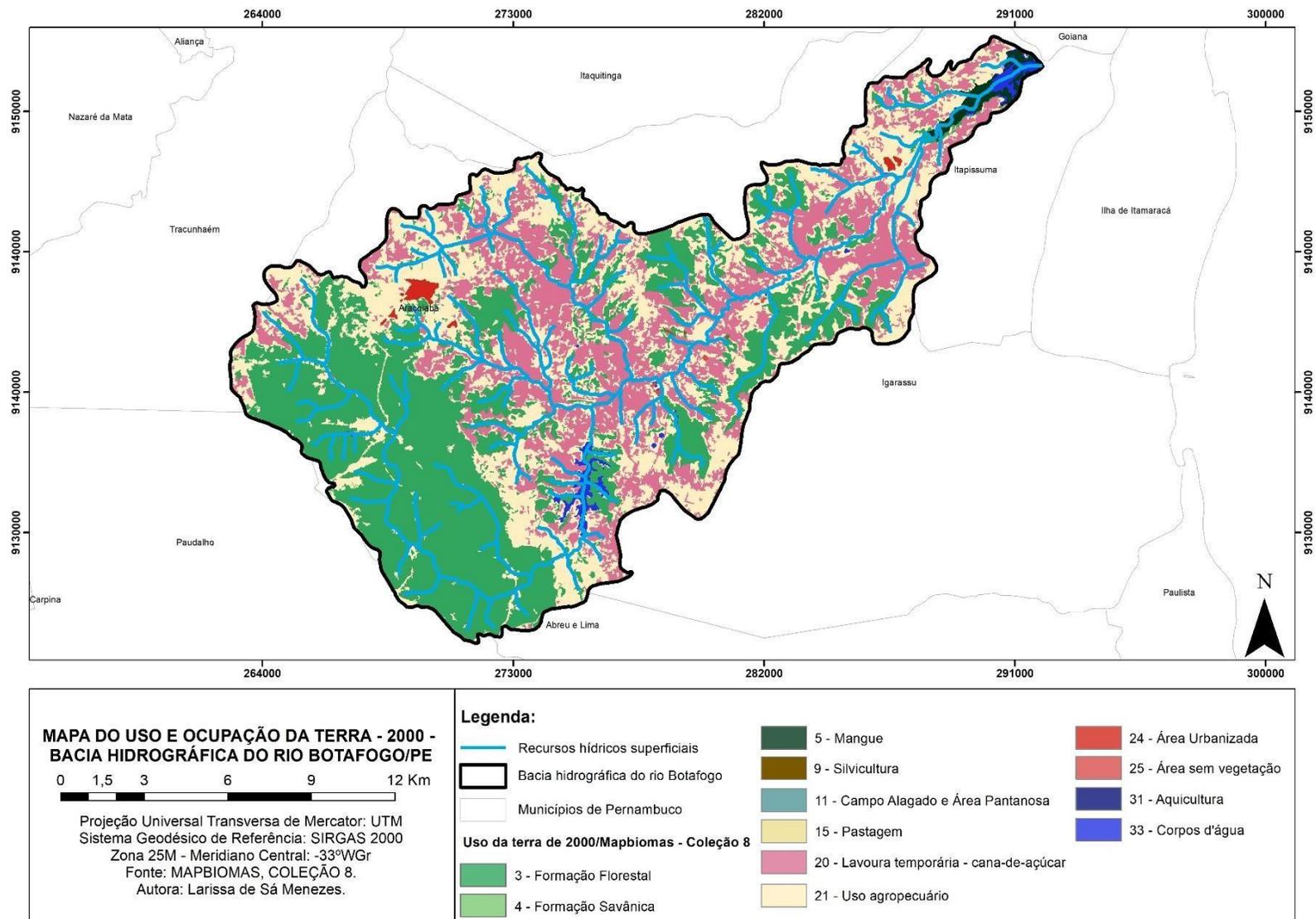


Figura 15 -Mapa do uso da terra em 2000, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

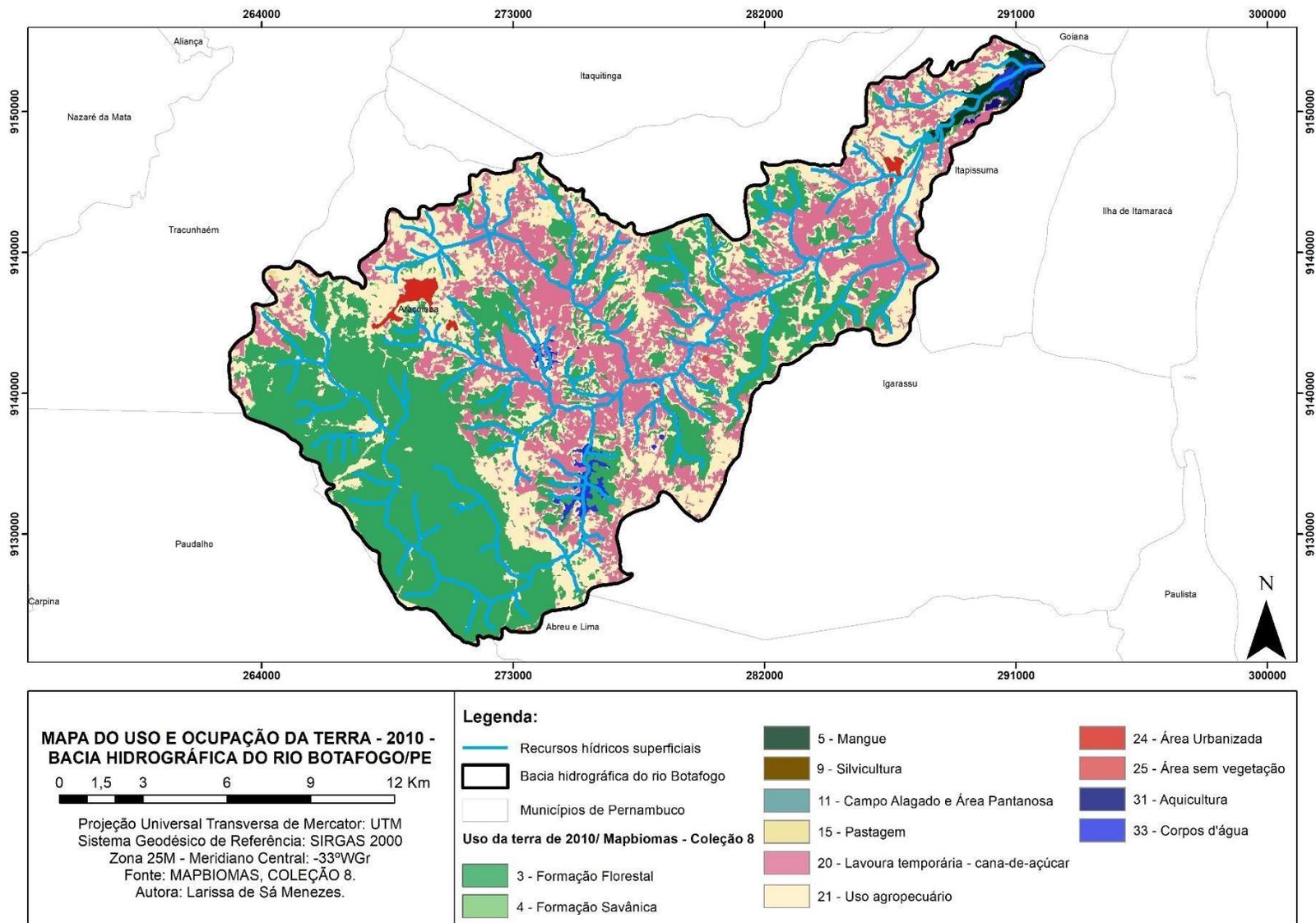


Figura 16 - Mapa do uso da terra em 2010, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

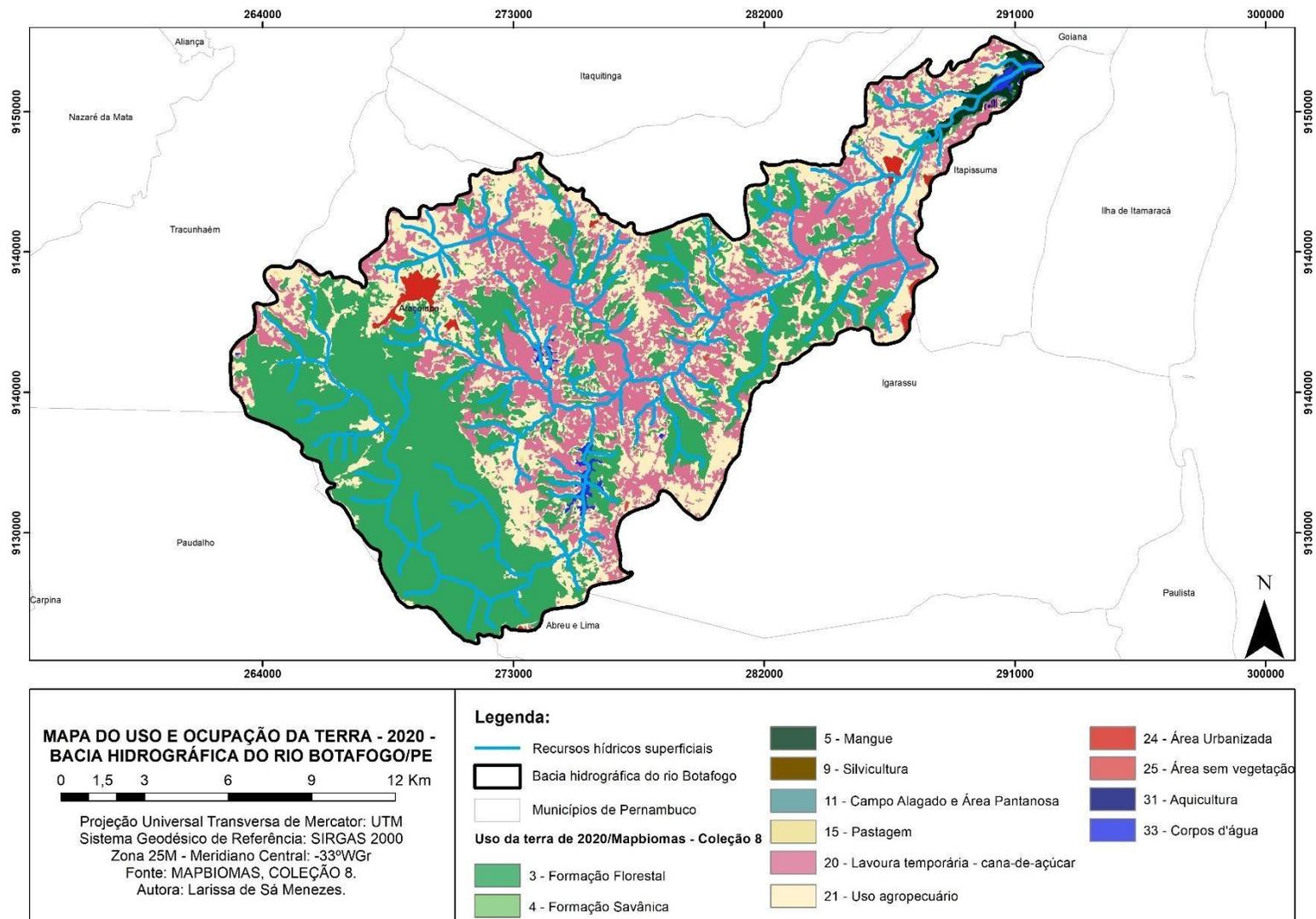


Figura 17 - Mapa do uso da terra em 2020, bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

Quadro 2 - Áreas em Km² das classificações do uso da terra nos quatro anos analisados (1990, 2000, 2010 e 2020)

CLASSIFICAÇÃO DO USO DA TERRA	ÁREA (KM ²)					
	1990	2000	2010	2020	EVOLUÇÃO EM 30 ANOS	
					KM ²	%
3 - Formação Florestal	91,702	99,669	103,110	109,810	18,108	19,74%
4 - Formação Savânica	0,058	0,057	0,057	0,102	0,044	75,86%
5 - Mangue	1,796	2,046	2,285	2,355	0,559	31,12%
9 - Silvicultura	x	0,0462	0,0053	0,0460	-0,0002 (2000-2020)	0,43%
11 - Campo Alagado e Área Pantanosa	0,185	0,117	0,171	0,147	-0,038	79,46%
15 - Pastagem	0,566	0,055	0,424	0,242	-0,324	57,24%
20 - Lavoura da cana-de-açúcar	67,469	67,521	67,901	67,404	-0,065	0,09%
21 - Uso Agropecuário	100,010	91,830	86,086	80,247	-19,763	19,76%
24 - Área urbanizada	0,192	1,050	1,721	2,580	2,388	1.243,8%
25 - Área sem vegetação	0,264	0,195	0,404	0,320	-0,056	21,21%
31- Aquicultura	0,024	0,004	0,297	0,063	0,039	162,5%
33 - Corpos d'água	4,120	3,798	3,968	3,065	-1,055	25,61%

Fonte: A autora, 2024.

Por meio dos mapas dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 e do Quadro 2 é possível observar as mudanças no uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Botafogo. Os usos da terra 3, 4 e 5, referentes na legenda do Mapbiomas às Formações Florestais, Savânica e Mangue cresceram em área nos últimos 30 anos, representados na cor azul. A área urbanizada e a Aquicultura também cresceram consideravelmente no mesmo período.

O crescimento da Formação Florestal foi de 18.108 Km² em 30 anos, representando um aumento de 19,74%. De 1990 para 2000 a Formação Florestal cresceu para 99,669 km², indicando um saldo positivo de aproximadamente 7,967 km². Isso sugere que houve recuperação ou expansão das áreas florestais, possivelmente devido à regeneração natural. Em 2010, o valor aumentou para 103,110, com um incremento adicional de 3,441 Km², evidenciando continuidade na recuperação florestal ou menor pressão para desmatamento.

Isso se deve também a presença do Campo de Instrução Marechal Newton Cavalcante - CIMNC, que foi fundado em 1945, abrangendo onze antigos engenhos de cana-de-açúcar. Entre as suas missões, está a preservação do meio ambiente, realizando atividades de educação ambiental e solturas de animais silvestres juntamente à Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH. A área do quartel, que compreende toda a área verde do alto curso da bacia hidrográfica, esteve em estado maior de degradação, conforme se observa no uso da terra de

1990, havendo melhora nos anos seguintes. Isto se deve principalmente ao cercamento da área e ao estado de regeneração natural da mata (Sales, 2020).

Dentro do CIMNC foi criado o Refúgio da Vida Silvestre (RVS) Mata de Miritiba, Unidade de Conservação de Proteção Integral. O RVS Mata de Miritiba, criado como Reserva Ecológica em 1987, foi recategorizado em 2011 como RVS (CPRH, 2023), sendo assim, apresenta maior restrição no uso da terra, utilizado apenas para pesquisa e visitação, sujeitas às normas do plano de manejo da unidade de conservação. Isso tem contribuído para a conservação das florestas locais.

Além disso, em 2010 foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) Aldeia-Beberibe, que apesar de ser uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, apresenta restrições no uso da terra em seu território. Em 2019, complementando a lei de criação da APA Aldeia-Beberibe, por meio do Decreto nº 47.556, de 5 de junho de 2019, foi instituído o “Corredor Ecológico da APA Aldeia-Beberibe”, com o objetivo de conectar funcionalmente e estruturalmente as zonas entre o RVS Refúgio Mata de Miritiba, RVS Mata da Usina São José e RVS Mata de Quizanga e os demais remanescentes de Mata Atlântica existentes em seu território, o que podem ter contribuído para o aumento e conservação da Formação Florestal.

Além disso, a APA Aldeia-Beberibe é uma área prioritária para Pagamento de Serviços Ambientais - PSA e para compensação de reserva legal no Bioma Mata Atlântica para o Estado de Pernambuco. Essa restrição da área para a formação de corredores ecológicos pode ser vista no mapa da Figura 18, do comparativo entre os anos de 1990 e 2020, das mudanças ocorridas nesse período.

É importante citar também a contribuição da Lei da Mata Atlântica (Lei n.º 11.428/2006), da Lei 12.651/2012, o Código Florestal brasileiro, para a conservação das Formações Florestais na bacia do rio Botafogo, e da já existente Lei Federal nº 4.771/1965, que instituiu o segundo Código Florestal, e já apresentavam restrições na supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Entretanto, apesar das restrições apresentadas conforme as leis, decretos e presença de Unidades de Conservação, é possível observar no período de 1990 a 2020 um trecho da bacia hidrográfica do rio Botafogo onde o uso da terra na APA está relacionado ao cultivo da cana-de-açúcar e agropecuário, especialmente próximo da Barragem de Botafogo. Também é possível observar que muitos trechos de canais de primeira ordem, onde estão as nascentes, foram suprimidos principalmente devido a lavoura temporária da monocultura da cana-de-açúcar, pela atividade agropecuária e pela expansão urbana. Conforme a classificação de Strahler (1952) (Figura 19), havia cerca de 156 canais de primeira ordem na bacia, e

comparando-se ao mapa de uso da terra de 2020, observa-se que cerca de 20 desses canais de primeira ordem foram suprimidos (Figura 20).

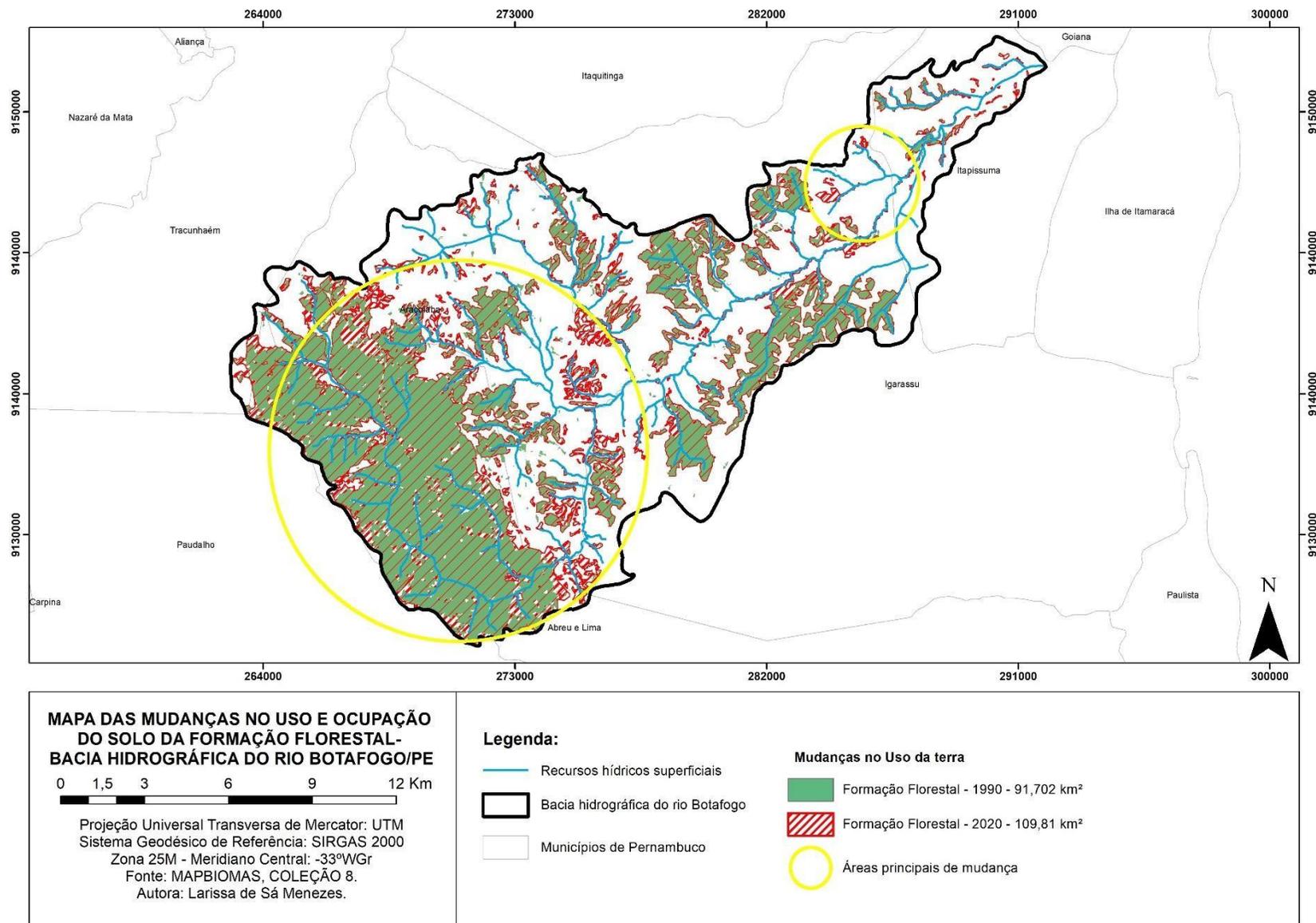


Figura 18 -Mapa das mudanças o uso da terra da Formação Florestal, com destaque para dois pontos principais de modificação, com as linhas vermelhas mais grossas.
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

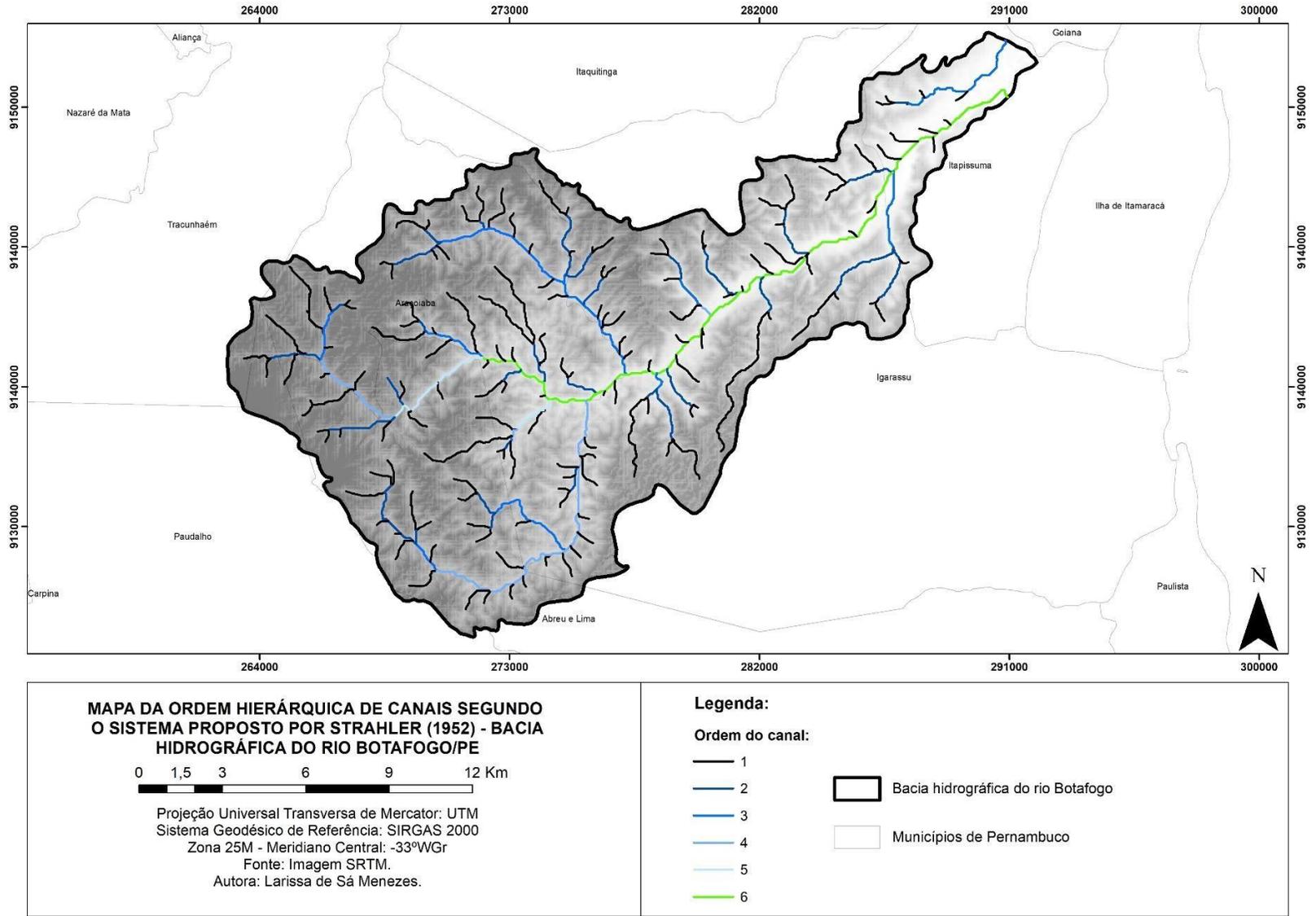


Figura 19 -Mapa da Classificação dos canais conforme Strahler (1952).
Fonte: Imagem SRTM, adaptada pela autora, 2024.

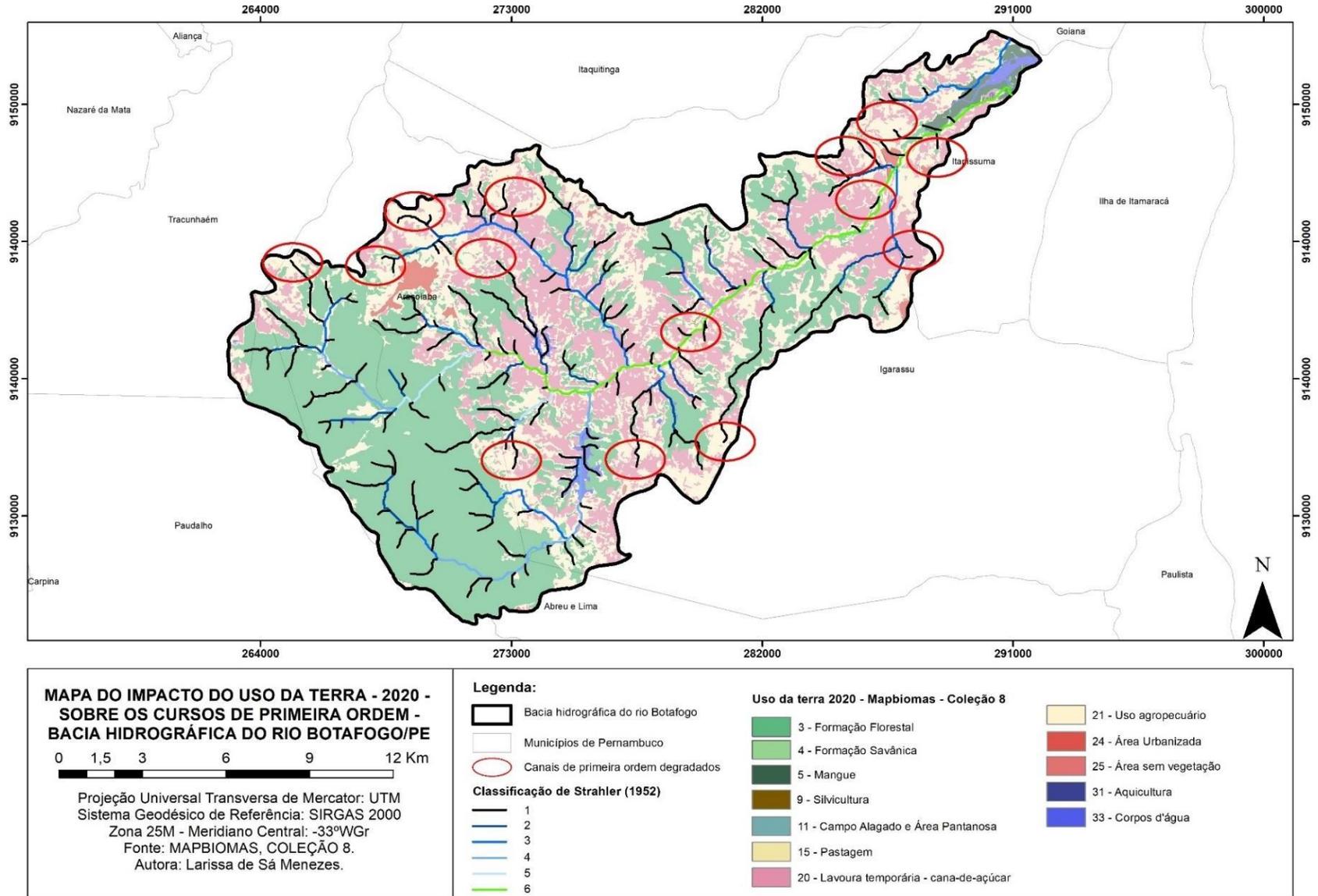


Figura 20 - Mapa do impacto no uso da terra (2020) nos canais de primeira ordem da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

Por meio da análise do Diagrama de Sankey (Figura 21), é visível que parte das áreas anteriormente destinadas ao "Uso Agropecuário" e "Lavoura da cana-de-açúcar" contribuiu para a Formação Florestal ao longo dos anos, refletindo esforços de preservação ambiental ou abandono de áreas anteriormente destinadas a atividades agropecuárias e outras. Outras categorias, como "Área sem vegetação" ou "Pastagem", também tenham sido reconvertidas para a Formação Florestal.

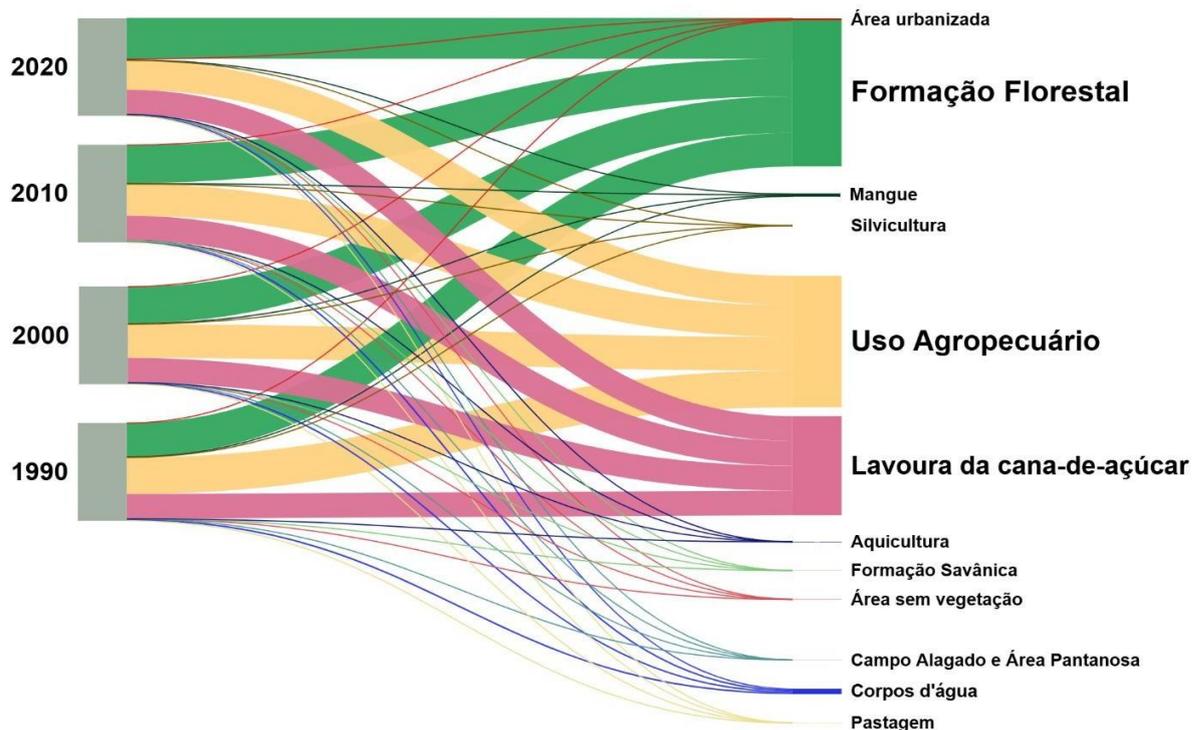


Figura 21- Diagrama de Sankey das classificações do uso da terra nos quatro anos analisados (1990, 2000, 2010 e 2020).

Fonte: Elaborado no SankeyMATIC.

Isso é comprovado utilizando-se os dados gerados no *software* QGIS, quando calculado quantos por cento de Formação Florestal e outros usos da terra estavam presentes em 1990, onde se tem Formação Florestal no ano de 2020. Foi possível observar a composição presente na Tabela 2.

Tabela 2 - Mudanças do uso da terra para Formação Florestal entre 1990 até 2020

USOS DA TERRA	1990 - 2020 (ha)	PERCENTUAL DA MUDANÇA EM RELAÇÃO AO VALOR DE 1990
Uso agropecuário	2.218,11	20,20%

Outros usos da terra (Formação Savânica, Corpo d'água, Campo alagado e área pantanosa, Pastagem, Cana-de-açúcar, Área sem vegetação)	54,28	0,50%
---	-------	-------

Fonte: Dados obtidos no *software* Qgis pela autora, 2024.

Por meio da Tabela 2 é possível observar que o “Uso Agropecuário” foi o mais representativo em sua transformação para a Formação Florestal, sendo superior a todos os outros usos da terra combinados, apesar de ser uma das principais economias dos municípios da bacia hidrográfica do Botafogo. Isto pode ter ocorrido devido ao abandono de terras, seja por improdutividade do solo ou devido ao Decreto nº 47.556, de 5 de junho de 2019, que trata da formação de corredores ecológicos, PSA, e compensações ambientais na APA Aldeia-Beberibe.

Os demais usos da terra representaram baixo percentual de mudanças para a Formação Florestal. A cana-de-açúcar se mantém estável ao longo dos 30 anos, não demonstrando aumento expressivo. Isso pode ser resultado de limitações no avanço das fronteiras agrícolas, compensadas pelo aumento de produtividade em áreas já cultivadas. Grande parte das áreas de cana-de-açúcar se encontram na fronteira de Formações Florestais (Figura 22). A redução no volume de água e umidade dos corpos hídricos, campo alagado e áreas pantanosas resultou no processo de regeneração natural da Mata Atlântica, presente no uso da Formação Florestal. Essa regeneração é proporcionada por espécies pioneiras, como a Embaúba (*Cecropia pachystachya* Trécul), Lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy) e Cupiúba (*Tapirira guianensis* Aubl.). Além disso, esse processo também pode ter possibilitado a redução de áreas sem vegetação.



Figura 22 - Área de Mata Atlântica na fronteira de lavouras de cana-de-açúcar
Fonte: A autora, 2024.

A conversão de pastagem para floresta reflete o abandono ou substituição por vegetação nativa, frequentemente ligada a áreas com menor potencial agrícola. Na bacia hidrográfica do rio Botafogo, a vegetação Savânica representa o processo inicial de regeneração da Mata Atlântica, em um cenário onde ainda predominam árvores pequenas e espécies de hábito arbóreo-arbustivo pioneiras e adaptadas a ambientes abertos. Entretanto, à medida que evolui, a feição deverá ser substituída pela Formação Florestal, cedendo espaço para árvores lenhosas e dossel fechado. Conforme indicado no Quadro 2, a formação Savânica apresentou um crescimento de 75,86% em um período de 30 anos, podendo ser encontrada principalmente nas bordas dos fragmentos florestais da região, com destaque para áreas protegidas.

O manguezal também está no grupo que cresceu na análise do uso da terra da bacia hidrográfica do Botafogo, com 31,12% em 30 anos, sendo 0,559Km² a mais, especialmente na última década (2010-2020). De acordo com o Diagrama de Sankey (ver Figura 21), o manguezal aparece relativamente estável, com pequenos fluxos de perda ou ganho, que contrasta com as florestas, que têm uma dinâmica mais intensa. Ele ocupou em 2020 alguns trechos de Corpos d'água e de Uso Agropecuário, que se deve principalmente as leis de proteção ambiental e ao crescimento das copas que ocultou o corpo hídrico abaixo, observando-se pelas imagens de satélite.

Esse manguezal está situado dentro da APA de Santa Cruz, criada em 2008, presente na área estuarina no Canal de Santa Cruz, na foz do rio Botafogo. Essa APA apresenta restrições e proibições de uso semelhantes a APA Aldeia-Beberibe e encontra-se também em semelhante situação em relação ao uso do seu território para as atividades agropecuárias e do cultivo da cana-de-açúcar. Os manguezais estão amparados desde o primeiro Código Florestal brasileiro (1938) até o atual (2012) que trazem os manguezais em toda a sua extensão como APPs. A Resolução CONAMA 303/2002, traz também a preservação de manguezais e restingas.

Na bacia hidrográfica do rio Botafogo observou-se um crescimento maior dessas áreas de manguezais principalmente a partir de 2010, sob a influência de uma maior atuação das leis e órgãos ambientais de fiscalização e da criação da APA de Santa Cruz. Além disso, é preciso citar que essa proteção também se deve ao fato de parte da economia dos municípios de Igarassu e Itapissuma estarem associadas ao turismo histórico e ambiental, especialmente as suas áreas de manguezal. Esse turismo gera renda para as populações tradicionais locais que vivem do extrativismo da região estuarina.

Entretanto, esse crescimento do manguezal também pode estar associado ao despejos de esgotamento sanitário doméstico e industrial sem tratamento nos cursos d'água, devido ao

processo de urbanização e crescimento desordenado dos municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo. Segundo Otsuka *et al.* (2014) e os relatórios periódicos da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH, 2024), esse despejo de efluentes não tratados tem gerado um processo de eutrofização da água, impulsionando o crescimento da vegetação do manguezal pela disponibilidade de nutrientes em suspensão no estuário do rio Botafogo.

A Figura 23 mostra a diferença do manguezal presente em 1990 e em 2020. É possível observar o crescimento do manguezal em 2020.

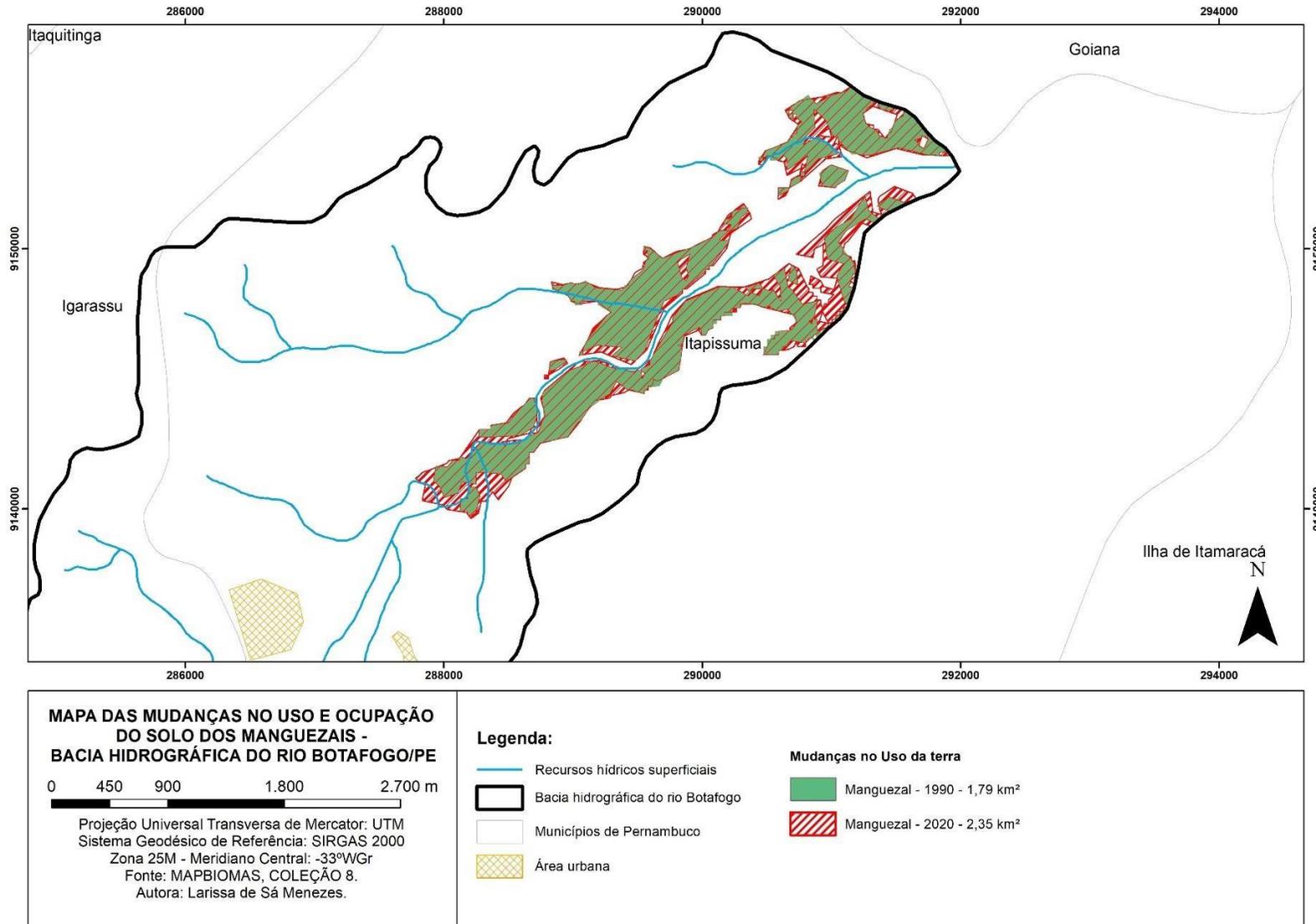


Figura 23 - Mapa das mudanças o uso da terra do Manguezal em 1990 e 2020
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

A Aquicultura, normalmente associada às áreas de manguezais, pela produção especialmente de moluscos e crustáceos, também cresceu 162,5%, em 0,039 Km². Isto está em conformidade a aquicultura mundial, que cresceu 5,3% entre 2001 e 2018 (FAO, 2020).

Outro uso da terra que cresceu significativamente foi a Área urbanizada na bacia hidrográfica do rio Botafogo, referente principalmente aos núcleos urbanos de Araçoiaba, presente na Figura 24 e no mapa da Figura 26, no distrito de Três Ladeiras de Igarassu, o distrito de Botafogo pertencente a Itapissuma presente na Figura 25 e a sede Igarassu, podendo ser observadas no mapa da Figura 26. Esses núcleos urbanos cresceram 1.243,8% em 30 anos, um crescimento equivalente a 2,388 Km². Esse crescimento foi maior no período entre 1990 e 2010.



Figura 24 - Araçoiaba/PE
Fonte: A autora, 2024.



Figura 25 - Distrito de Botafogo, Itapissuma/PE
Fonte: A autora, 2024.

De acordo com o Diagrama de Sankey (ver Figura 21), pode-se observar a área urbanizada aparece em processo de expansão horizontal, o que se concretiza no ano de 2020.

Uma parte significativa das terras para uso agropecuário foi convertida para o uso urbano, assim como áreas de pastagens, áreas sem vegetação, e pequenas parcelas de áreas florestais também foram ocupadas para urbanização, refletindo a expansão de cidades sobre áreas naturais.

Isso é comprovado utilizando-se os dados gerados no *software* QGIS, quando calculado quantos por cento de Área urbanizada e outros usos da terra estavam presentes em 1990, onde se tem Área urbanizada no ano de 2020. Foi possível observar a composição presente na Tabela 3.

Tabela 3 - Mudanças do uso da terra para Área Urbanizada entre 1990 até 2020

USOS DA TERRA	1990 - 2020 (ha)	PERCENTUAL DA MUDANÇA EM RELAÇÃO AO VALOR DE 1990
Uso agropecuário	233,85	90,63%
Outros usos da terra (Pastagem, Cana-de-açúcar, Área sem vegetação e Formação Florestal)	4,608	1,79%

Fonte: Dados obtidos no *software* Qgis pela autora, 2024.

Essa mudança entre os anos de 1990 e 2020 pode ser observada no mapa da Figura 26.

Entre 2000 e 2022, os municípios da bacia do rio Botafogo tiveram um crescimento populacional entre 10 e 40% na sua população, sendo Igarassu o mais populoso. Isto demanda maior expansão de infraestrutura habitacional, de serviços, como educação e saúde; indústrias e no saneamento básico e maior necessidade de fornecimento de água à população.

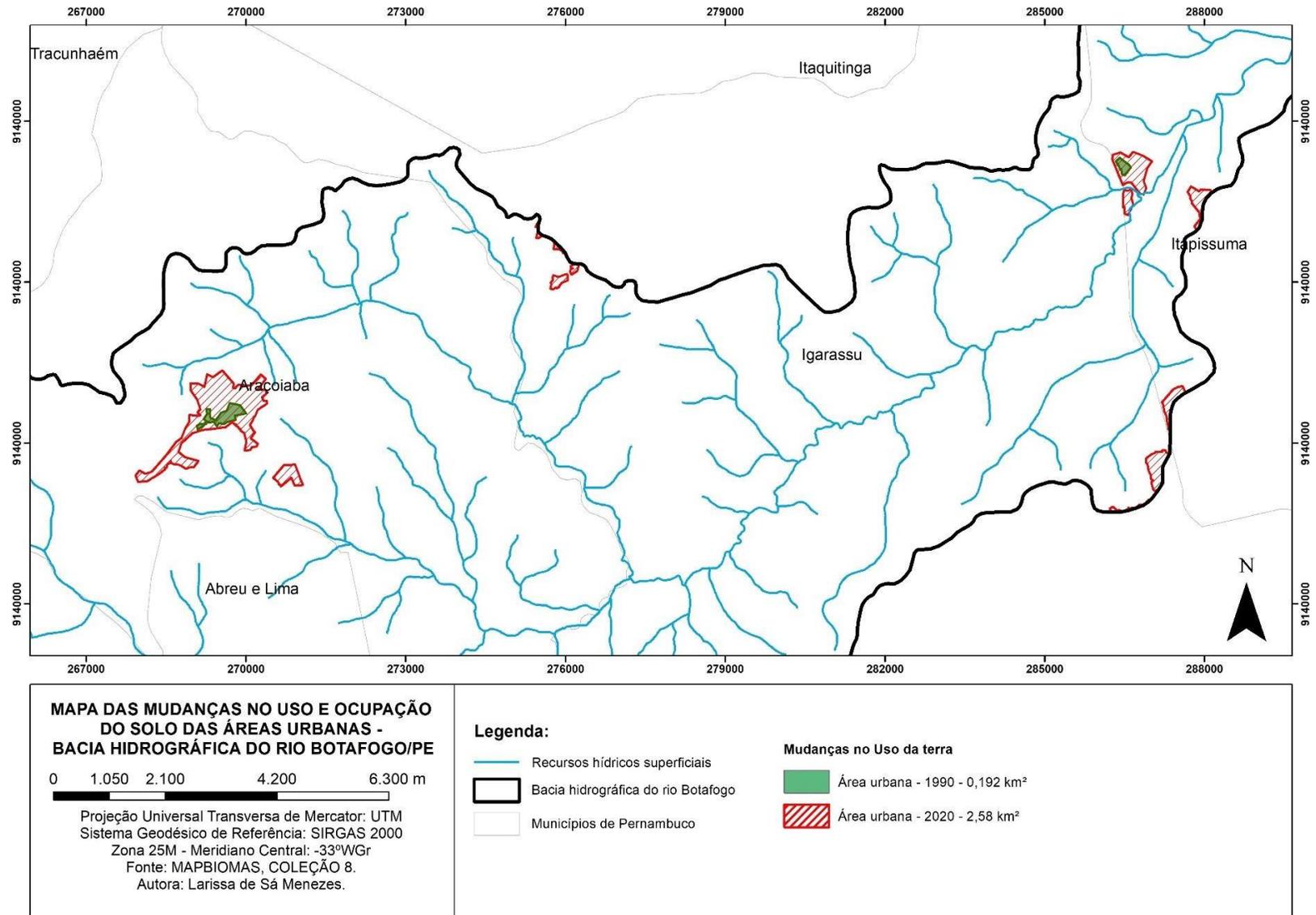


Figura 26 - Mapa das mudanças o uso da terra da área urbana em 1990 e 2020.

Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

Em 30 anos também houve a redução em diferentes graus dos usos da terra 9, 11, 15, 20, 21, 25 e 33, referentes na legenda do Mapbiomas à Silvicultura, Campo Alagado e Área Pantanosa, Pastagem, Lavoura da cana-de-açúcar, Uso Agropecuário, Área sem vegetação e Corpos d'água. Eles estão representados na cor vermelha no Quadro 2.

A Silvicultura (Figura 27), que somente aparece no projeto Mapbiomas no ano de 2000, reduziu somente 0,43%, referente a uma área de 0,0002 Km², se mantendo quase estável. De acordo com o Diagrama de Sankey (ver Figura 21), parte das suas áreas pode ser proveniente de conversões de Uso Agropecuário, Pastagens ou Formação Florestal, convertidas em florestas comerciais. Entretanto, pequenos fluxos indicam a conversão para outras categorias, como a Área Urbana ou até mesmo regeneração natural (Formação Florestal), o que indica terras anteriormente manejadas para silvicultura sejam abandonadas ou destinadas ao reflorestamento natural.



Figura 27- Silvicultura de eucalipto ao fundo e cultivo de cana-de-açúcar no entorno da imagem
Fonte: A autora, 2024.

Os Campos Alagados e a Área Pantanosa reduziram 79,46%, referente a uma área de 0,038 Km². Eles são importantes sistemas úmidos referentes às áreas úmidas de planícies inundáveis, na qual está representada na área em estudo pela planície inundável do rio Botafogo. As áreas úmidas são extremamente importantes para a proteção de sistemas hídricos. Segundo Gomes (2017), no Brasil as áreas úmidas foram drenadas e modificadas em áreas para agricultura, indústrias e para áreas urbanas, onde a degradação foi gerada, além de tudo, pela ausência de saneamento.

O Diagrama de Sankey (ver Figura 21), apresenta a mudança dos Campos Alagados e a Área Pantanosa como relativamente estável no período de 1990 a 2020, mas apresenta fluxos de perdas e ganhos nesse período. As perdas estão associadas à conversão principalmente para categorias como Uso Agropecuário e Lavoura da Cana-de-Açúcar, atividades que muitas vezes

drenam áreas alagadas. Pequenos fluxos de perdas ocorrem para a Formação Florestal, resultado do processo de regeneração natural da Mata Atlântica. Os ganhos também são provenientes do Uso Agropecuário ou de Áreas sem vegetação, demonstrando que áreas degradadas ou abandonadas voltam a alagar devido a mudanças no manejo ou alterações no regime hidrológico.

Os Corpos d'água reduziram 25,61%, 1,055Km² no período de 30 anos. A Barragem de Botafogo foi o Corpo d'água que mais reduziu nos últimos anos. Com a recente crise hídrica, na última década o reservatório esteve operando com menos de 16% de sua capacidade, e em 2021, operou com 4,5% de sua capacidade (G1, 2021). Essa redução também é vista na foz do rio Botafogo, próxima a área do manguezal.

Também houve o surgimento de um corpo d'água próximo do município de Araçoiaba, onde anteriormente havia o Uso Agropecuário e a Lavoura de cana-de-açúcar. Isso se confirma por meio do Diagrama de Sankey, que demonstra ganhos de fluxos dos Corpos d'água para o Uso Agropecuário. Também houve perdas de fluxos, principalmente para o Uso Agropecuário e para o Mangue. Este pode ter se expandido à medida que o Corpo d'água foi diminuindo. Entretanto, outros Corpos d'água se mantiveram no período de 30 anos, a exemplo da Lagoa de Botafogo (Figura 28) e do riacho que se encontra ao lado da Fábrica *Chlorum Solutions* (Figura 29).



Figura 28- Lagoa de Botafogo, distrito de Botafogo, Itapissuma/PE
Fonte: A autora, 2024.



Figura 29 – Riacho ao lado da Fábrica *Chlorum Solutions*, Igarassu/PE
Fonte: A autora, 2024.

As Áreas sem vegetação reduziram 21,21%, em uma área de 0,056Km². Elas representam atualmente as áreas de solo exposto e onde estão a Usina São José, a Subestação Pau Ferro – CHESF e um parque tecnológico. De acordo com o Diagrama de Sankey, parte desse uso foi convertido em Formação Florestal, provavelmente pela regeneração natural de áreas previamente degradadas; para a Área urbana e para os Campos alagados e áreas pantanosas.

A área de Pastagem, sendo parte significativa do Uso Agropecuário, foi uma das que mais reduziu em 30 anos, 57,24%, em uma área de 0,324 Km². Ela foi em grande parte substituída pelo Uso Agropecuário. Este reduziu somente 19,76% em 30 anos, em uma área de 19,763Km², é uma das maiores categorias no diagrama de Sankey, com mudanças significativas ao longo do tempo. Parte da área destinada ao Uso Agropecuário foi convertida principalmente para Área urbanizada, Silvicultura e para a Formação Florestal, o que sugere um movimento de desintensificação agrícola em algumas áreas, seja por políticas ambientais ou alterações no uso da terra. A Figura 30 mostra o Uso Agropecuário no trecho em amarelo no mapa da Figura 31 e próximo ao CIMNC. A Figura 31 mostra o principal ponto de mudança (em amarelo) no período de 1990 a 2020, onde estão o CIMNC, a APA Aldeia-Beberibe e a proposta de corredor ecológico para essa APA. Apesar disso, também houve ganhos para esses usos, especialmente pela conversão dos Campos alagados e áreas pantanosas.

O baixo percentual de redução de área no período de 1990 a 2020 pode estar relacionado ao fato deste uso representar a terceira maior economia dos municípios presentes na bacia hidrográfica do rio Botafogo. Este uso da terra representa o terceiro maior nessa bacia,

juntamente a Lavoura da cana-de-açúcar e a Formação Florestal.



Figura 30 – Uso Agropecuário na área do CIMNC, Araçoiaba/PE
Fonte: A autora, 2024.

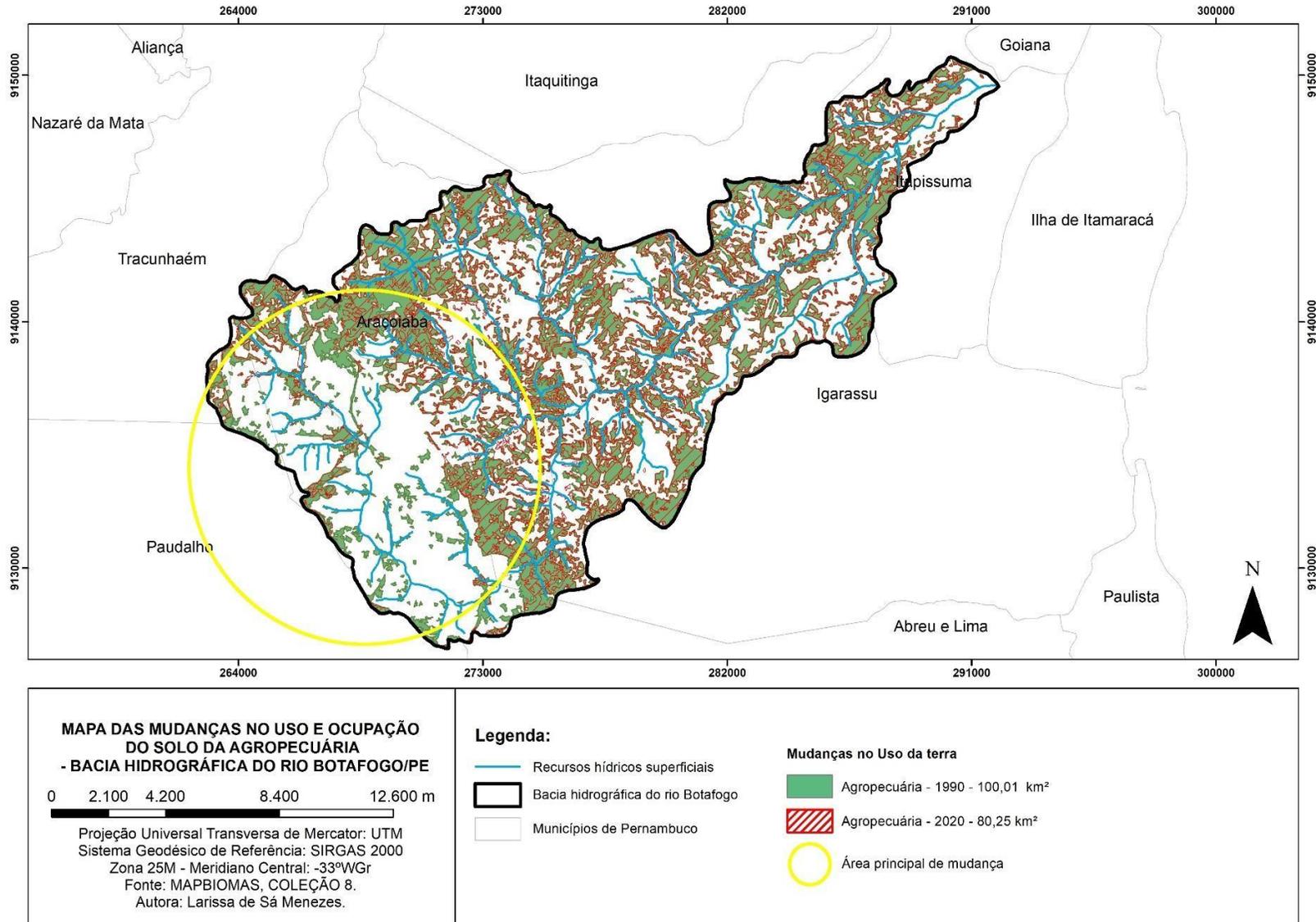


Figura 31 – Mapa das mudanças o uso da terra do Uso Agropecuário em 1990 e 2020
 Fonte: Mappbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

O uso da Lavoura temporária da cana-de-açúcar teve uma redução ínfima em 30 anos, de 0,09%, de 0,065Km², mantendo-se quase estável em todo o período, sugerindo que a lavoura de cana-de-açúcar é uma atividade consolidada e bem distribuída espacialmente (Figura 32). A partir de 2010 os valores da cana-de-açúcar em área foram reduzidos, o que pode ser um reflexo das políticas e normas ambientais desse período, principalmente relacionados a criação da APA Aldeia-Beberibe e o Código Florestal brasileiro.



Figura 32 – Vasta área de lavoura de cana-de-açúcar
Fonte: A autora, 2024.

Dessa forma, é importante ressaltar que essa lavoura temporária é a que mais se destaca economicamente entre os municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo, gerando renda desde a formação territorial dos municípios. Entretanto, é um uso que consome bastante água, pois para cada uma tonelada de cana-de-açúcar produzida, demanda-se cerca de 10mm de água. A exigência de água durante todo o seu ciclo é de 1.500 a 2.500mm (Doorenbos; Kassam, 1979). Para o seu sucesso, a irrigação é de grande importância e a deficiência hídrica juntamente a falta de chuvas, causam impactos na produção.

Considerando o valor de uma tonelada de cana produzida demanda 10mm de água (10l/m²), no município de Araçoiaba, em 2020, foram produzidas 72.216 t de cana, gerando uma demanda de 722.16mm de água. Em Igarassu, no mesmo ano, foram produzidas 417.700 t de cana, gerando uma demanda de 4.177.000mm de água.

De acordo com o diagrama de Sankey, a Lavoura de cana-de-açúcar foi convertida em Área urbana, Formação Florestal e de Pastagem ou Uso Agropecuário. Mas também houve um fluxo de ganho vindo também do Uso Agropecuário, da Formação Florestal e Áreas sem vegetação.

Portanto, apesar do aumento das Formações Florestal e Savânica e dos mangues na bacia

hidrográfica do rio Botafogo, houve consideráveis reduções nas áreas dos Corpos d'água, especialmente da Barragem de Botafogo, e de áreas úmidas, como dos Campos Alagados e Áreas Pantanosas. As reduções ocorridas no plantio da cana-de-açúcar foram ínfimas comparando-se os séculos de uso da terra, da mesma forma, as reduções ocorridas no uso agropecuário são poucas em relação a área que ocupam na bacia hidrográfica do rio Botafogo. A área urbanizada foi a que mais cresceu na bacia, trazendo impactos consideráveis no uso da terra.

5.3.1 A evolução espaço-temporal do uso e ocupação da terra e os impactos socioeconômicos e ambientais gerados na bacia hidrográfica do rio Botafogo

As mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo ao longo dos últimos 30 anos têm promovido significativos impactos ambientais e socioeconômicos, cujos efeitos variam em natureza, abrangência e magnitude.

Alterações como o aumento de formações Florestal e Savânica, áreas de Mangue, e da Aquicultura, além do crescimento urbano, contrastam com a diminuição da Silvicultura, dos Corpos d'água, dos Campos alagados e das áreas pantanosas, da Pastagem, das áreas sem vegetação (solo exposto), bem como a baixa redução, tendendo a estabilidade, das atividades agropecuárias e da lavoura de cana-de-açúcar. Essas mudanças têm repercutido na dinâmica ambiental da bacia, afetando processos como a regulação hídrica, a qualidade dos solos e a biodiversidade; e na sua dinâmica socioeconômica, afetando também na oferta de empregos, de serviços à população, segurança alimentar e nas receitas dos municípios.

Conforme enfatizado por Guerra e Marçal (2016), transformações no uso da terra em áreas ecologicamente sensíveis podem acentuar processos como erosão, assoreamento e desequilíbrios ecológicos. De forma semelhante, Tucci (2007) destaca que as alterações no uso do solo, associadas à urbanização e atividades agroindustriais, frequentemente resultam em impactos significativos na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

Sendo assim, o Quadro 3 traz uma matriz dos principais impactos que ocorreram e que podem ocorrer na bacia hidrográfica do rio Botafogo. Alguns impactos foram gerados mais rapidamente, classificados como “imediatos”, com a redução ou aumento de um dos usos e ocupação da terra. Outros impactos necessitam de um prazo médio e longo para acontecer, o que depende da interferência de alguns fatores, como condições climáticas, pedológicas e geológicas.

Quadro 3 - Matriz de impactos socioeconômicos e ambientais na bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	EVOLUÇÃO EM 30 ANOS	ABRANGÊNCIA	PRINCIPAIS IMPACTOS ASSOCIADOS	DURAÇÃO DO IMPACTO	NATUREZA	REVERSIBILIDADE
FORMAÇÃO FLORESTAL	Aumentou em área	MEIO FÍSICO	Melhoria da qualidade da água	MP	Positiva	Reversível
			Redução da erosão do solo	MP		
			Controle de enchentes	MP		
			Aumento da infiltração e recarga de aquíferos	MP/LP		
		MEIO BIÓTICO	Armazenamento de carbono	LP		
		MEIO BIÓTICO	Conservação da biodiversidade	MP		
		MEIOS FÍSICO E SOCIOECONÔMICO	Regulação do clima local	MP		
MEIO SOCIOECONÔMICO	Redução de áreas produtivas	IM	Negativa			
FORMAÇÃO SAVÂNICA	Aumentou em área	MEIO BIÓTICO	Maior resiliência em áreas degradadas	MP	Positiva	Reversível
MANGUE	Aumentou em área	MEIO FÍSICO	Proteção costeira contra erosão	MP	Positiva	Reversível
			Melhoria na qualidade da água (filtram poluentes, sedimentos e nutrientes)	MP		
			Redução do impacto de enchentes	MP		
		MEIO BIÓTICO	Aumento da biodiversidade (aumento de habitats)	MP		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Contribuição para a pesca e economia local	MP		
		MEIO BIÓTICO	Armazenamento de carbono	LP		
SILVICULTURA	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Diminuição da extração de água do solo e redução da	IM	Positiva	Reversível

			contaminação por agroquímicos, melhorando a qualidade dos corpos d'água			
		MEIO FÍSICO	Diminuição da demanda de água em rios e aquíferos	IM		
		MEIO FÍSICO	Processo erosivo inicial	IM		
		MEIO BIÓTICO	Redução na produção de madeira e derivados, aumentando a pressão sobre a vegetação nativa	IM	Negativo	
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Perda de renda e empregos	IM		
PASTAGEM	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da compactação do solo	MP	Positiva	Reversível
		MEIO FÍSICO	Diminuição da demanda de água	IM		
		MEIO BIÓTICO	Redução de emissões de metano	IM		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Redução da receita dos municípios da bacia hidrográfica	IM	Negativa	
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Perda de renda e empregos	IM		
CAMPO ALAGADO E ÁREA PANTANOSA	Diminuiu em área	MEIO SOCIOECONÔMICO	Aumento da disponibilidade de terra para agricultura e desenvolvimento urbano	IM	Positiva/Negativa	Reversível
		MEIO BIÓTICO	Redução da biodiversidade em relação às áreas úmidas	MP	Negativa	
		MEIO FÍSICO	Redução na recarga de aquíferos	MP		
		MEIO FÍSICO	Agravamentos de episódios de enchentes	MP		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Comprometimento da pesca e da economia local	IM		

LAVOURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Aumento da infiltração de água no solo e na recarga de aquíferos	MP	Positiva	Reversível
			Redução da queima do solo	IM		
			Redução da erosão do solo	MP		
			Melhoria da qualidade da água, pela redução do uso de pesticidas, herbicidas e fertilizantes.	MP		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Perda de empregos e renda local	IM	Negativa	
MEIO SOCIOECONÔMICO	Redução da receita dos municípios da bacia hidrográfica	IM				
USO AGROPECUÁRIO	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da erosão e do assoreamento	MP	Positiva	Reversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Perda de empregos e impactos econômicos locais	IM	Negativa	
			Redução da receita dos municípios da bacia hidrográfica	IM		
			Queda na produção de alimentos	IM		
ÁREA URBANIZADA	Aumentou em área	MEIO FÍSICO	Aumento do escoamento superficial	MP	Negativa	Reversível
			Pressão sobre os recursos hídricos (sobrecarga nos sistemas de abastecimento e saneamento)	MP		Irreversível
			Eutrofização da água, devido aos despejos de resíduos	MP		
			Diminuição da recarga de aquíferos	MP		Reversível

			Aumento das emissões de gases de efeito estufa	MP		Reversível
			Contaminação dos recursos hídricos (resíduos industriais, domésticos etc.)	IM/MP		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Desenvolvimento econômico e geração de empregos	MP	Positiva	Reversível
			Melhor acesso a infraestrutura e serviços	MP		Irreversível
ÁREA SEM VEGETAÇÃO	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da erosão	MP	Positiva	Reversível
	Redução do processo de assoreamento dos rios					
AQUICULTURA	Aumentou em área	MEIO FÍSICO	Aumento da demanda por recursos hídricos	IM	Negativa	Reversível
		MEIO BIÓTICO	Modificação de habitats naturais	IM		Irreversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Geração de renda e empregos	IM	Positiva	Reversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Produção de alimentos	MP		Reversível
CORPOS D'ÁGUA	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da disponibilidade hídrica	IM	Negativa	Reversível
			Alterações no ciclo hidrológico	MP		
		MEIO BIÓTICO	Perda de biodiversidade aquática	MP		Irreversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Redução da disponibilidade de água para o uso humano (abastecimento de água)	IM		Reversível

LAVOURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Aumento da infiltração de água no solo e na recarga de aquíferos	MP	Positiva	Reversível
			Redução da queima do solo	IM		
			Redução da erosão do solo	MP		
			Melhoria da qualidade da água, pela redução do uso de pesticidas, herbicidas e fertilizantes.	MP		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Perda de empregos e renda local	IM	Negativa	
MEIO SOCIOECONÔMICO	Redução da receita dos municípios da bacia hidrográfica	IM				
USO AGROPECUÁRIO	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da erosão e do assoreamento	MP	Positiva	Reversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Perda de empregos e impactos econômicos locais	IM	Negativa	
			Redução da receita dos municípios da bacia hidrográfica	IM		
			Queda na produção de alimentos	IM		
ÁREA URBANIZADA	Aumentou em área	MEIO FÍSICO	Aumento do escoamento superficial	MP	Negativa	Reversível
			Pressão sobre os recursos hídricos (sobrecarga nos sistemas de abastecimento e saneamento)	MP		Irreversível
			Eutrofização da água, devido aos despejos de resíduos	MP		
			Diminuição da recarga de aquíferos	MP		Reversível

			Aumento das emissões de gases de efeito estufa	MP		Reversível
			Contaminação dos recursos hídricos (resíduos industriais, domésticos etc.)	IM/MP		
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Desenvolvimento econômico e geração de empregos	MP	Positiva	Reversível
			Melhor acesso a infraestrutura e serviços	MP		Irreversível
ÁREA SEM VEGETAÇÃO	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da erosão	MP	Positiva	Reversível
			Redução do processo de assoreamento dos rios			
AQUICULTURA	Aumentou em área	MEIO FÍSICO	Aumento da demanda por recursos hídricos	IM	Negativa	Reversível
		MEIO BIÓTICO	Modificação de habitats naturais	IM		Irreversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Geração de renda e empregos	IM	Positiva	Reversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Produção de alimentos	MP		Reversível
CORPOS D'ÁGUA	Diminuiu em área	MEIO FÍSICO	Redução da disponibilidade hídrica	IM	Negativa	Reversível
			Alterações no ciclo hidrológico	MP		
		MEIO BIÓTICO	Perda de biodiversidade aquática	MP		Irreversível
		MEIO SOCIOECONÔMICO	Redução da disponibilidade de água para o uso humano (abastecimento de água)	IM		Reversível

Legenda: IM – IMEDIATO; MP – MÉDIO PRAZO; LP – LONGO PRAZO.

Os impactos ambientais e socioeconômicos de duração “imediate”, os quais ocorreram na modificação do uso e ocupação da terra em 30 anos, estão relacionados com a redução de terras produtivas, devido a expansão da Formação Florestal; na provável redução na produção de madeira e derivados, com a redução em área da Silvicultura; com a perda de empregos, geração de renda e receita para os municípios da bacia do Botafogo, relacionados a diminuição dos usos e ocupação da terra da Silvicultura, da Pastagem, da Lavoura da cana-de-açúcar e do uso Agropecuário, uma vez que estes últimos constituem boa parte da economia dos municípios da bacia do Botafogo. Outro impacto se refere a redução da queima do solo (Figura 33) para a plantação da cana-de-açúcar, que é chamada de “queima controlada” ou “queima pré-colheita”, o qual causa impactos significativos no solo, no ar e no ecossistema ao redor. O fogo destrói a camada de matéria orgânica no solo, reduzindo sua fertilidade.



Figura 33 – Cana-de-açúcar queimada e empilhada em Igarassu/PE
Fonte: A autora, 2024.

Os impactos estão também relacionados com a segurança alimentar, devido à redução na produção de alimentos, principalmente vindos da agropecuária e da pesca, relacionados a diminuição das áreas dos usos Agropecuário e Campos alagados e as áreas pantanosas. Um dos impactos gerados com a diminuição dos Campos alagados e áreas pantanosas se refere ao aumento da disponibilidade de terras para a agricultura e para o desenvolvimento urbano, uma vez que estão localizados em áreas mais planas da bacia hidrográfica.

Outros impactos “imediatos” relacionam-se a diminuição da extração e demanda de água em rios e aquíferos, redução da contaminação por agroquímicos, consequentemente melhorando a qualidade dos corpos d’água, e a redução de emissões de metano, devido a redução dos usos de Silvicultura e Pastagem. A diminuição das áreas de Silvicultura, com a retirada da vegetação, pode também ter causado um processo erosivo inicial.

Também há o impacto para o meio biótico, da modificação de habitats naturais, principalmente pela expansão da Aquicultura. A aquicultura tem se expandido para as áreas de manguezais na bacia do rio Botafogo, o que tem sido comum em outras regiões do planeta, acarretando a destruição ambiental desse ecossistema e a sua substituição para outros usos, como a aquicultura. Para que esse impacto seja menor, se recomenda a localização dos tanques de aquicultura a uma determinada distância dos manguezais (Rönnbäck, 1999; Spalding *et al.*, 2010).

Outros impactos “imediatos” importantes se relacionam ao aumento pela demanda por recursos hídricos e pela disponibilidade hídrica, especialmente para uso humano, como o abastecimento de água das populações. Esses impactos ocorrem devido a diminuição de corpos d’água na bacia hidrográfica, a atividade de Aquicultura e principalmente pela expansão das áreas urbanas, que demandam mais água.

Os impactos de “Médio Prazo” estão associados a processos que ocorrem de forma mais lenta no tempo, como a melhoria na qualidade da água e sua contaminação, eutrofização do rio, redução e proteção contra a erosão do solo e assoreamento dos rios, controle e agravamento de enchentes, regulação do clima local, aumento da infiltração e recarga de aquíferos como também a redução nessa recarga, resiliência de áreas degradadas, conservação e aumento da biodiversidade local, aumento de habitats, contribuição para a pesca e economia local, descompactação do solo, redução da biodiversidade em áreas úmidas, aumento do escoamento dos rios, aumento das emissões de gases de efeito estufa, desenvolvimento econômico, oferta de serviços, melhor infraestrutura e geração de empregos, alterações no ciclo hidrológico e perda da biodiversidade aquática.

O processo de degradação do solo é um impacto de “Médio Prazo” com a implantação da cana-de-açúcar (Figura 34). Ele ocorre em áreas onde a cobertura vegetal original foi removida, onde há grandes precipitações e onde a declividade favorece o escoamento da água, favorecendo esse processo. Na bacia hidrográfica do rio Botafogo é possível observar diversas áreas com processo erosivo atuante.



Figura 34 – Processo erosivo em área de lavoura de cana-de-açúcar
Fonte: A autora, 2024.

A contaminação da água por resíduos industriais e domésticos tem sido uma realidade na bacia do rio Botafogo, causando a sua contaminação, especialmente por metais pesados, resíduos sólidos e efluentes domésticos, e conseqüentemente a eutrofização do estuário do rio Botafogo, onde encontra-se o manguezal.

O aumento da infiltração e recarga de aquíferos bem como a redução nessa recarga estão conectados aos fatores de precipitação, tipos de solo e declividade das áreas. Apesar de haver grande precipitação anual, e alguns solos da bacia hidrográfica do rio Botafogo apresentar solos arenosos, mais permeáveis que os argilosos, como os Neossolos, Solos de mangue, Gleissolos Háplicos e até Latossolos, de boa porosidade, bem drenados e permeabilidade elevada; o uso e ocupação da terra representados especialmente nessas áreas pelo uso Agropecuário, Lavoura de cana-de-açúcar e áreas de Pastagem, além do fator declividade mais acentuada em alguns trechos, dificultam a infiltração e recarga de aquíferos. Os Espodossolos Ferrihumilúvicos apesar de serem arenosos, apresentam restrição na retenção de água.

Além disso, os impactos de categoria “Longo Prazo” estão associados ao crédito de carbono, o potencial de armazenamento de carbono pela vegetação.

É importante destacar que esses impactos, seja de duração “imediata” a “longo prazo” podem ser reversíveis ou irreversíveis no tempo e no espaço. No período de 30 anos, a maioria dos impactos identificados são reversíveis, sendo possível a sua modificação caso aconteça grandes mudanças no uso e ocupação da terra nas décadas seguintes. Sendo assim, a natureza poderá se modificar de “positivo” para “negativo” e vice-versa.

Portanto, a identificação e análise desses impactos ambientais e socioeconômicos são fundamentais para orientar o futuro da bacia hidrográfica. Esse processo ressalta a importância de uma gestão integrada, que considere as especificidades do território e seus múltiplos usos,

com o objetivo de mitigar os impactos adversos e promover a resiliência ambiental.

Diante da análise do uso e ocupação da terra e do quadro de impactos gerados/a serem gerados, há um questionamento: O que podemos esperar do futuro da bacia hidrográfica do rio Botafogo? Que cenários podemos ter por meio da análise do uso e ocupação da terra e dos impactos nessa bacia hidrográfica?

5.4 Prospecção futura do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Botafogo

5.4.1 *Prospecção futura do uso da terra com base nos aspectos socioeconômicos e fisiográficos da bacia hidrográfica do rio Botafogo*

A paisagem natural e cultural, criada pelo homem, não é fixa e nem imóvel no tempo e no espaço, modifica-se constantemente, conforme as necessidades da sociedade (Santos, 2012). Diante disto, conforme observado nos usos da terra de 1990 a 2020 na bacia hidrográfica do rio Botafogo, a paisagem modificou-se ao longo do tempo e do espaço trazendo novos elementos, se expandindo e permanecendo também com antigos elementos, influenciados por fatores fisiográficos, ambientais e socioeconômicos dos municípios que a compõe.

Dentro desse contexto, Marinho, Leitão e Lacerda (2007) trazem a expansão urbana da Região Metropolitana do Recife (RMR), que desde a década de 1990 tem vivenciado diversos projetos indutores da (re)configuração espacial. Entre eles, está o projeto de mobilidade das pessoas, das informações e dos bens, o qual traz a ampliação da duplicação da rodovia BR-101 norte e sul, na qual deverá gerar um crescimento linear dos núcleos urbanos de Igarassu e Itapissuma, onde está a bacia do rio Botafogo; e do município do Cabo de Santo Agostinho.

Os autores também fazem projeções futuras em relação às áreas com potencial para a ocupação (Figura 35). Observa-se que entre essas áreas estão os municípios de Igarassu e Itapissuma, na bacia hidrográfica do rio Botafogo.

Os autores Marinho, Leitão e Lacerda (2007) abordaram em seu estudo que a duplicação da BR-101 Norte não deveria trazer implicações nos padrões de ocupação, uma vez que os distritos existentes não apresentavam dinamismo que despertasse o interesse de investimentos por parte da iniciativa privada. Porém, em 2009 foi criado o Distrito Industrial de Goiana, no município de Goiana, Pernambuco, pela Lei Estadual N° 950/2009, trazendo novos olhares para a rodovia BR-101 e crescimento econômico para a região. A partir de 2010 outras indústrias surgiram na rota da BR-101, de ramos diversos, como de bebidas

alcoólicas, produtos de higiene e limpeza, biscoito e química, especialmente trecho do município de Igarassu, na bacia hidrográfica do rio Botafogo. Assim, a expansão urbana desse município seguiu a BR-101 no sentido Goiana. Em 2010 também foi proposto pelo governo do Estado de Pernambuco, as Oportunidades e Desafios para o Desenvolvimento Regional Sustentável – Norte Metropolitano e Goiana, no qual trazia a proposta de implantação de escolas técnicas e centros tecnológicos para a melhoria das escolas da região. Por isso, foi instalado um Instituto Federal de Pernambuco – IFPE em Igarassu, próximo ao setor industrial do município (Pernambuco, 2010).

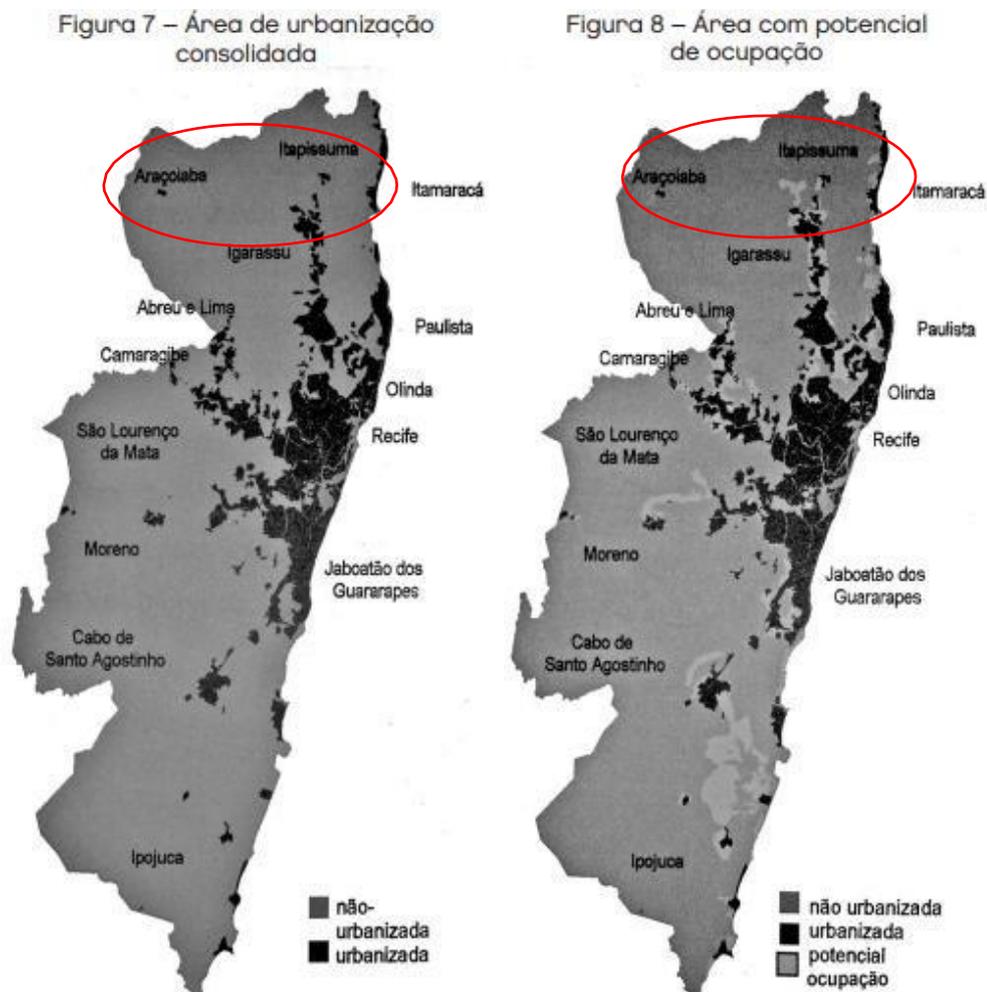


Figura 35 – Área com potencial para ocupação, em vermelho a bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE

Fonte: Adaptado de Marinho, Leitão e Lacerda (2007).

Outro projeto de mobilidade também da década de 1990 é o Arco Viário Metropolitano do Recife que visa o desenvolvimento da porção a oeste da Região Metropolitana, conectando estradas alternativas à BR-101 do Complexo Industrial Portuário de Suape a Zona da Mata Norte, em Goiana, aliviando o trânsito no local. O Trecho Norte do Arco Viário passaria a

sul da Barragem de Botafogo, ao sul da bacia do Botafogo (Nóbrega, 2022).

Diante disso, é possível pensar em novas tendências considerando não somente o processo de urbanização focado nos aspectos socioeconômicos, mas também com base nos aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Botafogo e os impactos disso na bacia hidrográfica do rio Botafogo. Com base nos aspectos socioeconômicos, é possível prever uma expansão urbana ao longo das rotas da rodovia BR-101 e da rodovia PE-027, especialmente nas áreas de relevo mais plano. Esse crescimento será impulsionado, em grande parte, pela construção do Trecho Norte do Arco Metropolitano, favorecendo a urbanização ao norte do perímetro urbano de Igarassu.

É fundamental considerar a economia dos municípios da bacia hidrográfica do rio Botafogo, que está centrada na agropecuária, no cultivo de cana-de-açúcar, no setor industrial e no turismo. Nesse contexto, as atividades agropecuárias e o cultivo de cana-de-açúcar devem permanecer estáveis nas próximas décadas, como indicado pela análise do uso e ocupação da terra. Já a expansão urbana tende a ocorrer em direção às áreas industriais de Igarassu e Itapissuma, com foco nas proximidades das rodovias BR-101 e PE-027. Além disso, o crescimento nessa direção será também favorecido pelo desenvolvimento do turismo na região. Isso poderá impulsionar ainda mais o uso da Aquicultura na bacia.

Essa expansão urbana e econômica na bacia hidrográfica pode aumentar significativamente a pressão sobre os corpos d'água da região. Os impactos associados a esse crescimento incluem uma maior sobrecarga nos sistemas de esgotamento sanitário e um aumento na demanda por água, o que pode comprometer ainda mais o abastecimento nos municípios do norte da Região Metropolitana do Recife (RMR). Esses desafios poderão agravar a disponibilidade hídrica para a população local, gerando problemas de sustentabilidade no uso dos recursos hídricos.

No que se refere aos aspectos físicos, a urbanização proposta para os trechos dos municípios de Igarassu e Itapissuma se concentra principalmente nas áreas mais baixas da bacia, situadas na planície fluviomarina do rio Botafogo. Já nas proximidades de Araçoiaba, a urbanização pode levar a um aumento na descarga fluvial de água e sedimentos devido à maior impermeabilização do solo e aos processos erosivos associados. Isso eleva o risco de enchentes nas proximidades da rodovia BR-101.

No trecho em direção à rodovia PE-027, os solos apresentam maior suscetibilidade à erosão em áreas mais declivosas, onde predominam o cultivo de cana-de-açúcar e as atividades

agropecuárias. Essas condições tornam a expansão urbana menos favorável. Por outro lado, as áreas mais elevadas da bacia hidrográfica são mais propícias ao crescimento urbano, especialmente próximo a Araçoiaba, que conta com um clima mais ameno. Essa característica reforça a possibilidade de uma expansão urbana similar ao modelo observado na região de Aldeia.

Ademais, alguns canais de primeira ordem da bacia hidrográfica podem ser impactados, especialmente nas proximidades do município de Araçoiaba. Isso ocorre porque, nas demais áreas, os canais já foram significativamente alterados devido à expansão da cultura de cana-de-açúcar e das atividades agropecuárias. Com a nova rota proposta pelo Arco Metropolitano, as nascentes, os canais de primeira ordem e a biodiversidade local poderão enfrentar riscos de degradação. Esse cenário é intensificado pela expectativa de maior circulação de pessoas, bem como pela instalação de novos empreendimentos e infraestruturas na região.

Sendo assim, as áreas úmidas da bacia podem ser ainda mais impactadas, pois elas têm a função de proteger os recursos hídricos locais, assegurando o seu armazenamento. Se são reduzidas, há também uma redução do seu armazenamento de água. Os Corpos d'água também reduziram, principalmente a Barragem de Botafogo. As Formações Florestais estão em áreas de Espodosolos, que apresentam baixa retenção de água para o aquífero local, devido a sua porosidade. Os solos de melhor percolação da água, como Argissolos e Latossolos, estão em maioria situados em áreas de uso agropecuário e de cultivo da cana-de-açúcar. Este uso utiliza grande quantidade de água da bacia hidrográfica do rio Botafogo.

Dessa forma, os aspectos físicos juntamente aos aspectos socioeconômicos, mostram que a prospecção futura da bacia do Botafogo segue a expansão urbana principalmente nas áreas mais planas, próximas a Igarassu e Itapissuma, próximas das rodovias BR-101 e PE-041; além de seguir próxima a Araçoiaba, que apesar de se localizar em uma área mais elevada, apresenta clima mais ameno e características próximas de Aldeia, em Camaragibe/PE. O fator declividade e do tipo de solo, e a presença dos usos agropecuários e do cultivo da cana-de-açúcar, limitam a expansão para o centro da bacia hidrográfica.

5.4.2 Prospecção futura do uso da terra com base nos aspectos ambientais legais da bacia hidrográfica do rio Botafogo

As leis ambientais desempenham um papel fundamental na regulação do uso e ocupação do solo, com o objetivo de proteger o meio ambiente, promover o desenvolvimento sustentável

e prevenir a degradação dos recursos naturais. Essas legislações estabelecem restrições e diretrizes que influenciam diretamente a forma como o solo pode ser utilizado, especialmente em áreas ecologicamente sensíveis.

Algumas leis são importantes para o entendimento do cenário futuro do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo na perspectiva ambiental:

- Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n.º 6.938/1981);
- Lei Federal n.º 6.902, de 27 de abril de 1981;
- Lei de Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana do Recife (RMR) (Lei de 9.860/1986);
- Lei Estadual n.º 9.989/1987;
- Lei de Crimes Ambientais (Lei n.º 9.605/1998);
- Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000 – SNUC;
- Estatuto da Cidade (Lei n.º 10.257/2001);
- Resolução CONAMA n.º 303/2002;
- Lei da Mata Atlântica (Lei n.º 11.428/2006);
- Decreto n.º 32.488, de 17 de outubro de 2008;
- Decreto Estadual n.º 34.692/2010;
- Lei n.º 14.090, de 20 de junho de 2010 – SEUC;
- Lei Estadual n.º 14.324, de 3 de junho de 2011;
- Código Florestal brasileiro (Lei 12.651/2012);
- Decreto n.º 47.556, de 5 de junho de 2019.

A partir da década de 1970 o impacto das atividades humanas no meio ambiente tornou-se amplamente reconhecido, com destaque para problemas como poluição, desmatamento, mudanças climáticas e a perda de biodiversidade. Diante disso, a realização de conferências, relatórios, o acontecimento de desastres ambientais, o fortalecimento de movimentos ambientalistas e o progresso das ciências ambientais, trouxeram o crescimento da consciência ambiental global e motivaram os governos a implementarem leis que evitassem danos futuros (Guerra, & Cunha, 1994; Drummond & Franco, 1995; Loureiro, 2006). Dessa maneira, a partir da década de 1980, importantes leis ambientais foram criadas no âmbito federal, necessárias para impulsionar a criação de leis estaduais.

A partir da criação da Política Nacional de Meio Ambiente houve implicações importantes para a proteção ambiental e o uso do solo. Essa lei estabelece instrumentos para

proteção ambiental, como o licenciamento ambiental, especialmente de atividades potencialmente degradadoras, determinando, para isto, estudos de impacto ambiental para pequenos (EVA, RAS, RAP etc.) a grandes empreendimentos (EIA/RIMA) (Brasil, 1981). Isso impacta significativamente o uso da área urbanizada nas bacias hidrográficas, limitando no espaço a instalação de empreendimentos potencialmente degradadores do ambiente. Em paralela a essa lei, foi criada outra, a Lei Federal nº. 6.902/1981, da criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências.

Mais tarde, A Lei de Crimes Ambientais (Lei n.º 9.605/1998) definiu sanções penais e administrativas para condutas lesivas ao meio ambiente, proibindo atividades que pudessem causar danos ambientais em áreas protegidas ou poluição, restringindo o uso de áreas que impactem corpos d'água, solos e vegetação nativa (Brasil, 1998). Três anos após essa lei, foi criado o Estatuto da Cidade, definindo diretrizes para o planejamento urbano sustentável, como regras para o parcelamento, uso e ocupação do solo em áreas urbanas e estimulando o uso racional do espaço urbano, com preservação de áreas verdes (Brasil, 2001).

A Resolução CONAMA nº 303/2002 trouxe a definição de Áreas de Preservação Permanente – APPs, áreas sensíveis que necessitam de proteção, e as definiu. Os manguezais e restingas aparecem como áreas a serem protegidas. A Lei da Mata Atlântica trouxe regulações do uso de áreas de vegetação nativa do bioma Mata Atlântica, restrições severas ao desmatamento e às atividades econômicas em remanescentes desse bioma e o incentivo a recuperação de áreas degradadas (Brasil, 2006). Essas leis trazem implicações importantes para as bacias hidrográficas, como a conservação florestal, a proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e dos seus serviços ecossistêmicos.

O Código Florestal brasileiro endossa as leis anteriores e traz importantes contribuições para a conservação das Formações Florestais na bacia do rio Botafogo. Antes do Código Florestal de 2012, já existia a Lei Federal nº 4.771/1965 que instituía o segundo Código Florestal, e já apresentavam restrições na supressão de vegetação em APPs e tratava dos manguezais.

O Código Florestal de 2012 trata, entre outras, da definição de margens para as APPs de riachos, rios e nascentes; da existência de APPs em declividades acima de 45° e o topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° e os manguezais em toda a sua extensão (Brasil, 2012). Segundo esta lei, define-se um raio de preservação a partir desses recursos naturais, a depender da largura no caso de rios e riachos ou um raio determinado, onde a supressão de vegetação é proibida, devendo esta ser mantida nas propriedades. As Reservas Legais também são citadas no Código

Florestal brasileiro, que traz o dever do proprietário em conservar a cobertura vegetal nativa presente no imóvel.

Parte das áreas florestais da bacia hidrográfica do rio Botafogo é composta por APPs, Reservas Legais e manguezais. Observa-se a presença de APPs ao longo dos riachos, especialmente no entorno das lavouras de cana-de-açúcar (Figura 36). No entanto, em alguns trechos, é possível identificar a ausência das APPs exigidas, com a cana-de-açúcar assumindo, de forma inadequada, a função de proteção desses cursos d'água (Figura 37). É possível observar na Figura 38 a declividade em graus da bacia do Botafogo, onde não há declividades de 45°, consideradas APPs.



Figura 36 – APP de riacho no entorno da lavoura de cana-de-açúcar
Fonte: A autora, 2024.



Figura 37 – Riacho com a ausência de APP adequada, com a presença de cana-de-açúcar
Fonte: A autora, 2024.

No âmbito estadual, uma das leis que restringe o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Botafogo é a lei de Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana do Recife (RMR). Ela traz restrições de uso da terra nas categorias M1, M2 e M3 quanto a supressão da vegetação nativa, para a exploração agrícola, florestamento ou para substituição de espécies com finalidade estética, recreativa ou de proteção, e que não comprometam o regime hidrológico e da estabilidade do solo (Pernambuco, 1986). A bacia do rio Botafogo está nas três categorias, apresentando um importante manancial de abastecimento da população da RMR.

A categoria M1 abrange a proteção de alguns corpos d'água da bacia do rio Botafogo, como importantes na proteção dos mananciais de interesse da RMR, a saber: o rio Cumbé, rio Pilão e rio Catucá. As áreas protegidas incluem faixas de 100 metros de largura ao redor dos reservatórios públicos, tanto existentes quanto projetados, e ao longo das margens dos corpos d'água e seus afluentes primários mencionados na legislação. Além disso, incluem talvegues com declividade superior a 30% e as bordas dos tabuleiros. A categoria M1 traz também as áreas das reservas florestais ou biológicas situadas no RVS Mata de Miritiba e RVS Mata da Usina São José. Nas áreas dessa categoria é proibida a utilização de fertilizantes químicos ou defensivos agrícolas (Pernambuco, 1986).

A categoria M2 abrange as bacias hidrográficas que contribuem para os rios e reservatórios referidos anteriormente, excluindo as áreas das categorias M1 e M3. Nessas áreas, são permitidas atividades com menor impacto ambiental, desde que compatíveis com a conservação dos mananciais (Pernambuco, 1986).

Já a categoria M3, compreende as áreas urbanizáveis dos núcleos rurais metropolitanos, como Araçoiaba, Três Ladeiras, Nossa Senhora da Luz, Bonança, Massaranduba e Jussaral, situadas dentro das áreas de proteção de mananciais. Nessa categoria, há maior flexibilidade para o uso e ocupação do solo, permitindo o desenvolvimento urbano controlado, desde que não comprometa a qualidade dos recursos hídricos. Mas a atividade de pecuária e industrial são proibidas nessa categoria. Tanto na categoria M2 como na M3, são consideradas não edificáveis as faixas laterais de 15,00m (quinze metros) de largura, medida em projeção horizontal a partir dos limites do leito em cada uma das margens dos corpos d'água e em áreas com declividade maior que 30% (Pernambuco, 1986). No mapa da Figura 39 é possível observar as declividades em porcentagem da bacia hidrográfica do rio Botafogo, onde é possível observar também declividades acima de 30% (em amarelo), características de relevo forte ondulado.

Nas áreas de categoria M2, somente será permitida a remoção da cobertura vegetal nos seguintes casos: residencial, industrial, agrícola e para a pecuária. Esses três últimos se apresentam como “tolerados” para a implantação em áreas de cobertura vegetal (Pernambuco, 1986).

Portanto, considerando a lei de Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana do Recife (RMR), toda a bacia hidrográfica do rio Botafogo apresenta restrições em diferentes graus, sendo mais permissivas atividades com menor impacto ambiental, compatíveis com a conservação dos mananciais.

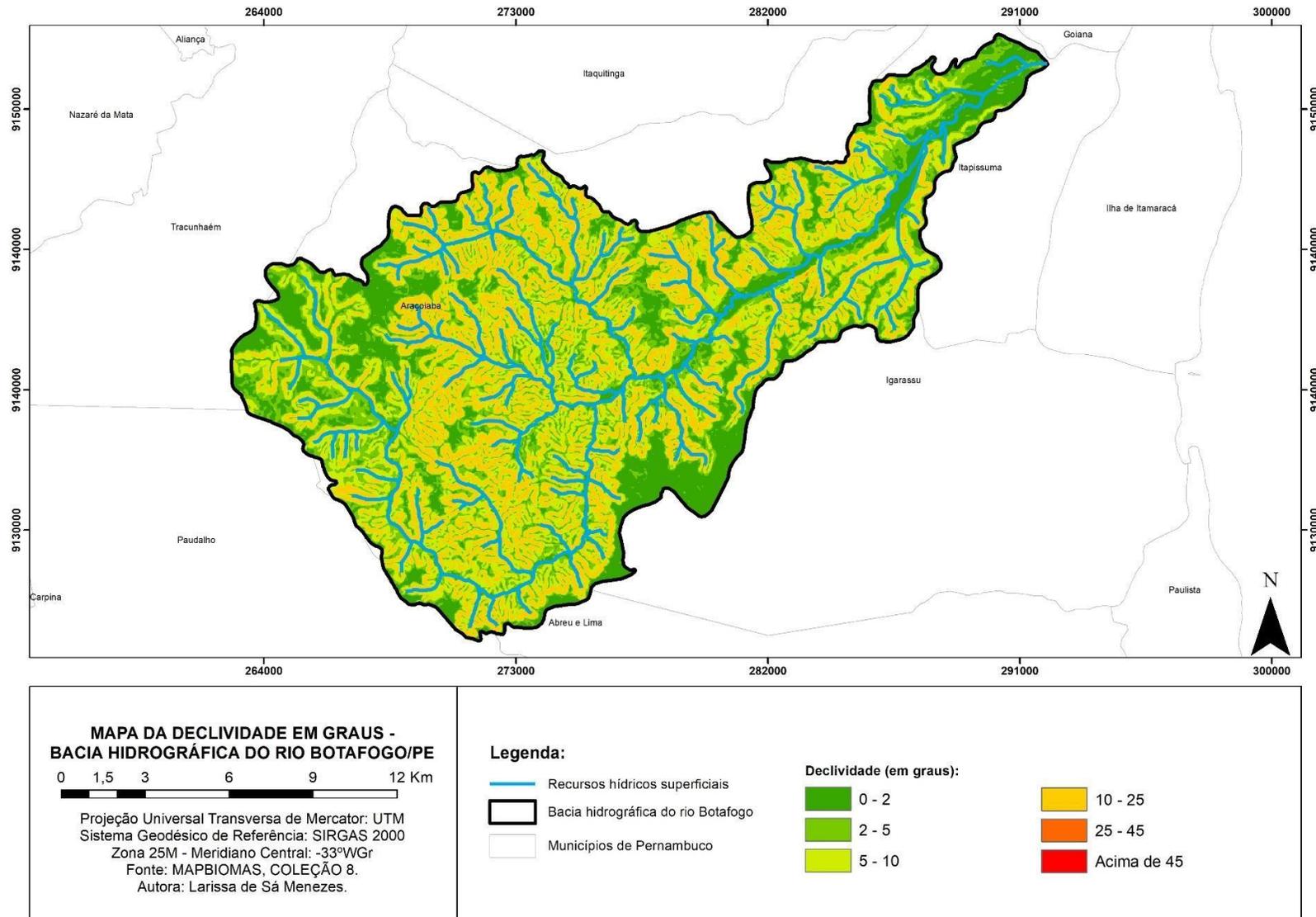


Figura 38 – Mapa da declividade em graus da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

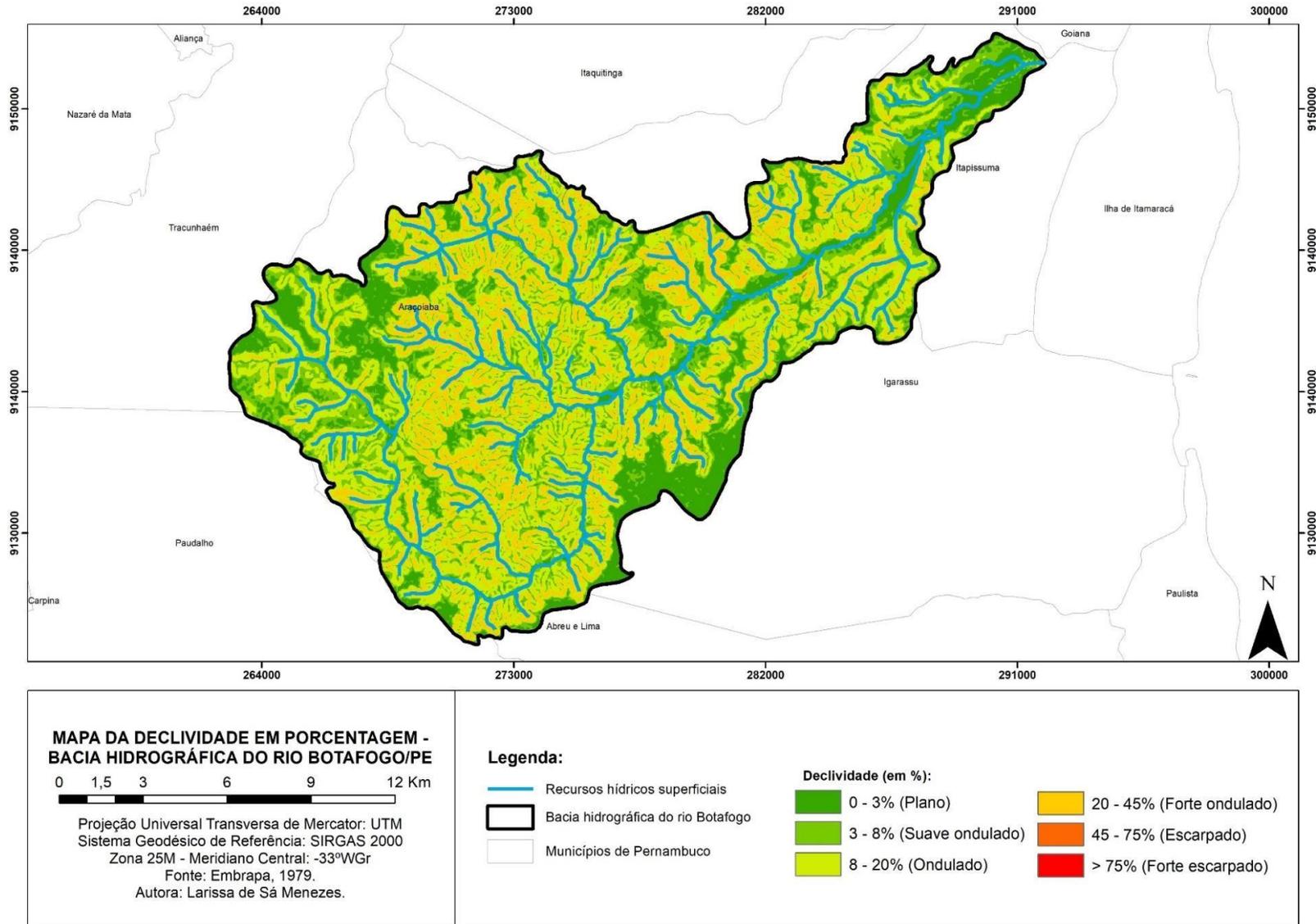


Figura 39 – Mapa da declividade em porcentagem da bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: Mapbiomas, coleção 8, adaptado pela autora, 2024.

No ano 2000, foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, com o objetivo de estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação no Brasil. Ele é composto por dois grandes grupos: unidades de proteção integral, que têm como prioridade a preservação dos ecossistemas, como parques e reservas biológicas, e unidades de uso sustentável, que permitem o uso direto dos recursos naturais de forma controlada, como áreas de proteção ambiental (APAs) (Brasil, 2000).

Em 2010, pela Lei nº 14.090, seguindo os princípios do SNUC, e adaptando-os às especificidades regionais, foi instituído no Estado de Pernambuco o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), visando ordenar as unidades de conservação estaduais, promovendo a preservação e o uso sustentável dos recursos naturais. Assim como no SNUC, o SEUC divide as unidades em proteção integral e uso sustentável, promovendo a integração entre conservação e desenvolvimento local (Brasil, 2010).

A partir dessas leis surgiram outras que são importantes para a conservação e preservação da bacia hidrográfica do rio Botafogo, como as leis de criação da Área de Proteção Ambiental (APA) Aldeia-Beberibe, da APA de Santa Cruz, do Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Mata de Miritiba e RVS Mata da Usina São José.

Sendo assim, em 2010 foi criada a APA Aldeia-Beberibe, que apesar de ser uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, apresenta restrições no uso da terra em seu território relacionadas, entre outras, a proibição da presença de rebanho de animais no local, exploração dos seus recursos, desmatamento, a implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais de água; e atividades capazes de provocar erosões (Lei Federal nº. 6.902, de 27 de abril de 1981 apud Decreto Estadual nº 34.692/10). Apesar da proibição da atividade de pecuária, e da diminuição dessa atividade, ainda existem trechos do uso Agropecuário dentro da APA (ver Figura 30).

Em 2019 foi instituído o Decreto nº 47.556, que trata dos corredores ecológicos na APA Aldeia-Beberibe, com o objetivo de conectar funcionalmente e estruturalmente as zonas entre o RVS Refúgio Mata de Miritiba, RVS Mata da Usina São José e RVS Mata de Quizanga e os demais remanescentes de Mata Atlântica existentes em seu território. Para a implementação desses corredores ecológicos são necessárias algumas estratégias, que entre elas, estão: a recomposição de APPs; definição e recomposição de reserva legal, buscando, se possível, a conexão com outros remanescentes florestais; a restauração florestal de áreas degradadas, para conectar os fragmentos florestais ou diminuir a distância desses; estímulo à criação de Reservas

Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs; fortalecimento e ampliação das Unidades de Conservação existentes no território; incentivo a atividades sustentáveis relacionadas ao múltiplo uso do solo, tais como agroecologia, sistemas agroflorestais e manejo sustentável de áreas de cana-de-açúcar e pastagem.

A APA Aldeia-Beberibe é ainda uma área prioritária para Pagamento de Serviços Ambientais - PSA e para compensação de reserva legal no Bioma Mata Atlântica para o Estado de Pernambuco, o que favorece a conexão entre os fragmentos florestais. Devido as condicionantes e exigências do licenciamento ambiental, algumas agroindústrias da bacia hidrográfica do rio Botafogo instalam sementeiras próximas as áreas de compensação ambiental para facilitar a logística de plantio por supressão da Mata Atlântica.

Em 2008 foi criada a APA de Santa Cruz, que está presente na área estuarina no Canal de Santa Cruz, na foz do rio Botafogo. Essa APA apresenta restrições e proibições de uso semelhantes a APA Aldeia-Beberibe e encontra-se também em semelhante situação em relação ao uso do seu território para as atividades agropecuárias e do cultivo da cana-de-açúcar (Pernambuco, 2008). Os manguezais estão amparados desde o primeiro Código Florestal brasileiro (1938) até o atual (2012) que trazem os manguezais em toda a sua extensão como APPs. Dessa forma, é proibido a supressão da sua vegetação nativa sem autorização prévia. A Resolução CONAMA 303/2002, de modo análogo ao Código Florestal brasileiro (2012), traz também a preservação de manguezais e restingas.

Já o Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Mata de Miritiba foi originalmente instituído como Reserva Ecológica pela Lei nº 9.989, de 13 de janeiro de 1987, e foi recategorizado para RVS em 2011, por meio da Lei nº 14.324, de 3 de junho de 2011, visando alinhar-se às categorias estabelecidas pelo Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC). Conforme as diretrizes do SEUC, a sua recategorização para RVS objetivou assegurar a preservação dos ecossistemas naturais, permitindo a realização de pesquisas científicas e atividades de educação ambiental. Na mesma lei, foi recategorizado para RVS, o RVS Mata da Usina São José, localizado na usina de açúcar de mesmo nome.

A Figura 40 traz as restrições/impeditivos no uso e ocupação da terra na bacia do rio Botafogo conforme as leis ambientais vigentes e às unidades de conservação. A Figura 41 mostra a prospecção futura da bacia do Botafogo conforme as restrições/impeditivos existentes.

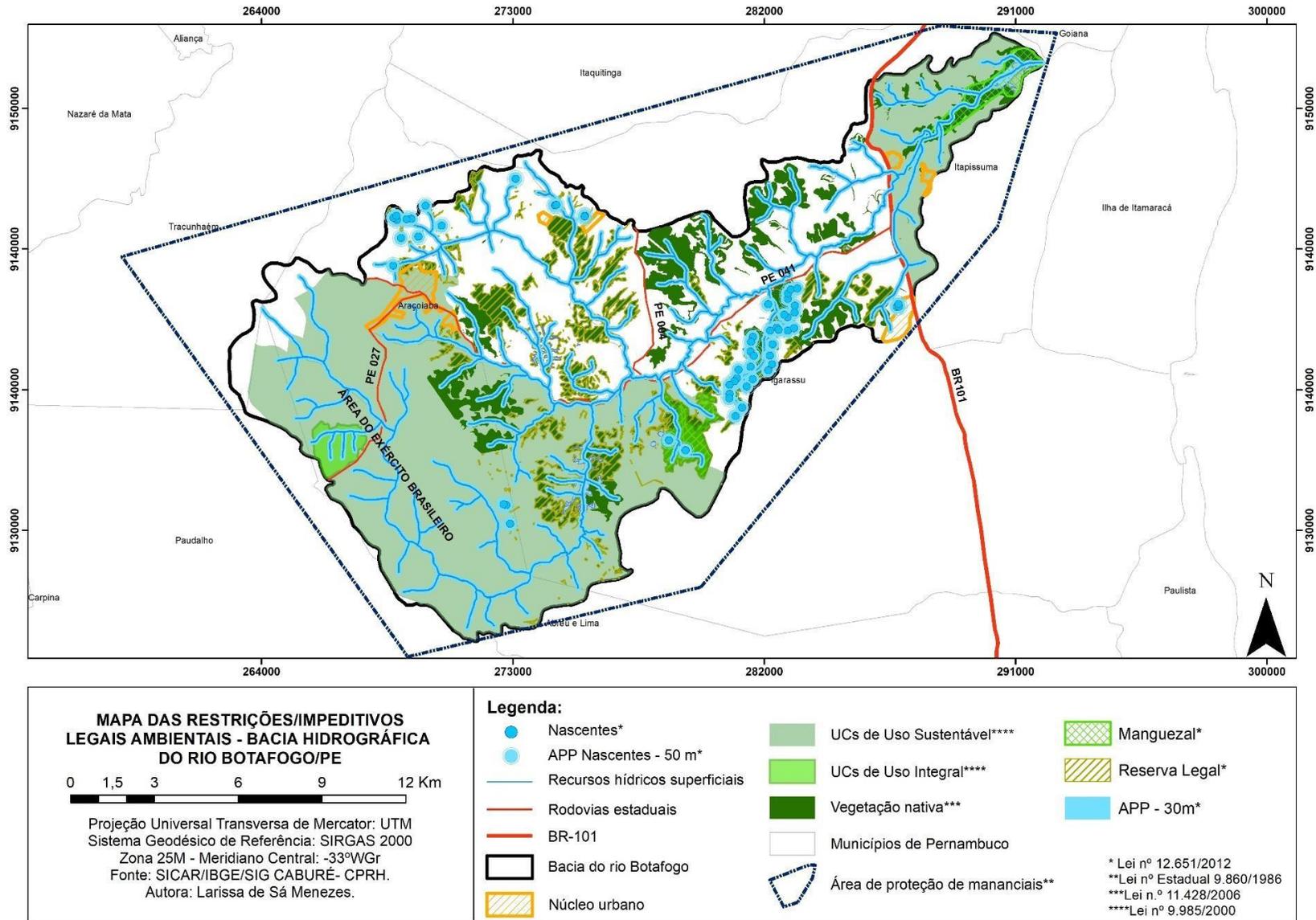


Figura 40 -Mapa das restrições/impeditivos legais ambientais na bacia hidrográfica do rio Botafogo/PE
 Fonte: SICAR/ IBGE/ SIG CABURÉ – CPRH adaptado pela autora, 2024.

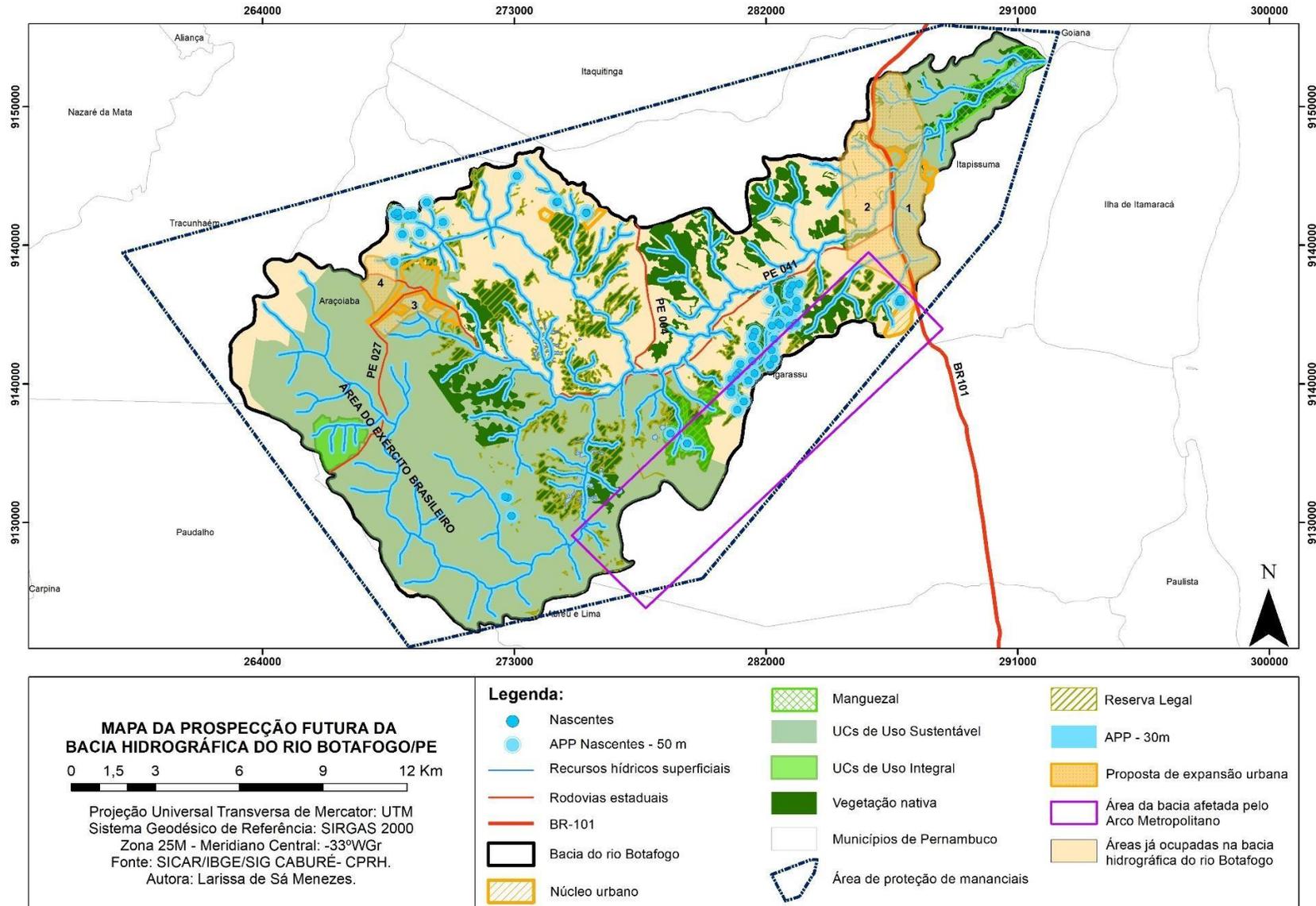


Figura 41 -Mapa da prospecção futura da bacia conforme as restrições/impeditivos legais ambientais
 Fonte: SICAR/ IBGE/ SIG CABURÉ – CPRH adaptado pela autora, 2024.

Portanto, a bacia hidrográfica do rio Botafogo, apresenta grande potencial para um futuro ambientalmente sustentável devido à robustez de sua legislação de proteção ambiental. Normas como o Código Florestal, a Lei de Proteção dos Mananciais e a criação de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e Refúgios de Vida Silvestre (RVS) destacam-se ao estabelecer limites rigorosos para o uso e ocupação do solo, a recuperação de áreas degradadas e a preservação de ecossistemas sensíveis como manguezais e remanescentes da Mata Atlântica. Além do mais, os municípios de Igarassu e Itapissuma dependem da conservação e proteção dos manguezais para a atividade turística e da pesca de comunidades tradicionais.

O fortalecimento das políticas de corredores ecológicos, incentivos ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e práticas sustentáveis, como agroecologia e sistemas agroflorestais, são estratégias fundamentais para conciliar conservação ambiental e desenvolvimento econômico. No entanto, para que esse cenário ideal se concretize, é necessário aprimorar a fiscalização, a recomposição de áreas de preservação e o engajamento da sociedade na valorização dos serviços ecossistêmicos dessa bacia.

Entretanto, há também a possibilidade de que as áreas já ocupadas na bacia hidrográfica permaneçam inalteradas, como tem sido evidenciado pela análise do uso e ocupação do solo, especialmente nas atividades agropecuárias e no cultivo de cana-de-açúcar. Esses usos têm desempenhado um papel econômico relevante em todos os municípios da bacia e demonstraram estabilidade ao longo dos últimos 30 anos avaliados. Esse histórico reforça a expectativa de que continuem apresentando o mesmo padrão de estabilidade nos anos futuros. Isso continuará impactando significativamente os corpos d'água e áreas alagadas e pantanosas da bacia, que apresentam uma tendência a redução.

As áreas urbanizadas provavelmente continuarão se expandindo, embora em um ritmo menor do que o observado nas décadas de 1990 e 2000, dado que o crescimento entre 2010 e 2020 já foi mais modesto. Essa expansão pode ser impulsionada, principalmente, pela expansão imobiliária de alto padrão na direção norte do bairro de Aldeia, em Camaragibe, rumo a Araçoiaba, sendo uma alternativa atrativa para quem busca qualidade de vida próxima à natureza. Além disso, o projeto do Arco Metropolitano também pode influenciar esse processo. Vale destacar que as quatro áreas identificadas como potenciais para expansão só serão viáveis devido à ausência de restrições ou impedimentos significativos em seus entornos. Essas áreas deverão respeitar os limites de APPs de nascentes e riachos, reserva legal e outras restrições presentes no local.

As Formações Florestal, Savânica e Mangue devem crescer frutos das compensações ambientais das indústrias que devem se instalar na bacia hidrográfica e com a implantação do

Arco Metropolitano. Isso deve ocorrer próximo as áreas de Reserva Legal, e Unidades de Conservação, o que pode favorecer a conexão de fragmentos florestais e consequentemente a formação de corredor ecológico.

A silvicultura apresentou crescimento em 2020, mesmo após uma redução ao longo das últimas três décadas, e projeta-se que continuará se expandindo como resultado de iniciativas de compensação ambiental. Essas ações incluem a restauração de áreas degradadas, geração de créditos de carbono e compensação de Reserva Legal. Por outro lado, a aquicultura registrou um aumento significativo nos últimos 30 anos, embora tenha sofrido uma redução na área utilizada entre 2010 e 2020. Esse declínio recente está diretamente relacionado às restrições impostas pelo Código Florestal brasileiro de 2012, que limitou o uso de áreas de manguezais, permitindo sua utilização apenas mediante estudos técnicos específicos.

6 CONCLUSÃO

As análises sobre a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra para o recorte da bacia hidrográfica do rio Botafogo têm mostrado que houve mudanças significativas no uso e cobertura da terra, especialmente entre os anos de 2000 e 2020. Foi possível observar que a área urbanizada e a aquicultura foram os usos que mais cresceram em 30 anos. A monocultura da cana-de-açúcar e o Uso Agropecuário se mantiveram quase estáveis nesse período, representando grande parte da área territorial da bacia. Apesar disso, a Formação Florestal, a Formação Savânica e o Manguê cresceram em área. Já os Campos Alagados e a Área Pantanosa, as Áreas sem vegetação, Pastagem, Silvicultura, além dos Corpos d'água, reduziram em área no mesmo período de 30 anos.

Dessa forma, foi observado que a agropecuária e a monocultura da cana-de-açúcar são duas das principais atividades econômicas dos municípios que compõe a bacia do rio Botafogo, e por isso demonstraram estabilidade no período de 30 anos. Apesar da quase estabilidade do Uso Agropecuário, ele apresentou perdas significativas para outros usos, como a Formação Florestal e para o Uso da área urbanizada, mas também incorporou grande parte da Pecuária. Neste período também foram criadas as APAs Aldeia-Beberibe e de Santa Cruz, o RVS Mata da Usina São José e o RVS Mata de Miritiba foram recategorizados, foi aprovado o novo Código Florestal brasileiro, o que principalmente favoreceu o crescimento das Formações Florestal e Savânica e do Manguê no território. A presença do CIMNC, do exército brasileiro, que chegou no local para treinar os soldados para a Segunda Guerra Mundial, também pode ter favorecido a conservação dessas áreas verdes, minimizando os impactos ambientais na área.

A aquicultura apresentou crescimento significativo nos últimos 30 anos, seguindo a

demanda mundial, apesar de ter sido reduzida em área entre 2010 e 2020, o que provavelmente está relacionada as restrições impostas pelo Código Florestal brasileiro de 2012, permitindo sua utilização apenas mediante estudos técnicos específicos.

Diante disso, foram identificados e analisados os possíveis impactos ambientais e socioambientais relacionados aos usos e ocupações da terra na bacia hidrográfica do rio Botafogo. Em 30 anos foi possível perceber alguns impactos classificados como “imediatos” nesta pesquisa, sendo positivos ou negativos, os quais estavam relacionados a aspectos socioeconômicos (perda ou geração de emprego, geração de renda e receita para os municípios, insegurança alimentar, disponibilidade de terras para a agricultura etc.), a aspectos físicos (degradação do solo, diminuição e aumento da extração e demanda de água em rios e aquíferos, redução da contaminação da água por agroquímicos, melhoria na qualidade dos corpos d’água, redução do gás metano associado ao gado, aumento pela demanda por recursos hídricos e pela disponibilidade hídrica, etc.) e aspectos bióticos (modificação de habitats naturais, destruição de ecossistema). Houve ainda a identificação de impactos a “médio prazo” e a “longo prazo” considerando impactos futuros na bacia hidrográfica do rio Botafogo.

Um dos principais impactos ambientais relacionados ao aspecto físico, é a demanda por recursos hídricos e a disponibilidade hídrica, para uso humano e especialmente para o abastecimento de água das populações. É sabido que as áreas úmidas da bacia e os corpos d’água diminuíram em área, o que reflete a situação atual da Barragem do Botafogo, a principal fonte de abastecimento de água da população da parte norte da Região Metropolitana do Recife, onde estão os municípios de Paulista, Olinda e Igarassu, por exemplo.

Ao analisar os aspectos do uso e ocupação da terra e os impactos ambientais e socioeconômicos que foram gerados/a serem gerados na bacia hidrográfica do rio Botafogo, foi possível realizar prospecções futuras em dois cenários: 1. Sob os aspectos fisiográficos e socioeconômicos da bacia; 2. Aspectos ambientais legais.

Sendo assim, de acordo com os aspectos fisiográficos e socioeconômicos da bacia hidrográfica, é possível que haja um crescimento, especialmente urbano, nas áreas mais planas da bacia, onde estão o polo industrial de Igarassu e as rodovias BR-101 e a PE-041. Isso também poderá ser impulsionado principalmente pelo Arco Metropolitano, que poderá causar impactos significativos em áreas de nascentes, riachos, de fragmentos florestais e na biodiversidade local.

Anteriormente, esse crescimento já havia sido impulsionado pela instalação de indústrias em Igarassu devido a reforma de duplicação da rodovia BR-101. Outro ponto que pode ocorrer uma expansão urbana é próximo a Araçoiaba, que por se encontrar em uma altitude mais elevada, de clima mais ameno e próxima as áreas de mata, se assemelha a Aldeia, em

Camaragibe. O crescimento urbano já segue no sentido norte, de Araçoiaba, sendo possível essa ocupação.

As demais áreas não são bem aproveitadas para a expansão devido os solos com suscetibilidade à erosão e por já apresentar os usos da monocultura da cana-de-açúcar e o agropecuário. Provavelmente esses usos continuarão com extensão em área próximas das áreas atuais, mantendo a estabilidade. Essas áreas estão sob os Latossolos e Argissolos que apresentam uma melhor percolação e infiltração da água no subsolo, diferentemente das áreas verdes, onde estão presentes os Espodosolos, que apresentam maior dificuldade no processo de infiltração da água no subsolo para recarga de aquíferos.

Em relação a prospecção no âmbito ambiental legal, observou-se que bacia hidrográfica do rio Botafogo apresenta potencial para um futuro sustentável devido à força de sua legislação ambiental, que inclui o Código Florestal, a Lei de Proteção dos Mananciais e a criação de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e Refúgios de Vida Silvestre (RVS). Estratégias como o fortalecimento de corredores ecológicos, proposto para a APA Aldeia-Beberibe, incentivos ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), práticas agroecológicas e sistemas agroflorestais podem viabilizar a conservação ambiental aliada ao desenvolvimento econômico.

No entanto, desafios permanecem, como a necessidade de melhorar a fiscalização, recompor áreas de preservação e engajar a sociedade na valorização dos serviços ecossistêmicos. A fiscalização ambiental se faz importante, uma vez que nem todos cumprem a lei ambiental, como foi observado em campo, com a cana-de-açúcar em área de mata ciliar de um contribuinte do rio Botafogo. Embora as atividades agropecuárias e o cultivo de cana-de-açúcar tenham se mantido estáveis e economicamente relevantes nos últimos 30 anos, continuam a impactar negativamente os corpos d'água e áreas alagadas. A expansão urbana, embora mais lenta nas últimas décadas, segue direcionada para áreas com menor restrição ambiental, como os arredores de Araçoiaba, impulsionada pela expansão imobiliária e o projeto do Arco Metropolitano.

Adicionalmente, espera-se o crescimento de Formações Florestal e Savânica e de manguezais, decorrente de compensações ambientais de empreendimentos, favorecendo a criação de corredores ecológicos. A silvicultura também deverá se expandir devido a iniciativas de restauração ambiental e geração de créditos de carbono, enquanto a aquicultura, que teve crescimento expressivo, está condicionada às restrições do Código Florestal, especialmente em áreas de manguezais.

Diante dos cenários apresentados, ainda que a legislação ambiental se faça cumprir, entende-se que a redução dos corpos d'água e áreas úmidas da bacia hidrográfica e estabilidade

da monocultura da cana-de-açúcar, que demanda bastante água para seu cultivo, traz um ponto de atenção referente ao fornecimento de água à população local e dos municípios vizinhos de Olinda e Paulista. Isto significa que a Barragem de Botafogo pode ser ainda mais afetada na função de abastecimento de água da população da parte norte da RMR.

Assim, seria possível pensar em soluções econômicas e ao mesmo tempo sustentáveis para a bacia hidrográfica do rio Botafogo, como a restauração de áreas, e posteriormente a certificação dessas áreas por meio dos Créditos de carbono ou Redução Certificada de Emissões, especialmente nas áreas industriais e de usinas de cana-de-açúcar, gerando retorno econômico para essas empresas. Por meio de áreas florestadas, seja de florestas de Mata Atlântica quanto de Mangue, até mesmo de áreas úmidas, é possível solucionar os problemas ambientais na bacia do rio Botafogo, especialmente a questão de abastecimento de água e melhorar a qualidade ambiental local. A recuperação de áreas úmidas permite, entre outras, a retenção de água no solo e ajudam a enfrentar inundações.

Portanto, por meio da identificação do uso e ocupação da terra e identificação e análise dos impactos ambientais e socioeconômicos, é possível apontar novos caminhos para a recuperação do sistema ambiental da bacia hidrográfica do rio Botafogo e especialmente para a Barragem de Botafogo e o problema do abastecimento de água na RMR. Sendo assim, esta pesquisa pode ajudar na proposição de medidas para gestão ambiental e territorial da bacia, visando ações futuras preventivas e medidas mitigadoras. Ademais, as metodologias aplicadas se mostraram válidas para análise da dinâmica do uso e ocupação da terra e identificação e análise dos impactos na bacia hidrográfica do rio Botafogo.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, n. 18, IGEOG-USP, 1969.

ALBUQUERQUE JUNIOR & RODRIGUES. Ocorrência do herbicida Diuron no sedimento de rios da sub-bacia do Rio Botafogo, litoral norte de Pernambuco. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, Ipameri, v.11, n.1, p.12-21, 2022.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - CPRH. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco**. Recife, 2003. 214p.

_____. **Unidade de conservação - RVS Mata de Miritiba**. CPRH, 2023. Disponível em: <https://www2.cprh.pe.gov.br/uc/rvs-mata-de-miritiba/> Acesso em set. 2023.

_____. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco 2020-2022**. Recife: CPRH. 2024. 200p.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco 2011/2012**. Recife: Apac, 2013. 116p.

ALMEIDA, R. A., & SANTOS, L. F. (2021). A influência da ocupação do solo na hidrodinâmica de bacias hidrográficas: Uma abordagem integrada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 14(2), 456-470.

ALMEIDA, J. R. de.; TERTULIANO, M. F. Diagnose dos sistemas ambientais: métodos e indicadores. *Em*: CUNHA, S. B. da. e GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 14ª ed., p. 115-171, 2013.

ARAÚJO, L. E. de.; SANTOS, M. J. dos; DUARTE, S. M.; OLIVEIRA, E. M. Impactos ambientais em bacias hidrográficas – Caso da bacia do rio Paraíba. **Revista Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 2, p. 109-115, 2009.

BERGAMO, E.P.; ALMEIDA, J.A.P. A importância da geomorfologia para o planejamento ambiental: um estudo do município de Fartura/SP. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas**. Goiania, 2006.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **RA'E GA**, Curitiba, n.8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

BRAGA, Benedito. **Introdução a Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: PEARSON Prentice Hall, 2005. 277p.

BRASIL. Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Brasília, 1965.

_____. Lei n.º 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**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981.

_____. Lei n.º 6.902, de 27 de abril de 1981. **Dispõe sobre a criação de estações ecológicas e áreas de proteção ambiental, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 1981.

_____. Resolução CONAMA Nº 1 DE 23/01/1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 de jan. 1986.

_____. Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

_____. 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**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

_____. Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras**

providências (Estatuto da Cidade). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 maio 2002.

_____. Lei n.º 11.428, de 22 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências (Lei da Mata Atlântica).** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 dez. 2006.

_____. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 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 n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989; e dá outras providências (Novo Código Florestal).** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012.

COELHO *et al.* Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.1, p.64-72, 2014.

COSTA, M. H., SILVA, T. B., & Freitas, R. M. (2013). Impactos da urbanização na hidrologia de bacias hidrográficas. **Hydrological Processes**, 27(5), 671-680.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Igarassu, estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188 p.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais.** Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 236 p, 1999.

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, Antonio José Teixeira, e CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 11ª ed., 2014, p. 19-45.

CÔRTEZ, J.C. E D'ANTONA, Á.O. Dinâmicas no uso e cobertura da terra. **R. bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, v. 31, n.1, p. 191-210, jan./jun. 2014.

CUNHA, Sandra Baptista da. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: GUERRA, Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. (org). **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 250 p.

CUNHA, Luís Henrique; e COELHO, Maria Célia Nunes. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, Sandra. Baptista da; e GUERRA, Antonio José Teixeira. **A questão ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 8ª ed., 2012, p. 43- 79.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water irrigation and drainage paper 33. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 1979. 193 p.

DUARTE *et al.* Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra, e previsão de cenários futuros em

uma bacia hidrográfica na região sul do Estado do Amazonas. **Caderno de Geografia** (2022) v.32, n.71.

DRUMMOND, J. A., & FRANCO, J. L. A. (1995). **O Desafio Ambiental: Perspectivas da Política Ambiental no Brasil**. Editora FGV.

EWEL, K. C., TWILLEY, R. R., & ONG, J. E. (1998). Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. **Global Ecology and Biogeography Letters**, 7(1), 83-94.

ELLISON, D., MORRIS, C. E., LOCATELLI, B., SHEIL, D., COHEN, J., MURDIYARSO, D., & GAVEAU, D. (2017). Trees, forests, and water: Cool insights for a hot world. **Global Environmental Change**, 43, 51-61.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Sustainability in action**. Rome, 2020. 244p.

FERRAZ, S. F. B., RODRIGUES, C. B., GARCIA, L. G., ALVARES, C. A., & LIMA, W. P. (2013). Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil: Moving beyond the water use debate. **Forest Ecology and Management**, 301, 102-117.

FERREIRA, Rogério Valença. **Mapeamento geomorfológico e de processos erosivos da bacia hidrográfica do rio Botafogo – PE utilizando técnicas de geoprocessamento**. Tese de doutorado em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE. Recife, 2008.

GERBENS-LEENES, W., HOEKSTRA, A. Y., & VAN DER MEER, T. H. (2009). The water footprint of bioenergy. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106(25), 10219-10223.

GOMES, C. S. **Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológicas das áreas úmidas em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, UFMG, Belo Horizonte, 212 p., 2017.

G1 PE. **Três das dez maiores barragens têm menos de 10% de água acumulada e uma está seca no Grande Recife e na Mata Norte**. G1 Pernambuco. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2021/02/27/tres-das-dez-maiores-barragens-tem-menos-de-10percent-de-agua-acumulada-e-uma-esta-seca-no-grande-recife-e-zona-da-mata-norte.ghtml> Acesso em set. 2023.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 7ª ed., 190 p., 2015.

_____. **Geomorfologia e Meio Ambiente**, Bertrand Brasil, 2016.

GUERRA, A. J. T., & CUNHA, S. B. (1994). **Impactos Ambientais no Brasil**. Bertrand Brasil.

IBGE CIDADES. **Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe> Acesso em: set. 2023.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do**

Brasil. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais> Acesso em set. 2023.

JAMILDO Blog de. **Ambientalista diz que Compesa mente sobre causas da crise hídrica na Barragem de Botafogo.** Jornal Do Comércio – JC, 2015. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/blogs/jamildo/2015/02/23/ambientalista-diz-que-compesa-mente-sobre-causas-da-crise-hidrica-na-barragem-de-botafogo/index.html> Acesso em: set. de 2023.

JORGE, Maria do Carmo Oliveira. Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias. In: GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, 280 p.

JOVINO *et al.* Dinâmica Multitemporal das Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.5, n.1. 017-027 (2024).

KJERFVE, B., RIBEIRO, C. H. A., DIAS, G. T. M., FILIPPO, A. M., & QUARESMA, V. S. (2012). Mangroves as major zones of carbon storage and coastal protection. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 96(1), 20-35.

KUMAR, N., Singh, S.K., SINGH, V.G. *et al.* Investigation of impacts of land use/land cover change on water availability of Tons River Basin, Madhya Pradesh, India. **Model. Earth Syst. Environ.** 4, 295–310 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0425-1>

LEITE, Emerson Figueiredo e ROSA, Roberto. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

LIMA, Andréa da Cruz Gouveia de. **Monitoramento da qualidade das águas na Bacia do Rio Botafogo, em Pernambuco, com ênfase para a concentração de mercúrio total em água e sedimentos.** Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco – Recife, 2006. 97 p.

LIMA, ENJÔLRAS DE ALBUQUERQUE MEDEIROS. **Avaliação Da Qualidade Dos Sedimentos E Prognóstico Geoquímico Ambiental, Da Zona Estuarina Do Rio Botafogo, Pernambuco.** Recife, UFPE, Tese de Doutorado, 2008. 172 p.

LOUREIRO, C. F. B. **Educação Ambiental: Da Conservação à Cidadania Crítica.** Cortez Editora, 2006.

MARINHO, Geraldo, LEITÃO, Lúcia e LACERDA, Norma. Transformações urbanísticas na Região Metropolitana do Recife: um estudo prospectivo. **Cadernos Metrôpole**, nº 17, pp. 193-217, 2007.

MARTINELLI, L. A., & FILOSO, S. (2008). Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. **Ecological Applications**, 18(4), 885-898.

MCDONALD, R. I., WEBER, K. F., PADOWSKI, J., FLÖRKE, M., SCHNEIDER, C., GREEN, P. A., & MONTGOMERY, M. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. **Global Environmental Change**, 27, 96-105.

MENGISTU, Tarekegn Dejen *et al.* Impacts and Implications of Land Use Land Cover

Dynamics on Groundwater Recharge and Surface Runoff in East African Watershed. **Water**, 2022, 14(13), 2068; <https://doi.org/10.3390/w14132068>

MENDONÇA, F. *et al.* 1997. O espaço geográfico em análise. IN: **RA'E GA**. v.1 Departamento de Geografia/UFPR, Curitiba, Brasil.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **As Zonas Úmidas Cuidam Da Água**. 2013. 11p. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20190128051803/http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80191/Revista%202014%20ano%202013%20corrigida.pdf> Acesso em: novembro de 2024.

_____. **Mata Atlântica**. 2020. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/biomas/mataatl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento.html Acesso em: novembro de 2024.

NÓBREGA, Fábio. Mobilidade na RMR. **Alternativa à BR-101, Arco Metropolitano está mais perto de sair do papel. Folha de Pernambuco, 2022**. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/alternativa-a-br-101-arco-metropolitano-esta-mais-perto-de-sair-do-pap/240033/> Acesso em set. 2023.

NOVO, Evlyn Márcia L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

OTSUKA, A. Y. Condições Ambientais do estuário do rio Botafogo (Itamaracá-Pernambuco-Brasil): clorofila a e algumas variáveis ambientais. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, n. especial, p. 112-128, 2014.

PAUL, M. J., & MEYER, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 32(1), 333-365.

PEDREIRA, Bernadete da Conceição Carvalho Gomes *et al.* **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas de Guapi-Macacu e Caceribu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 65 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 136).

PERNAMBUCO. Lei n.º 9.860, de 13 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre a proteção dos mananciais da Região Metropolitana do Recife (RMR)**. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 14 jan. 1986.

_____. Lei Estadual n.º 9.989, de 10 de dezembro de 1987. **Dispõe sobre normas para a proteção ambiental no estado de Pernambuco**. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 11 dez. 1987.

_____. Decreto n.º 32.488, de 17 de outubro de 2008. **Declara como Área de Proteção Ambiental – APA a região que compreende os Municípios de Itamaracá e Itapissuma e parte do Município de Goiana, e dá outras providências**. Recife, 2008.

_____. Decreto Estadual n.º 34.692, de 10 de setembro de 2010. **Regulamenta dispositivos relativos à gestão de recursos hídricos no estado de Pernambuco**. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 13 set. 2010.

_____. Lei nº 14.090, de 20 de junho de 2010. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC) no âmbito do Estado de Pernambuco e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 21 jun. 2010.

_____. Lei nº 14.090, de 20 de junho de 2010. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC) no âmbito do Estado de Pernambuco e dá outras providências.** Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 21 jun. 2010.

_____. **Oportunidades e desafios para o desenvolvimento regional sustentável – Norte Metropolitano e Goiana.** Condepe/Fidem e Governo de Pernambuco, dez. 2010.

_____. Lei Estadual n.º 14.324, de 3 de junho de 2011. **Dispõe sobre normas ambientais complementares no estado de Pernambuco.** Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 4 jun. 2011.

_____. Decreto n.º 47.556, de 5 de junho de 2019. **Dispõe sobre ações de sustentabilidade ambiental no estado de Pernambuco.** Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 6 jun. 2019.

PIRES, J. S., GONÇALVES, D. R., & LIMA, R. T. (2018). Redes de drenagem e os impactos do uso do solo em bacias hidrográficas. **Journal of hydrology**, 35(3), 332-349.

Projeto MapBiomass – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil.

RÖNNBÄCK, P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. **Ecological Economics**, 29: 235-252.

RODRIGUES, R. R., LIMA, R. A. F., GANDOLFI, S., & NAVE, A. G. (2011). On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, 142(6), 1242-1251.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, 2005, v. 17, p.101-111.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto.** Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

SALES, Cesar do Amaral. **A gestão ambiental no Exército Brasileiro: o campo de instrução Marechal Newton Cavalcanti.** Rio de Janeiro: ESG, 2020. 65 p.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado.** 3. ed. São Paulo: Editora Hucitec, 1994.

_____. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia.** 6ªed. São Paulo: EDUSP, 2012.

SERPA, Angelo. **Paisagem, Lugar e Região: Perspectivas teórico-metodológicas para uma Geografia Humana dos espaços vividos.** GEOUSP – espaço e tempo, São Paulo, N°33, pp. 168- 185, 2013.

SILVA, T. S. F., COSTA, M. H., MELACK, J. M., & NOVO, E. M. L. M. (2014). Remote sensing of aquatic vegetation: Theory and applications. **Environmental Monitoring and Assessment**, 186(6), 4005-4032.

SILVA, A. M., SOUZA, V. C., & MARQUES, J. R. (2020). Gestão de recursos hídricos e padrões de uso do solo em bacias hidrográficas. **Boletim de Geografia Física**, 12(4), 765-789.

SILVA, J. F. G. da. **Análise da morfodinâmica e identificação de geoindicadores de modificações processuais na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe (BHRB)**. Dissertação de Mestrado em Geografia - Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPE, Recife, 162 p., 2020.

SILVEIRA, L. (1993). **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Editora da Universidade de São Paulo.

SOUZA, M. L. **Ambientes e territórios: uma introdução à Ecologia Política**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019. 350 p.

SOUSA, W. T. Z., SANTOS, R. L. C., & ROCHA, J. S. (2017). Aquaculture and wetland conservation: Challenges and perspectives. **Wetlands Ecology and Management**, 25(5), 557-570.

SOUZA, M. D. C., AMORIM, R. S. S., & CUNHA, E. R. (2020). Cultivo da cana-de-açúcar e impactos nas bacias hidrográficas do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 15(2), 40-55.

SPALDING, M.; KAINUMA, M. & COLLINS, L. 2010. **World Atlas of Mangroves**. Earthcan, 319p.

STRAHLER, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, 38(6), 913-920.

TROLL, C. A Paisagem Geográfica e sua Investigação. **Espaço e Cultura**. Rio de Janeiro, 4, pp. 1-7. 1997.

TUCCI, C. E. M. (2007). **Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**. ABRH.
TURETTA, Ana Paula Dias. **Mudanças de uso da terra em bacias hidrográficas. Dados eletrônicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 18 p.

ZARONI, Maria José & SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Solos tropicais**. 2021. Embrapa Solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/espodosolos>. Acesso em set. 2023.

VALE, Jones Remo Barbosa; BORDALO, Carlos Alexandre Leão; FONSECA, Luiz Carlos Neves da. Análise do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Apeú, Nordeste Paraense, entre os anos de 1999 e 2014. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP)**, (ISSN: 2359-0831 -online), Belém, v. 02, n. 02, p. 76-83, jul./dez. 2015.

VIEIRA, Viviane Torres; CUNHA, Sandra Baptista da. Mudanças na rede de drenagem urbana

de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, Antonio José Teixeira, e CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 11^a ed., 2014, p. 111-145.

VITTE, Antonio Carlos. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, ano 06, número 11, 2007.

WOHL. E.; MAGILLIGAN, F.J.; RATHBURN, S. L. Introduction to the special issue: Connectivity in Geomorphology. **Geomorphology**, 277, p. 1–5, 2017.