

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Uso e ocupação da bacia hidrográfica do Piraquê-Açu (ES) a partir de imagens de satélite como subsídio a proposta de ordenamento territorial

Joyce Santiago Moreira
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

JOYCE SANTIAGO MOREIRA

Uso e ocupação da bacia hidrográfica do Piraquê-Açu (ES) a partir de imagens de satélite como subsídio a proposta de ordenamento territorial

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Andre Luiz Lopes de Faria

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M838u
2022
Moreira, Joyce Santiago, 1996-
Uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu (ES)
a partir de imagens de satélite como subsídio a proposta de
ornamento territorial / Joyce Santiago Moreira. – Viçosa, MG,
2022.

1 dissertação eletrônica (94 f.): il. (algumas color.).

Orientador: André Luiz Lopes de Faria.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Geografia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 83-94.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.807>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Piraquê-Açu, Rio, Bacia (ES). 2. Solo - Uso.
3. Mapeamento do solo. 4. Sensoriamento remoto. 5. Ecologia
dos manguezais. I. Faria, André Luiz Lopes de, 1970-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Geografia.
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD 22. ed. 333.910098152

JOYCE SANTIAGO MOREIRA

Uso e ocupação da bacia hidrográfica do Piraquê-Açu (ES) a partir de imagens de satélite como subsídio a proposta de ordenamento territorial

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 9 de fevereiro de 2022.

Assentimento:

Joyce Santiago Moreira
Autora

Andre Luiz Lopes de Faria
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 07/01/2026 às 17:59:04 e pelo orientador em 07/01/2026 às 18:19:13. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **MBMI.VFPP.4YMS** e clique no botão 'Validar documento'.

Aos meus pais, irmãos, família e amigos
que sempre estiveram comigo!

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradeço aos meus pais, Júlio e Ana Cristina, por me apoiarem e por abdicarem de seus objetivos pessoais para que eu pudesse realizar este sonho de me qualificar e aprofundar meus conhecimentos. Aos meus irmãos, Bi e Fernando, que sempre estiveram ao meu lado, torcendo por mim independentemente da situação, amo vocês.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor André, pela sabedoria transmitida, pelos ensinamentos, pelos inúmeros conselhos, apoio, paciência e conversas fundamentais, que certamente contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. Este trabalho é nosso. Agradeço também a todos os integrantes do Laboratório de Geomorfologia do Quaternário, em especial ao Marco e ao Wesley. Ao Guilherme, por ter se tornado um grande amigo.

Agradeço à Secretaria, à Comissão Coordenadora e a todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia por estarem sempre à disposição e auxiliarem os alunos prontamente. À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pelo ensino de qualidade, pela excelência e por proporcionar um ambiente de bem-estar. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento desta pesquisa.

Sou grata por ter ao meu lado pessoas especiais, que demonstram diariamente afeto e suporte. Por isso, agradeço ao meu tio Aníbal, que sempre esteve de prontidão, me auxiliando, dando conselhos e força para que isso se tornasse realidade, minha inspiração.

Às famílias Santiago e Moreira, em especial às minhas primas Graci e Isadora, agradeço por acreditarem em mim e por compreenderem minha ausência em momentos tão especiais.

À Nat, Camila, Rafa e Marcelinha, agradeço imensamente pelos momentos de descontração, pela convivência prazerosa e pelas inúmeras risadas. Vocês foram minha válvula de escape; minha passagem por Viçosa não seria a mesma sem vocês.

“Ao fim do dia, podemos aguentar muito mais do que pensamos que podemos”.
(Frida Kahlo)

RESUMO

MOREIRA, Joyce Santiago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Uso e ocupação da bacia hidrográfica do Piraquê-Açu (ES) a partir de imagens de satélite como subsídio a proposta de ordenamento territorial.** Orientador: Andre Luiz Lopes de Faria.

Esta pesquisa analisou as mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Piraquê Açu, localizada no norte do Espírito Santo, entre 1985 e 2020, visando fornecer subsídios ao ordenamento territorial. Para tanto, utilizou imagens do satélite Landsat de oito datas (1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020) e classificações supervisionadas em sete categorias: vegetação arbórea, vegetação rasteira/agropecuária, mangue, eucalipto, solo exposto, água e mancha urbana, complementadas por trabalhos de campo no território da bacia. Os resultados mostraram predominância de vegetação arbórea, áreas de vegetação rasteira/agropecuária e plantios de eucalipto, presença relativa de manguezais protegidos legalmente, expansão urbana desordenada e impactos significativos sobre infiltração do solo, escoamento superficial, erosão, assoreamento e qualidade hídrica. Com base nesses dados, foram propostas medidas de ordenamento territorial, incluindo abastecimento de água, saneamento, gestão de resíduos sólidos, restauração de manguezais, reavaliação dos plantios de eucalipto, capacitação de comunidades indígenas e tradicionais, recategorização da RDS e integração dos planos diretores municipais ao Plano de Bacia, com cronograma gradual de implementação em cinco anos. Concluiu-se que o monitoramento do uso da terra aliado a estratégias de planejamento territorial possibilitou conciliar conservação ambiental, mitigação de impactos das atividades humanas, desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida da população, evidenciando a importância da gestão integrada da bacia do Piraquê Açu como modelo para outras regiões costeiras.

Palavras-chave: Classificação supervisionada; Uso da terra; Unidades de conservação; Manguezal; Rio Piraquê-Açu.

ABSTRACT

MOREIRA, Joyce Santiago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2022. **Use and occupation of the Piraquê-Açu (ES) hydrographic basin from satellite images as a subsidy to the territorial planning proposal.** Adviser: Andre Luiz Lopes de Faria.

This research analyzed changes in land use and land cover in the Piraquê Açu watershed, located in northern Espírito Santo, between 1985 and 2020, with the aim of providing support for territorial planning. To this end, it employed Landsat satellite imagery from eight dates (1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, and 2020) and supervised classifications into seven categories: arboreal vegetation, herbaceous vegetation/agropastoral areas, mangrove, eucalyptus plantations, exposed soil, water, and urban built-up areas, complemented by field surveys conducted within the watershed. The results indicated a predominance of arboreal vegetation, extensive herbaceous/agropastoral areas, and eucalyptus plantations, a relative presence of legally protected mangroves, unregulated urban expansion, and significant impacts on soil infiltration, surface runoff, erosion, sedimentation, and water quality. Based on these data, territorial planning measures were proposed, including water supply, sanitation, solid waste management, mangrove restoration, reassessment of eucalyptus plantations, capacity-building for Indigenous and traditional communities, recategorization of the Sustainable Development Reserve, and integration of municipal master plans with the Basin Plan, with a gradual five-year implementation schedule. The study concluded that monitoring land use, combined with territorial planning strategies, made it possible to reconcile environmental conservation, mitigation of human-induced impacts, economic development, and improvements in population well-being, underscoring the importance of integrated management of the Piraquê Açu watershed as a model for other coastal regions.

Keywords: Supervised classification, Land use, Conservation units, Mangrove, Piraquê-Açu River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização e hipsometria da bacia do Piraquê-Açu.....	29
Figura 2: Mapa de declividade da bacia do Piraquê-Açu.....	30
Figura 3: Mapa da geologia da bacia do Piraquê-Açu.	32
Figura 4: Mapa de solos na bacia do Piraquê-Açu.	33
Figura 5: Unidades de Conservação na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu.....	34
Figura 6: Unidade de Conservação APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz.....	35
Figura 7: Território Indígena na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu.	38
Figura 8: Aldeia Tekoá-Mirim às margens do Rio Piraquê-Açu.	38
Figura 9: Aldeia Tupiniquim Caldeia Velhas - Urbanizada.....	39
Figura 10: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 1985.	47
Figura 11: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 1990.	49
Figura 12: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 1995.	51
Figura 13: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2000.	53
Figura 14: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2005.	55
Figura 15: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2010.	57
Figura 16: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2015.	59
Figura 17: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2020.	61
Figura 18: Municípios inseridos na Bacia do Piraquê-Açu.....	64
Figura 19: Urnas funerárias de povos indígenas com idade estimada entre os 600 a 800 anos.	65
Figura 20: Plantações de eucalipto no estuário Piraquê-Açu/Mirim.....	67
Figura 21: Plantações de eucalipto coexistindo com vegetação arbórea e mangue no estuário Piraquê-Açu/Mirim.....	68
Figura 22: Erosão abaixo da ponte de Santa Cruz - Aracruz.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: As classes e suas descrições.	44
Tabela 2: Área total de ocupação das classes na bacia do Piraquê-Açu em km ²	62
Tabela 3: Área total de ocupação das classes na bacia do Piraquê-Açu em %.	62
Tabela 4: Aspectos Socioeconômicos de Aracruz.....	66
Tabela 5: Aspectos Socioeconômicos de Ibirajú.	70
Tabela 6: Aspectos Socioeconômicos de João Neiva.....	71
Tabela 7: Aspectos Socioeconômicos de Santa Teresa.	72
Tabela 8: Validação dos dados.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ES	Espírito Santo
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
UFV	Universidade Federal de Viçosa
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidades de Conservação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
REM	Radiação Eletromagnética
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
MLC	Maximum Likelihood Classification
MLP	Multilayer Perceptron
SVM	Support Vector Machine
RNA	Redes Neurais Artificiais
DGE	Departamento de Geografia
PMA	Prefeitura Municipal de Aracruz
ASF	Alaska Satellite Facility
USGS	United States Geological Survey
ESA	European Space Agency
IEMA	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
NASA	National Aeronautics and Space Administration
MDE	Modelo Digital de Elevação
PALSAR	Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar
ALOS	Advanced Land Observing Satellite
SIG	Sistema de Informação Geográfica
WGS	World Geodetic System
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UTM	Universal Transverse Mercator
MDEhc	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente
GPS	Global Positioning System
TM	Thematic Mapper
OLI	Operational Land Imager

TIRS	Thermal Infrared Sensor
MSI	Multispectral Imager
IFp	Infravermelho Próximo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Território, Bacia Hidrográfica e Ambiente.....	17
2.2 Uso e Ocupação da Terra.....	21
2.3 Ordenamento Territorial	23
2.4 – Sensoriamento Remoto.....	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	28
3.1.1 Clima e Vegetação.....	30
3.1.2 Geologia e Geomorfologia	31
3.1.3 Solos	32
3.1.4 Unidades de Conservação.....	34
3.1.5 Território Indígena e Comunidades Tradicionais.....	38
3.2 Equipamentos e Ferramentas.....	41
3.3 Base de Dados	41
3.4 Procedimentos Metodológicos	41
4 RESULTADOS	46
4.1 Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu.....	46
4.2 Dinâmica Territorial da Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu.....	63
4.2.1 Aracruz	65
4.2.2 Ibiraçu.....	69
4.2.3 João Neiva	70
4.2.4 Santa Teresa.....	71
4.2.5 Rio Piraquê-Açu	72
4.2.6 Validação dos dados de uso e ocupação.....	75
5 DISCUSSÃO.....	76
6 CONCLUSÃO.....	82
7 REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser consideradas zonas de encontro das águas provenientes das precipitações, que dão origem aos escoamentos, resultando em um ponto de saída. Estabelecem-se pelos conjuntos de vertentes e pela rede de drenagem, originados dos cursos d'água que percorrem até o leito (TUCCI, 1997). Sua importância decorre de abarcar aspectos físicos, sociais e econômicos, além da interação destes com o corpo hídrico/bacia de drenagem.

Um Plano Diretor de Recursos Hídricos ou um Plano de Manejo de Bacia Hidrográfica, quando elaborado considerando aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos, pode ser um importante instrumento para o ordenamento territorial. Sua construção deve considerar, além das características gerais da bacia, as relações existentes em diferentes escalas.

As interações entre os componentes da bacia hidrográfica (água, solo, flora, fauna e questões socioeconômicas, por exemplo) são constantes; dessa forma, as interferências e modificações naturais e antrópicas podem, eventualmente, afetar diretamente o ecossistema inserido nessa bacia. Assim, as bacias hidrográficas são espaços propícios para pesquisa, pois é possível compreender as modificações ocorridas ao longo do tempo e como o ambiente reagiu a essas mudanças.

Considerando o planejamento e a gestão ambiental, bem como o ordenamento territorial, a bacia hidrográfica é uma importante referência pelas informações que podemos extrair dos meios físico, biótico, antrópico e suas interações (CARVALHO, 2020). Com isso, é possível observar suas transformações e as consequências para todo o ambiente que compõe a bacia hidrográfica.

A presente pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu, localizada no litoral norte do estado do Espírito Santo (ES), a cerca de 83 km da capital, Vitória, e compreende os municípios de Santa Teresa, Ibirapu, João Neiva e Aracruz. Uma área com ampla biodiversidade e importância para as comunidades que a habitam (PMA, 2020).

A bacia do Piraquê-Açu caracteriza-se como uma bacia hidrográfica litorânea, diferenciando-se das continentais pela forte influência do oceano em sua dinâmica. A área drenada possui intenso uso e ocupação das terras, o que se relaciona com os diversos ciclos produtivos pelos quais a região passou e ainda passa. Como exemplo, podem ser citadas as abundantes plantações de eucalipto destinadas principalmente à fabricação de papel e celulose; a construção de porto para escoamento dessa produção; a implantação de estradas rurais, dentre outros.

Na bacia do Piraquê-Açu encontram-se diferentes Unidades de Conservação (UC): a Reserva Biológica Augusto Ruschi, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim e o Parque Natural Municipal do Aricanga Waldemar Devens. Ainda, na foz do rio Piraquê-Açu, estende-se a Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, juntamente com o Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz (PMA, 2020).

Todas as UCs desempenham um papel muito importante para toda a bacia, por garantirem a proteção e o equilíbrio ambiental, sem desamparar aqueles que necessitam dos recursos oferecidos por essas unidades para fins de sobrevivência, uma vez que existem UCs de uso integral e de uso sustentável. Elas protegem importantes áreas de recarga da drenagem superficial e subsuperficial, a fauna e a flora, dentre outros aspectos da paisagem.

Na bacia encontram-se comunidades indígenas, o único local no estado do Espírito Santo onde habitam indígenas nativos, os Tupiniquins. Existem também outras etnias, como os Guaranis, vindos do sul do Brasil há algumas décadas (PMA, 2020). A bacia integra áreas importantes e com relevância significativa para estudos geográficos relacionados à interação entre o homem e a natureza.

Essa relação fica evidente nas adjacências da bacia em questão. A Reserva Biológica Augusto Ruschi, por exemplo, abriga a nascente do rio Piraquê-Açu, no município de Santa Teresa, que na sequência percorre os municípios de João Neiva e Aracruz (ICMBIO, 2021). O rio Piraquê-Açu é fonte de abastecimento de água para a região; no entanto, também é a saída para as redes de esgoto locais, na maioria das vezes sem tratamento (MONTEIRO, 2015).

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, que leva o nome dos rios, é um componente importante, pois integra 15,80 km² de manguezais inseridos nos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, sendo o maior manguezal do estado do Espírito Santo. Esse ambiente se destaca por sua biodiversidade e importância para a população local, visto que grande parte dos moradores depende da caça de caranguejos e da pesca (PMA, 2020).

A categoria Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), proposta pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), é adequada para a bacia, principalmente para a área do manguezal, pois permite o uso sustentável pela população tradicional (pescadores, marisqueiros) e pelos indígenas. Nesse caso, um plano de manejo construído de forma participativa deve ser utilizado. A comunidade precisa aliar seu conhecimento da área aos saberes adquiridos por outras pesquisas, entendendo as dinâmicas desse ambiente para se relacionar de forma sustentável com ele.

Nesta pesquisa, entende-se desenvolvimento sustentável conforme proposto pelo relatório *Brundtland*, de 1997, fruto das discussões da Conferência Mundial para o Meio Ambiente ocorrida em Estocolmo, na Suécia, em 1972, ou seja, “é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações” (WWF, 2022). É uma proposta difícil de ser implementada, mas que segue diretrizes que procuram garantir um equilíbrio entre as dinâmicas da natureza e a sociedade que a compõe, neste caso, o manguezal.

Os manguezais se desenvolvem nas zonas tropical e intertropical, localizados em terrenos baixos, tornando-se áreas de transição entre dois ambientes vizinhos: o marinho e o terrestre. Assim, apresentam grande variação de salinidade e de inundação do solo, consequência de mudanças no regime das marés. Outra característica desse ecossistema é a interação entre diversos animais, microrganismos e plantas (ICMBIO, 2018).

Alguns autores, como Alves (2001), afirmam de forma lamentável que as áreas de manguezais são exploradas intensamente para produção de lenha, carvão, extração de tanino, pesca e produção de sal, desde o final do século XVI, causando diversos problemas ambientais ao longo da história. O sistema estuarino Piraquê-Açu/Mirim é utilizado para fins pesqueiros, navegação, agricultura e turismo, entre outros (MONTEIRO, 2015).

Além desse contexto histórico de uso dos manguezais para práticas de extração de matéria-prima, esses ambientes também são utilizados, ainda no século atual, para fins residuários, como é visto em alguns locais no Piraquê-Açu/Mirim. A extração total do mangue em determinadas áreas para construção civil pode levar à diminuição das florestas de manguezais, que, conseqüentemente, recebem resíduos sólidos e efluentes comerciais, residenciais e até mesmo industriais, contribuindo para sua degradação.

Existe ainda uma preocupação diante do atual cenário político vivido no Brasil, no qual comunidades em vulnerabilidade social, incluindo indígenas, e o meio ambiente sofrem ameaças diariamente. Cabe à ciência, na qual a Geografia está inserida, cumprir seu papel social, empoderando a comunidade e propondo políticas públicas mais assertivas.

Diante disso, é possível, por meio desta pesquisa, desenvolver uma análise histórica do uso e ocupação da terra, buscando compreender questões importantes para a bacia, como: quais alterações ela sofreu devido ao uso e ocupação da terra? O que as impulsionou? Quais as conseqüências para a bacia?

Compreender o processo de uso e ocupação das terras da bacia, como quais elementos atuam ou atuaram na dinâmica local e a relação entre eles, pode ser fundamental para a proposição de um ordenamento territorial.

Para tanto, o principal objetivo da pesquisa foi analisar, por meio de imagens de sensores remotos, as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra no período de 1985 a 2020 na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu, localizada no norte do Espírito Santo, como subsídio ao ordenamento territorial.

Para a execução da pesquisa, utilizaram-se ferramentas do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, que se tornaram essenciais para compreender a dinâmica histórica e as relações estabelecidas na bacia, visto que essas ferramentas fornecem subsídios eficazes em estudos dessa natureza, além de manter os dados locais atualizados, permitir processamento rápido e apresentar menor custo à pesquisa.

Além disso, em períodos de exceção, como o vivenciado durante a pandemia de Covid-19, a utilização de imagens de sensores remotos mostrou-se um caminho seguro a ser seguido, além de ampliar as possibilidades no âmbito das pesquisas acadêmicas.

Uma série histórica de imagens da área foi obtida via Earth Explorer, referentes aos anos de 1985 a 2020, com intervalo temporal de 5 anos entre elas, captadas entre os meses de janeiro e abril, perfazendo um total de 8 imagens. Na sequência, as imagens foram processadas e recortadas utilizando o *software ArcGis® 10.5* e selecionadas as classes de uso e ocupação da terra, tomando como referência o Manual de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Vegetação Arbórea, Vegetação Rasteira/Agropecuária, Mangue, Eucalipto, Água, Solo Exposto e Mancha Urbana.

Amostras de treinamento foram definidas utilizando o software citado acima e a partir de trabalhos de campo para verificação e validação *in loco*, realizados nos períodos de 06 a 10 de dezembro de 2020 e de 13 a 17 de dezembro de 2021. Posteriormente, realizou-se a classificação supervisionada (*Classification Maximum Likelihood*). As imagens foram vetorizadas e, com os resultados obtidos, foi possível discutir e analisar o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu, para então propor o ordenamento territorial de sua área.

Para tais discussões, esta pesquisa apresenta, a seguir, uma estrutura composta por introdução, revisão de literatura, metodologia, resultados e discussão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Território, Bacia Hidrográfica e Ambiente

Entender a forma como o homem historicamente se relaciona com os diferentes ambientes em que está inserido é muito importante, pois nos fornece subsídios que contribuem para que as relações existentes no território sejam compreendidas.

Um dos primeiros geógrafos a discutir o conceito de território foi o alemão Friedrich Ratzel entre os séculos XIX e XX (BEZERRA, 2015). Sua preocupação era com o Estado e o controle deste sobre o território; além disso, Ratzel propunha a concepção do território como “espaço vital”, que seria a necessidade de a expansão territorial dos povos suprir suas necessidades (OLIVEIRA, 2020).

Mais adiante, geógrafos como Jean Gottmann trazem ao conceito de território ideias mais concretas e atuais sobre problemas socioespaciais. Em 1975, Gottmann apresenta, em seu texto intitulado “*The Evolution of the Concept of Territory*”, com um viés bastante politizado, a seguinte definição:

Território é uma porção do espaço geográfico que coincide com a extensão espacial da jurisdição de um governo. Ele é o receptor físico e o suporte do corpo político organizado sob uma estrutura de governo. Descreve a arena espacial do sistema político desenvolvido em um Estado nacional ou uma parte deste que é dotada de certa autonomia. Ele também serve para descrever as posições no espaço das várias unidades participantes de qualquer sistema de relações internacionais. Podemos, portanto, considerar o território como uma conexão ideal entre espaço e política. Uma vez que a distribuição territorial das várias formas de poder político se transformou profundamente ao longo da história, o território também serve como uma expressão dos relacionamentos entre tempo e política (GOTTMANN, 1975, p. 29).

Gottmann demonstra, em seu conceito de território, sua inquietação quanto à evolução dele. Assim como outros autores, faz considerações sobre a política e o poder do Estado, além de demonstrar um descontentamento em relação à forma e à dinâmica do território. São processos que buscam aprofundamento e compreensão até os dias atuais, como é o caso do presente estudo.

No Brasil, alguns autores, como Berta Becker e Manoel Correia de Andrade, fizeram contribuições para os estudos de território e contribuíram mundialmente com seus conceitos e reflexões. Assim, território se define, para Becker (1983, p. 8), “como um produto

produzido pela prática social e um produto consumido, vivido e utilizado como meio, sustentando, portanto, a prática social”.

Para a autora, o território é um espaço formado por diferentes atores sociais, em uma dinâmica social que vai para além da intervenção do Estado. Destaca os espaços sociais da economia e da política na formação do território, sendo, portanto, um lugar de poder e primordial para o Estado-nação e para os atores sociais (SAQUET e CICHOSKI, 2012). Becker contribuiu ainda com a discussão quanto ao uso sustentável do território, trazendo um debate sobre a questão ambiental, temática importante para a Geografia.

Andrade, por sua vez, apesar de estabelecer uma longa discussão sobre região e espaço, também colaborou com sua conceituação. Dessa forma, o autor aborda o território de uma forma explicitamente política e econômica de ocupação do espaço:

O conceito de território não deve ser confundido com o de espaço ou de lugar, estando muito ligado à ideia de domínio ou de gestão de uma determinada área. Deste modo, o território está associado à ideia de poder, de controle, quer se faça referência ao poder público, estatal, quer ao poder das grandes empresas que estendem os seus tentáculos por grandes áreas territoriais, ignorando as fronteiras políticas (ANDRADE, 1995, p. 19).

O território, a partir da concepção deste autor, faz parte da integração nacional, onde existe efetivamente a ocupação da população, além da atuação na economia, na produção, no transporte, no comércio e na fiscalização. Portanto, é nele que decorrem as interações capitalistas e onde o caráter político é bem definido.

Este conceito permite às diferentes pesquisas realizadas no âmbito da ciência geográfica um entendimento das relações sociais e ambientais estabelecidas em determinado território. Existem áreas onde as transformações do território ocorrem com maior intensidade devido às atividades antrópicas, ou seja, às dinâmicas impostas pelo capital ou decorrentes dele.

Sendo assim, tida como um elemento natural que favorece a instalação e a apropriação do homem em determinado local, a água é, sem dúvida alguma, considerada um recurso essencial não apenas para a vida humana e animal, mas também para as atividades produtivas e econômicas que podem ser desenvolvidas.

A apropriação dos recursos naturais de uma determinada bacia hidrográfica tem sido realizada considerando as dinâmicas econômicas, muitas vezes desconsiderando as atividades exercidas pela população que historicamente ocupa essas áreas.

O processo contínuo de ocupação tem causado uma série de problemas, destacando-se a erosão dos solos, o desmatamento e atividades econômicas que desconsideram as características dessas áreas.

Especificamente na bacia do Piraquê-Açu, há ocupação voltada para a atividade econômica de produção intensiva de eucalipto, desde 1967, para atender as atividades industriais da antiga Aracruz Celulose, atual Suzano Papel e Celulose (SUZANO, 2022).

A degradação das bacias hidrográficas e dos ecossistemas aquáticos em geral, consequente da atuação antrópica, vem causando apreensão nos últimos anos (MENEZES *et al*, 2016). Tundisi (2006) confirma essa afirmação ao indicar que essas regiões estão mais sujeitas a sofrer impactos decorrentes da atuação humana, sejam eles para lazer ou para fins lucrativos.

As definições e conceitos de bacia hidrográfica são discutidos há quase um século e, diante de tantas afirmações, alguns autores, mesmo com recursos limitados, foram essenciais para o entendimento atual. As contribuições de estudiosos como Strahler (1979), Suguio (1998) e Coelho (2009) são representativas nesse sentido.

Os autores definem bacia hidrográfica como uma área delimitada por interflúvios, abrangendo seus rios e o encontro entre eles para um escoamento único. Dessa forma, desconsideravam os diversos usos e interações presentes no interior de uma bacia hidrográfica, visto que tinham apenas a água como elemento principal da definição.

Em contrapartida, para Christofolletti (1980), Cunha (2007) e Guerra e Guerra (2008), a bacia hidrográfica seria um sistema aberto e dinâmico. Assim, esses autores consideravam a relação entre vegetação, relevo, drenagem, clima, solo, entre outros elementos, contudo o fator antrópico não era tão enfatizado. Ainda que mencionado anteriormente, o papel da sociedade como agente atuante na dinâmica de uma bacia é destacado em Tundisi (2008).

Atualmente, existem descrições acerca do conceito de bacia hidrográfica que agregam diversas variáveis que compõem as bacias e a forma como essas áreas são abordadas em estudos sobre a relação sociedade e natureza. A bacia hidrográfica, segundo Carvalho (2020, p. 141), “permite analisar de forma sistêmica elementos, fatores e relações ambientais, sociais e econômicas a partir de demandas e ofertas existentes em sua área, mas também, externamente”.

Dessa forma, as áreas tangenciadas por uma bacia também podem influenciar sua dinâmica interna e depender dos recursos que ela oferece. Por isso, demandas externas também podem influenciá-la diretamente. Na bacia do Piraquê-Açu, aldeias indígenas, como a Tekoá-Mirim, estão inseridas exatamente em seus limites e fazem uso dos serviços ecossistêmicos que

ela oferece. No entanto, são elementos de atuação permanente da bacia, algumas dessas aldeias sobrevivem da pesca nas dependências dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim.

Reforçando a ideia anteriormente exposta, para Spolidorio (2018, p. 29) “o recorte clássico do que vem a ser a bacia hidrográfica tem que ser alongado e visto sob uma nova perspectiva, menos fragmentada e mais global, concatenada à gestão territorial e ambiental”. Essa fala vai ao encontro da proposta desta pesquisa, pois reforça a ideia de considerar todos os agentes da bacia aliando a gestão do território, ou seja, ordená-lo.

Entende-se nesta pesquisa que o ordenamento territorial deve ser construído a partir de dados e informações em escala adequada. Considera os diferentes usos e suas interações com os meios físico e biótico. Associa a todas essas informações uma preocupação com a população que historicamente ocupa esse ambiente, bem como sua forma e meio de existência. A ideia de ordenamento territorial passa obrigatoriamente pela resolução dos conflitos existentes ou por sua minimização, tendo como objetivo a construção de um ambiente sustentável.

Ressalta-se ainda a presença, na área da bacia, de diferentes Unidades de Conservação, que posteriormente serão analisadas em suas características definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e em sua relação com os diversos componentes da bacia.

Além disso, existem ecossistemas que estão integrados em algumas bacias hidrográficas nas áreas litorâneas, como é o caso dos manguezais, cujo território passa por transformações e mantém relações naturais e antrópicas. O estado do Espírito Santo apresenta vários ambientes de manguezal. Na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu se localiza o manguezal do Piraquê-Açu e Mirim.

De acordo com Pazolin et al. (2007), o manguezal do Piraquê-Açu se destaca por ser o maior do estado, avançando 13 km para dentro do continente. O sistema estuarino possui planícies de marés rasas, entre 0 e 8 m, com profundidade máxima de 16,7 m próximo à foz do rio, o que está diretamente relacionado às características batimétricas e geomorfológicas da região (SILVA, 2012).

A área da bacia também é ocupada por grandes plantações de monocultura de eucalipto, além de sediar aldeias indígenas e populações ribeirinhas que utilizam a terra como forma de sobrevivência (FLORÊNCIO, 2010). Schaeffer-Novelli (2000) assinala que os ambientes de manguezal são encontrados nas áreas de confluência das águas de rios com águas do oceano, ou seja, estão presentes, por exemplo, em enseadas, barras, desembocaduras de rios e baías.

Esses locais pertencem ao bioma costeiro devido às suas características típicas. Alongi (2009) confirma tal fato ao discutir a classificação de manguezais. Localizados em terrenos baixos, tornam-se ambientes de transição entre dois ecossistemas vizinhos: marinho e terrestre. Dessa forma, apresentam grande variação de salinidade e inundação do solo, consequência de mudanças e variações das marés (CORREIA *et al*, 2005).

Conforme aponta Schaeffer-Novelli (2000), esse sistema ecológico costeiro tropical é invulnerável, resistente e firme, sendo, portanto, composto por áreas estáveis. Correia et al. (2005) também discutem sobre a base dos manguezais. De acordo com esses autores, esses ambientes estão assentados sobre lama formada por depósitos de silte, argila e pequenas frações de areia. Esses elementos são trazidos pelas correntes de água dos rios e do mar. Além disso, esses locais possuem elevada quantidade de matéria orgânica em diferentes etapas de decomposição, o que contribui para a baixa concentração de oxigênio no solo.

A instalação da cobertura vegetal em substratos de manguezal com pouca declividade, associada ao contato com a maré, explica a alta salinidade presente nesses ambientes (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). As árvores que crescem em meio ao sedimento lamoso integram estruturas que auxiliam na sustentação e evitam erosões nas zonas costeiras tropicais com mangue (ICMBIO, 2018).

Além disso, os manguezais são essenciais para a sobrevivência de peixes e outras espécies que utilizam essas áreas como “berçários”. No entanto, as populações humanas que vivem ao seu redor exploram esse sistema ecológico como fonte de alimento e de sobrevivência financeira, quando praticam a pesca para comercialização, inclusive internacional.

A influência de ações antrópicas nos manguezais vai além da pesca e pode ser ainda mais intensa, levando a prejuízos maiores a essas áreas. Fidelman (1999), em sua pesquisa em uma área de manguezal, aponta que há ocupação dessas zonas por populações de baixa renda, gerando depósitos de resíduos sólidos urbanos de diversas categorias, além do desmatamento e do aterramento de áreas na tentativa de minimizar o problema da falta de moradia, causando, assim, diversos impactos sobre o ecossistema manguezal.

2.2 Uso e Ocupação da Terra

O uso e ocupação da terra se acentua mais em regiões litorâneas pelos aspectos históricos vividos no Brasil. Por questões econômicas, são áreas de “usos múltiplos”, pois são utilizadas para variadas atividades antrópicas em toda a sua extensão (MORAES, 1999). As

análises de uso e ocupação desta pesquisa auxiliarão na compreensão da dinâmica de ocupação da bacia.

De acordo com o IBGE (2013), no que se refere às mutações globais, os estudos de uso e cobertura da terra contribuem para investigações acerca dos impactos ambientais ocasionados pela influência do homem, como alterações climáticas e da biodiversidade, aumento no índice de urbanização e mudanças rurais. Não é diferente na bacia do Piraquê-Açu, que vem passando por transformações no ambiente em diversos âmbitos.

Cortês e D'Antona (2014) afirmam que, a partir da rápida retirada da cobertura vegetal das florestas tropicais, os estudos de alteração dessas áreas começaram a ser aplicados na década de 1970. Essas análises de uso e ocupação da terra são essenciais para entender a dinâmica de uso e organização de determinada área, além de possibilitar projeções sobre cenários futuros (LEITE e ROSA, 2012).

Castro et al. (2020) apontam ainda que esse tipo de pesquisa, que também inclui o mapeamento do uso e ocupação da terra, possui grande importância por possibilitar demonstrar os recursos hídricos de determinada bacia e descrever as condições encontradas. Além disso, essa abordagem permite evidenciar o que o homem vem alterando ao longo dos anos, sendo, portanto, relevante para estudos geoambientais (ROSA *et al*, 2017). Assim, pode auxiliar o poder público com práticas de conservação e melhor manejo da terra.

Com isso, a análise do uso e ocupação das terras na bacia do Piraquê-Açu pode colaborar para o ordenamento territorial, oferecendo uma orientação baseada nos diversos levantamentos realizados, englobando toda a sua área, tanto no aspecto físico quanto no humano, com a finalidade de alcançar uma utilização que considere os limites existentes no ambiente natural, os interesses da população tradicional e demais setores, como a indústria e a agropecuária.

Regular o solo urbano e rural pode representar um caminho importante a ser seguido, principalmente com o objetivo de minimizar e até mesmo evitar relações que desencadeiam impactos negativos.

Em solo urbano, o Plano Diretor é o instrumento técnico-jurídico para a gestão do espaço urbano, definindo as macrodiretrizes urbanísticas das cidades, como o macrozoneamento e o zoneamento. Tais diretrizes dispõem sobre as regras para o adensamento, a expansão territorial, a definição de zonas de uso da terra e das redes de infraestrutura. Em conjunto com o Plano Diretor, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, o Código de Obras e o Código de Posturas devem ser trabalhados de maneira integrada, garantindo coerência e segurança jurídica a técnicos, empreendedores e à sociedade em geral.

Destaca-se a utilização de dados de sensores remotos por fornecerem informações espaço-temporais de uma determinada superfície terrestre, considerando os tipos de sensores e a órbita, por exemplo. Esses dados permitem mapear áreas, monitorar mudanças ao longo do tempo e gerar informações em escala adequada para o ordenamento territorial.

Além disso, possibilitam a identificação dos diferentes tipos de uso, bem como a fiscalização e o desenvolvimento de políticas públicas. Dentre as principais características do sensoriamento remoto e do geoprocessamento para o ordenamento territorial, destacam-se:

- Monitoramento contínuo (considerando o tempo de passagem do satélite pela mesma área);
- Identificação de padrões e aptidão de áreas (cruzamento de diferentes planos de informação (mapas temáticos));
- Diminuição de custos e automação dos processos (eficiência);
- Suporte para tomada de decisão;
- Utilização de diferentes índices (detecção de elementos de interesse, como por exemplo: saúde da vegetação (NDVI);
- Dentre outros.

O geoprocessamento permite aos diferentes usuários criarem bancos de dados para análises espaciais mais simples e mais complexas. Outra grande vantagem é a possibilidade de integração de diferentes planos de informação, como mapas temáticos, permitindo agilidade no processo de análise e tomada de decisão, sem perda de qualidade.

2.3 Ordenamento Territorial

Os estudos de uso e ocupação das terras contribuem para o ordenamento territorial, considerando que, de acordo com Moraes (2005, p. 45), “[...] captar os grandes padrões de ocupação, as formas predominantes de valorização do espaço, os eixos de penetração do povoamento e das inovações técnicas e econômicas e a direção prioritária dos fluxos (demográficos e de produtos)”. Em síntese, é possível realizar análises e estabelecer um diagnóstico sobre a área de estudo, apontando as necessidades e capacidades de oferecer auxílio às políticas públicas governamentais.

Segundo Frade (1999, p. 18), o ordenamento territorial pode ser entendido como a “realização espacial da política econômica”, buscando maior igualdade territorial. No entanto, o conceito de ordenamento no passado era menos abrangente que na atualidade. A princípio,

eram considerados apenas “aspectos geográficos, econômicos e físicos”, posteriormente incluindo “meio ambiente e qualidade de vida” (ARGOLLO FERRÃO, 2021, p. 3).

Existem inúmeros conceitos a respeito do ordenamento territorial, mas o principal objetivo é, de acordo com Santos (2005, p. 50), “[...] desenvolvimento equilibrado das regiões e a organização física do espaço segundo uma diretriz”.

O território em análise é complexo. Os diferentes usos podem, se não forem consideradas as características físicas, bióticas e sociais nas análises, gerar ou agravar conflitos. Nesse caso, pensar de forma integrada e participativa essas características se torna necessário e urgente. Esta pesquisa não pretende gerar um plano ou planejamento para esse território, mas, por meio dos dados e informações produzidas, contribuir para essa importante discussão.

Para Allmendinger e Haughton (2008), o ordenamento territorial compreende uma restauração da gestão territorial, com o objetivo de aperfeiçoar a relação entre todos os elementos presentes e suas atuações no espaço que ocupam.

No geral, os estudos de ordenamento territorial se atentam a aspectos geográficos da ecologia da paisagem (FRANÇA *et al*, 2019). As classes naturais estão sendo ocupadas pelo homem, havendo uma diminuição dessas áreas. Desse modo, o ordenamento territorial se torna primordial. Além disso, uma sociedade territorialmente ordenada proporciona um estado de maior bem-estar social para a população.

Para Almeida (2011), *apud* Fidelis-Medeiros e Grigio (2019), o método usual de ordenamento territorial mostra quatro modelos diferentes:

Normativos: que incluem as legislações de uso e ocupação do solo, a regulamentação de padrões de emissão de poluentes nos seus diversos Estados; Fiscalização: controle das atividades para que estejam dentro das normas vigentes; Preventivos: caracterizados pela delimitação de espaços territoriais protegidos (parques, reservas, áreas de Mananciais, encostas declivosas), pelas avaliações de impacto ambiental, análises de risco e licenciamento ambiental; Corretivos: que constituem as intervenções diretas de implantação e manutenção de infraestrutura de saneamento, plantio de árvores, formação de praças, canteiros e jardins, obras de manutenção e coleta de resíduos, microbacias em curvas de nível em área de plantio e monitoramento da qualidade da água (ALMEIDA, 2011 *apud* FIDELIS-MEDEIROS e GRIGIO, 2019, p. 249).

Esses métodos proporcionam à sociedade, alcançada pelo ordenamento territorial, melhores condições de sobrevivência. Porém, ainda é necessária a adição de outros instrumentos a fim de promover o bem-estar social, manter as unidades de conservação sob proteção e melhorar o manejo do espaço.

Desse modo, o zoneamento mostra-se como uma ferramenta para o aprimoramento do ordenamento territorial. Seu conceito parte do pressuposto de dividir e separar diferentes áreas e usos, com a função de proporcionar produtos de forma menos nociva ao manejo das unidades de paisagem (ANJOS e CARVALHO, 2020).

Bonilha (2019) ressalta que a Geografia se faz necessária na construção de produtos cartográficos que mostrem a capacidade de executar atividades em certas áreas. Dessa forma, os mapas auxiliam na orientação dos usos da terra e colaboram para o ordenamento territorial.

Reafirmando esse pensamento, Fidelis-Medeiros et al. (2019) consideram que a perspectiva do ordenamento territorial, juntamente com ferramentas do geoprocessamento, possui um papel ímpar na aplicação de soluções para possíveis danos causados por impactos ambientais em áreas urbanas e na delimitação de normas territoriais para uso e ocupação da terra.

2.4 – Sensoriamento Remoto

Segundo Moraes (2002, p. 1), “o sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos”. Seguindo a mesma linha de pensamento, Meneses (2012, p. 3) destaca que “sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”.

Ainda de acordo com Meneses (2012, p. 3), “a definição de sensoriamento remoto é explícita em afirmar que o objeto imageado é registrado pelo sensor por meio de medições da radiação eletromagnética, tal como a luz solar refletida da superfície de qualquer objeto”. A qualidade dos sensores é definida pela capacidade de adquirir medidas detalhadas da energia eletromagnética. As características desses sensores estão associadas às resoluções espacial, espectral e radiométrica.

A resolução espacial possui a propriedade de distinguir objetos, indicando a dimensão do menor elemento da superfície especificado pelo sensor. A resolução espectral refere-se à largura das faixas do espectro eletromagnético em que o sensor opera. Já a resolução radiométrica está relacionada à habilidade do sistema sensor em identificar e representar diferenças na energia refletida e emitida pelos componentes da imagem, como rochas, solo, vegetação, água, entre outros (MORAES, 2002). Além dessas três resoluções, existe também a resolução temporal, que está vinculada ao intervalo de tempo em que o satélite revisita a mesma

área (IBGE, 2013). Nesta pesquisa, a análise considerou o período de 1985 a 2020, com intervalo de 5 anos.

Para Prenzel (2004), o sensoriamento remoto auxilia em pesquisas sobre vegetação, já que essa técnica possibilita dimensionar geograficamente as áreas de estudo. O estudo da vegetação utilizando o sensoriamento remoto “processa, a partir da detecção da radiação eletromagnética (REM) refletida pelas espécies vegetais, o que possibilita inferir sobre o processo de fotossíntese por meio dos pigmentos fotossintetizantes” (SILVA, 2012, p. 27).

É chamado de espectro eletromagnético o conjunto das regiões espectrais da REM conhecidas pelo homem. “O espectro eletromagnético conhecido se estende dos comprimentos de onda dos raios cósmicos aos comprimentos de corrente alternada emitidos pelas redes de alta tensão” (MENESES, 2012, p. 3).

É possível adquirir informações sobre o uso e ocupação da terra e propor ordenamento utilizando imagens orbitais de alta resolução espacial. Com elas, é possível observar, a partir de resultados precisos, os vários tipos de ocupação. Além disso, é possível classificar os variados usos na bacia hidrográfica, o que possibilita melhores resultados na pesquisa (VAEZA *et al*, 2008).

Os mesmos autores, em outro trabalho, afirmam que o sensoriamento remoto e o geoprocessamento “[...] tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação das terras, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica” (VAEZA *et al*, 2010, p. 24).

Diante de toda a dinâmica que ocorre na bacia do Piraquê-Açu, os mapas de uso e ocupação da terra foram gerados a partir de imagens de satélite, técnicas e métodos de geoprocessamento. Meneses (2012) afirma que foi Evelyn L. Pruitt e outros pesquisadores, em 1960, que iniciaram o uso do sensoriamento remoto. Essa tecnologia é importante para estudos em diversas ciências e auxilia na obtenção e criação de bancos de dados e na análise dos diferentes domínios morfoclimáticos do planeta Terra.

Sendo assim, considerando a ampla área de vegetação existente na bacia do Piraquê-Açu, o manguezal e outros elementos importantes que influenciam de modo geral a dinâmica dessa bacia e integram toda a região em que ela se insere, foram produzidos mapas de uso e ocupação da terra por meio da ferramenta Maximum Likelihood Classification (MLC).

Esse método de classificação supervisionada por pixel é um dos mais utilizados (CAMPBELL, 1987). Sendo amplamente citado na literatura, ele emprega a média e a covariância das amostras de treinamento para atribuir um pixel desconhecido a uma dada classe.

As amostras de treinamento são selecionadas previamente para cada classe estabelecida (CURRAN, 1985; BENEDICTSSON *et al*, 1990).

As amostras possuem informações de cada classe. Esses dados auxiliam na determinação da probabilidade relativa de um determinado pixel pertencer à classe selecionada e, assim, por meio de um conjunto de funções utilizadas como “regra de decisão”, o pixel é caracterizado de acordo com a classe à qual apresenta maior associação (MARTINES *et al*, 2019).

É importante que, em classificações supervisionadas, existam valores consideráveis de amostras de cada classe. Em outros métodos de classificação supervisionada, como Multilayer Perceptron (MLP) e Support Vector Machine (SVM), também são selecionadas amostras das diferentes classes para que haja sucesso nos valores de precisão e, conseqüentemente, nos resultados (LU e WENG, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão apresentadas algumas características físicas da bacia hidrográfica do Piraquê-Açu, bem como a descrição das etapas metodológicas, da base de dados, dos equipamentos e dos procedimentos utilizados para alcançar os objetivos desta pesquisa.

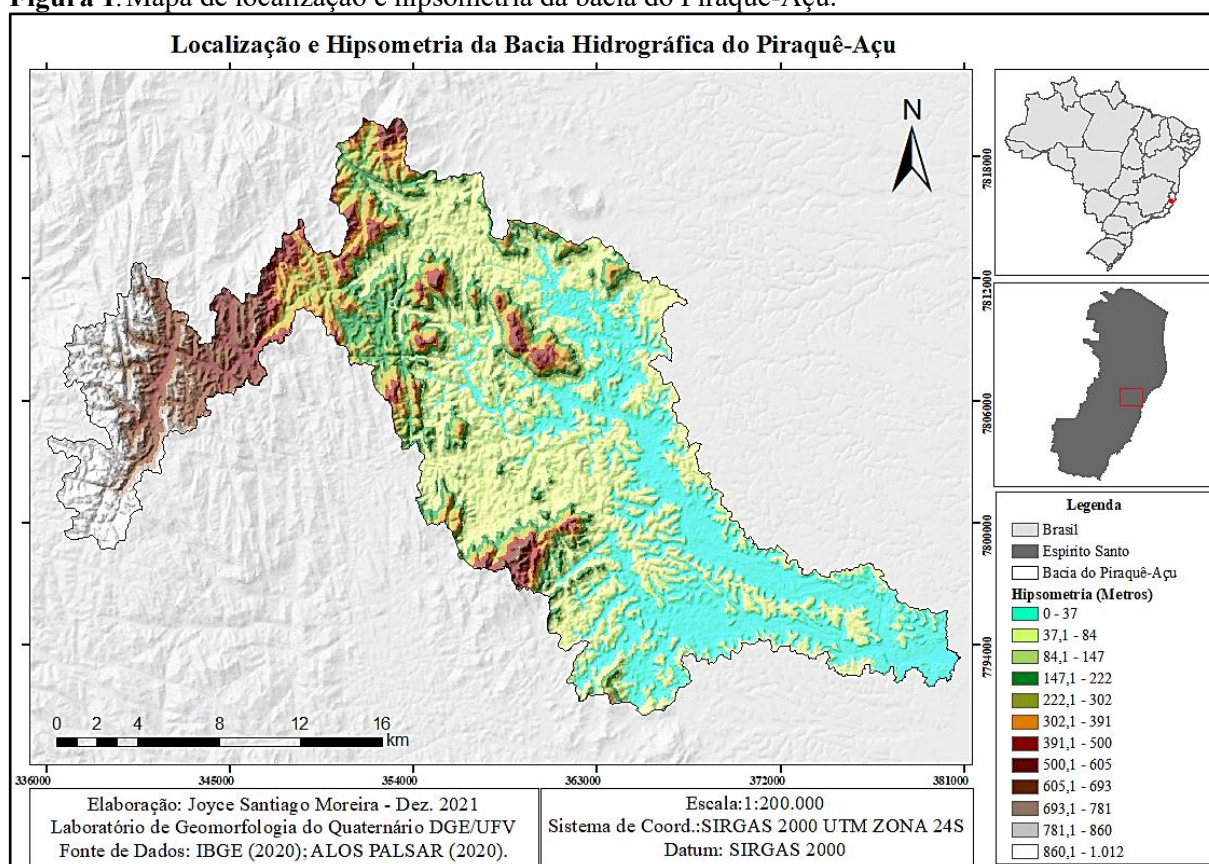
3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A bacia do Piraquê-Açu está situada na microrregião de Linhares, no Espírito Santo (Figura 1), abrange 452,22 km² e compreende os municípios de Santa Teresa, Ibirapu, João Neiva e Aracruz, além de uma pequena área do município de Fundão, a aproximadamente 83 km da capital Vitória (IBGE, 2021). A nascente do rio principal, o Piraquê-Açu, se localiza na Reserva Biológica Augusto Ruschi, na localidade de Nova Lombardia, em Santa Teresa, a 1000 m de altitude (BARROSO, 2004; PMA, 2020).

O rio Piraquê-Açu percorre 40,5 km e o rio Piraquê-Mirim é seu principal afluente. Os rios se encontram a 4,5 km da foz, formando o sistema estuarino, que, por sua vez, também está inserido na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, na localidade de Santa Cruz, distrito de Aracruz (BARROSO, 2004).

De acordo com Fischer (2019), a profundidade máxima encontrada nos rios é de 12 m, logo após a confluência, nas proximidades da ponte de Santa Cruz. Ainda de acordo com a autora, a característica das marés no local é de amplitudes máximas de 1,8 m e assimetria de vazante.

Figura 1: Mapa de localização e hipsometria da bacia do Piraquê-Açu.

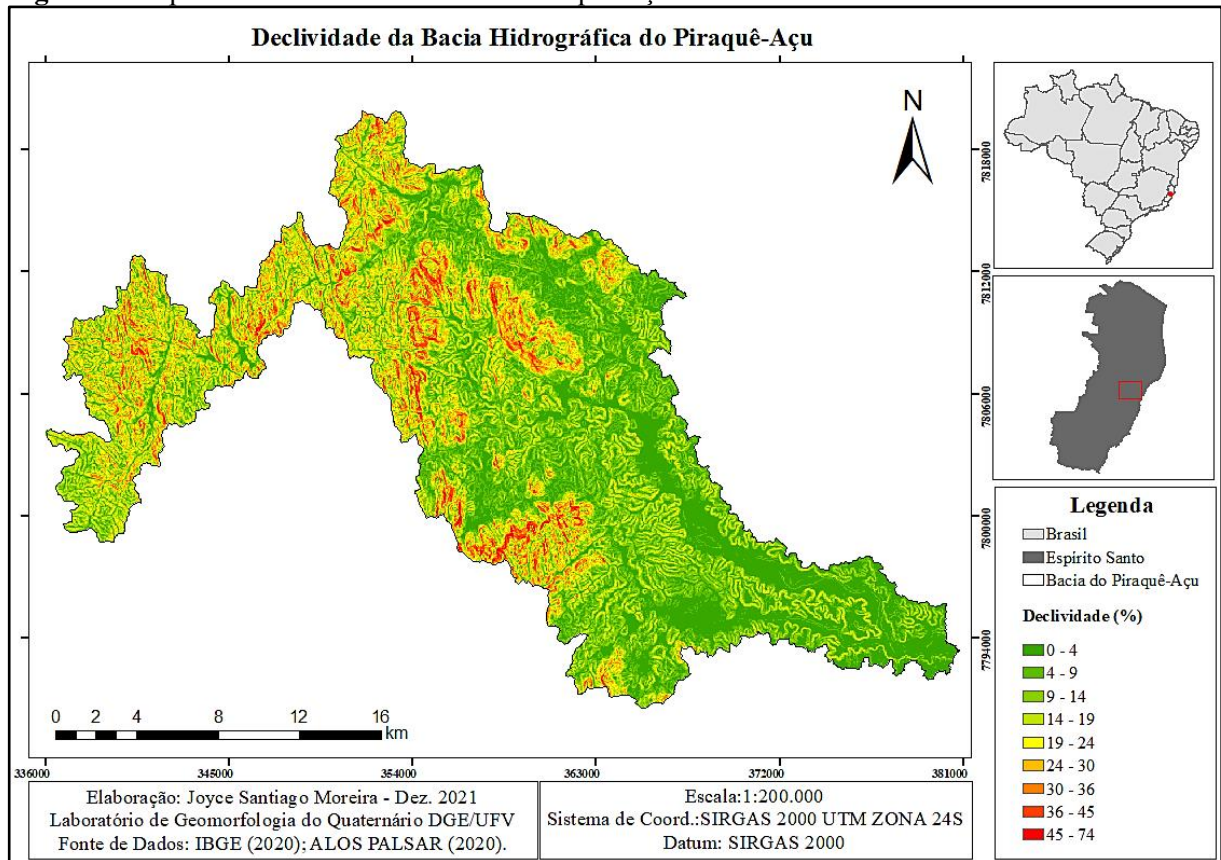


Fonte: Os Autores.

A Figura 1 representa também a altimetria de toda a bacia, ou seja, as áreas de maiores e menores altitudes, variando de 0 a 1012 m. Sendo a maior altitude na região da nascente do Piraquê-Açu, onde o relevo chega a 1012 m. Por outro lado, é na sua foz, no Oceano Atlântico, que se encontra a menor elevação, conforme pode ser observado na imagem. Dessa forma, nas partes mais altas, a bacia apresenta relevo ondulado, vertentes côncavas, convexas e vales moderados. As áreas de 37, 84 e 147 m de altitude são dominadas por agricultura, pecuária e plantio de eucalipto. Ainda é possível observar no mapa toda a área de planície de inundação dos rios.

O mapa de declividade (Figura 2) evidencia os níveis de declividade da bacia em porcentagem, definidos em 9 classes. De modo geral, a bacia apresenta de baixa a média declividade, sendo visível que grande parte da área varia de 0 a 24% de declividade. Pode-se observar maiores declividades na parte superior da bacia, consequência da estrutura geomorfológica encontrada.

Figura 2: Mapa de declividade da bacia do Piraquê-Açu.



Fonte: Os Autores.

3.1.1 Clima e Vegetação

O clima da região, de acordo com Caliman (1997), é tropical litorâneo, com inverno seco pouco acentuado. As chuvas ocorrem geralmente entre os meses de outubro e janeiro, com períodos de pouca chuva no verão, mais precisamente entre janeiro e fevereiro, sendo assim, o índice pluviométrico anual é cerca de 1250 mm. De acordo com registros, a área faz parte totalmente da Mata Atlântica, contendo vegetação de restinga, mangue e, nas regiões baixas, campos alagados.

Os diferentes aspectos que envolvem o clima, apesar de não serem a discussão principal da pesquisa, merecem atenção. Atualmente tem-se discutido bastante sobre a relevância da cobertura vegetal no clima e no ciclo hidrológico, questões importantes que estão diretamente relacionadas com a mudança climática, visto que, uma vez alterada a superfície vegetada, conseqüentemente haverá modificação na interação entre a biosfera e a atmosfera, resultando na alteração do padrão climático da região (SILVA *et al*, 2018).

Diante da presença dos manguezais, a área apresenta grande ocorrência de espécies típicas deste ecossistema. São plantas do tipo halófila, comumente chamadas de mangue, com

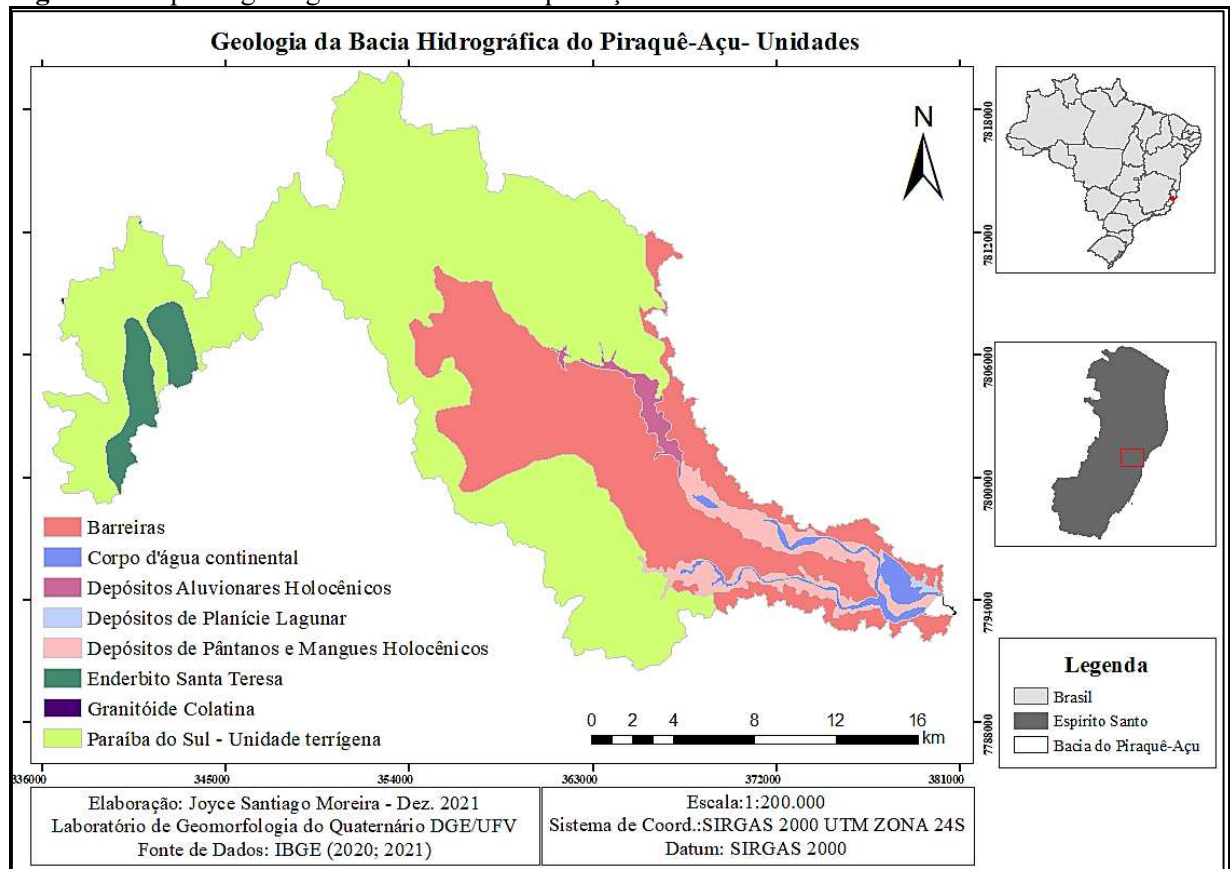
zonação horizontal. Nos locais mais encharcados e solos menos consistentes ocorre com mais frequência o mangue-vermelho, *Rhizophora mangle*, que apresenta raízes-escora. Há também a *Avicennia schaueriana*, também chamada de siriúba, que manifesta pneumatóforos, comuns em solos com baixo índice de oxigênio, cujas raízes aéreas facilitam a respiração (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

Outra vegetação típica é a *Laguncularia*, popularmente chamada de mangue-branco ou tinteira. Ela vive em áreas do manguezal que são pontos das maiores marés altas e das menores marés baixas, que ocorrem nas luas nova e cheia. A espécie mais conhecida como área de transição é o *Conocarpus sp.*, ou mangue-de-botão (CORREIA *et al*, 2005; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). De acordo com Monteiro (2015), a vegetação nativa da drenagem que abriga o manguezal está pouco preservada devido ao processo de ocupação, como por exemplo áreas de pasto e eucalipto.

3.1.2 Geologia e Geomorfologia

A geologia representada na Figura 3 mostra grande influência da Formação Barreiras e da Formação Paraíba do Sul, unidade terrígena. Nas áreas de mangue aparecem os Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos e, acima, os Depósitos Aluvionares Holocênicos.

Figura 3: Mapa da geologia da bacia do Piraquê-Açu.



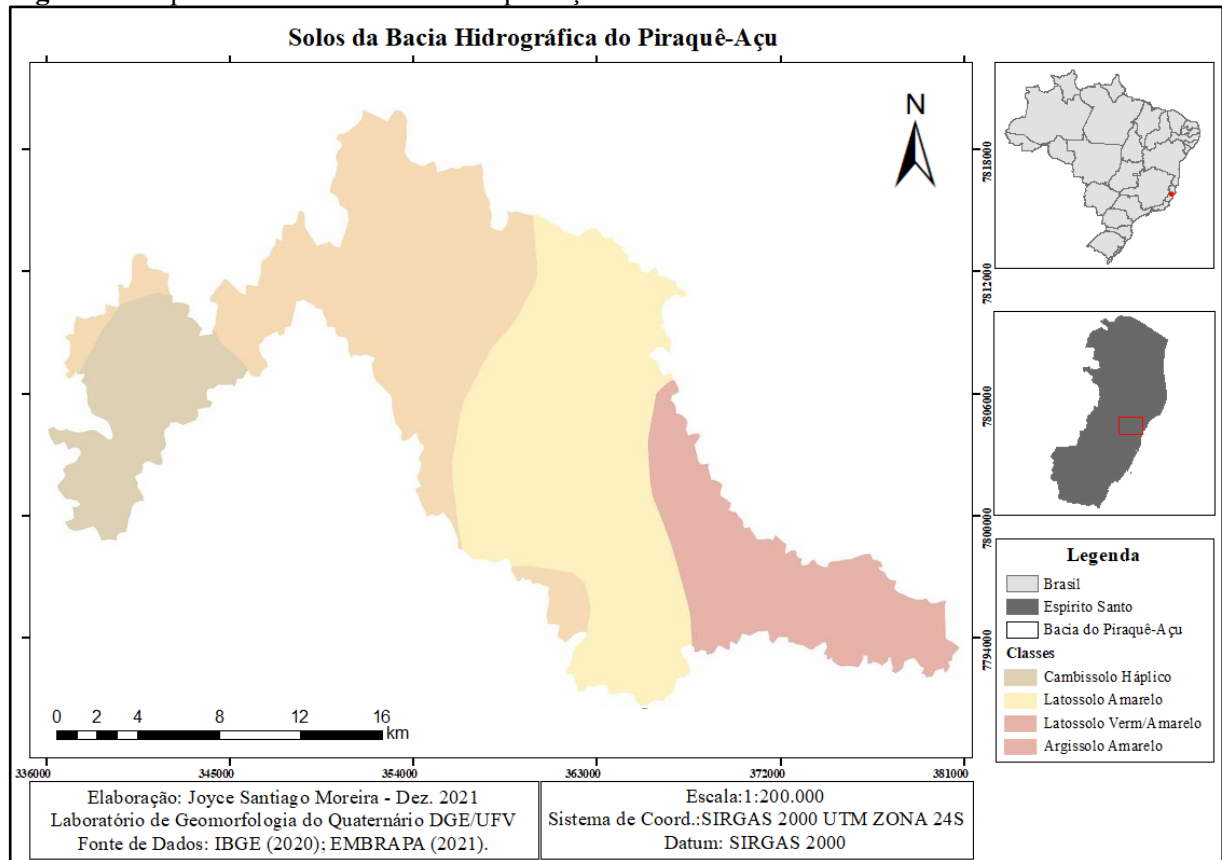
Fonte: Os Autores.

A geomorfologia é composta por três feições diferentes, tabuleiros terciários da Formação Barreiras, afloramentos e promontórios cristalinos pré-cambrianos e planícies fluviomarinhas quaternárias. Essas formações estão presentes na foz dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim e possuem relação com os depósitos de argila e silte que contêm bastante matéria orgânica. Além disso, há a ocorrência de depósitos quaternários pouco desenvolvidos, planícies costeiras estreitas, costa recortada e falésias ativas da Formação Barreiras, características próprias da região (MARTIN *et al*, 1996, 1997; ALBINO *et al*, 2006).

3.1.3 Solos

A bacia apresenta, ao longo de sua extensão, cinco principais classes de solo (Figura 4), sendo os Latossolos Amarelos predominantes, ocupando 38% da área, seguidos pelos Latossolos Vermelho-Amarelos com 33%, Argissolos Amarelos com 17% e Cambissolos Háplicos com 12% (SANTOS *et al*, 2018).

Figura 4: Mapa de solos na bacia do Piraquê-Açu.



Fonte: Os Autores.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Santos et al. (2018, p. 195) caracterizam os Latossolos como “solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte até 200 cm a partir da superfície do solo ou até 300 cm se o horizonte A apresentar mais de 150 cm de espessura”.

Ainda segundo Santos et al. (2018, p. 139), os Cambissolos “compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial”. Para essa classificação, o solo não pode atender aos critérios de Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos ou Organossolos. Para ser especificamente caracterizado como Cambissolo Háplico, o solo deve se diferenciar dos Cambissolos Hísticos, Húmicos e Flúvicos (SANTOS *et al*, 2018).

Por fim, conforme Santos et al. (2018, p. 115), os Argissolos “compreendem solos constituídos por material mineral, que se diferenciam pela presença de horizonte B textural de argila de baixa atividade, ou de alta atividade quando associada à baixa saturação por bases ou caráter alumínico”. A área ainda apresenta grandes bancos de couraças lateríticas e terraços de abrasão (NEVES, 2013).

3.1.4 Unidades de Conservação

A Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), com diversos objetivos para a preservação da natureza e de sua biodiversidade. O SNUC estabelece, de acordo com o Art. 2º, que uma Unidade de Conservação (UC) é um: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Assim sendo, a instituição das UCs no Brasil fortaleceu e auxiliou na preservação e proteção da natureza e do meio ambiente. As UCs são divididas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, o primeiro grupo com o objetivo de “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, e por isso as regras e normas são restritivas” e o segundo grupo “concilia a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais” (BRASIL, 2000).

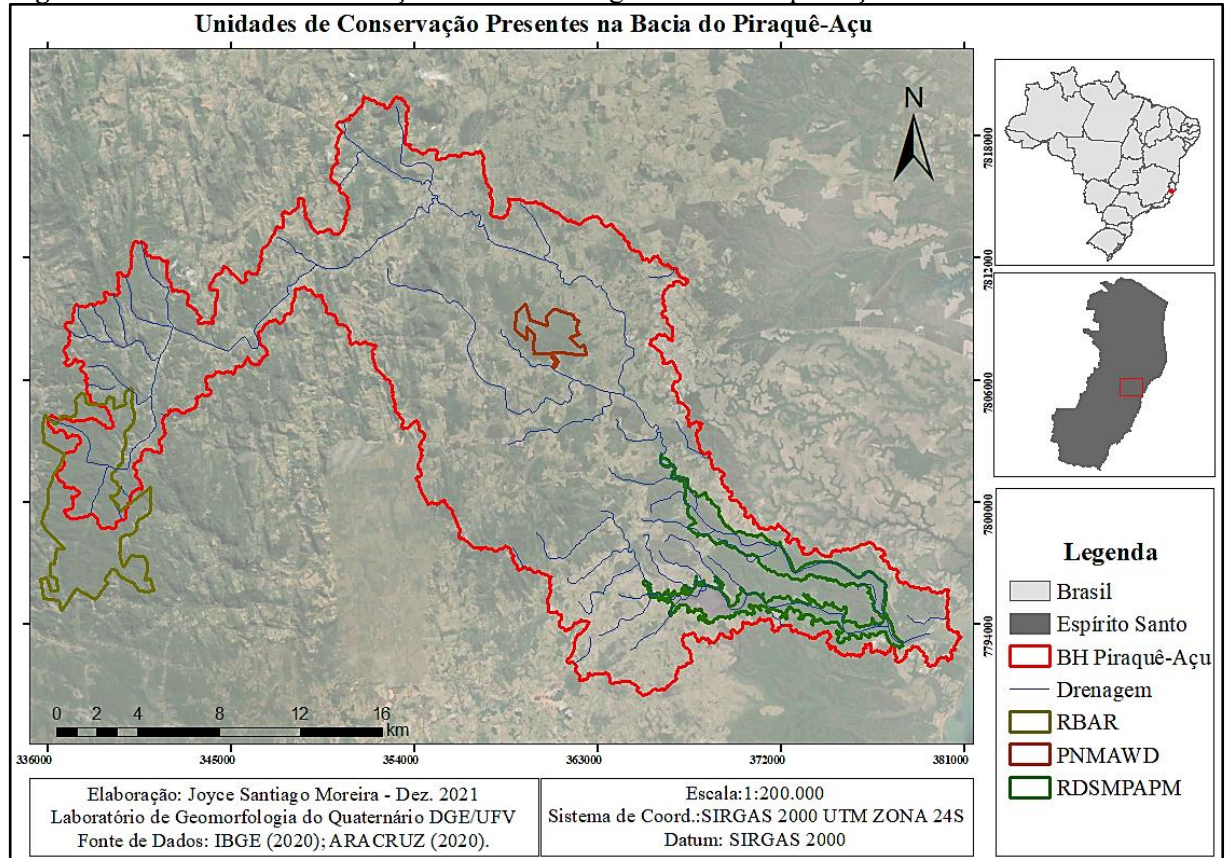
Na bacia do Piraquê-Açu estão inseridas categorias dos dois grupos, além de outras duas categorias que possuem relação indireta com a área da bacia, pois suas delimitações se encontram na foz do rio. Dentro do primeiro grupo de UCs encontram-se, na bacia do Piraquê-Açu, uma Reserva Biológica (REBIO), um Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) e um Parque Natural Municipal (instituído pelo Decreto Municipal nº 15.429, de 2 de junho de 2006). Do segundo grupo, encontra-se na bacia do Piraquê uma Área de Proteção Ambiental (APA) e uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), sendo esta última de controle municipal, seguindo, entretanto, todas as diretrizes do SNUC (PMA, 2020).

A Figura 5 representa as três UCs que estão dentro do perímetro da bacia. A primeira delas, a Reserva Biológica Augusto Ruschi (RBAR), se localiza no município de Santa Teresa, onde nasce o rio Piraquê-Açu. A RBAR foi criada com o nome de Reserva Florestal de Nova Lombardia, em 1948, por um decreto estadual. Posteriormente, a área foi doada à União e, com o auxílio do naturalista Augusto Ruschi, criou-se a Reserva Biológica de Nova Lombardia, em 1963 (ICMBIO, 2019; 2021).

Após o falecimento de Augusto Ruschi, em 1986, foi alterado o nome da Reserva em homenagem ao referido naturalista. A criação e implementação da RBAR foi consequência do desmatamento que ocorria na região pelo plantio de café; com isso, áreas de Mata Atlântica (ombrófila densa) estavam sendo devastadas (ICMBIO, 2019). A área total da RBAR é de

3.562,32 hectares, porém a parte que ela ocupa dentro dos limites da bacia é de 1.451,06 hectares apenas.

Figura 5: Unidades de Conservação na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu.



Fonte: Os Autores.

A RBAR é dividida em cinco zoneamentos; porém, dentro dos limites da bacia encontram-se apenas três: a zona de preservação, a zona de uso moderado e a zona de diferentes interesses públicos. A primeira consiste na zona de maior preservação possível, a segunda possui ambientes naturais ou parcialmente antropizados, permitindo algumas partes com médio e avançado grau de regeneração, e a terceira compreende áreas que contêm empreendimento do poder público nacional, com objetivos que vão na contramão da categoria da UC (ICMBIO, 2019).

Outra UC (Figura 5) presente na bacia do Piraquê-Açu é o atual Parque Natural Municipal do Aricanga Waldemar Devens (PNMAWD). Sua criação foi instituída pelo Decreto Municipal nº 3.059, de 29 de março de 1988, ainda como Reserva Florestal do Aricanga. Em 1997, por meio da Lei Municipal nº 1.994, de 12 de maio, foi revogado o decreto anterior e a UC foi recategorizada como Parque Municipal do Aricanga (PORTOCEL, 2009).

Em 2006, por meio de um novo Decreto Municipal (Decreto nº 15.429), a Prefeitura de Aracruz enquadrou o Parque de acordo com o SNUC, tornando-o Parque Natural Municipal

do Aricanga. Por fim, em 27 de setembro de 2012, de acordo com a Lei Municipal nº 3.620, mudou sua denominação para Parque Natural Municipal do Aricanga Waldemar Devens. O Parque está localizado no município de Aracruz, com uma área de aproximadamente 515 hectares (PORTOCEL, 2009; PMA, 2020).

O PNMAWD está inserido no grupo de proteção integral; seu principal objetivo é conservar e preservar seu ecossistema, manter o equilíbrio da biodiversidade, prezar a paisagem da região e resguardar a comunidade. Além disso, o Parque recebe pesquisadores, e o turismo e a recreação são controlados e permitidos (PORTOCEL, 2009; PMA, 2020).

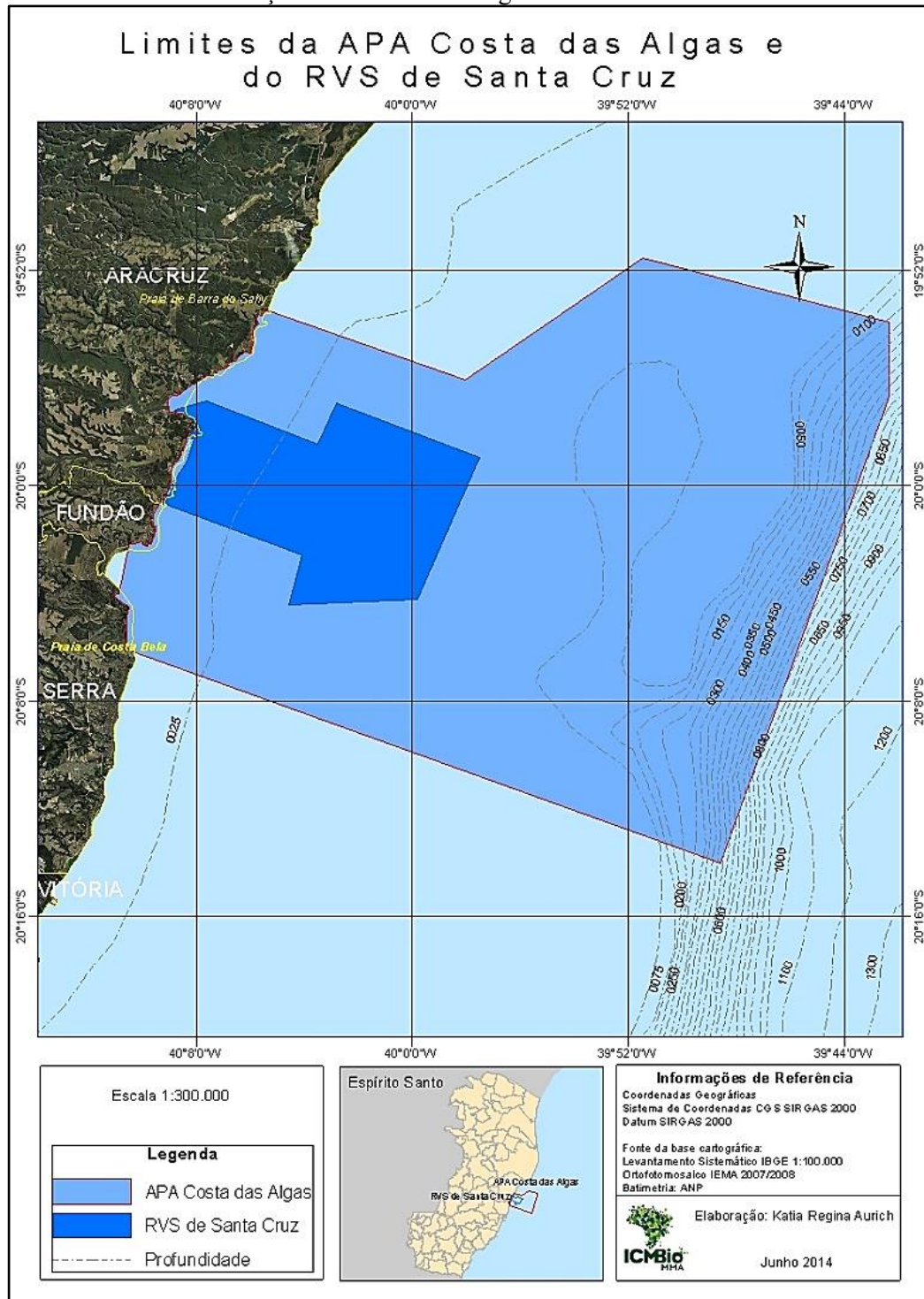
A terceira UC inserida na bacia (Figura 5) é a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim (RDSMPAPM), pertencente ao município de Aracruz. Para a proteção do maior manguezal do Espírito Santo (2.080 hectares), em 14 de julho de 1986, de acordo com a Lei Municipal nº 994, foi criada a Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim (ARACRUZ, 1986).

A Reserva Ecológica proibia, de acordo com o Art. 2º da referida Lei, a pesca predatória, caça, captura de avifauna e mamíferos, retirada da vegetação, degradação do meio ambiente físico e qualquer atividade que alterasse o ambiente do manguezal. Porém, em 7 de novembro de 2013, uma nova Lei Municipal (nº 3.739) revogou a categoria, e a área passou de Reserva Ecológica para Reserva de Desenvolvimento Sustentável (ARACRUZ, 1986; IEMA, 2010).

Com isso, o local passou a incentivar visitas recreativas e de pesquisa; é permitida a exploração do ecossistema desde que esta seja feita de forma sustentável, proíbe o uso de espécies locais que estejam em ameaça de extinção ou práticas que danifiquem o habitat das mesmas, e proíbe usos que prejudiquem a regeneração do ecossistema. Além disso, as populações que vivem nas adjacências da RDS ficam responsáveis pela preservação da mesma. De acordo com o plano de manejo, o principal objetivo da RDS é preservar o estado natural do manguezal (IEMA, 2010; ARACRUZ, 2013).

As outras duas UCs estão nos limites continente-oceano (Figura 6), administradas pelo ICMBio: a Área de Proteção Ambiental Costa das Algas – APA Costa das Algas, e a Reserva de Vida Silvestre de Santa Cruz – RVS Santa Cruz. Foram criadas pelo Decreto Federal nº 115, de 17 de junho de 2010, abrangendo as águas jurisdicionais dos municípios de Aracruz, Fundão e Serra, no norte do Espírito Santo (BRASIL, 2010; ICMBIO, 2022).

Figura 6: Unidade de Conservação APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz.



Fonte: ICMBIO, 2022.

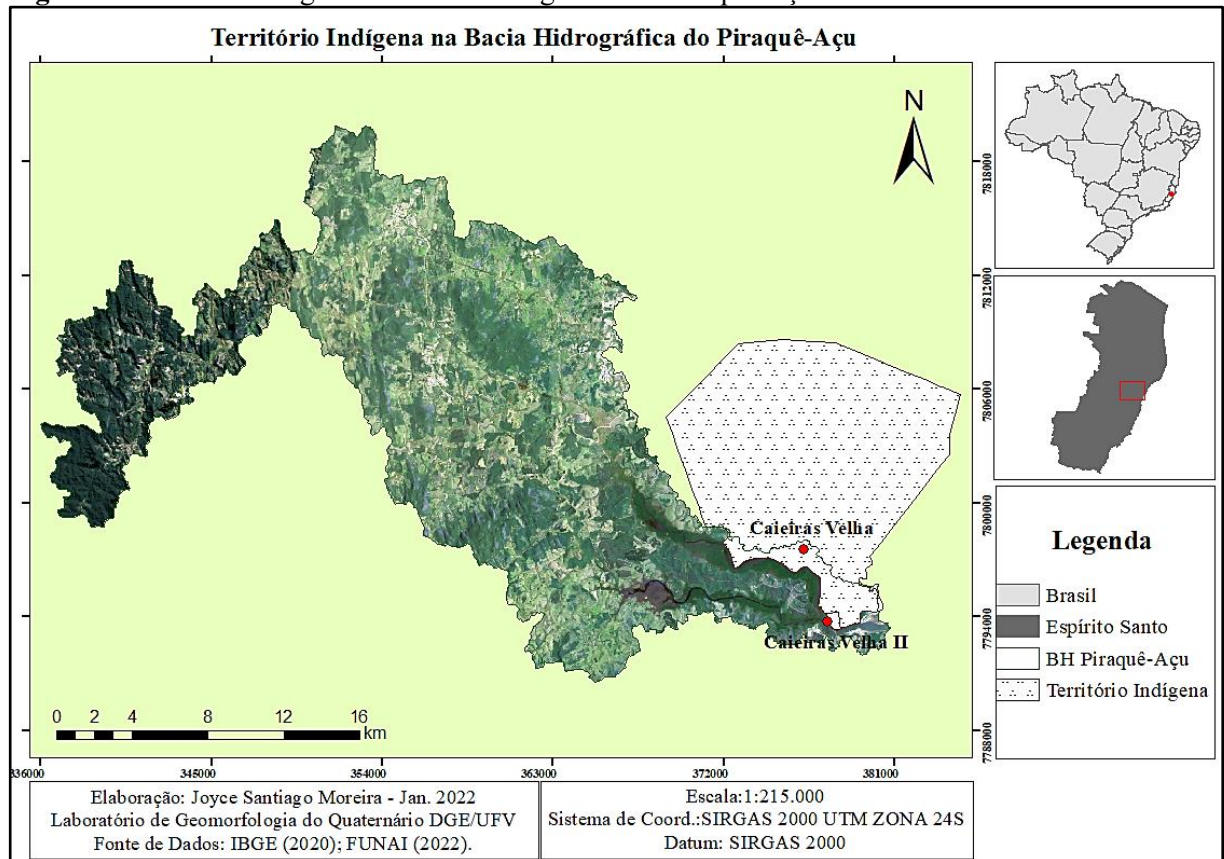
A APA Costa das Algas compreende uma área de 114.931 hectares, enquanto a RVS de Santa Cruz ocupa 17.741 hectares. A criação das duas UCs teve como objetivos a preservação dos ambientes naturais da região, uma vez que a área apresenta grande biodiversidade e extensas formações de algas marinhas. De acordo com seu decreto, o

Ministério do Meio Ambiente considerou a região como área prioritária para a conservação da biodiversidade (ICMBIO, 2022).

3.1.5 Território Indígena e Comunidades Tradicionais

A bacia do Piraquê-Açu, mais especificamente o município de Aracruz, é o único local no Espírito Santo que abriga uma população de índios nativos, os Tupiniquins. Além destes, o município de Aracruz abriga também aldeias da etnia Guarani, originários do Sul do Brasil (Figura 7). Atualmente, no município existem 12 aldeias, sendo seis Tupiniquins, cinco Guarani e uma Tupi-Guarani. Muitos Tupiniquins já perderam algumas características devido ao contato com os brancos (OLIVEIRA, 2009; FUNAI, 2022).

Figura 7: Território Indígena na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu.



Fonte: Os Autores.

Nas margens do rio Piraquê-Açu está localizada a aldeia com o mesmo nome do rio (Peixe-Grande ou Tekoá-Mirim), que pertence ao território da Caieiras Velha II, da etnia Guarani. Nesse território, existe apenas esta aldeia. Apenas uma pequena área da aldeia, designada como área para visitação/turismo, encontra-se dentro dos limites da bacia (Figura 8) (FUNAI, 2022).

Figura 8: Aldeia Tekoá-Mirim às margens do Rio Piraquê-Açu.



Fonte: Os Autores.

Já o território das Caieiras Velhas é o mais populoso e contém quatro aldeias, sendo elas: Caieiras Velhas e Irajá, da etnia Tupiniquim, e Boa Esperança e Palmeiras, da etnia Guarani. O território que essas aldeias abrangem corresponde à parte mais significativa da bacia. Às margens da rodovia ES-456, pode-se observar uma área de considerável urbanização e perda dos costumes tradicionais (Figura 9) (OLIVEIRA, 2009).

Figura 9: Aldeia Tupiniquim Caldeia Velhas - Urbanizada.



Fonte: Os Autores.

Diante do exposto, fica claro que os recursos naturais oferecidos pelos ecossistemas são, muitas vezes, fundamentais para a sobrevivência da população local, tanto para os indígenas quanto para as comunidades tradicionais, como pescadores artesanais, marisqueiros e catadores de caranguejo que vivem na região (IEMA, 2010).

De acordo com o Plano de Manejo, Art. 2º, inciso 2º, da RDSMPAPM, essas comunidades tradicionais são identificadas como: “Grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição” (ARACRUZ, 2013, p. 1).

Além desses grupos, de atuação constante na área da bacia, existem também pequenos agricultores e pecuaristas, que possuem menores quantidades de terra, utilizadas para manter o gado e plantações de capim, assim como algumas áreas de café, banana e cana.

3.2 Equipamentos e Ferramentas

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados equipamentos como GPS Garmin 60 CSX, computadores e materiais de campo do Laboratório de Geomorfologia do Quaternário, vinculado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (DGE/UFV), Campus Viçosa. Tais equipamentos forneceram bases para a organização e o processamento dos dados, disponibilizando *hardwares* e *softwares*, como o *ArcGIS® 10.5*, com alta capacidade de processamento e produção de mapas temáticos, além de ferramentas capazes de obter a geolocalização e imagens aéreas com precisão.

3.3 Base de Dados

O banco de dados e a disponibilidade de imagens de satélite são bastante vastos; por isso, é pertinente que se faça a escolha das imagens que melhor se adequem aos objetivos propostos. Alguns dos sítios de pesquisa utilizados para o levantamento destas informações foram: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), site da Prefeitura Municipal de Aracruz (PMA), *Alaska Satellite Facility (ASF)*, *Earth Explorer - United States Geological Survey (USGS)* e o *Copernicus*, da *European Space Agency (ESA)*.

Além desses, foram consultados o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), *Mapbiomas* e *Google Earth*, *software* que apresenta um modelo tridimensional do globo terrestre constituído por um conjunto de imagens de satélite. Por fim, a constelação de satélites *Landsat*, programa da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, possui uma série histórica formidável para a execução dos objetivos desta pesquisa.

3.4 Procedimentos Metodológicos

Primeiramente, efetuou-se um extenso levantamento bibliográfico, de forma a embasar e referenciar a correta execução da temática proposta por esta pesquisa. Dessa forma, buscou-se referências de estudos sobre a bacia hidrográfica do Piraquê-Açu e sobre a categoria

de análise geográfica abordada: o território. Concomitante ao levantamento bibliográfico, decorreu a busca de dados de imagens de satélite, para assim iniciar os procedimentos de tratamento das mesmas.

A primeira etapa de processamento das imagens constituiu-se no estabelecimento dos limites da bacia. Para isso, foi necessário obter um Modelo Digital de Elevação (*MDE*). O mesmo foi adquirido gratuitamente, em alta resolução espacial (12,5 m), no *Alaska Satellite Facility (ASF)*, onde ficam disponibilizados os *MDEs* do sensor *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR)*, do satélite *Advanced Land Observing Satellite (ALOS)*. A partir disso, a delimitação seguiu os parâmetros propostos por Faria et al. (2016), utilizando o *software* de ambientes de *Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS® 10.5*.

Seguindo o que se propõe no material de Faria et al. (2016), procedeu-se à conversão do sistema de coordenadas de *World Geodetic System (WGS 84)* para o *Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) - Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 24 Sul*. Concluindo esta etapa, verificou-se o resultado obtido, corrigindo possíveis erros sistemáticos, eliminando pixels com valores negativos e calculando os valores médios das células próximas a esses pixels, fazendo uso da ferramenta *Raster Calculator*.

Posteriormente, gerou-se o *Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEhc)*. Com o resultado obtido, procedeu-se à eliminação dos valores errôneos, que resultaram na direção correta das drenagens, utilizando-se da ferramenta *Fill*. Em sequência, aplicou-se o *Flow Direction* – este comando mostra a direção de cada célula em relação à altitude da bacia. Por fim, para destacar as bacias inseridas no *MDEhc*, utilizou-se o comando *Basin*. A bacia do Piraquê-Açu foi então selecionada e convertida de imagem *raster* para imagem *vetorial*, utilizando o comando *Raster to Polygon*, e exportada como arquivo *shapefile*.

Com esse material resultante em mãos e pesquisas aprofundadas em trabalhos similares executados na área, empreendeu-se uma identificação prévia da área da bacia por meio do *Google Earth* e do *MapBiomás*, buscando estabelecer quais classes seriam utilizadas para a análise de uso e ocupação da terra e quais seriam as possíveis demandas para o ordenamento territorial.

Na sequência, realizou-se um trabalho de campo entre os dias 06/12/2020 e 10/12/2020, no qual foram registrados cerca de 100 pontos com um *Global Positioning System (GPS)* Garmin 60 CSX, dezenas de registros fotográficos da área de pesquisa, bem como mapas impressos e croquis. Este trabalho foi fundamental para compreender a bacia e facilitar a identificação dos elementos nela contidos.

Para gerar as imagens contendo informações para a classificação de uso e ocupação da terra, foram escolhidos os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020, totalizando oito imagens. Dessa forma, trabalhou-se com um espaço temporal de 35 anos e um intervalo de cinco anos entre as imagens. Com exceção do ano de 2015, cuja imagem refere-se ao mês de março devido à qualidade apresentada no mês de abril daquele ano, as demais imagens selecionadas referem-se ao mês de abril dos anos indicados.

Todas as imagens são provenientes do satélite *Landsat*, operado pela *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Para os anos de 1985 a 2010, foram utilizadas imagens do *Landsat-5*, que utiliza o sensor *Thematic Mapper (TM)*, com resolução espacial de 30 m.

No que concerne aos anos de 2015 e 2020, as imagens são oriundas do *Landsat-8*, que utiliza o sensor *Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor (OLI-TIRS)*, com 30 e 100 m de resolução espacial. Para a seleção das imagens, foi utilizada a ferramenta *Earth Explorer*, um site de buscas do *United States Geological Survey (USGS)*.

Todas as imagens selecionadas pertencem à *Collection 2 Level-2 Science Products*. Essa coleção, de acordo com a própria *USGS* (2021), “atende à restrição de Ângulo do Zênite Solar de < 76 graus e inclui as entradas de dados auxiliares necessárias para gerar um produto cientificamente viável”. A referida coleção proporciona imagens com correções atmosféricas, geométricas e radiométricas.

De modo consequente, começaram os processamentos das imagens para classificação. Os procedimentos foram realizados no *software ArcGIS® 10.5* e sucederam-se da seguinte forma: primeiramente, foram selecionadas as bandas de interesse. Nas imagens do *Landsat-5*, foram feitas a composição de bandas espectrais *Red (R)*, *Green (G)* e *Blue (B)* de cor verdadeira, utilizando as bandas 3, 2 e 1, bem como a falsa cor do *Infravermelho Próximo (IFp)*, utilizando as bandas 4, 3 e 2.

O mesmo procedimento foi efetuado com a imagem do *Landsat-8*. Porém, sua composição de bandas de cor verdadeira é composta pelas bandas 4, 3 e 2, e a falsa cor *IFp* é composta pelas bandas 5, 4 e 3. O *IFp* oferece à composição final das bandas uma melhor diferenciação dos componentes da imagem, facilitando assim a classificação das mesmas.

Para as composições de bandas, a ferramenta utilizada foi *Composite Bands*. Ressalta-se que a integração dessas bandas facilitou a distinção entre os tipos de uso e ocupação da terra. A segunda etapa, empregando o *software*, foi o recorte utilizando a ferramenta *Extract by Mask*, com o vetor da área da pesquisa.

Baseando-se no *Manual Técnico de Uso da Terra* (IBGE, 2013) e no *MapBiomias*, foram determinadas sete classes para amostragem, sendo elas: vegetação arbórea, vegetação rasteira/agropecuária, mangue, eucalipto, água, solo exposto e mancha urbana (Tabela 1).

Tabela 1: As classes e suas descrições.

Classe	Descrição
Vegetação Arbórea	Ambiente florestado, vegetação referente ao bioma Mata Atlântica, em sua maioria ombrófila densa.
Vegetação Rasteira/Agropecuária	Áreas de vegetação baixa, pequenas plantações e pastagem.
Mangue	Ambiente de manguezal, cobertura vegetal de mangue.
Eucalipto	Plantações de eucalipto.
Água	Locais alagados.
Solo Exposto	Ambientes sem cobertura vegetal.
Mancha Urbana	Áreas urbanas e/ou com maior volume de casas.

Fonte: Os Autores.

A partir da escolha das classes, iniciou-se a classificação das imagens. Após alguns testes e falhas com outros métodos e algoritmos, como, por exemplo, o *Random Forest* executado pelo *software QGIS*, o que mais representou os elementos da bacia foi o método *Classification Likelihood Maximum (MLC)*, da ferramenta *Classification*, no componente *ArcMap™*, que pertence ao *ArcGIS® 10.5*.

Uma etapa indispensável no processo de classificação das imagens de satélite, voltado ao uso e ocupação da terra, foi a devida validação das mesmas, de forma a proporcionar maior confiabilidade e qualidade ao produto gerado.

Para aferir os mapas produzidos, foi realizado um segundo trabalho de campo entre os dias 13 e 17 de dezembro de 2021, no qual a área da bacia foi percorrida e comparada com os mapas. O segundo processo de validação foi efetuado através de índices e/ou parâmetros que podem reforçar a qualidade do produto gerado.

Portanto, para cada ano, utilizaram-se amostras representativas e independentes, com o apoio do *Google Earth* e do *MapBiomias*, de cada classe de uso e ocupação da terra aplicadas no treinamento, seguindo os parâmetros de Pontius e Millones (2011), que apresentam o método de desacordo de alocação e desacordo de quantidade para validação dos dados.

Por fim, para propor o ordenamento territorial da bacia do Piraquê-Açu, foi efetuado um cruzamento de dados. Para isso, utilizaram-se todos os resultados dos mapas de uso e ocupação, sobretudo o de 2020, que é o mais atual, além de mapas de hipsometria, declividade, solos e geologia.

Concomitantemente, foram consultados trabalhos científicos, Planos Diretores dos municípios incluídos no perímetro da bacia, os Planos de Manejo das referidas UCs e o Plano de Diagnóstico da Bacia. As informações adicionais, constantes nos sites dos municípios, bem como dados do IBGE e as práticas dos dois trabalhos de campo, voltados para observação da dinâmica dos atores presentes no território e suas formas de atuação, foram de suma importância para a consecução deste trabalho.

Assim sendo, foram selecionados alguns aspectos a serem enfatizados no ordenamento territorial proposto, como a presença dos povos indígenas, UCs, a infraestrutura de cada município, as características físicas da bacia e os usos do rio.

Com o cruzamento de dados realizado, definiu-se: as áreas prioritárias para conservação ou mudança de suas categorias; as áreas de uso (principalmente moradia e plantações) e sua susceptibilidade a alagamentos; unidades de planejamento ambiental conforme as áreas costeiras; e definição das orientações sugeridas devido ao uso antrópico.

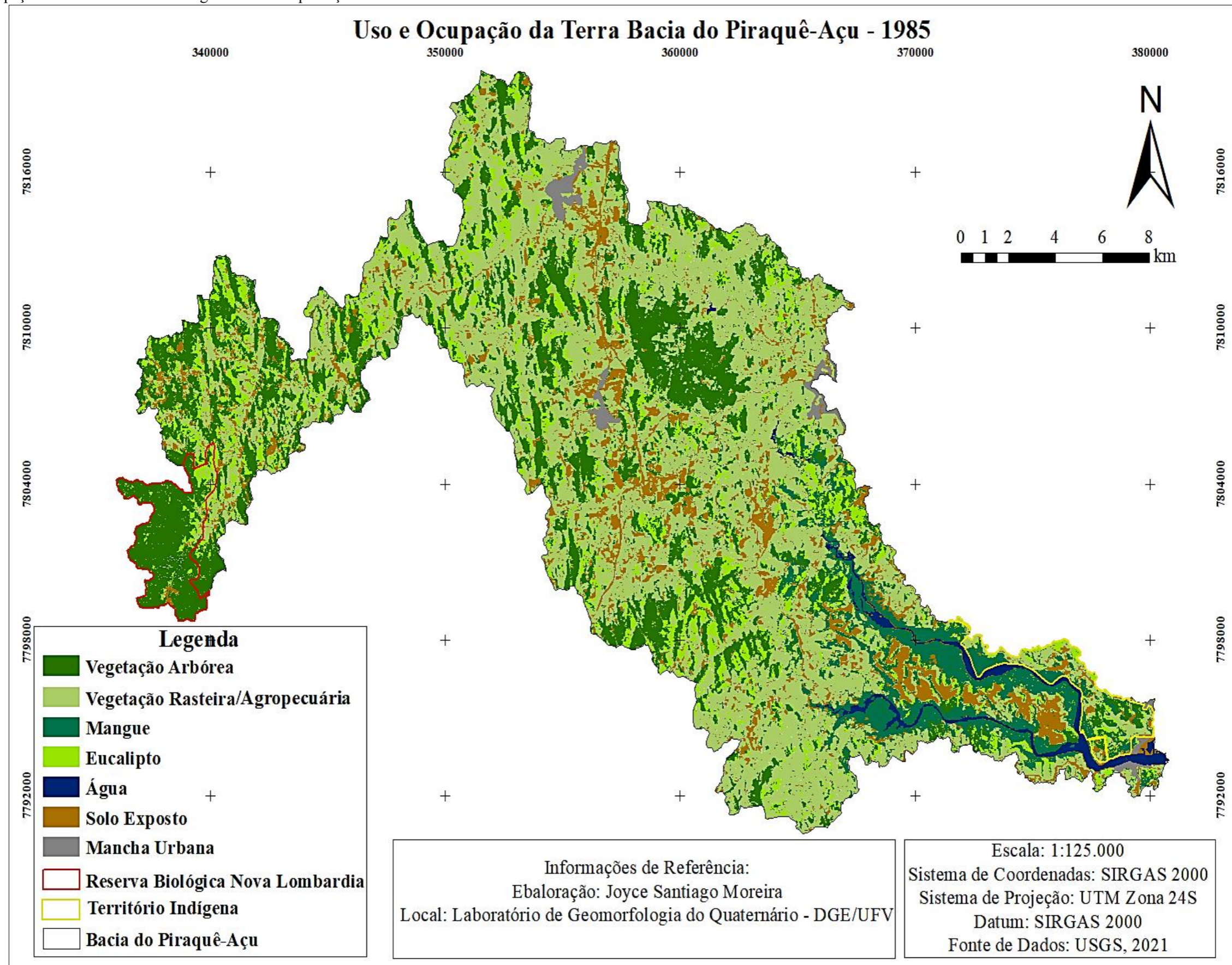
4 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados e comparados por meio dos mapas de classificação de cada ano, juntamente com os dados quantitativos apresentados nas tabelas. Dessa forma, a partir das análises de cada ano, os resultados serão discutidos no item 5 – Discussões.

4.1 Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu

A área total da bacia do Piraquê-Açu é de 452,22 km². Pela imagem do ano de 1985 (Figura 10), é possível observar que há um predomínio da vegetação rasteira/agropecuária, sendo bastante visível sua presença no mapa. Sequencialmente, a segunda classe mais presente no ano em questão é a vegetação arbórea, em especial no entorno da nascente do rio Piraquê-Açu, onde também estava localizada a chamada, na época, Reserva Biológica de Nova Lombardia.

Figura 10: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 1985.



Além disso, a vegetação arbórea concentra-se no centro da bacia em direção ao sul. Nas áreas próximas ao mangue e na região oeste da bacia, o espaço encontra-se dividido com algumas plantações de eucalipto. Esta cultura também apresenta presença significativa no mapa de 1985, disseminada em vários pontos da bacia, ocorrendo, muitas vezes, nos limites laterais e inferiores das vertentes que compõem o relevo da região.

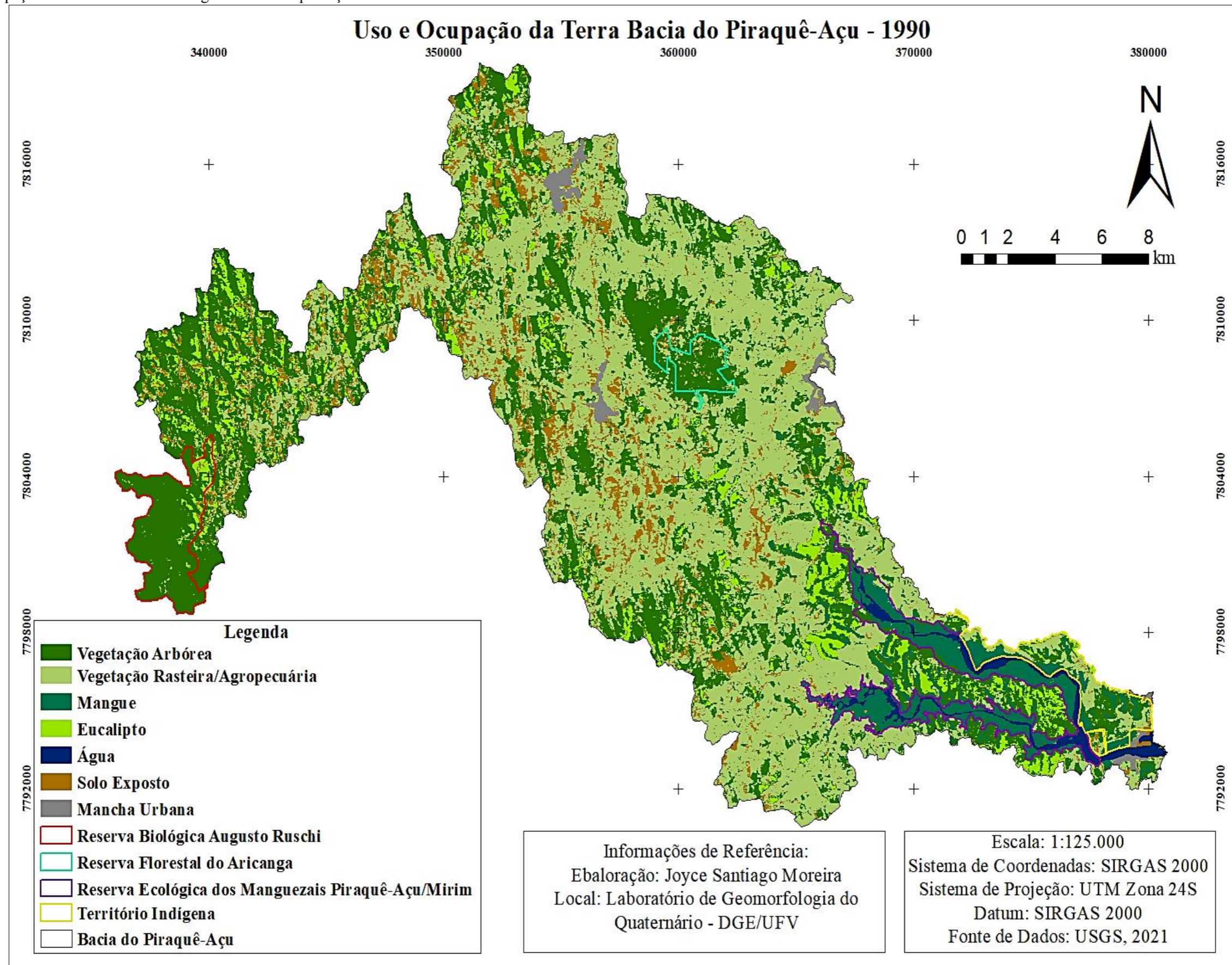
O mapa evidencia, principalmente, entre os dois rios (Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim) e os manguezais, uma vasta área de solo exposto, correspondente a uma área de plantio de eucalipto que, com o corte da cultura, apresenta-se como solo exposto. A relação entre plantações e solo exposto é direta, pois, quando é retirada a cobertura vegetal, o solo fica exposto. Além disso, ao longo da bacia, é possível observar outros locais com solo exposto, como estradas, áreas de pecuária e moradias isoladas.

As áreas de mangue para o ano de 1985 estão evidenciadas e aparentam estar bem conservadas pelo volume apresentado. Em seu entorno, é possível observar a dimensão dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, que se destacam por suas larguras. A mancha urbana em 1985, de acordo com os dados das Tabelas 2 e 3, ocupa uma área de 4,11 km² do total da bacia, correspondendo a 0,91%, ou seja, menos de 1%.

As Tabelas 2 e 3 corroboram que o mapa de uso e ocupação evidencia que a vegetação rasteira/agropecuária ocupa uma área de 199,53 km², totalizando 44,12% da área da bacia. Na sequência, encontra-se a vegetação arbórea com 108,22 km² (23,93%); eucalipto com 54,12 km² (11,97%); solo exposto com 46,4 km² (10,26%); mangue com 33,34 km² (7,37%); e água correspondendo a 6,5 km² (1,44%) da área total da bacia.

Cinco anos depois, em 1990 (Figura 11), o mapa exhibe algumas diferenças, como o aumento da vegetação arbórea em vários locais ao longo da bacia. Isso pode estar relacionado a uma leve diminuição das áreas de vegetação rasteira/agropecuária. Algumas áreas que, em 1985, apresentavam-se como solo exposto, em 1990 já apresentavam plantações de eucalipto, justificando a menor incidência de solo exposto.

Figura 11: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 1990.



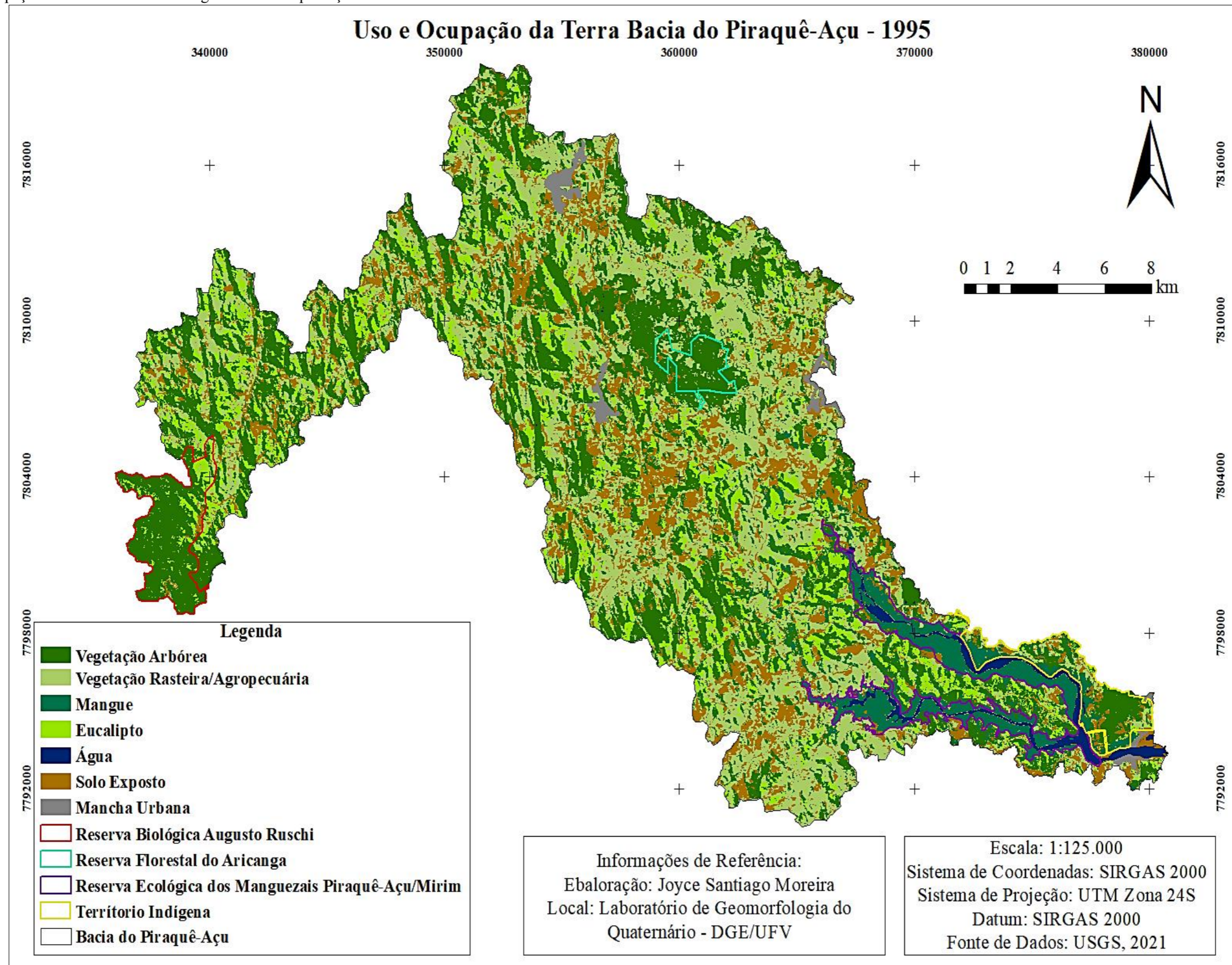
Fonte: Os Autores.

As plantações de eucalipto estão distribuídas por diversos pontos do perímetro da bacia, mas sua maior concentração encontra-se próxima ao manguezal, na foz do rio. Os manguezais, por sua vez, apresentam uma leve diminuição em área. Entretanto, agora estão protegidos pela Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-Açu/Mirim. Além dessa reserva, a região também é contemplada com outra unidade de conservação, a Reserva Ecológica do Aricanga, totalizando, assim, três áreas ambientalmente protegidas na bacia. Além disso, a Reserva Biológica de Nova Lombardia, em 1986, passou a se chamar Reserva Biológica Augusto Ruschi.

As áreas urbanas e redes hidrográficas, de acordo com o mapa de 1990, não apresentam grandes alterações, e os dados das Tabelas 2 e 3 corroboram essa constatação. A mancha urbana apresenta os mesmos valores de 1985, e a água ocupa uma área de 6,29 km², correspondendo a 1,39% da área total da bacia. Além dessas classes, as demais apresentam os seguintes valores: vegetação arbórea 151,04 km² (33,40%); vegetação rasteira/agropecuária 191,88 km² (42,43%); eucalipto 35,84 km² (7,93%); mangue 23,73 km² (5,25%); solo exposto 39,31 km² (8,69%).

Para o ano de 1995 (Figura 12), a vegetação arbórea encontra-se levemente mais desenvolvida. Em relação à vegetação rasteira/agropecuária, houve uma diminuição considerável, dando lugar a áreas de cultivo de eucalipto e solo exposto, que aumentaram significativamente. As plantações de eucalipto se expandiram em comparação aos anos de 1985 e 1990. O solo exposto, por sua vez, passa a representar uma área ainda maior na bacia. Finalmente, há um ligeiro aumento das áreas de mangue, bem como da mancha urbana.

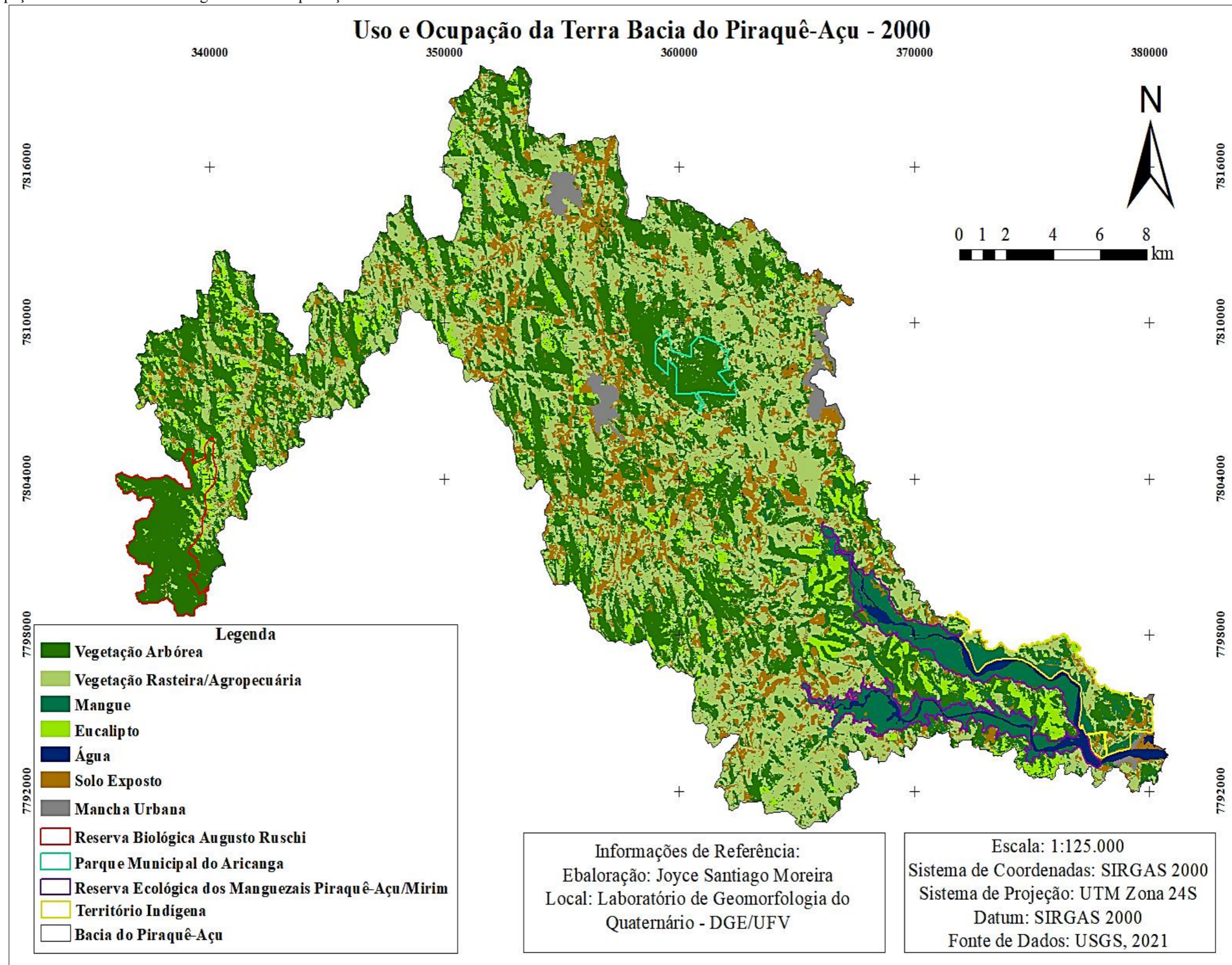
Figura 12: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 1995.



De acordo com os dados expostos nas Tabelas 2 e 3, os valores em km² e % ficam representados da seguinte maneira: vegetação arbórea 153,37 km² (33,91%); vegetação rasteira/agropecuária 134,84 km² (29,82%); mangue 28,7 km² (6,35%); eucalipto 55,46 km² (12,26%); água 5,97 km² (1,32%); solo exposto 38,74 km² (15,20%); mancha urbana 5,14 km² (1,14%) da área total da bacia.

Para o mapa do ano de 2000 (Figura 13), constatou-se que, em quinze anos, houve um aumento gradativo da ocupação de vegetação arbórea, sendo evidente uma maior incidência desta vegetação em toda a área da bacia. É perceptível também um aumento de áreas de vegetação rasteira/agropecuária em locais que, em 1995, eram classificados como solo exposto. Dessa forma, entende-se a mudança da dinâmica do uso dessas duas classes.

Figura 13: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2000.



Fonte: Os Autores.

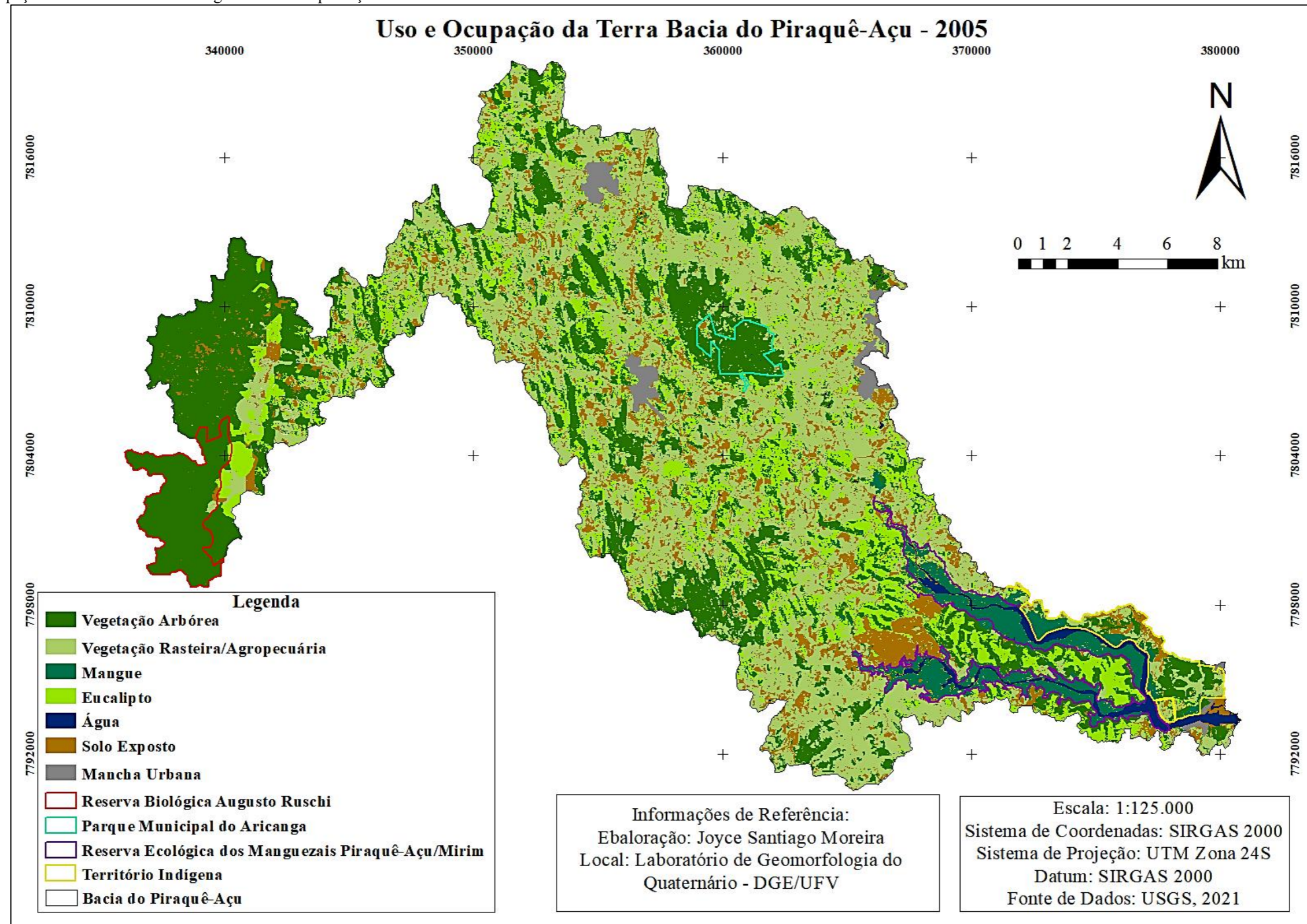
Há, ainda, uma diminuição nas plantações de eucalipto, o que é esperado neste tipo de cultivo, dado que a finalidade, nesta região, é a produção de papel e celulose. As áreas de mangue se mantiveram sem grandes alterações, assim como a água superficial da bacia.

Salvo pela ocorrência de algum evento extremo, mangues e água são classes que, até o ano de 2000, não sofreram grandes alterações. Além disso, a proteção dessas áreas pode diminuir o impacto antrópico. Este mapa assinala, ainda, a mudança na categoria da antiga Reserva Florestal do Aricanga para o Parque Municipal do Aricanga.

A mancha urbana não teve um crescimento tão acentuado neste ano, como evidenciado pelos dados. As Tabelas 2 e 3 apontam que a mancha urbana aumentou para 6,01 km², ocupando 1,33% da área total da bacia. Os números apontam, ainda, que as classes consideradas obtiveram os seguintes resultados: vegetação arbórea 173,69 km² (38,41%); vegetação rasteira/agropecuária 154,51 km² (34,17%); mangue 24,4 km² (5,40%); eucalipto 34,3 km² (7,58%); solo exposto 53,27 km² (11,78%); e, por fim, água 6,04 km² (1,34%) da área total da bacia.

Para o ano de 2005, as áreas que mais prevaleceram foram, uma vez mais, vegetação rasteira/agropecuária. O mapa demonstra (Figura 14) uma menor incidência de vegetação arbórea, sobretudo na região oeste da bacia, onde se encontravam pontos com ocorrência significativa desse tipo de vegetação mais densa.

Figura 14: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2005.



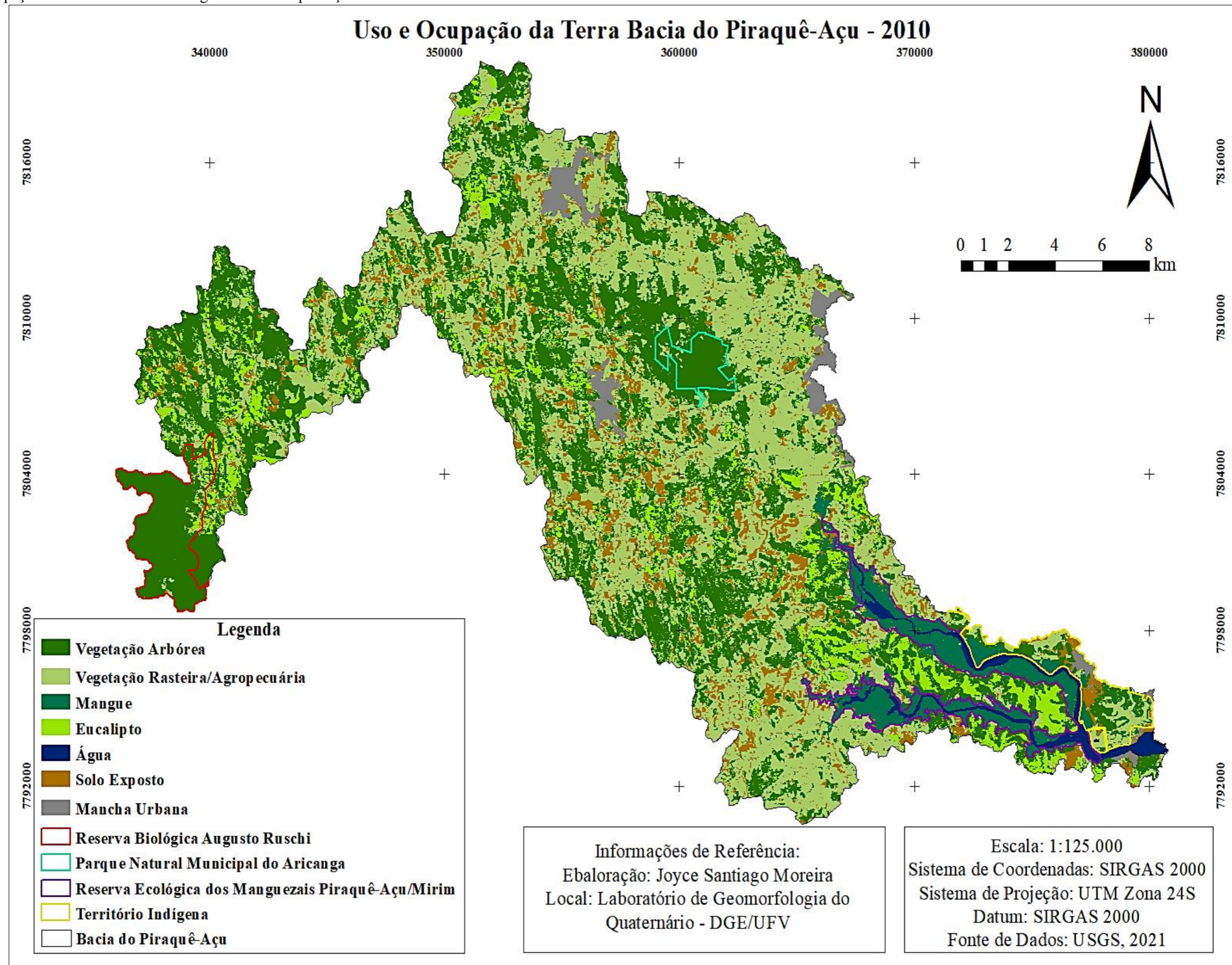
Fonte: Os Autores.

É perceptível, também, um crescimento considerável de plantações de eucalipto em vários locais da bacia. O solo exposto diminui, embora pouco, se comparado ao ano de 2000, como pode ser observado no mapa. A mancha urbana continua seu processo gradativo de crescimento à medida que os anos passam. Água e mangue, por sua vez, mantiveram-se com poucas variações.

De acordo com as Tabelas 2 e 3, a vegetação rasteira/agropecuária ocupa a maior área da bacia, com 166,04 km² (36,72%), seguida da vegetação arbórea, com 126,06 km² (27,88%). Posteriormente, eucalipto com 74,37 km² (16,45%); solo exposto com 46,1 km² (10,19%); mangue com 26,82 km² (5,93%); mancha urbana com 6,5 km² (1,44%); e, por fim, água com 6,33 km² (1,40%) de ocupação na bacia do Piraquê-Açu.

Para o ano de 2010, pelo mapa (Figura 15), pode-se perceber que a maior parte da área da bacia é ocupada pela vegetação arbórea e pela vegetação rasteira/agropecuária. É possível, ainda, notar o crescimento das áreas de mancha urbana quando comparado aos anos anteriores. Há uma menor ocorrência de solo exposto e de eucalipto, este último concentrando-se, principalmente, na parte sul da bacia e próximo à Reserva Biológica Augusto Ruschi.

Figura 15: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2010.



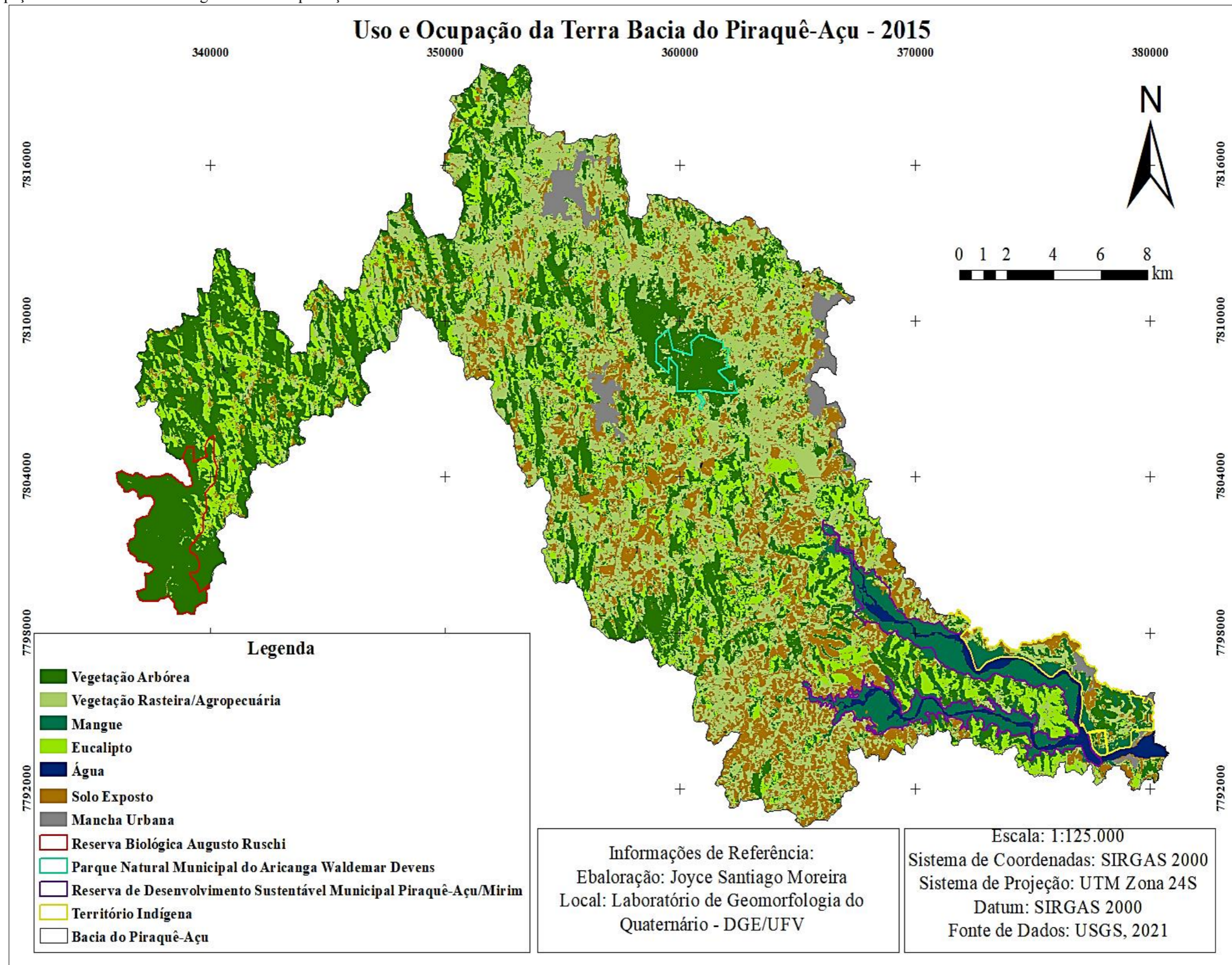
Fonte: Os autores.

Os mangues não apresentaram mudanças significativas de 1985 a 2010. O mesmo pode-se afirmar para a ocorrência de água na bacia. Os dados das Tabelas 2 e 3 demonstram, mais uma vez, as percepções obtidas por meio do mapa. De acordo com as referidas tabelas, a vegetação arbórea é a classe mais abundante na bacia, com 168,65 km² (37,29% de área ocupada). Esta classe, por sua vez, é seguida pela vegetação rasteira/agropecuária, com 163,34 km² (36,12%). Essas duas classes juntas correspondem a mais de 70% da área total da bacia.

Como mencionado, as áreas de eucalipto e solo exposto diminuíram em comparação ao ano de 2005, com o eucalipto representando 43,1 km² (9,53%) e o solo exposto 38,2 km² (8,45%). A mancha urbana apresentou um crescimento significativo, ocupando 9,24 km² (2,04%). As classes água e mangue mantiveram uma média de 6,77 km² (1,50%) e 22,92 km² (5,07%), respectivamente. Importante ressaltar, ainda, a mudança na categoria do Parque Municipal do Aricanga para Parque Natural Municipal do Aricanga.

Para o ano de 2015, é visível no mapa (Figura 16) muitas áreas de solo exposto, em especial no sul da bacia, onde anteriormente havia predomínio de vegetação rasteira/agropecuária. Houve também um aumento nas plantações de eucalipto neste período. Com o referido aumento das classes solo exposto e eucalipto, observa-se uma redução nas áreas de vegetação rasteira/agropecuária.

Figura 16: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2015.



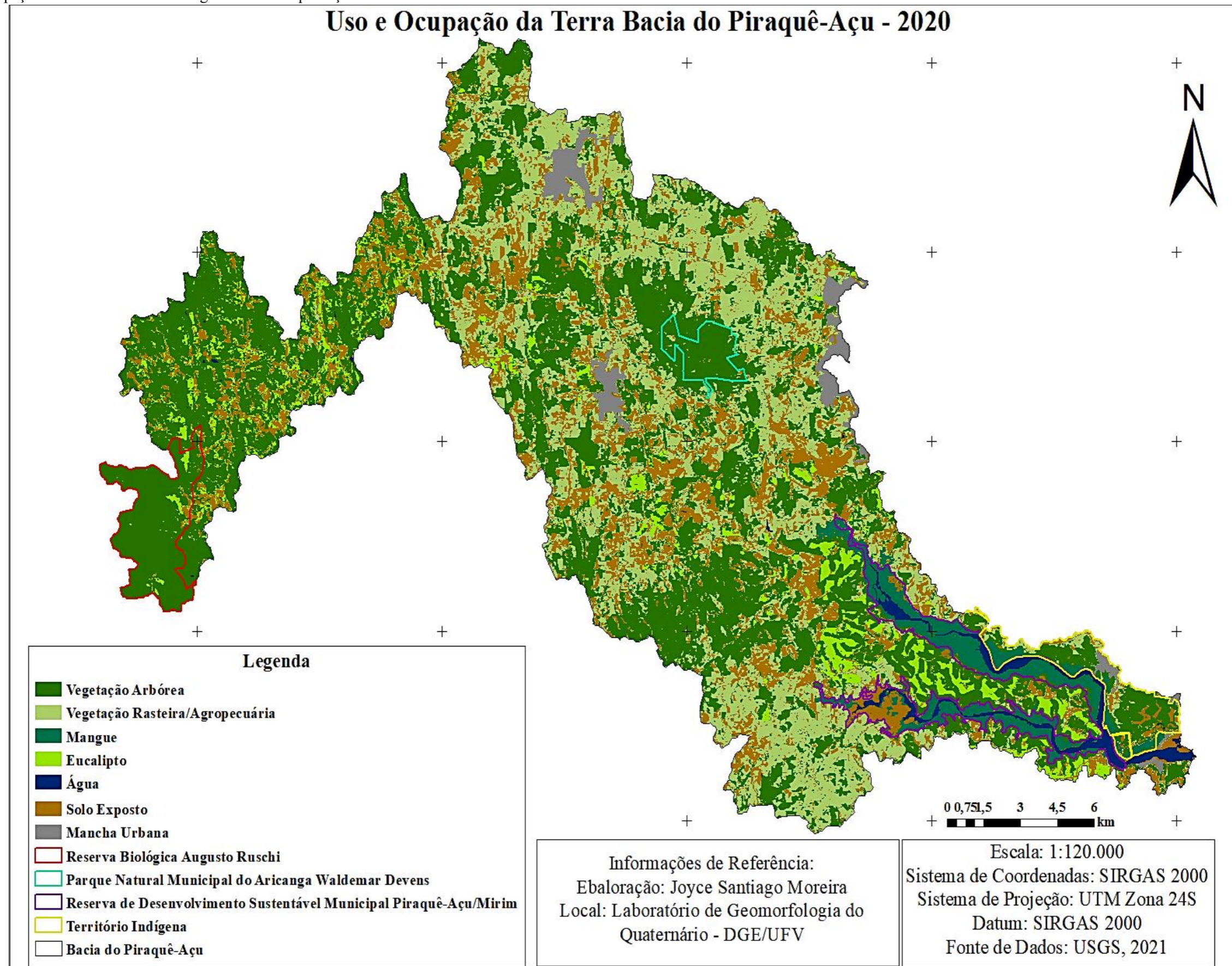
Fonte: Os Autores.

A vegetação arbórea permaneceu bem abundante em todo o perímetro da bacia. No ano de 2013, a área do manguezal passou da Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-Açu/Mirim para a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu/Mirim. Sendo assim, os manguezais começaram a ser explorados de maneira sustentável, o que antes não era previsto na categoria à qual pertenciam. Fica evidente, pelas Tabelas 2 e 3, que houve uma pequena redução da área de mangue, representada por 22,42 km² (4,96% da área total da bacia).

Os dados das tabelas para o ano de 2015 são: 137,11 km² (30,32%) de vegetação arbórea; 129,39 km² (28,61%) de vegetação rasteira/agropecuária; 76,71 km² (16,96%) de eucalipto; 6,78 km² (1,50%) de água; 70,54 km² (15,60%) de solo exposto; e 9,27 km² (2,05%) de mancha urbana.

Em 2020, último ano de análise de uso e ocupação, a Figura 17 apresenta grande quantidade de vegetação arbórea distribuída em diversos pontos da bacia. Observa-se, ainda, grande quantidade de solo exposto, relacionada com uma redução da área de mangue. Essa situação deve-se ao fato de um evento extremo, no caso uma chuva de granizo, que atingiu a área em 2016, causando perda de significativa parcela da vegetação de mangue.

Figura 17: Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu – 2020.



Fonte: Os Autores.

A classe vegetação rasteira/agropecuária permaneceu como a mais abundante em toda a área da bacia, apresentando o maior crescimento ao longo dos anos observados (14,16%). A mancha urbana, por sua vez, teve um ligeiro crescimento. As plantações de eucalipto apresentaram uma redução significativa, em torno de 11%.

As tabelas abaixo apresentam as modificações relatadas acima. Em 2020, a área da bacia é majoritariamente ocupada pela vegetação arbórea, com 201,13 km² (44,48%), seguida da vegetação rasteira/agropecuária, com 117,51 km² (25,99%). O solo exposto representou 74,67 km² (16,51%), o eucalipto 27,41 km² (6,06%), o mangue 15,38 km² (3,40%), a mancha urbana 9,98 km² (2,21%) e, por fim, a água, com pouca variação ao longo dos anos, 6,14 km² (1,36%).

A área total ocupada pelas classes estabelecidas na bacia do Piraquê-Açu, em quilômetros quadrados (km²), ao longo dos anos pesquisados (1985 a 2020), encontra-se sintetizada na tabela abaixo (Tabela 2).

Tabela 2: Área total de ocupação das classes na bacia do Piraquê-Açu em km².

Classes (km ²)	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Vegetação Arbórea	108,22	151,04	153,37	173,69	126,06	168,65	137,11	201,13
Vegetação Rasteira/Agropecuária	199,53	191,88	134,84	154,51	166,04	163,34	129,39	117,51
Mangue	33,34	23,73	28,7	24,4	26,82	22,92	22,42	15,38
Eucalipto	54,12	35,84	55,46	34,3	74,37	43,1	76,71	27,41
Água	6,5	6,29	5,97	6,04	6,33	6,77	6,78	6,14
Solo Exposto	46,4	39,31	68,74	53,27	46,1	38,2	70,54	74,67
Mancha Urbana	4,11	4,13	5,14	6,01	6,5	9,24	9,27	9,98
Total da Área	452,22	452,22	452,22	452,22	452,22	452,22	452,22	452,22

Fonte: Os Autores.

A área total ocupada pelas classes estabelecidas na bacia do Piraquê-Açu, em porcentagem (%), ao longo dos anos pesquisados (1985 a 2020), encontra-se sintetizada na tabela abaixo (Tabela 3).

Tabela 3: Área total de ocupação das classes na bacia do Piraquê-Açu em %.

Classes (%)	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Vegetação Arbórea	23,93%	33,40%	33,91%	38,41%	27,88%	37,29%	30,32%	44,48%
Vegetação Rasteira/Agropecuária	44,12%	42,43%	29,82%	34,17%	36,72%	36,12%	28,61%	25,99%
Mangue	7,37%	5,25%	6,35%	5,40%	5,93%	5,07%	4,96%	3,40%
Eucalipto	11,97%	7,93%	12,26%	7,58%	16,45%	9,53%	16,96%	6,06%
Água	1,44%	1,39%	1,32%	1,34%	1,40%	1,50%	1,50%	1,36%
Solo Exposto	10,26%	8,69%	15,20%	11,78%	10,19%	8,45%	15,60%	16,51%
Mancha Urbana	0,91%	0,91%	1,14%	1,33%	1,44%	2,04%	2,05%	2,21%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Os Autores.

Os mapas e as tabelas acima denotam as variações ocorridas ao longo de 35 anos de uso e ocupação da bacia do Piraquê-Açu. As classes, por sua vez, exprimem os diversos usos da bacia. A relação entre os usos das classes pode ser observada nas mudanças das áreas de plantações de eucalipto, solo exposto e vegetação rasteira/agropecuária. Essa interação reflete a dinâmica de cada uso da terra. Fatores econômicos podem ter influenciado, ao longo do tempo, esse processo.

4.2 Dinâmica Territorial da Bacia Hidrográfica do Piraquê-Açu

Tendo como base os resultados obtidos sobre o uso e ocupação da bacia do Piraquê-Açu, apresentados anteriormente, somados aos registros do IBGE, do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), dos planos diretores dos municípios de Santa Teresa, Ibirajú, João Neiva e Aracruz, do plano de recursos hídricos da bacia do Piraquê-Açu e dos trabalhos de campo realizados, foi possível compreender a dinâmica territorial da bacia em questão.

Nas primeiras pesquisas sobre o local de estudo, foi possível identificar as Unidades de Conservação (UCs) presentes. Essas áreas protegidas demonstram como está sendo realizada a manutenção dos locais que necessitam de cuidado para reduzir o índice de antropização. No item 3 (Materiais e Métodos) desta pesquisa, foram abordadas cada uma das UCs presentes na bacia, permitindo compreender a forma como as políticas públicas estão sendo aplicadas para a preservação de ambientes sujeitos a grandes pressões. Essa é, também, uma forma de planejar e ordenar o território com UCs de proteção integral e de uso sustentável.

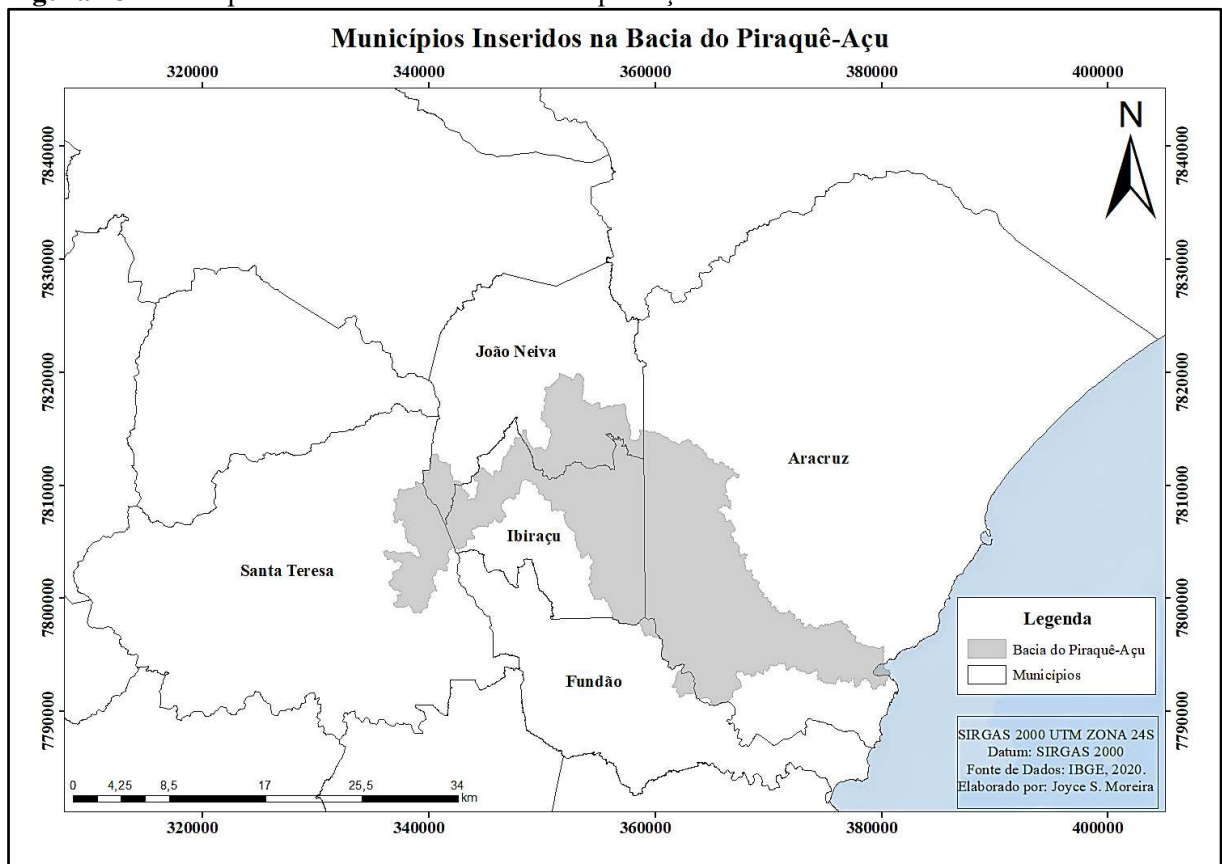
As UCs de proteção integral são: Reserva Biológica Augusto Ruschi, Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz e Parque Natural Municipal do Aricanga Waldemar Devens. Já as

UCs de uso sustentável são: Área de Proteção Ambiental Costa das Algas e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu/Mirim. Todas essas UCs promovem a conservação e preservação dos territórios que delimitam.

Além desses aspectos, deu-se a devida importância aos indígenas que vivem na bacia e às populações tradicionais que dependem do ecossistema manguezal e marinho. Também foram abordados os solos, a geologia e as características do relevo, o que evidenciou a capacidade de desenvolvimento de determinadas atividades na bacia.

É importante, para o ordenamento territorial, considerar as características socioeconômicas dos municípios da bacia. A Figura 18 apresenta a distribuição dos municípios inseridos na bacia do Piraquê-Açu.

Figura 18: Municípios inseridos na Bacia do Piraquê-Açu.



Fonte: Os Autores.

Os municípios possuem características em comum, como o mesmo grupo de atividades econômicas e similar rendimento municipal.

Na sequência, os municípios serão brevemente descritos, destacando alguns aspectos relevantes de cada um deles. Posteriormente, será apresentada uma breve caracterização da bacia como um todo, de forma a contribuir para a discussão e para a proposta de ordenamento territorial.

4.2.1 Aracruz

O município de Aracruz é ocupado desde a pré-história brasileira. Há registros de ocupação por populações indígenas, fato confirmado, por exemplo, por meio de objetos arqueológicos (Figura 19). O Museu Histórico de Santa Cruz dispõe de uma rica coleção de objetos encontrados próximos aos rios que compõem o município, como o Piraquê-Açu.

Hoje, a população de Aracruz é formada por indígenas, descendentes africanos e europeus, distribuídos entre a sede e os distritos de Jacupemba, Guaraná, Riacho e Santa Cruz (PMA, 2020).

Figura 19: Urnas funerárias de povos indígenas com idade estimada entre os 600 a 800 anos.



Fonte: Os Autores – Museu Histórico de Santa Cruz.

De acordo com o IBGE (2021), o crescimento populacional do município foi constante. Segundo a Tabela 4, a estimativa da população de Aracruz é de 104.942 pessoas. No censo de 2010, a população era de 81.832 habitantes. O município possui um Índice de Desenvolvimento Humano – IDH considerado médio, tendo em vista a variação de 0 a 1,0. Isso indica a situação das políticas públicas voltadas à educação, saúde e desenvolvimento econômico municipais.

A Tabela 4 apresenta ainda as principais atividades econômicas mais presentes no município. A primeira delas é a atividade industrial, devido à presença de indústrias de grande

porte, como Suzano Papel e Celulose, Portocel, Jurong, Terminal Aquaviário de Barra do Riacho, Chemtrade Brasil, Evonik, Imetame Metalmecânica, Estel, entre outras (ARACRUZ, 2018). Esse tipo de atividade, do setor secundário, contribui significativamente para a economia local, dadas as dimensões desses empreendimentos.

Além disso, Aracruz também tem como base econômica a prestação de serviços, como o turismo, que cresce ano após ano, além da administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social, que contribuem para o desenvolvimento do município. Há pelo menos 89.263 ha dedicados ao uso agropecuário. Observa-se, também nos mapas de uso e ocupação da terra, grande contribuição da agropecuária. A preponderância dessa atividade será igualmente observada nos demais municípios da bacia do Piraquê-Açu (ARACRUZ, 2018; IBGE, 2021).

Tabela 4: Aspectos Socioeconômicos de Aracruz.

Município	Nº de Habitantes (estimativa 2021)	IDH	Principais Atividades Econômicas (respectivamente)	Abastecimento de Água (população atendida)	Esgotamento (população atendida)	Resíduos Sólidos (população atendida)
Aracruz	104.942	0,752	Indústria; Serviço; Administração, Defesa, Educação e Saúde Públicas e Seguridade Social; Agropecuária.	88,52%	79,11%	96,82%

Fonte: IBGE (2021); SNIS (2022)

Ainda de acordo com os mapas de uso e ocupação, é possível destacar grandes plantações de eucalipto destinadas a suprir a demanda da Suzano Papel e Celulose, iniciadas por volta do ano de 1967. Segundo Monteiro (2015), as áreas próximas à drenagem do Piraquê-Açu foram, em grande parte, destinadas ao plantio da monocultura de eucalipto (Figura 20).

Figura 20: Plantações de eucalipto no estuário Piraquê-Açu/Mirim.



Fonte: Os Autores

A monocultura de eucalipto representa uma das principais atividades primárias realizadas na Bacia do Rio Piraquê-Açu, ocupando uma área de aproximadamente 33.535 ha (Figura 21).

Figura 21: Plantações de eucalipto coexistindo com vegetação arbórea e mangue no estuário Piraquê-Açu/Mirim.



Fonte: Os Autores.

Nas figuras acima, é possível compreender como as plantações de eucalipto se distribuem na área; observa-se que essas plantações estão localizadas acima das vegetações nativas. Além desses locais, nos trabalhos de campo, foi verificado que, em diversas áreas privadas, mesmo pequenas, existiam plantações de eucalipto, principalmente na região sul da bacia, dentro do município de Aracruz, normalmente ocupando os topos e encostas do grupo Barreiras.

Ainda sobre o município, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresentado na Tabela 4, 88,52% da população é atendida pelo abastecimento de água, enquanto os 11,48% restantes não possuem. Quanto ao esgotamento sanitário, 79,11% dos habitantes são atendidos, mas apenas 15,04% do esgoto é manejado e tratado corretamente; os 64,6% restantes são coletados, mas não tratados, e outros 20,36% não possuem nenhum tipo de atendimento. A retirada de resíduos sólidos abrange 96,82% da população, enquanto 3,18% não possuem coleta de lixo (SNIS, 2019; ATLAS ESGOTO, 2022).

O SNIS (2022) apresenta que 1,1% da população urbana aracruzensense está inserida em áreas com risco de inundação, devido a problemas nos sistemas de drenagem e manejo das

águas pluviais. Entre os anos de 2013 e 2019, foram registradas nove inundações, enxurradas e alagamentos que atingiram parte dessa população.

A Prefeitura de Aracruz estabeleceu um Plano Diretor em 05 de agosto de 2020 para a área pertencente à bacia do Piraquê-Açu. A Lei N.º 4.317, em seu Art. 94, estabelece os seguintes objetivos:

- I. preservar e recuperar os recursos hídricos existentes na macrozona;
- II. desenvolver ações regionais e locais para recuperar, ampliar e conectar os fragmentos florestais de Mata Atlântica existentes na macrozona;
- III. implementar ações de incentivo ao agroturismo integradas ao turismo litorâneo, à agricultura sustentável e ao beneficiamento da produção rural, visando agregar valor e ampliar a geração de emprego e renda para as comunidades rurais;
- IV. fortalecer e qualificar a infraestrutura das comunidades rurais presentes na macrozona, destacando Grapoama, Picuã, Santa Rosa, Mucurató e Laranjeiras;
- V. qualificar a mobilidade entre as comunidades rurais, os núcleos urbanos consolidados e os municípios vizinhos;
- VI. estabelecer ações de integração socioeconômica e ambiental com os territórios indígenas limítrofes.

Percebe-se, portanto, a tentativa da prefeitura de promover melhores condições socioambientais. Entretanto, em campo, foi possível identificar pontos que não correspondem exatamente ao que é proposto no Plano Diretor do município.

4.2.2 Ibiraçu

O município de Ibiraçu é o menor de todos os que compõem a bacia do Piraquê-Açu (Tabela 5), com 12.701 habitantes, de acordo com estimativa do IBGE em 2021. Segundo o órgão, o povoamento da região teve início com imigrantes italianos em 1877.

Ibiraçu apresenta um IDH médio, de 0,726, o que indica a presença de indivíduos em situação de extrema pobreza. De acordo com o IBGE (2021), sua principal atividade econômica está inserida no setor de serviços, como comércio e produtos, além de atividades do setor secundário e primário, sendo que neste último uma área de 13.393 ha é ocupada.

Tabela 5: Aspectos Socioeconômicos de Ibirapu.

Município	Nº de Habitantes (estimativa 2021)	IDH	Principais Atividades Econômicas (respectivamente)	Abastecimento de Água (população atendida)	Esgotamento (população atendida)	Resíduos Sólidos (população atendida)
Ibirapu	12.701	0,726	Serviços; Administração, Defesa, Educação e Saúde Públicas e Seguridade Social; Indústria; Agropecuária.	97,81%	72,92%	Sem Registro

Fonte: IBGE (2021); SNIS (2022).

Quanto ao sistema de abastecimento de água, tratamento de esgoto e coleta de resíduos sólidos, o SNIS (2022) aponta que 97,81% da população de Ibirapu é abastecida com água apropriada para uso e consumo. O esgotamento atende 72,92% dos habitantes, porém apenas 17,9% do esgoto do município é coletado, tratado e manejado de forma adequada.

Além disso, 69,6% do esgoto é coletado, mas não tratado, enquanto 12,5% não é nem coletado nem tratado. Existem riscos de alagamento em 9,7% dos domicílios urbanos do município. A prefeitura não disponibilizou dados sobre a coleta de resíduos sólidos (ATLAS ESGOTO, 2022). Todo o efluente gerado é lançado nos cursos de água e, conseqüentemente, no oceano.

Ainda segundo a prefeitura, o município não possui um plano diretor. Um grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo de Aracruz propôs, em parceria com a prefeitura e a câmara municipal, a elaboração de um plano diretor. De acordo com informações da própria prefeitura, os estudantes “apresentaram estudo inicial/diagnóstico dos graves problemas relacionados ao ordenamento territorial que o Município enfrenta e possíveis soluções”. Esse estudo foi realizado em 2019, mas até o momento não houve disponibilização oficial.

4.2.3 João Neiva

O município de João Neiva começou a ser povoado, segundo o IBGE (2021), em 1887, com a formação dos povoados de Acioli e Demétrio Ribeiro. Com o crescimento populacional até os dias atuais, a estimativa de habitantes para 2021 é de 16.774, possuindo um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,756, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Aspectos Socioeconômicos de João Neiva.

Município	Nº de Habitantes (estimativa 2021)	IDH	Principais Atividades Econômicas (respectivamente)	Abastecimento de Água (população atendida)	Esgotamento (população atendida)	Resíduos Sólidos (população atendida)
João Neiva	16.774	0,756	Serviços; Indústria; Administração, Defesa, Educação e Saúde Públicas e Seguridade Social; Agropecuária.	100%	84,74%	89,99%

Fonte: IBGE (2021); SNIS (2022).

Em João Neiva, as principais atividades econômicas concentram-se principalmente nos setores de Serviços e Indústria. O município mantém algumas tradições italianas, que despertam o interesse do turismo (PMJN, 2022). Além disso, 16.422 ha de sua área são destinados à atividade agropecuária.

O município apresenta boa estrutura no abastecimento de água, com 100% da população atendida, conforme o SNIS (2022). De acordo com o Atlas Esgoto (2022), 84,74% dos habitantes contam com esgotamento; entretanto, apenas 11,23% do esgoto é manejado de forma adequada, com sistemas próprios para coleta e tratamento, enquanto 80,08% são coletados, mas não tratados, e 8,96% não são coletados nem tratados. O serviço de retirada de resíduos sólidos atende 89,99% da população.

Assim, 15,26% da população, ou seja, 2.543 habitantes, permanecem sem acesso ao serviço de esgoto, e 10,01%, ou 1.668 habitantes, não contam com recolhimento de lixo. Segundo o SNIS (2022), 150 domicílios em João Neiva estão em áreas com risco de inundação. Não foi encontrado nenhum documento relativo ao ordenamento territorial do município.

4.2.4 Santa Teresa

Santa Teresa também foi habitado por italianos desde 1874. Além da sede, o município possui cinco distritos: Alto Santa Maria, Santo Antônio do Canaã, São João de Petrópolis, Vinte e Cinco de Julho e Alto Caldeirão (PMST, 2022). Apenas uma pequena parte do município de Santa Teresa pertence ao território da bacia do Piraquê-Açu, situada próxima à nascente do rio, com predominância de plantações de eucalipto e outras culturas.

De acordo com o IBGE (2021), o município apresenta algumas situações de precariedade social. Conforme a Tabela 7, observa-se que apenas 49,28% da população é atendida pelo abastecimento de água, ou seja, menos da metade. Da mesma forma, apenas 33,71% da população conta com esgotamento sanitário (SNIS, 2022).

Tabela 7: Aspectos Socioeconômicos de Santa Teresa.

Município	Nº de Habitantes (estimativa 2021)	IDH	Principais Atividades Econômicas (respectivamente)	Abastecimento de Água (população atendida)	Esgotamento (população atendida)	Resíduos Sólidos (população atendida)
Santa Teresa	23.583	0,714	Serviços; Administração, Defesa, Educação e Saúde Públicas e Seguridade Social; Agropecuária; Indústria.	49,28%	33,71%	84,78%

Fonte: IBGE (2021); SNIS (2022).

Com as baixas taxas de saneamento básico, de um total de 23.586 habitantes, 11.965 não possuem água adequada para consumo e 15.638 habitantes estão sem esgotamento. Referindo-se aos números do município em porcentagem, 76,45% do esgoto é coletado e tratado, enquanto 26,55% não é tratado nem coletado.

A Tabela 7 mostra um IDH de 0,714, o menor de todos os municípios que compõem a bacia do Piraquê-Açu. As atividades econômicas que mais geram renda na região são os setores primário e secundário, pouco desenvolvidos neste município (SNIS, 2022; ATLAS ESGOTO, 2022).

De acordo com o IBGE (2021), 38.622 ha dos municípios são ocupados pela agropecuária. No território da bacia, são notórios os plantios de eucalipto, com aproximadamente 11.000 ha destinados a esta atividade. Além disso, Santa Teresa é o maior produtor de uva e vinho do Espírito Santo.

A prefeitura de Santa Teresa estabeleceu um plano diretor em 2020, por meio da Lei Complementar Nº 031/2020. O que é de interesse desta pesquisa é a área rural descrita no plano. Nele, propõe-se o macrozoneamento das áreas rurais a fim de fomentar o desenvolvimento de atividades agropecuárias, em sua maioria familiares.

A partir de todos os dados obtidos e apresentados, no Item 5 será proposto o ordenamento territorial.

4.2.5 Rio Piraquê-Açu

A Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH, juntamente com o Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Centro-Norte, com a finalidade de promover a gestão integrada das bacias hidrográficas da região, elaboraram um plano de bacias para a região litoral centro-norte, incluindo a bacia do rio Piraquê-Açu.

De acordo com o Diagnóstico e Prognóstico AGERH (2020), desenvolvido pelo comitê, as águas dos rios são bastante utilizadas e continuarão a sê-lo no futuro. Dessa forma, percebe-se a necessidade de uso racional da água diante da disponibilidade hídrica.

A bacia do Piraquê-Açu encontra-se em situação crítica, segundo a AGERH (2020). As águas do rio são utilizadas para fins de irrigação. No setor agrícola, existem condições de uso que favorecem o desperdício de água, principalmente quando não há estudos hídricos que auxiliem no manejo. Além disso, o setor industrial demanda elevado volume de água.

Os municípios de Aracruz e João Neiva dependem dos recursos hídricos do rio Piraquê-Açu para abastecimento, por meio de captação superficial. De acordo com o Diagnóstico e Prognóstico (2020), o comitê registrou valores consideráveis sobre o índice de perdas no sistema de distribuição de água; quanto maior o desperdício, maior o consumo dos recursos hídricos.

Monteiro (2015) aponta que o município de Ibirapu depositava seus efluentes no rio Piraquê-Açu. De acordo com o Diagnóstico e Prognóstico, Aracruz e João Neiva também realizam despejos, visto que duas Estações de Tratamento de Esgoto – ETE de João Neiva estão atualmente desativadas. Na descrição de cada município feita nesta pesquisa, são perceptíveis as altas porcentagens de falta de tratamento de esgoto na bacia do Piraquê-Açu. As ETEs não possuem capacidade para tratar toda a vazão de efluentes, o que pode aumentar significativamente a poluição do rio.

Existem efluentes industriais diversificados, devidamente licenciados por outorga. Algumas indústrias, como a Teodorico Bianchini e a Ambitec Soluções Ambientais LTDA, despejam resíduos no rio.

Para o sistema de gestão de resíduos sólidos, Aracruz possui aterro sanitário, enquanto Ibirapu, João Neiva e Santa Teresa realizam ações para recuperação de áreas degradadas provenientes de lixões (AGERH, 2020).

Quanto às drenagens pluviais e seus riscos, apenas o município de Santa Teresa possui Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais – PDAP. Os demais municípios que compõem a bacia do Piraquê-Açu não dispõem de PDAP.

Nas áreas urbanas de Aracruz, existem diversos locais suscetíveis a alagamento, inundação e lançamento de esgoto clandestino. Em Ibirapu, observa-se carência de manutenção e ampliação do sistema de drenagem. Em João Neiva, ocorrem alagamentos nas ruas e assoreamento dos rios (AGERH, 2020).

Os grandes alagamentos e inundações geralmente ocorrem em períodos de chuvas intensas, mas o uso inadequado dos recursos hídricos pode agravar esses eventos. A AGERH,

no diagnóstico e prognóstico, aponta alguns locais em Ibiraçu e João Neiva que indicam problemas de inundação. No primeiro município, destacam-se a prefeitura, outros prédios públicos, comércios e escolas como áreas de risco.

Em João Neiva, os problemas de inundação estão relacionados à ocupação das planícies de inundação e calhas dos rios, à ausência de drenagens adequadas para águas pluviais e às residências localizadas nas margens dos rios, com risco de solapamento.

A AGERH salienta problemas de assoreamento e erosão na bacia do Piraquê-Açu, apontando que em Aracruz, locais como Santa Cruz apresentam ocupação pouco adensada, mas com histórico de casas interditadas, áreas de ocupação desordenada, posto de saúde, taludes de cortes sub-verticais e áreas de erosão (Figura 22).

Figura 22: Erosão abaixo da ponte de Santa Cruz - Aracruz.



Fonte: Os Autores.

Em outros bairros do município, são identificados pontos de possíveis erosões, como áreas de uso desordenado, construções em patamares de corte e aterro, falta de infraestrutura e ausência de cautela, além de outros tipos de erosão causados por chuvas, com risco de rolamento de rochas (AGERH, 2020).

Em João Neiva, os problemas relacionados ao assoreamento e à erosão incluem a falta de redes de drenagem para águas pluviais, a infraestrutura urbana inadequada, ocupações em locais íngremes, represamento de água devido a falhas nas drenagens de outras moradias,

moradias interditadas com risco, registros de deslizamentos planares e áreas de encostas densamente ocupadas (AGERH, 2020).

Em Ibirapu, os problemas relacionados à erosão e ao assoreamento ocorrem, em sua maioria, em áreas ocupadas de forma desordenada, com residências em madeira e alvenaria, áreas com drenagem pluvial inadequada e construções irregulares.

Diante de todos esses apontamentos sobre a infraestrutura da bacia, a discussão será apresentada no próximo item.

4.2.6 Validação dos dados de uso e ocupação

Para a validação dos mapas de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu, conforme descrito na metodologia, a avaliação foi realizada com base nos mapas de cada ano. Foram calculados os componentes *Quantity* (quantidade), *Exchange* (troca) e *Shift* (mudança), a partir da comparação entre os mapas de classificação.

Tabela 8: Validação dos dados.

Comparação	Ano	Resolution	Quantity	Exchange	Shift	Overall
Raster Landsat	1985	30	28,74%	0%	9,68%	38,42%
MapBiomias	1985	30	21,08%	11,76%	14,67%	47,52%
Raster Landsat	1990	30	34,71%	4,14%	13,80%	52,66%
MapBiomias	1990	30	11,68%	23,29%	7,82%	42,80%
MapBiomias	1995	30	18,91%	23,82%	9,11%	51,85%
Raster Landsat	2000	30	99,99%	0%	0%	99,99%
MapBiomias	2000	30	14,49%	23,86%	10,45%	48,81%
Raster Landsat	2005	30	86,16%	0%	13,83%	99,99%
MapBiomias	2005	30	19,46%	23,83%	7,58%	50,89%
MapBiomias	2010	30	15,45%	28,61%	6,91%	50,98%
MapBiomias	2015	30	96,58%	0%	1,78%	98,37%
Raster Landsat	2020	30	7,50%	0%	4,15%	11,66%
MapBiomias	2020	30	26,56%	17,08%	3,77%	47,42%

Fonte: Os Autores

Quanto mais próximas de 0 estiverem as porcentagens de *Quantity*, *Exchange* e *Shift*, maiores são as chances de alterações na classificação. Porém, além disso, após esses resultados, foi feita manualmente a correção de pontos errôneos, que posteriormente foram validados nos trabalhos de campo.

5 DISCUSSÃO

Diante da análise dos resultados relativos ao uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Piraquê-Açu, observa-se que duas classes se destacam ao longo de todo o período analisado: vegetação arbórea e vegetação rasteira/agropecuária. A primeira, representada por vegetação fechada do bioma Mata Atlântica, apresenta ampla incidência em toda a área estudada, reforçada pela presença das Unidades de Conservação (UCs) e pela efetividade das normas de proteção ambiental que garantem a manutenção da vegetação nativa.

Entre 1985 e 2020, uma parcela considerável dessa vegetação foi preservada, alcançando em 2020 sua maior extensão, evidenciando a eficácia da legislação ambiental. As áreas de relevo escarpado do Complexo Paraíba do Sul, com declividades entre 36 e 74% e compostas predominantemente por gnaisses, permanecem pouco ocupadas devido à dificuldade de acesso e à inviabilidade de instalação de atividades antrópicas.

A segunda classe mais recorrente, “vegetação rasteira/agropecuária”, corresponde a uma das principais atividades econômicas dos municípios que integram a bacia, refletindo a extensa área destinada a usos antrópicos, como agricultura e pecuária, voltados tanto para consumo quanto para geração de renda local (IBGE, 2021). Mais de 70% da bacia é composta por Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo, distribuídos em relevos planos, ondulados, acidentados e dissecados, com diferentes níveis de suscetibilidade à erosão dependendo do manejo adotado (SANTOS *et al*, 2018).

O cultivo de eucalipto, compatível com essas características físicas, predomina na porção jusante do rio principal e, embora contribua para o aproveitamento econômico da área, pode afetar ecossistemas adjacentes, como a mortalidade da vegetação de mangue registrada em 2016, associada a eventos climáticos extremos (SILVA e FARIA, 2022)

Além disso, as plantações de eucalipto retêm grande quantidade de água do solo, aumentando riscos de erosão, mesmo em solos de permeabilidade moderada a elevada. Estudos indicam que, em condições normais, as perdas de solo no plantio de eucalipto se aproximam daquelas observadas em sistemas naturais (Martins *et al*, 2010), mas eventos climáticos extremos reforçam seu potencial impacto ambiental.

A predominância da agropecuária também pode estar associada à redução da infiltração, aumento do escoamento superficial e intensificação de processos erosivos, desequilíbrios nos canais fluviais e maior potencial de inundações urbanas, além de transporte de sedimentos e alterações na qualidade hídrica e ecossistêmica. Estratégias de planejamento

rural e investimentos em técnicas sustentáveis poderiam reduzir o desgaste do solo, manter a dinâmica da bacia e favorecer a produtividade das famílias e pequenos produtores (QUEIROZ *et al*, 2002).

Quanto aos ecossistemas sensíveis, os manguezais apresentaram poucas alterações desde 1986, quando passaram a ser protegidos por legislação, e a criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) em 2013 possibilitou usos sustentáveis. Entretanto, eventos climáticos recentes e expansão urbana indicam vulnerabilidade, especialmente no Piraquê-Mirim, onde a regeneração da vegetação foi limitada (SILVA e FARIA, 2022). Políticas de gestão integrada devem contemplar monitoramento contínuo, regulamentação do uso sustentável e educação ambiental das comunidades locais, preservando a função ecológica e os serviços ambientais prestados por esses habitats (FERREIRA, BORGES e LACERDA, 2022)

No que tange às grandes áreas de plantações de eucalipto, o uso do mesmo para a indústria de papel e celulose apresenta variações sazonais e históricas associadas a ciclos econômicos e ao tempo de corte das árvores (HIGA, 2000). Embora monoculturas possam gerar impactos ambientais, práticas de manejo sustentável, podem reduzir conflitos socioambientais e aumentar a compatibilidade entre produção e conservação. O planejamento do plantio deve considerar proximidade de áreas sensíveis, como manguezais e cursos d'água, e integrar técnicas que minimizem erosão, lixiviação e degradação do solo (MOLEDO *et al*, 2016)

A análise de mapas e imagens de satélite também evidenciou expansão urbana gradual, parcialmente associada ao êxodo rural e a fatores econômicos (MUELLER e MARTINE, 1997). Para evitar ocupações desordenadas, recomenda-se a implementação de estratégias de ordenamento territorial que combinem planejamento urbano, recuperação de áreas degradadas e regularização fundiária, evitando assentamentos em áreas de risco, próximas a rios ou em relevo acidentado, garantindo infraestrutura básica, como abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Em síntese, o ordenamento territorial da bacia deve integrar políticas que promovam práticas agrícolas e florestais sustentáveis, conservação de ecossistemas sensíveis, inclusão social de comunidades tradicionais e indígenas e gestão urbana planejada, equilibrando desenvolvimento econômico e manutenção da integridade ambiental. Essa realidade foi observada nos municípios da bacia, conforme dados do SNIS e Atlas Esgoto (2022), evidenciando lacunas que o ordenamento territorial proposto busca identificar e corrigir.

Dessa forma, a bacia hidrográfica do Piraquê-Açu/Mirim demanda um ordenamento territorial robusto, que articule de forma integrada o uso da água, a conservação

ecológica, a produção florestal e a melhoria das condições socioeconômicas das populações locais. Em conformidade com os preceitos da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), propõe-se a criação de um Plano de Bacia participativo, estruturado em um comitê gestor que inclua representantes dos municípios, comunidades indígenas e tradicionais, produtores rurais e setor público (CRUZ, 2013; MESQUITA, 2018)

Esse arranjo institucional permitiria definir metas concretas para o abastecimento de água potável, a coleta e tratamento de esgoto, a gestão de resíduos sólidos e a governança territorial, garantindo que as políticas públicas estejam alinhadas à lógica da bacia como unidade de planejamento (PORTO e PORTO, 2008; OLIVEIRA-ANDREOLI *et al*, 2019).

No que tange o abastecimento de água, é necessário implantar sistemas modulares adaptados às realidades locais, especialmente nas áreas mais dispersas, e instituir mecanismos de monitoramento participativo da qualidade hídrica. A universalização do saneamento pode ser viabilizada por meio de estações de tratamento de esgoto de pequena escala, operadas em parceria com as comunidades, aliadas à coleta regular de resíduos sólidos e a programas de reciclagem e compostagem comunitária. Essa articulação entre saneamento e uso do solo é essencial para reduzir a poluição hídrica e criar um ambiente mais saudável para a população (FERREIRA *et al*, 2021).

Quando se considera a vegetação natural e os ecossistemas sensíveis, destaca-se a necessidade de recategorização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Piraquê-Açu/Mirim. Recomenda-se um processo consultivo com participação social para definir zonas de uso (proteção estrita, manejo sustentável e restauração ecológica) de modo a permitir atividades sustentáveis, como pesca, extrativismo e ecoturismo, sem comprometer os serviços ambientais prestados pelos manguezais (FERREIRA e LACERDA, 2022). Esse tipo de zoneamento eco-funcional está em sintonia com abordagens de planejamento geoambiental que reconhecem a bacia como um sistema integrado (social, físico e biológico) (LIMA e NERY, 2017; ROSA e FERREIRA, 2022).

A proposta de reavaliação do plantio de eucalipto é especialmente pertinente diante das evidências científicas sobre seus impactos hidrológicos (FLORÊNCIO, MARTINS e FAGUNDES, 2022). Ferraz *et al* (2019) demonstraram que plantações de eucalipto podem reduzir significativamente a vazão dos rios, em parte por causa da elevada evapotranspiração. Portanto, é fundamental conduzir estudos de impacto ambiental que quantifiquem os efeitos sobre solo, infiltração e escoamento.

Para mitigar esses impactos, recomenda-se o uso de práticas florestais mais sustentáveis, como rotações, consórcios agroflorestais e corredores ecológicos, além da

participação das comunidades indígenas e tradicionais no planejamento e no monitoramento desses plantios (LACERDA, 2022).

A relevância ecológica dos manguezais na bacia também justifica políticas de conservação baseadas em ciência. Rovai *et al* (2022) identificam os manguezais brasileiros como *hotspots* de carbono azul, com estoques elevados em solo e biomassa, e destacam que a degradação dessas florestas pode liberar quantidades significativas de CO₂. Por isso, a RDS recategorizada deve incluir estratégias de restauração para garantir a manutenção dos estoques de carbono e dos serviços ecológicos, como a proteção costeira e a mitigação de mudanças climáticas (FERREIRA e LACERDA, 2022).

A análise espacial e socioecológica de manguezais revela a necessidade de integrar o planejamento ambiental com o conhecimento local e a gestão territorial participativa. De acordo com Santos *et al* (2017), a avaliação socioecológica em áreas de pesca costeira no Brasil evidencia que os ecossistemas de manguezais estão profundamente interligados às atividades humanas, e que a percepção e participação das comunidades locais são fundamentais para definir estratégias de conservação e uso sustentável.

O estudo mostra que apenas medidas técnicas de proteção ambiental são insuficientes; é necessário envolver os usuários diretos dos recursos para garantir a efetividade do planejamento e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelos manguezais. Complementando essa perspectiva, Barbosa *et al* (2022) demonstram que a distribuição espacial e os padrões de uso da terra em manguezais do Delta do Parnaíba refletem tanto pressões antrópicas quanto características ambientais naturais.

Além disso, o estudo evidencia que a identificação de áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e restauração deve considerar a heterogeneidade do território e as atividades socioeconômicas locais. Ao relacionar os dois trabalhos, observa-se que um ordenamento territorial efetivo na bacia do Piraquê-Açu deve combinar análise espacial detalhada dos usos do solo com avaliação socioecológica, promovendo estratégias integradas que articulem proteção ambiental, sustentabilidade econômica e participação comunitária, garantindo maior resiliência socioambiental frente a pressões antrópicas e mudanças climáticas.

Para fortalecer a gestão territorial e a participação comunitária, propõe-se um programa de capacitação técnica para comunidades indígenas e tradicionais, centrado em práticas agroecológicas, manejo de recursos naturais e governança local. A formação de associações e cooperativas pode promover autonomia econômica, ao mesmo tempo em que reforça a representatividade dessas comunidades nas decisões sobre uso da terra e conservação (COMANDULLI, 2016; NOGUEIRA, 2022)

A elaboração (ou revisão) dos planos diretores municipais de João Neiva e Ibirapu deve ser integrada ao Plano de Bacia, de modo a evitar ocupações desordenadas em áreas de risco (inundação, erosão), delimitando zonas de proteção e promovendo infraestrutura básica (água, esgoto). A participação cidadã, por meio de audiências e oficinas, é indispensável para legitimar essas diretrizes e assegurar a justiça territorial (OLIVEIRA-ANDREOLI *et al* 2019).

Além disso, propõe-se um sistema de monitoramento e avaliação contínua da implementação, com indicadores como percentuais de cobertura de água potável, coleta de esgoto, reciclagem de resíduos, extensão da RDS regulada, redução de impactos do eucalipto e participação das comunidades nos processos decisórios.

Para operacionalizar essas ações, sugere-se o seguinte cronograma de cinco anos:

1. Ano 1: formação do comitê gestor da bacia; diagnóstico territorial participativo (mapeamento de uso do solo já desenvolvido neste estudo, saneamento, zonas sensíveis); consultas públicas para recategorização da RDS.
2. Ano 2: desenvolvimento do Plano de Bacia, com definição de metas para água, esgoto, resíduos; estudos de impacto ambiental para plantações de eucalipto; início dos programas de capacitação comunitária.
3. Ano 3: implementação piloto de sistemas de tratamento de esgoto modulares; formalização de cooperativas e associações comunitárias; regulamentação interna da RDS com zonas de uso definidas.
4. Ano 4: expansão dos sistemas de abastecimento e saneamento para mais comunidades; monitoramento sistemático da qualidade da água e do solo; elaboração e revisão dos planos diretores municipais segundo as diretrizes do Plano de Bacia.
5. Ano 5: consolidação do programa de resíduos sólidos (coleta, reciclagem, compostagem), implementação plena das práticas sustentáveis de manejo florestal, avaliação de resultados, ajustes nas metas e definição de novo ciclo de planejamento com base no método PDCA, cuja metodologia de gerenciamento é cíclica, sendo utilizada para o controle e a melhoria contínua de processos, produtos ou serviços. A sigla vem do inglês *Plan, Do, Check, Act* (Planejar, Fazer, Verificar, Agir) e tem como objetivo aprimorar a gestão e solucionar problemas de forma sistemática.

Ressalta-se que a sustentabilidade financeira e institucional dessas ações pode ser reforçada por parcerias entre governo, universidades, cooperativas comunitárias e empresas do setor florestal, além de mecanismos participativos de governança que assegurem o comprometimento de longo prazo.

A estratégia prevista está alinhada às diretrizes da gestão de bacias hidrográficas e planejamento territorial, destacando a bacia como unidade de gestão integrada e promotora de políticas públicas que beneficiam diretamente a população local.

6 CONCLUSÃO

A análise da bacia hidrográfica do Piraquê-Açu/Mirim evidencia a complexa interação entre o uso da terra, a dinâmica hídrica, os ecossistemas costeiros e a ocupação urbana. Observou-se que a maior parte da área é destinada à agricultura e à pecuária, com destaque para pequenas propriedades familiares, e que os plantios de eucalipto ocupam grandes extensões, especialmente acima dos manguezais e próximas aos rios.

Essa configuração contribui para a redução da infiltração do solo, aumento do escoamento superficial e risco de erosões e assoreamento dos cursos d'água. Além disso, a expansão urbana, visível nos mapas de uso da terra ao longo dos anos, tem ocorrido de forma desordenada, criando áreas vulneráveis a enchentes e comprometendo o equilíbrio ambiental da bacia.

Os manguezais apresentam relativa estabilidade histórica, protegidos inicialmente por legislação específica e, após a recategorização da RDS em 2013, permitindo usos sustentáveis. Contudo, eventos climáticos, como a chuva de granizo de 2016, resultaram em perda de vegetação em parte dos manguezais, principalmente no Piraquê-Mirim, onde a regeneração foi limitada. Novas áreas de solo exposto e expansão urbana tangenciando os manguezais indicam a necessidade de gestão mais efetiva, visando compatibilizar uso humano e proteção ambiental.

Os plantios de eucalipto, essenciais para a produção de celulose, apresentam ciclos de corte de 6 a 8 anos, com variações temporais e espaciais visíveis nos mapas de uso da terra de 1985 a 2020. Esses plantios podem afetar a disponibilidade hídrica, a qualidade do solo e os ecossistemas aquáticos adjacentes, especialmente quando localizados acima das áreas de mangue e próximas aos rios. Pequenas plantações de outros produtos, como café, contribuem para a variação do solo exposto, mas não representam impactos tão intensos quanto os grandes plantios de monocultura.

Com base nos dados observados, o ordenamento territorial proposto prioriza: abastecimento de água potável a toda a população, coleta e tratamento de esgoto, gestão de resíduos sólidos, reavaliação dos plantios de eucalipto quanto aos impactos no solo e na hidrografia, restauração e proteção dos manguezais, qualificação das comunidades indígenas e tradicionais, além da integração dos planos diretores municipais de João Neiva e Ibraçu ao Plano de Bacia.

O cronograma de implementação em cinco anos prevê diagnóstico participativo, desenvolvimento do Plano de Bacia e estudos de impacto, implementação piloto de saneamento

e regulamentação da RDS, expansão de infraestrutura e monitoramento, e consolidação das práticas sustentáveis com avaliação contínua dos resultados.

Dessa forma, a bacia do Piraquê-Açu/Mirim apresenta-se como um exemplo de gestão integrada, na qual o ordenamento territorial, baseado nos dados de uso da terra e nas práticas de planejamento, permite conciliar conservação ambiental, mitigação dos impactos das atividades humanas, desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida da população. A proposta sugere diretrizes aplicáveis a outras bacias hidrográficas costeiras, promovendo políticas públicas inclusivas e sustentáveis, capazes de assegurar a proteção dos recursos naturais e o equilíbrio socioambiental a longo prazo.

7 REFERÊNCIAS

AGERH. 2020. Diagnóstico e Prognóstico das Condições de Uso da Água na Região Hidrográfica Litoral Centro-Norte – Diagnóstico e Prognóstico. Vitória, p. 519, 2020.

ANDRADE, M. C. de. A questão do território no Brasil. São Paulo: **Hucitec**, 1995

ALASKA SATELLITE FACILITY – ASF. **Data Search Vertex**. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso 11 de mar. de 2021.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. **Erosão e progradação do litoral do Espírito Santo**. In: MUEHE, D. (Org.). Erosão e Progradação do Litoral do Brasil. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, v.1, p. 226-264, 2006.

ALLMENDINGER, P. HAUGHTON, G. Soft spaces, fuzzy boundaries, and metagovernance: the new spatial planning in the Thames Gateway. **Environment and Planning**. A advance online publication. Pion Ltd and its Licensors, v, 41, p. 617- 633, 2008.

ALONGI, D.M. **The energetic of mangrove forests**. Townsville, Australia, Springer, p. 16, 2009.

ALVES, J. R. P. (Org.) **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS. 2001. p. 96. il: ISBN 85-85966 - 21 – 1.

ALVES, T. B.; GUZZO, L. C.; OLIVEIRA, R. R.; REIS, L. R.; SOPRANI, L. R. **Identificação e Análise dos Principais Fatores de Degradação do Rio Piraquê Açu sob a Ótica da Legislação Ambiental**. Face – Faculdade Casa do Estudante, p. 26, 2016.

ANJOS, A. O. dos; CARVALHO, M. E. Silva. Zoneamento Geoambiental do município de Barrocas/BA: contribuições para o ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l], v. 13, n. 4, p. 1700-1719, 2020.

ARGOLLO FERRÃO, A. M. de. Ordenamento do território e avaliação de impacto ambiental: uma breve revisão para reflexões pertinentes. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 15, n. 00, p. e021025, 2021. DOI: 10.20396/labore.v15i00.8668036. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8668036>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ARACRUZ. **Lei Municipal nº 994, de 14 de julho de 1986**. Cria Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz, 1986.

ARACRUZ. **Lei Municipal nº 3.739, de 7 de novembro de 2013**. Altera A Categoria Da Unidade De Conservação Reserva Ecológica Dos Manguezais Piraquê-Açu E Piraquê-Mirim para Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê Mirim, no Município de Aracruz, Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. Aracruz, 2013.

ARACRUZ. Guia Empresarial de Aracruz (GEA). Aracruz, p.64, 2018.

ATLAS ESGOSTOS. **Aracruz**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjltMTMyOTQ0NDljNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTUyN2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ATLAS ESGOTOS. **Ibiraçu.** Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjItMTMyOTQ0NDljNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ATLAS ESGOTOS. **João Neiva.** Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjItMTMyOTQ0NDljNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ATLAS ESGOTOS. **Santa Teresa.** Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjItMTMyOTQ0NDljNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BARBOSA, D. L. dos S.; ALMEIDA, K. de S.; SOUSA JÚNIOR, E. L. de; MORAIS, R. C. de S.; IWATA, B. de F. Padrões Espaciais e Usos da Terra em Manguezais do Delta do Parnaíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 3881–3890, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v14.7.p3881-3890. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250740>. Acesso em: 2 mar. 2022.

BARROSO, G. F. **Development of an Evaluation Framework for Sustainable Bivalve Aquaculture: a Strategic Plan Approach in Espírito Santo, Brazil.** 2004, p. 251. Dissertation (Doctor of Philosophy in the Department of Geography) – University of Victoria, 2004.

BECKER, Berta K. O Uso Político do Território: questões a partir de uma visão do terceiro mundo. In: BECKER, Berta K.; COSTA, Rogério K.; SILVEIRA, Carmem B.; (orgs) **Abordagens Políticas da Espacialidade.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1983.

BENEDIKTSSON, J. A; SWAIN, P. H.; ERSOY, O. K. Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.** v.28, n.4, p. 540- 552, 1990.

BEZERRA, A. C. V. Discutindo o Território e a Territorialização na Saúde: Uma Contribuição às Ações De Vigilância Em Saúde Ambiental. **Revista de Geografia: Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE, Recife- PE,** v. 32, n. 3, p. 222-244, 2015.

BONILHA, G.O. **Zoneamento geoambiental mediante aplicação da Geocologia de Paisagens: ordenamento territorial do município do Rio Grande/RS.** 2019, 162 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza:** Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006.

BRASIL. **Decreto nº 115, de 17 de junho de 2010.** Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, nos Municípios de Aracruz, Fundão e Serra, no Estado do Espírito Santo. Brasília, 2010.

BRASIL. **Decreto nº 115, de 17 de junho de 2010.** Dispõe sobre a criação do Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz, no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. Brasília, 2010.

CALIMAN, A. Projeto de Macrozoneamento Costeiro do Estado do Espírito Santo – Litoral Norte. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves, p. 47, 1997.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing.** New York: The Guilford Press, p. 551, 1987.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia.** v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020.

CASTRO, T.C.S., RODRIGUES, J.D., COSTA, D.S., DINIZ, A.M.C., CAVALCANTI-SILVA, E.R.A. Mapeamento das dinâmicas espaço-temporais da cobertura vegetal e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pimenta (Maranhão - Brasil). *Meio Ambiente (Brasil)*, v.2, n.1, p.34-40, 2020.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 922-930, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000700015>

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, p. 65-121, 1980.

COMANDULLI, Carolina Schneider. Gestão territorial e ambiental de terras indígenas: fazendo planos. **RURIS** (Campinas, Online), Campinas, SP, v. 10, n. 1, 2016. DOI: 10.53000/rr.v10i1.2634. Disponível em: <https://econtents.sbu.unicamp.br/inpec/index.php/ruris/article/view/16938>. Acesso em: 22 nov. 2021.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos.** Ed. 9. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 93-148, 2009.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais.** 1. ed. Maceió: EDUFAL v. 1. p. 55, 2005.

CÔRTEZ, J. C.; D'ANTONA, Á. O. Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da Demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 31, n. 1, p. 191-210, 2014.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 211-252, 2007.

CURRAN, P. J. **Principles of Remote Sensing.** London: Longman, p. 282, 1985.

FARIA, A.L.L de; LACERDA, H.C; FONSECA, H.P. **Morfometria e delimitação de bacias a partir do ArcGis 10.1.** Geomorfologia climática e estrutural. Data completa 2016. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Viçosa- UFV.

FERRAZ, S. F. de B.; RODRIGUES, C. B.; GARCIA, L. G.; ÁLVARES, C. A.; LIMA, W. de P. Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil: moving beyond the water use debate. **Forest Ecology and Management**, v. 453, p. 1–10, 2019. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117571. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002966329>. Acesso em: 21 nov. 2021.

FERREIRA, M. M.; FIORE, F. A.; SARON, A.; DA SILVA, G. H. R. Systematic review of the last 20 years of research on decentralized domestic wastewater treatment in Brazil: state of the art and potentials. **Water Science & Technology**, v. 84, n. 12, p. 3469–3488, 2021. DOI: 10.2166/wst.2021.487. Disponível em: <https://iwaponline.com/wst/article/84/12/3469/85120/Systematic-review-of-the-last-20-years-of-research>. Acesso em: 21 dez. 2021.

FERREIRA, A.C.; LACERDA, L. D. de. Restauração de manguezais no NE do Brasil: uma contribuição unificadora para adaptação à mudança climática. **Arquivos de Ciências do Mar**, [S. l.], v. 55, n. Especial, p. 219–230, 2022. DOI: 10.32360/acmar.v55iEspecial.78185. Disponível em: <https://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/78185>. Acesso em: 21 mar. 2022.

FERREIRA, A. C.; BORGES, R.; DE LACERDA, L. D. Can Sustainable Development Save Mangroves? **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1263, 2022. DOI: 10.3390/su14031263. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1263>. Acesso em: 21 fev. 2022.

FIDELIS-MEDEIROS, F.; GRIGIO, A. M. Identificação das Unidades Homogêneas e Padrão da Ocupação Urbana (UHCT) como subsidio ao ordenamento territorial em Mossoró, RN — Brasil. **EURE** (Santiago), Santiago, v. 45, n. 135, p. 245-270, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000200245>.

FIDELMAN, P. I. J. Impactos Ambientais: Manguezais da Zona Urbana de Ilhéus (Bahia, Brasil). In: **VIII Congresso Latinoamericano Sobre Ciencias del Mar**, de 17 a 21 de outubro 1999, Trujillo, Peru (no prelo), 1999.

FISCHER, L. O. Gestão com Base Ecológica como Abordagem para o Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras: estudo de caso na bacia do rio Piraquê-açu, Aracruz/ES. 2019. 123 p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) – Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019.

FLORENCIO, C. M. D. L. **As Margens do Piraquê-Açu; Etnogênese e Território; uma abordagem Geográfica**. 2010, 162 p. (Dissertação/Centro de Ciências Humanas e Naturais) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

FLORENCIO, G. W. L.; MARTINS, F. B.; FAGUNDES, F. F. A. Climate change on Eucalyptus plantations and adaptive measures for sustainable forestry development across Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 188, p. 115538, 2022. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.115538. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669022010214>.

FRADE, C. C. F. **A Componente Ambiental no Ordenamento do Território**. Lisboa: Conselho Económico e Social, 1999.

FRANÇA, L.C.J.; MORANDI, D.T.; MENEZES, E.D.; MUCIDA, D.P.; SILVA, M.D.; LISBOA, G.S. Ecologia de paisagens aplicada ao ordenamento territorial e gestão florestal: procedimentos metodológicos. **Revista Nativa**, v. 7, n. 5, p.613-620. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7363>.

FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO (FUNAI). **Povos Indígenas**. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/povos-indigenas> Acesso em 12 jan 2022

GALVÃO, S. S. PARTICIPAÇÃO INDÍGENA NO COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ESTADO DA BAHIA. **Espaço Ameríndio**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 146, 2013. DOI: 10.22456/1982-6524.37698. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/EspacoAmerindio/article/view/37698>. Acesso em: 21 nov. 2021.

GOTTMANN, J. **The Evolution of the Concept of Territory**. Social Science Information, v. 14, n. 3-4, p. 29-47, 1975.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 652, 2008.

HIGA, R. C. V; MORA, A. L.; HIGA, A. R. **Plantio de Eucalipto na Pequena Propriedade Rural**. 2. ed. Curitiba: Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 32 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 54). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/312925/plantio-de-eucalipto-na-pequena-propriedade-rural>. Acesso em: 02 jul. 2021.

ICMBIO, INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO E BIODIVERSIDADE. **Rebio Augusto Ruschi**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mataatlantica/lista-de-ucs/rebio-de-augusto-ruschi>. Acesso em 18 dez 2021.

ICMBIO. 2019. Plano de Manejo da Reserva Biológica Augusto Ruschi. Brasília, p. 44, 2019.

ICMBIO. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. 1st ed. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; 176 p, 2018.

ICMBIO. **Área de Proteção Ambiental Costa das Algas e Refugio de Vida Silvestre de Santa Cruz**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/apacostadasalgas/>. Acesso em 2 jan, 2022.

IEMA. 2010. Plano de Manejo da Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim. Aracruz, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Terceira edição. Rio de Janeiro, RJ, Brasil; IBGE, 2013. p. 171. (Manuais Técnicos em Geociências, ISBN: 978-85-240- 4307; n. 7).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/aracruz.html>>. Acesso em 04 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/ibiracu.html>>. Acesso em 04 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/santateresa.html>>. Acesso em 04 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/joaoneiva.html>>. Acesso em 04 fev. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Teoria: Processamento de Imagens**. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/realce/realce.htm>. Acesso em 25 de nov. 2020.

LACERDA, A. E. B. de. Erva-mate sombreada: sistemas para a recomposição do dossel e da diversidade via manejo da regeneração natural. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2022. 35 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1149021/erva-mate-sombreada-sistemas-para-a-recomposicao-do-dossel-e-da-diversidade-via-manejo-da-regeneracao-natural>

LEITE, E.F.; ROSA, R. 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, 2012.

LIMA, M. S. Educação Indígena Tupinikim e Guarani. 20 Experiências de Gestão Pública e Cidadania. São Paulo: Fundação Getulio Vargas, 2001.

LIMA, A. J. R.; NERY, J. T. Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – SBGFA**, v. 1, p. 726–738, 2017. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1846. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1846>. Acesso em: 21 nov. 2021.

LU, D.; WENG, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 5, p. 823–870, 2007.

MACHADO, A. M. B.; RODRIGUES, T. C. S. Comparação de métodos de classificação para o mapeamento da cobertura da terra no setor norte da Ilha do Maranhão. **Revista Geociências Unesp**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1129-1140, 19 dez. 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/issue/view/1123>. Acesso em: 08 ago. 2020.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517-526, set. 2010

MARTINES, M. R.; MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; FERREIRA, R. V.; FANTIN, M.; TOPPA, R. H. Comparação dos classificadores Maximum Likelihood Classification e Support Vector Machine para o mapeamento de fragmentos florestais na mata atlântica. In: Anais Do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. **Anais eletrônicos**. São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/comparacao-dos-classificadores-maximum-likelihood-classification-e-support-vector-machine-para-o-mapeamento-de-fragmento>. Acesso em: 1 jan. 2022.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; ARCHANJO, J.D., **Coastal quaternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 68, p. 389-404, 1996.

MARTIN, L; SUGUIO, K; DOMINGUEZ, J.M.L; FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo). São Paulo, p. 112. 1997.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; Santa Rosa, A. N. C.; Sano, E. E.; Souza, E. B.; Baptista, G. M. M.; Brites, R. S. 2012. **Introdução ao Processamento de Imagens e Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPq, 276p.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. **Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>.

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 45, 2018. DOI: 10.5380/dma.v45i0.47280. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/47280>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MOLEDO, J. C.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. O. M.; CASADO, F. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 512-530, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11997>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MONTEIRO, S. de M. **Hidrogeoquímica dos Elementos Maiores e Traço no Sistema Estuarino Piraquê-Açu E Piraquê-Mirim**. 2015. p. 184. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Departamento de Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Aracruz, 2015.

MORAES, A.C.R. Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma Geografia do litoral brasileiro. EDUSP/HUCITEC, São Paulo – SP. p. 229, 1999.

MORAES, A. C. R. **Ordenamento territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico**. In: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: anais da Oficina sobre a Política Nacional de Ordenamento Territorial. Brasília, 13-14 de novembro de 2003. Brasília: MIN. 2005.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, p. 23, 2002. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Topo/LEB5838/Peterson/Fundamentos_energia_pos.pdf. Acesso em: 18 jul 2020.

MUELLER, C. C.; MARTINE, G.. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil - A década de 1980. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 17, n. 3, p. 407–427, jul. 1997.

NEVES, L.C.L. **Dinâmica sedimentar de uma porção do banco arenoso na desembocadura do sistema estuarino dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz – ES.**, 2013, p. 57. Dissertação (Mestrado) Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, 2013.

NOGUEIRA, A. S. Gestão de recursos naturais em áreas protegidas: diálogo interinstitucional, capital social e agência na transição para sistemas agroecológicos. **Tempo Social**, São Paulo, Brasil, v. 34, n. 3, p. 341–373, 2022. DOI: 10.11606/0103-2070.ts.2022.192812. Disponível em: <https://revistas.usp.br/ts/article/view/192812>.

OLIVEIRA, N. M. DE. TERRITÓRIO: **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, n. 17, p. 43-62, 2020.

OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 356.

OLIVEIRA, D. B. A. **Os aldeamentos indígenas do distrito de Santa Cruz (Aracruz – ES) e suas inter-relações com os manguezais da bacia do rio Piraquê-Açu: o caso das aldeias de Caieiras Velhas, Boa Esperança, Três Palmeiras e Piraquê-Açu Mirim**. (2009). P. 109. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistema) – Centro Universitário Vila Velha, 2009.

OLIVEIRA ANDREOLI, E.Z.; SILVA, F.L da; LÓPEZ, F.M.A.; MACHADO, R.; TEODORO, C.C.; BIANCHINI JÚNIOR, I.; CUNHA SANTINO, M.B.; FUSHITA, A.T.; CRESTANA, S. A Importância do Planejamento Regional Para A Manutenção De Múltiplos Usos Da Água Em Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 52, pág. 16–27, 2019. DOI: 10.5327/Z2176-947820190479. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/584. Acesso em: 21 nov. 2021.

PAZOLIN, E. V.; TATAGIBA, S. S.; GARCÍA-PRADO, J. A.; FREITAS, R. R. **Ecoturismo e preservação do manguezal: O Rio Piraquê - Açu**. Caderno Virtual de Turismo, Brasil, v. 7, n. 2, p. 57- 63, 2007.

PLANEJAMENTO MUNICIPAL. **Lei Municipal nº 4.317, de 5 de agosto de 2020**. Revisa a Lei Municipal N.º 3.143 de 30 de novembro de 2008, que dispõe sobre o desenvolvimento municipal de Aracruz, institui o Plano Diretor Municipal e dá outras providências. Aracruz, p. 178, 2020.

PONTIUS, Jr. R. G. e MILLONES, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. **International Journal of Remote Sensing**, v.32, n.15, p. 4407-4429, 2011.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. DOI: 10.1590/S0103-40142008000200004. Disponível em: <https://revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 21 nov. 2021.

PORTOCEL. 2009. Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Aricanga. Aracruz, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ (PMA). **Atrações Turísticas - Parque Natural Municipal do Aricanga "Waldemar Devens"**. Disponível em: <http://www.aracruz.es.gov.br/turismo/atracoes-turisticas/4/>. Acesso em: 1 jul. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ (PMA). **Atrações Turísticas - Aldeias Indígenas de Aracruz**. Disponível em: <http://www.pma.es.gov.br/turismo/atracoes-turisticas/19>. Acesso em: 11 jan. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ (PMA). **Conheça Aracruz**. Disponível em: <http://www.pma.es.gov.br/turismo/conheca/>. Acesso em: 1 jun. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO NEIVA (PMJN). **História**. Disponível em: <https://www.joaoneiva.es.gov.br/pagina/ler/14/historia>. Acesso em: 21 jan. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA TERESA (PMST). **História**. Disponível em: <https://www.santateresa.es.gov.br/pagina/view/1>. Acesso em: 18 jan. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ (PMA). Secretaria Municipal de Turismo e Cultura – SEMTUR. **Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim**. Aracruz, 2020. Disponível em: <http://www.aracruz.es.gov.br/servicos/informacoes/>. Acesso em 01 jul. 2020.

PRENZEL, B. Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. **Progress in Planning**, v. 61, n 4, p. 281–299, 2004.

QUEIROZ, A. F.; ESPEJO, M.M. dos S. B.; MALTA, M. C. M.; MENDIETA, F. H. P. ENTENDENDO A Importância do Controle Gerencial Para a Performance Econômica Na Agricultura Familiar. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, [S. l.], v. 25, p. 2002.

ROSA, R. M.; FERREIRA, V. de O. Proposta de zoneamento ambiental para bacias hidrográficas: Aplicação na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), São Paulo, Brasil, v. 26, n. 2, p. 50–76, 2022. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2022.180525. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geousp/article/view/180525>.

ROVAI, A. S.; TWILLEY, R. R.; WORTHINGTON, T. A.; RIUL, P. Brazilian Mangroves: Blue Carbon Hotspots of National and Global Relevance to Natural Climate Solutions. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 4, article 787533, 2022. DOI: 10.3389/ffgc.2021.787533. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/forests-and-global-change/articles/10.3389/ffgc.2021.787533/full>. Acesso em: 21 fev. 2022.

SANTOS, T. C. **Algumas considerações preliminares sobre Ordenamento Territorial**. In: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento

Regional. Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: anais da Oficina sobre a Política Nacional de Ordenamento Territorial. Brasília, 13-14 de novembro de 2003. Brescia: MIN. 2005.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; SAQUET, M. A.; CICHOSKI, P. Considerações sobre a concepção de Geografia, espaço e território na obra de Bertha Becker. Anais do **21º Encontro Nacional de Reforma Agrária**, Uberlândia, UFU, 15 a 19 de outubro. 1-22, 2012

SANTOS, L. C. M.; GASALLA, M. A.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; BITENCOURT, M. D. Socio-ecological assessment for environmental planning in coastal fishery areas: a case study in Brazilian mangroves. **Ocean & Coastal Management**, v.138, p.60-69, 2017. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2017.01.009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/174075>. Acesso em: 21 nov. 2021

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (Coord.). **Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum**. São Paulo, 1999. p. 119. (Programa Nacional da Diversidade Biológica – Pronabio. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – Probio. Subprojeto Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha.). Disponível em: https://renamanbrasil.webnode.com/_files/200000003-16b1916b1b/manguezal_marisma_apicum.pdf. Acesso em: 3 jun 2020

SILVA, M. J. G. da; QUERINO, C. A. S; SANTOS NETO, L. A. dos; MACHADO, N. G; MILITÃO, J. S; BIUDES, M. S. Efeito da mudança na ocupação do solo sobre o clima de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 43, p. 232, 2018. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v43i0.48753>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/48753>. Acesso em: 02 ago. 2020.

SILVA, J. B. da. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal em Pernambuco**. 2012. 188 p. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10792>. Acesso em: 02 jul. 2020.

SILVA, A. E. Caracterização Morfo-sedimentar e Setorização do Sistema Estuarino dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim e da Plataforma Continental Interna Adjacente, Aracruz – ES. 2012. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, 2012.

SILVA, M. A. da. **Geotecnologia aplicada ao ordenamento territorial do município de Porto Nacional, Tocantins**. 2013. 243 p. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVA, M. A. S.; FARIA, A. L. L. Avaliação do impacto do evento climático extremo em manguezais do Litoral Sudeste brasileiro com sensoriamento remoto. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 1, 2022. DOI: [10.14393/SN-v34-2022-64352](https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-64352). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/64352>. Acesso em: 5 jul. 2022.

SPOLIDORIO, P.C.M. As Contribuições do Direito Francês à Gestão Ecológica das Águas na Zona Costeira Brasileira: O uso do Plano de Bacia Hidrográfica como instrumento jurídico de integração. 2018. p. 147. Dissertação (Mestrado em Direito) Universidade de Brasília, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Espírito Santo**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em: 21 jan. 2022.

STRAHLER, A. N. Las aguas de escorrentía y de saturación. In: STRAHLER, A. N. **Geografía física**. Barcelona: Ediciones Omega S. A. p.449-475, 1979.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 1.222, 1998.

SUZANO. **História**. Disponível em: <https://www.suzano.com.br/a-suzano/historia/>. Acesso em: 02 jan. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

TUNDISI, J. E. M. **Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos**. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Médio Tocantins/ José Eduardo Matsumura Tundisi. – São Carlos. UFSCar, 152p, 2006.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY-USGS. **EarthExplorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 11 mar. 2021.

VAEZA R.F; OLIVEIRA, P. C. de F; DISPERATI, A. A; MAIA, A. G. Uso e ocupação do solo a partir de imagens orbitais de alta resolução para estudo em bacia hidrográfica em área urbana. In: **Anais do XIX Seminário de Pesquisa; Anais da XIV Semana de Iniciação Científica**; 2008; Irati. Irati, PR: Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; 2008

_____. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.003>. Disponível em: <https://www.floram.org/article/doi/10.4322/floram.2011.003>. Acesso em: 17 abr. 2021.

WWF - WWF Brasil. Disponível em <http://www.wwf.org.br>. Acesso em 08 de jan 2022.