



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Programa de Pós-Graduação em Gestão e  
Regulação de Recursos Hídricos

Tamires Corrêa Lima

**Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia  
hidrográfica do Rio Guandu/RJ**

Rio de Janeiro

2024

Tamires Corrêa Lima

**Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na  
bacia hidrográfica do Rio Guandu/RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Dourado

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/CTCC

L732 Lima, Tamires Corrêa.  
Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na  
bacia hidrográfica do Rio Guandu/RJ/ Tamires Corrêa Lima. –  
2024.  
78 f.: il.

Orientador: Francisco Dourado.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio  
de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências.

1. Bacia hidrográfica - Teses. 2. Recursos hídricos -  
Desenvolvimento - Teses. 3. Rio Guandu (RJ) – Teses. 4.  
Água - Qualidade - Teses. I. Dourado, Francisco. II.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de  
Tecnologia e Ciências. III. Título.

CDU 556.51(815.3)

Bibliotecária responsável: Ingrid Pinheiro / CRB-7: 7048

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial  
desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Tamires Corrêa Lima

**Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia  
hidrográfica do Rio Guandu/RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovada em 26 de março de 2024.

Orientador Prof. Dr Francisco Dourado

Faculdade de Geologia - UERJ

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr Francisco Dourado

Faculdade de Geologia - UERJ

---

Prof. Dr Júlio Cesar da Silva

Silva Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr Daniel Augusto Bozoti Pasin

Faculdade de Geologia - UERJ

Rio de Janeiro

**2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter possibilitado que eu tivesse saúde e determinação para não desistir durante as dificuldades.

A minha família pelo apoio, amor e dedicação de sempre.

Aos meus amigos que respeitaram a minha ausência nas comemorações, festas e afins. Agora precisarei de novas desculpas para continuar não indo. Vocês são e sempre serão o meu refúgio.

Ao professor Dr. Francisco Dourado, por ter sido mais que um orientador, um amigo nos momentos difíceis que surgiram pelo caminho. Por ter entendido o momento certo de ser cada coisa; amigo, professor e orientador. E ao ser, ter desempenhado cada papel com empatia, carinho, humanismo e bom humor.

Aos professores do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Prof. Água), em especial o professor Dr. Júlio César da Silva, à professora Dr.<sup>a</sup> Cleonice Puggian, que participaram da minha banca e ao coordenador do curso Dr. Friedrich Wilhelm Herms, pela atenção e ajuda nos momentos de dificuldade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof. Água da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico científico oferecido, à ANA e à CAPES pelo apoio ao Prof. Água até o momento.

## RESUMO

LIMA, Tamires Corrêa. **Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Guandu/RJ**. 2024. 78 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

O uso inadequado e a ocupação desordenada do solo resultam em diversos impactos ambientais, em especial quando se trata dos recursos hídricos. A bacia hidrográfica do Rio Guandu, importantíssima para o abastecimento de grande parte da área urbana do Rio de Janeiro, vem sofrendo os efeitos desses impactos. O nível significativo e progressivo de degradação ambiental na região afeta diretamente a qualidade das águas. Motivado pela Política Nacional de Recursos Hídricos, este estudo foi conduzido com o objetivo de integrar a gestão dos recursos hídricos com o manejo do solo, por meio de análise temporal da dinâmica de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Para isso, foi utilizado o projeto MapBiomas (coleção 6) e técnicas de Geoprocessamento, incluindo o software QGIS e a plataforma Google Earth Engine (GEE). O estudo seguiu uma abordagem quantitativa aplicada, com objetivos descritivos, e se baseou na análise de documentos, incluindo a classificação de imagens de satélite. O resultado deste trabalho é um atlas que apresenta mapas do uso e ocupação do solo no período de 1985 a 2020, com intervalos quinquenais. Por meio desse mapeamento, foi possível observar o crescimento das áreas urbanas em detrimento das áreas de pastagens. Além disso, destacou-se o crescimento da atividade mineradora e a contribuição dos projetos de reflorestamento para a preservação da cobertura florestal. O estudo também promoveu discussões sobre os desafios enfrentados na gestão dos recursos hídricos em face desses resultados. Esse produto têm o potencial de auxiliar os órgãos responsáveis pelos comitês de Bacia na tomada de decisões, contribuindo para uma gestão mais eficaz e consistente.

Palavras-chave: Google Engine; Bacia Hidrográfica do Rio Guandu; dinâmica temporal.

## ABSTRACT

LIMA, Tamires Corrêa. **Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Guandu/RJ**. 2024. 78 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Inappropriate use and disorderly occupation of land can result in various environmental impacts, especially when it comes to water resources. The Guandu River basin, vital for supplying a large part of Rio de Janeiro's urban area, is already suffering the effects of these impacts. The significant and progressive level of environmental degradation in the region directly affects water quality. Motivated by the National Water Resources Policy, this study was conducted with the objective of integrating water resources management with soil management, through a temporal analysis of the dynamics of land use and occupation in the Guandu River Basin. For this, the MapBiomas project (collection 6) and Geoprocessing techniques were used, including the QGIS software and the Google Earth Engine (GEE) platform. The study followed an applied quantitative approach, with descriptive objectives, and was based on document analysis, including the classification of satellite images. The result of this work is an atlas that presents maps of land use and occupation from 1985 to 2020, at five-year intervals. Through this mapping, it was possible to observe the growth of urban areas at the expense of pasture areas. Furthermore, the growth of mining activity and the contribution of reforestation projects to the preservation of forest cover were highlighted. The study also promoted discussions about the challenges faced in the management of water resources in light of these results. These discussions have the potential to assist the bodies responsible for the Basin committees in making decisions, contributing to more effective and consistent management.

Keywords: Google Engine; Guandu River Hydrographic Basin; temporal dynamics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regiões Hidrográficas do Brasil .....	18
Figura 1 – Divisão das regiões hidrográficas do Estado .....	22
Figura 3 – Complexo Hidrelétrico .....	24
Figura 4 – Modo de organização da equipe do MapBiomias .....	30
Figura 5 – Fluxograma de geração de mapas através de MapBiomias .....	31
Figura 6 – Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável .....	32
Figura 7 – Visão geral dos areas em Seropédica.....	49
Figura 8 – Serra de Miguel Pereira no ano de 2007.....	53
Figura 9 – Serra de Miguel Pereira no ano de 2017.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das Regiões Hidrográficas brasileiras (RH) e desafios associados com a Gestão de Recursos Hídricos (GRH).....	19
Tabela 2 – Rios constituintes da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.....	37
Tabela 3 – Classes adotadas para a classificação.....	42
Tabela 4 – Panorama do saneamento básico por município.....	46
Tabela 5 – Valores de extensão de plantio de soja e mosaico de colheitas.....	47
Tabela 6 – Valores de extensão de mineração de floresta plantada.....	48
Tabela 7 – Valores de extensão de formação florestal e restinga arborizada.....	52
Tabela 8 – Valores de extensão de pastagem e mosaico de usos.....	55
Tabela 9 - Valores de extensão de manguee áreas pantanosas.....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição geral de classes de solo.....	44
Gráfico 2 – Gráfico combinado na variação percentual de área urbanizada em relação à área.....	45
Gráfico 3 – Gráfico combinado da variação percentual de mosaico de colheitas em relação à área.....	47
Gráfico 4 – Gráfico combinado da variação percentual de mineração em relação à área.....	51
Gráfico 5 - Gráfico combinado da variação percentual de floresta plantada em relação à área.....	51
Gráfico 6 – Gráfico combinado da variação percentual de formação florestal em relação à área.....	54
Gráfico 7 – Gráfico combinado da variação percentual de restinga arborizada em relação à área.....	54
Gráfico 8 – Gráfico combinado da variação percentual de pastagem em relação à área.....	56
Gráfico 9 - Gráfico combinado da variação percentual de mosaico de usos em relação à área.....	56
Gráfico 10 – Gráfico combinado da variação percentual de mangue em relação à área.....	57
Gráfico 11 – Gráfico combinado da variação percentual de área pantanosa em relação à área.....	58
Gráfico 12 - Gráfico combinado da variação percentual de mangue em relação à área.....	58

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu .....	34
Mapa 2 – Perfil de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Guandu .....	36
Mapa 3 – Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.....	38
Mapa 4 – Pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Áreas de preservação permanente
BHRG	Bacia Hidrográfica do Rio Guandu
CEDAE	Companhia Estadual de Água e Esgoto
CERHI-RJ	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro
CT	Coliformes Totais
CSV	Valores Separados por vírgula
DRM/RJ	Departamento de Recursos Minerais – RJ
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
ETA	Estação de tratamento de água
GEE	Google Earth Engine
GRH	Gestão de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
ITPA	Instituto Terra de Preservação Ambiental
IQA	Índice de Qualidade de Água
ODS	Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
ONGs	Organizações não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PNDF	Plano Nacional de Florestas Plantadas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QGIS	Quantum Gis
RH	Região Hidrográfica
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	16
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
2.1	<b>Geral</b> .....	17
2.2	<b>Específicos</b> .....	17
3	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
3.1	<b>Bacias Hidrográficas do Brasil</b> .....	18
3.2	<b>Particularidade da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu</b> .....	24
3.3	<b>A Política Nacional de Recursos Hídricos</b> .....	25
3.4	<b>Sensoriamento Remoto</b> .....	26
3.4.1	Google Earth Engine.....	27
3.4.2	Projeto MapBiomas .....	28
3.5	<b>Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS</b> .....	31
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	34
4.1	<b>Localização e caracterização da área de estudo</b> .....	34
4.2	<b>Procedimentos metodológicos</b> .....	40
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
5.1	<b>Desafios para a gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu</b> .....	59
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	64
	<b>ANEXO A – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 1985</b> .....	68
	<b>ANEXO B – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 1990</b> .....	69
	<b>ANEXO C – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 1995</b> .....	70
	<b>ANEXO D – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2000</b> .....	71
	<b>ANEXO E – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de</b>	

2005.....	72
<b>ANEXO F</b> – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2010.....	73
<b>ANEXO G</b> – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2015.....	74
<b>ANEXO H</b> – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2020.....	75
<b>ANEXO I</b> – Tabela de uso e ocupação do solo entre o período de 1985 e 2020.....	70
<b>ANEXO J</b> – Tabela de uso e ocupação do solo entre o período de 1985 e 2020.....	70

## INTRODUÇÃO

O uso da água vem crescendo globalmente aproximadamente 1% ao ano desde a década de 1980, em função de fatores como o crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e as mudanças nos padrões de consumo. Acredita-se que essa demanda continue crescendo em uma taxa similar até 2050, estimando-se um crescimento de 20 a 30% acima do nível atual de uso da água, principalmente em função de maiores demandas industriais e residenciais. Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países com alto índice de estresse hídrico, e aproximadamente 4 bilhões de pessoas sofrem, em algum grau, com a escassez de água pelo menos uma vez ao ano. Os níveis de estresse continuarão a crescer conforme crescem as demandas por água e se intensificam as mudanças climáticas (UNESCO, 2019).

O crescimento da demanda hídrica no país associado a fatores como o uso inadequado do solo e da água tem provocado sérios impactos negativos à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, resultando em escassez hídrica (LIMA et al., 2001). Um dos principais desafios identificados, sobretudo em áreas mais densamente habitadas do país, como a região Sudeste, onde se situa a área deste estudo, refere-se à poluição hídrica. Essa problemática resulta na diminuição da disponibilidade de água para atender às diversas demandas.

A fonte de abastecimento de água para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e alguns municípios da Baixada Fluminense provém da bacia hidrográfica do Rio Guandu, objeto do estudo em questão. Essa região desempenha um papel fundamental no fornecimento de água para 9,4 milhões de pessoas que residem na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Além disso a água tratada também é usada para a geração de energia elétrica e para fins industriais. Assim, embora a maior demanda para abastecimento humano no estado esteja na Região Hidrográfica V (RH-V), a maior parte da água que atende a esta demanda provém da RH-II, através de captação da CEDAE no Rio Guandu (INEA, 2014). Embora a disponibilidade e qualidade deste recurso tenha ganho mais visibilidade no episódio de 2020, quando se observou alta turbidez, odor e sabor desagradáveis na água que abastece a população da Região metropolitana do Rio de Janeiro, associados a presença de uma substância similar à geosmina, a BHRG passa por situações de escassez hídrica constantemente, devido à extrema queda nas vazões do Rio Paraíba

do Sul, decorrentes do regime pluvial, e a conseqüente redução do volume transposto (ELIZARDO, 2015).

Entre as diretrizes gerais citadas para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, segundo a Lei nº 9.433 de 199, consta a articulação da gestão de recursos hídricos com o uso do solo. Sendo assim, o mapeamento temporal da cobertura e do uso do solo torna-se relevante na gestão das bacias hidrográficas. Acredita-se que o monitoramento de uso e ocupação do solo tendem a ser uma importante ferramenta para auxiliar na elaboração de políticas públicas para a gestão de recursos naturais, em nível municipal, estadual e federal. (Jansen & Di Gregório, 2004; Southworth et al., 2004; Mendoza et al., 2011).

A proposta deste trabalho consiste em um estudo de caso da BHRG, localizada na RH-II, que busca analisar as mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal de forma temporal lançando mão de técnicas de sensoriamento remoto.

## 1 JUSTIFICATIVA

A Bacia hidrográfica do Rio Guandu (BHRG) embora esteja inserida na região hidrológica II (RH-II), é uma das principais bacias responsáveis por abastecer a região hidrográfica V (RH-V), sendo responsável pelo abastecimento de 85 % do Município do Rio de Janeiro e cerca de 70 % dos municípios da Baixada Fluminense. De acordo com CNEC (2004), atualmente o rio Guandu tem sido a única solução viável para o abastecimento ora em questão, pois a revisão do plano diretor de abastecimento de água da região metropolitana oeste revelou a inexistência de outras fontes além daquelas já amplamente estudadas, e que já abastecem a região, tais como: o próprio rio Guandu, o reservatório de Ribeirão das Lajes, o sistema Acari e os mananciais locais de pequeno porte. Sendo assim, os estudos voltados para esta região são de grande relevância. Entretanto, apesar do seu potencial hídrico, a área de estudo deste trabalho, vem sofrendo ao longo dos anos com a devastação da sua área de vegetação natural, em detrimento da expansão agrícola e urbana. Além disso, outros problemas ambientais ameaçam a bacia hidrográfica do Rio Guandu, e conseqüentemente a população que depende dela, como a extração de areia e a falta de investimentos em saneamento básico. Diante dos fatos mencionados e do texto da Política Nacional de Recursos Hídricos, que incentiva a articulação da gestão de bacias hidrográficas com o uso do solo se apoia este trabalho. Embora, existam muitos estudos realizados na Bacia hidrográfica do Guandu, ainda é carente um estudo de uso e ocupação do solo, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, que seja robusto, que estabeleça todas as classes de representações de uso e ocupação do solo e que tenha uma temporalidade de quase cinquenta anos de análise. Sendo assim, essa análise temporal da BHRG e o produto que este trabalho se propõe a entregar será uma importante fonte de dados e auxiliará os órgãos competentes e aos interessados nas tomadas de decisão.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Examinar a evolução temporal e espacial do uso do solo e da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio Guandu, no estado do Rio de Janeiro, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, com o objetivo de produzir materiais que auxiliem na gestão dos recursos hídricos. Além disso, busca-se incentivar e fornecer suporte para pesquisas futuras.

### 2.2 Específicos

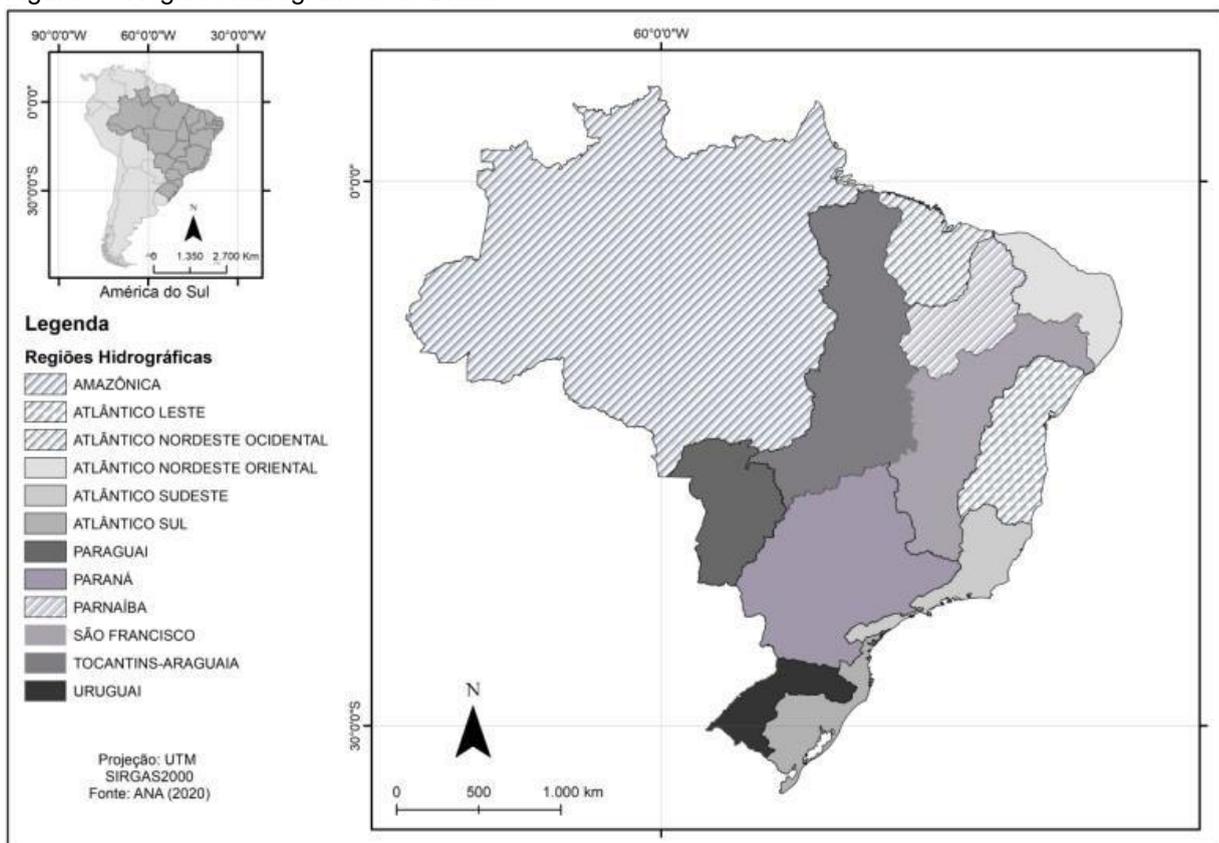
- Definir o polígono georreferenciado da área de estudo no ArcGis e exporta-lo em formato *Shapefile*.
- Realizar a autenticação no *Google Earth Engine*.
- Organizar os dados utilizando o software Excel.
- Calcular as variações percentuais das categorias de uso e ocupação do solo.
- Produzir os mapas utilizando o software Qgis.
- Pesquisar na literatura por tendências que fundamentem as dinâmicas identificadas no uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.
- Analisar a evolução temporal do padrão de utilização e ocupação territorial na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.
- Compreender os efeitos que os diversos tipos de uso e ocupação do solo exercem sobre os principais corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Bacias Hidrográficas do Brasil

Para fins de gerenciamento dos recursos hídricos e elaboração de estratégias, o Brasil é dividido em 12 grandes regiões hidrográficas (Figura 1, Tabela 1).

Figura 1 - Regiões hidrográficas do Brasil



Fonte: ANA (2019)

Tabela 1 - Descrição das Regiões Hidrográficas brasileiras (RH) e desafios associados com a Gestão de Recursos Hídricos (GRH).

RH	Descrição	Desafios para aGRH
1	Ocupa 45% do território nacional, abrangendo sete Estados (Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso). Possui uma extensa rede de rios com grande abundância de água, sendo os mais conhecidos: Amazonas, Xingu, Solimões, Madeira e Negro. A densidade populacional é 10 vezes menor que a média nacional, entretanto, a região concentra 81% da disponibilidade de águas superficiais do país. Cerca de 85% da área da RH Amazônica permanece com cobertura vegetal nativa.	Desmatamento, saneamento ambiental, eventos críticos, hidroeletricidade enavegação.
2	Corresponde a 10,8% do território brasileiro, abrangendo seis estados: Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Distrito Federal. Na Região, estão presentes os biomas Floresta Amazônica, ao norte e noroeste, e Cerrado nas demais áreas. A precipitação média anual na região é bem menor do que a médianacional. Possui grande potencial turístico: pesca esportiva, turismo ecológico, praias fluviais, a maior ilha fluvial do mundo (Ilha do Bananal), o polo turístico de Belém, o Parque Estadual do Jalapão (TO) e o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (GO).	Saneamento ambiental, energia, navegação, turismo, irrigação edesmatamento
3	Ocupa 3% do território nacional, abrangendo quase a totalidade do estado do Maranhão e pequena parcela do Pará. O uso urbano da água é preponderante e estão presentes na região três biomas brasileiros: Caatinga, Cerrado e Amazônico	Criticidade hídrica, saneamento ambiental, desmatamento e assoreamento.
4	Ocupa 3,9% do território brasileiro, abrangendo três estados: Ceará, Piauí e Maranhão. Em grande parte localizada, no semiárido brasileiro, caracteriza -se pela intermitência das chuvas, com precipitação média anual muito abaixo da médianacional. O principal uso da água na região é a irrigação.	Eventos críticos deseca, abastecimento urbano, irrigação, usos múltiplos.
5	Ocupa 3,4% do território nacional, abrangendo seis estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. A densidade demográfica da região é cerca de 4 vezes maior do que a média brasileira. Quase a totalidade de sua área pertence à Região do Semiárido Brasileiro, caracterizada por apresentar períodos de estiagens prolongadas e temperaturas elevadas durante todo o ano. Possui a menor disponibilidade hídrica do Brasil	Baixa oferta de água, seca, desertificação, transposição do rio São Francisco, qualidade de água, degradação ambiental.

6	Ocupa 7,5% do território brasileiro, abrangendo sete estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe Goiás e Distrito Federal. A precipitação média anual na RH São Francisco é muito abaixo da média nacional, apresentando frequentes situações de escassez de água. Entretanto, a RH tem importante papel na geração de energia para a região nordeste.	Eventos críticos de seca, abastecimento urbano, qualidade da água, irrigação, potencial hidroenergético e navegação.
7	Ocupa 3,9% do território do país, abrangendo quatro Estados (Bahia, Minas Gerais, Sergipe e Espírito Santo). Grande parte de sua área está situada na região semiárida, que possui períodos de prolongadas estiagens. A RH Atlântico Leste possui a segunda menor disponibilidade hídrica, dentre as doze regiões hidrográficas brasileiras.	Irrigação, indústria, abastecimento público, qualidade da água e disponibilidade hídrica.
8	Ocupa 2,5% do território nacional e abrange cinco estados: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. É a região hidrográfica mais povoada, com densidade demográfica seis vezes maior que a média brasileira. Apresenta alta diversidade de atividades econômicas e significativo parque industrial, constituindo-se em uma das regiões mais economicamente desenvolvidas do país.	Poluição hídrica, irrigação, abastecimento urbano e industrial de água.
9	Ocupa 10% do território brasileiro, abrangendo sete estados: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal. É a região mais populosa e de maior desenvolvimento econômico do país. Por isso, possui as maiores demandas por recursos hídricos, tendo como destaque o uso industrial. É também a região com maior área irrigada e maior aproveitamento do potencial hidráulico disponível.	Abastecimento urbano, qualidade da água, conflitos pelos usos da água, vulnerabilidade a inundações.
10	Ocupa 4,3% do território brasileiro, abrangendo parte dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o que inclui a maior parte do Pantanal Matogrossense, a maior área úmida contínua do planeta. A densidade demográfica da região é cerca de 3,5 vezes menor que a média nacional.	Erosão, assoreamento, navegação, hidroeletricidade e poluição hídrica.
11	Ocupa cerca de 3% do território brasileiro, abrangendo porções dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A região possui atividades agroindustriais desenvolvidas e grande potencial hidrelétrico. O clima é temperado, com chuvas distribuídas ao longo de todo o ano, mas com maior concentração no inverno (maio a setembro).	Aproveitamento hidroelétrico, irrigação, saneamento ambiental e eventos críticos de cheias.
12	Ocupa 2,2% do território nacional e abrange parte dos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.	Qualidade de água, cheias e

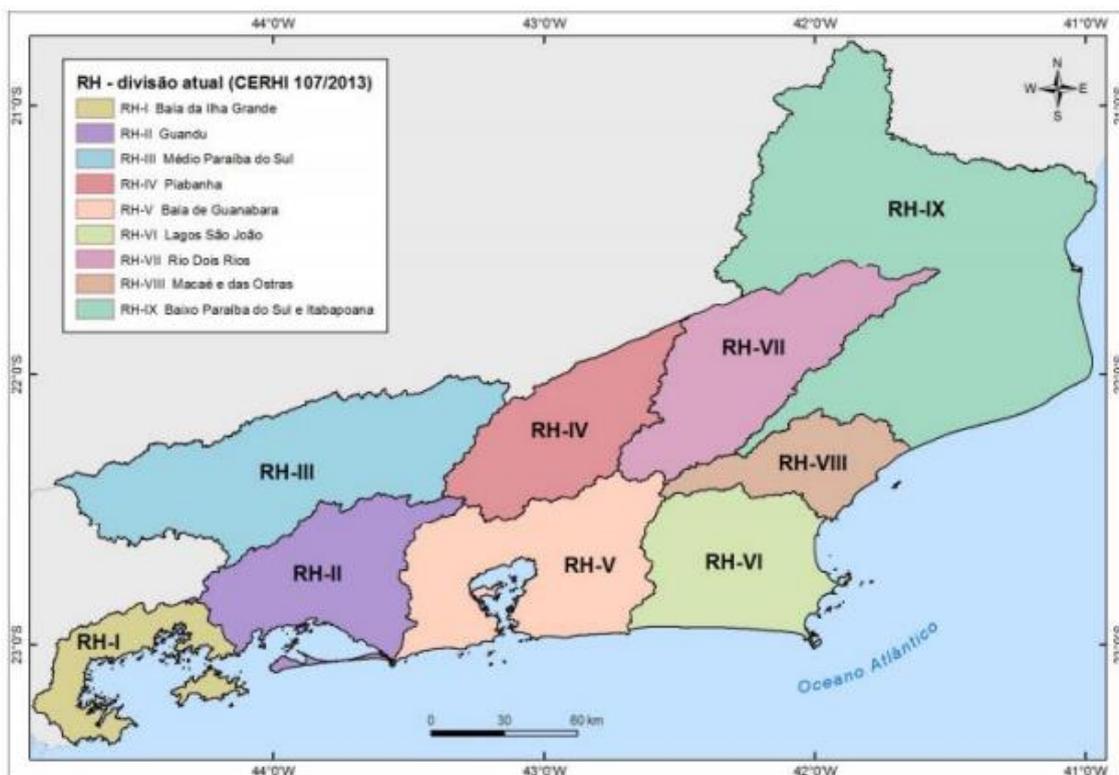
	Destaca -se por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância turística. Possui densidade demográfica cerca de 3 vezes maior que a média brasileira. Ocupa 2,2% do território nacional e abrange parte dos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Destaca -se por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância turística. Possui densidade demográfica cerca de 3 vezes maior que a média brasileira.	irrigação
--	---	-----------

1 = Região Hidrográfica Amazônica, 2 = Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, 3 = Atlântico Nordeste Ocidental, 4 = Região Hidrográfica Paraíba, 5 = Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, 6 = Região Hidrográfica São Francisco, 7 = Região Hidrográfica Atlântico Leste, 8 = Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, 9 = Região Hidrográfica Paraná, 10 = Região Hidrográfica Paraguai, 11 = Região Hidrográfica Uruguai, 12 = Região Hidrográfica Atlântico Sul.

Fonte: ANA (2019)

No Estado do Rio de Janeiro a descentralização da gestão de recursos hídricos e a gestão participativa é favorecida subdivisão em nove regiões hidrográficas estabelecidas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, promulgadas através da Resolução nº 107/2013, em revisão à Resolução nº 18/2006, tendo como um dos grandes objetivos potencializar a gestão das águas no território Fluminense. A Região Hidrográfica do Rio de Janeiro RH-RJ, pertencente à Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, foi estabelecida pela Resolução nº 18/2006, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ), e revisada pela CERHI-RJ nº 107, de 22/05/2013, que estabeleceu nove RHs: I) Ilha Grande; II) Guandu; III) Médio Paraíba; IV) Piabanha; V) Baía de Guanabara; VI) Lagos São João; VII) Rio Dois Rios; VIII) Macaé e das Ostras; e IX) Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

Figura 02 – Divisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: INEA, 2013.

A Região Hidrográfica II (RH II), onde está inserida a bacia hidrográfica do Rio Guandu, abrange 15 municípios e compreende o maior manancial fornecedor de água para a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guandu – CEDAE (SILVA et al., 2001).

A Região Hidrográfica II, conforme definida pela Resolução CERHI-RJ nº 197/2013, é composta pelas seguintes Bacias Hidrográficas: Santana, São Pedro, Macaco, Ribeirão das Lajes, Guandu (Canal São Francisco), Rio da Guarda, Contribuintes à Represa de Ribeirão das Lajes, Canal do Guandu, Guandu-Mirim, Contribuintes ao Litoral de Mangaratiba e de Itacurussá, Mazomba, Piraquê ou Cabuçu, Canal do Itá, Ponto, Restinga de Marambaia, Bacia do Portinho e Piraí. Dentre essas bacias, destacam-se as seguintes:

a) Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. O rio Guandu, com área de 1.385 Km<sup>2</sup> e 48 Km até a foz, é formado pela confluência dos rios Santana e Ribeirão das Lajes. No seu curso final leva o nome de canal do São Francisco;

b) Bacia Hidrográfica do Rio Guandu Mirim. O rio Guandu Mirim, abrange 190 Km<sup>2</sup>, é formado pela confluência dos rios da Prata do Medanha e Sapê, ingressa no Canal

D. Pedro II e, posteriormente, no Canal do São Francisco, desaguando na baía de Sepetiba;

c) Bacia Hidrográfica do Rio da Guarda. O rio Guandu Mirim é formado pela confluência dos rios Piloto com valão dos Bois, abrangendo 346 Km<sup>2</sup>, desagua na baía de Sepetiba.

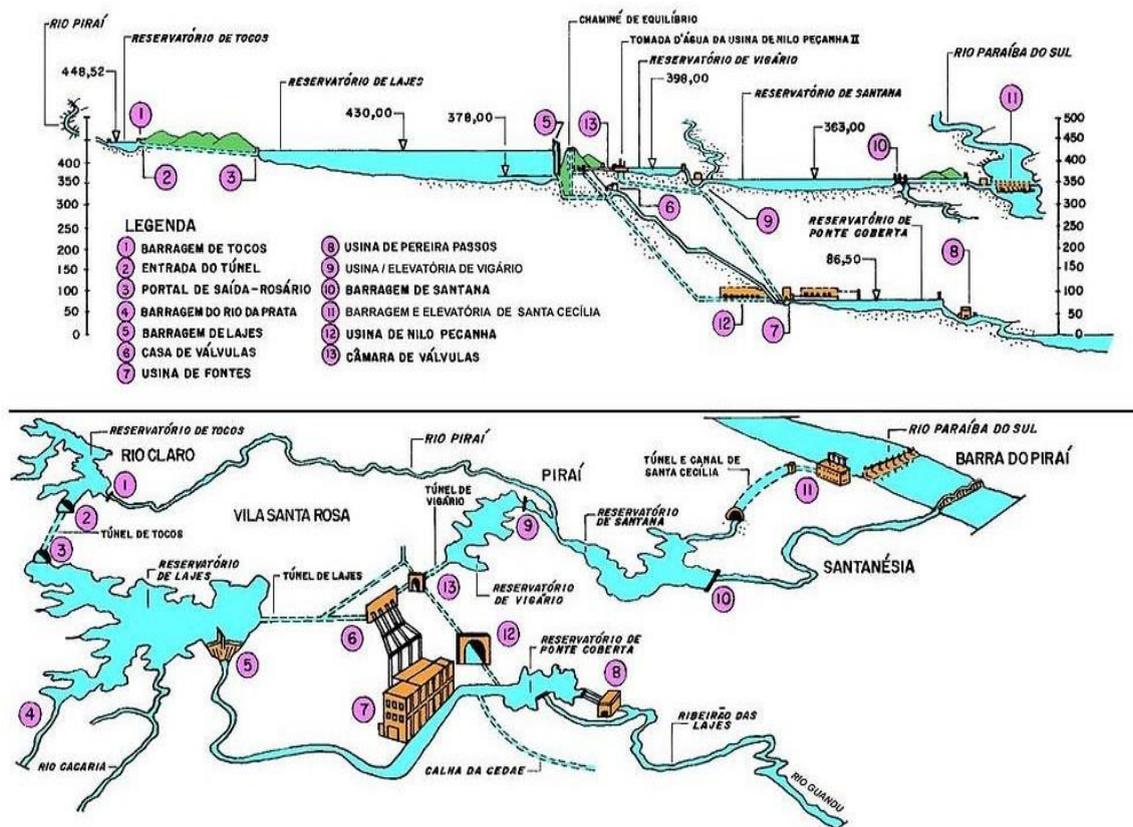
A bacia hidrográfica do Rio Guandu é responsável por cerca de 80% do abastecimento de água e 25% da energia elétrica gerada para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, onde beneficia aproximadamente sete milhões de pessoas (ANA, MMA, 2006). Dados mais recentes apontam que o percentual de pessoas residentes na RH-II atendidas pelo sistema público de abastecimento é de 96,5%. Excluindo-se o Rio de Janeiro, que possui o maior índice de abastecimento da RH-II, esse percentual diminui para 89,4%, abaixo da média da região Sudeste (91,2%). Esse déficit no atendimento faz com que uma parte da população busque utilizar fontes alternativas de abastecimento. Recentemente, foram identificadas mais de cinquenta minas d'água e poços rasos utilizados para abastecimento humano na RH-II para uso coletivo (AGEVAP, 2017).

Além disso, a bacia possui como instância de gestão um dos mais atuantes comitês de bacia hidrográfica de todo o Brasil, instituído em 2002 através do Decreto Estadual nº 31.178, o órgão é um colegiado com competências consultivas, normativas e deliberativas, ligado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (CERHI-RJ), parte integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Agência de Bacia (Agevap) é considerada a entidade jurídica que executa as ações deste órgão. Conforme enfatizado por Garbocci (2012), a bacia hidrográfica do Rio Guandu se destaca como a mais importante, estratégica e vital. Essa singularidade decorre de sua relevância para a subsistência e o desenvolvimento da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (RMRJ). As águas provenientes dessa bacia abastecem a segunda maior região metropolitana do país, desempenhando um papel essencial no funcionamento de hidrelétricas e termelétricas. Além disso, a bacia contribui significativamente para o processo produtivo de centenas de indústrias destacadas no cenário nacional, as quais não apenas geram empregos, mas também proporcionam renda para milhares de residentes fluminenses.

### 3.2 Particularidade da bacia hidrográfica do Rio Guandu

Grande parte da capacidade de abastecimento da RH-II ocorre em função do Complexo Hidrelétrico de Lajes (figura 1), o maior conjunto de estruturas hidráulicas do estado do Rio de Janeiro. Apesar da sua importância no setor elétrico, propósito da sua construção, o seu maior impacto na vida da população ocorre pelo abastecimento hídrico. Ele é formado por cinco usinas, sendo três geradoras (Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos) e duas elevatórias (Santa Cecília e Vigário), e seis reservatórios de água. As usinas elevatórias são as responsáveis pela transposição de uma vazão de cerca de  $150\text{m}^3/\text{s}$  dos Rios Paraíba do Sul e Pirai, pertencentes à bacia do Rio Paraíba do Sul ( $57.000\text{km}^2$ ), para a bacia do Rio Guandu ( $1.400\text{km}^2$ ) (AGEVAP, 2018).

Figura 3 – Complexo Hidrelétrico de Lajes.



Fonte: LABHID da COPPE.

As águas do rio Paraíba do Sul são recalçadas a uma altura de aproximadamente 15 m através de um túnel e encaminhadas ao reservatório de Santana, construído a partir de outro barramento do Rio Pirai (REIS FILHO, 2013). Do reservatório de Santana, as águas são novamente recalçadas ao reservatório de Vigário. As águas acumuladas em Vigário são desviadas por gravidade à vertente atlântica da serra do Mar. Desse arranjo, foi construída a usina hidrelétrica de Nilo Peçanha, Fontes Velhas, Fontes Novas e Pereira Passos (CAMPO, 2001). Passadas essas usinas a água são lançadas no reservatório de ponte coberta retornando à jusante o leito do Ribeirão das Lajes. A confluência do rio Ribeirão das Lajes com Rio Santana, origina o Rio Guandu, desembocando na baía de Sepetiba através de seu prolongamento denominado Canal de São Francisco.

Apesar do porte desta transposição, o sistema Paraíba do Sul-Guandu apresenta alguns pontos delicados, afirma Araújo (2020). O autor cita especificamente dois pontos mais sensíveis da estrutura de transposição do Paraíba do Sul gerido pela Light: um túnel que liga a elevatória de Santa Cecília, em Barra do Pirai, ao reservatório de Santana, e uma tubulação que liga o reservatório de Vigário à hidrelétrica Nilo Peçanha, em Pirai. “É como se o Grande Rio fosse abastecido por uma enorme piscina, mas dotada de apenas único canudo para drenar todo o líquido”, afirma o autor. Isso porque existe uma parte da infraestrutura da Light na qual a empresa não pode realizar manutenção por conta da impossibilidade de parar a transposição.

### **3.3A Política Nacional de Recursos Hídricos**

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é o conjunto de órgãos e colegiados que realiza a gestão dos usos das águas no Brasil, através do desenvolvimento e implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/1997. Definir orientações e políticas públicas para melhorar a oferta de água à população, através de diretrizes de ação e instrumentos, tomando a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão são os objetivos desta lei. Entre as diretrizes da PNRH podemos destacar a articulação da gestão da água com a gestão do uso do solo,

e para isto, os municípios devem promover a integração das políticas de uso, ocupação e conservação do solo, do meio ambiente e do saneamento básico com políticas federais e estaduais de recursos hídricos.

Diversos tipos de usos são desenvolvidos em reservatórios, sendo assim é frequente o surgimento de conflitos quanto à sua conservação e possibilidade de contaminação, especialmente com a crescente expansão das ocupações humanas (Gunkel et al., 2018). Os diferentes usos da terra podem exercer influências, positiva ou negativa, na qualidade da água em rios e reservatórios. Sendo assim, a análise do uso e ocupação do solo buscando uma caracterização ambiental torna-se relevante para a identificação de fontes de poluição pontuais e difusas. Arana et al. (2018) argumentam isso e complementam que conhecer as ocupações e usos pouco impactantes em conjunto com ações de preservação e conservação incrementam o estado ambiental de um reservatório, e com isso, melhoram a quantidade e qualidade das águas na bacia.

### **3.4 Sensoriamento Remoto**

A administração de um território não pode dispensar o controle das três dimensões fundamentais de qualquer fenômeno ambiental: espaço, tempo e taxonomia. O sensoriamento remoto possibilita uma abordagem abrangente, conferindo, ao lidar na prática com os dados ambientais, um caráter integrado e praticamente simultâneo ao processamento desses aspectos dos fenômenos ambientais. O sensoriamento remoto pode ser definido como o conjunto de procedimentos que permite a obtenção de informações de objetos que compõem a superfície terrestre sem que exista contato direto entre o sensor e o objeto (MENESES & ALMEIDA, 2012). Com o propósito mencionado, várias etapas são incluídas, sendo elas: a detecção, aquisição e análise da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres, a qual é registrada pelos sensores remotos.

Conforme destacado por Rodrigues (1990), uma das vantagens inerentes a essa tecnologia reside na capacidade de analisar áreas de difícil acesso por meio do mapeamento de cenas da superfície em elevadas altitudes, de forma repetitiva. Esse procedimento contribui significativamente para o monitoramento eficaz de extensas

áreas. As informações obtidas são registradas através de sensores e decodificadas com base na interpretação dos resultados provenientes da interação entre a radiação eletromagnética (REM) e a superfície de cada corpo (MENESES & ALMEIDA, 2012). O resultado dessa interação gira em torno da resposta de propriedades físico-químicas de cada objeto, quando submetidas à frequência, intensidade ou polarização da onda da energia eletromagnética (FIGUEIREDO, 2005). Sendo assim, essa energia é a chave para a utilização da técnica de sensoriamento remoto, pois é através dela que se é possível quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida, e assim avaliar suas principais características. Portanto, os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais.

As técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação do solo. Estudos realizados em bacias hidrográficas podem utilizar as imagens orbitais de alta resolução espacial na obtenção de classes de uso e ocupação do solo (VAEZA, 2010).

### 3.4.1 Google Earth Engine

O Google Earth Engine é uma plataforma desenvolvida pela empresa norte-americana Google concebida no Brasil por cientistas nacionais como Carlos Souza Júnior do Imazon e Gilberto Câmara do INPE. Considerada uma das principais na internet foi denominada como uma forma de democratização das geoinformação (VASCONCELOS, 2015).

O Google Earth Engine dispõe de várias coleções de imagens, tendo assim um amplo catálogo.

O Earth Engine consiste em um catálogo de dados pronto para análise de vários petabytes co-localizado com computação intrinsecamente paralela de alto desempenho de serviço. É acessado e controlado por meio de um acesso à Internet interface de programação de aplicativos (API) e um associado baseado na web ambiente de desenvolvimento interativo (IDE) que permite rápida prototipagem e visualização de resultados. O catálogo de dados abriga um grande repositório de dados disponíveis publicamente conjuntos de dados geoespaciais, incluindo observações de uma variedade de satélites e sistemas de imagens aéreas em comprimentos de onda ópticos e não ópticos, variáveis ambientais, previsões meteorológicas e climáticas e hindcasts, cobertura do solo, conjuntos de dados topográficos e socioeconômicos. Todos esses dados são pré-processados de forma pronta para uso, mas preservam a informação do formulário que permite acesso eficiente e remove muitas barreiras associadas com gerenciamento de dados. Os

usuários podem acessar e analisar dados do catálogo público, bem como seus próprios dados privados usando uma biblioteca de operadores fornecida pelo Terra API do motor. Esses operadores são implementados em grande paralelo sistema de processamento que subdivide e distribui automaticamente os cálculos, fornecendo recursos de análise de alto rendimento. Acesso de usuários a API por meio de uma biblioteca ou por meio de um ambiente de desenvolvimento iterativo baseado na web construído em cima dessa biblioteca. (GORILECK et al., 2017, p. 18-19, tradução nossa).

Vasconcelos (2015) e Giri et al. (2014) argumentam que, devido à sua natureza como uma plataforma de dados geoespaciais com processamento em nuvem, sua aplicação resulta em redução significativa de gastos em recursos e tempo. Isso ocorre porque não é necessário fazer o download das imagens para análise, uma vez que o programa oferece recursos integrados para o processamento de imagem. Adicionalmente, a plataforma permite aos usuários a sobreposição de camadas de informações, podendo ser tanto vetoriais quanto matriciais, ou ainda importadas pelo usuário em formatos como Shape files, CSVfile, GeoTIFF, entre outros. Esse enorme avanço do sensoriamento remoto nos últimos anos deve-se a revolução nos meios de se examinar a superfície da Terra em uma escala global e temporal, e a agilidade de monitoramento dos fenômenos dinâmicos e das modificações das feições terrestres (MENESES, 2012).

#### 3.4.2 Projeto MapBiomass

A importância do monitoramento ambiental é defendida por Amaral et al. (2009), destacando sua crucial necessidade na identificação de áreas impactadas pelo desflorestamento ao longo do tempo. O mapeamento e a categorização de florestas naturais, considerando os diferentes estágios de sucessão ecológica, emergem como elementos essenciais para a condução de diversos estudos e a implementação de ações de manejo. A partir dos resultados obtidos durante o mapeamento, torna-se possível conhecer, de maneira tanto quantitativa quanto qualitativa, as áreas de floresta nativa, incluindo sua distribuição espacial.

A autora Rosa (2016) destaca a importância do monitoramento da cobertura vegetal, enfatizando que esse acompanhamento é crucial para embasar estimativas relacionadas aos gases do efeito estufa, estudos de biodiversidade e atividades de planejamento. Nesse contexto, o projeto anual de mapeamento da cobertura e uso do solo no Brasil, conhecido como MapBiomass, tem se dedicado ao desenvolvimento de metodologias para monitorar o uso e cobertura da terra. Esse monitoramento utiliza

técnicas de sensoriamento remoto e se apoia na plataforma Google Earth Engine (GEE). O projeto MapBiomias foi lançado em julho de 2015, com a finalidade de contribuir para a compreensão da dinâmica de ocupação e uso do solo no Brasil. Os mapas produzidos neste projeto foram baseados nos arquivos do Banco de Dados Landsat disponíveis na plataforma do GEE, abrangendo os anos de 1985 até os dias atuais. Os mapeamentos do MapBiomias foram divididos em coleções para os seguintes períodos:

- a) Coleta 1: de 2008 a 2015 (lançada em abril de 2016).
- b) Coleta 2: de 2000 a 2016 (lançada em abril de 2017).
- c) Coleção 2.3: uma versão revisada da Coleção 2.0 (lançada em dezembro de 2017).
- d) Coleção 3: 1985 a 2017 (lançada em agosto de 2018).
- e) Coleção 4: publicada em agosto de 2019, com 19 classes de legenda cobrindo o período de 1985 – 2018
- f) Coleção 4.1., publicada em março de 2020, com melhorias da classificação
- g) Coleção 5 - publicada em agosto de 2020, com 21 classes de legenda cobrindo o período de 1985 – 2019
- h) Coleção 6 - publicada em agosto de 2021, com 25 classes de legenda cobrindo o período de 1985 - 2020
- i) Coleção 7 - publicada em agosto de 2022, com 27 classes de legenda cobrindo o período de 1985 – 2021

Além das classificações anuais de mapas digitais, o MapBiomias visa contribuir para o desenvolvimento de um método rápido, confiável, colaborativo e de baixo custo para processar conjuntos de dados em grande escala, gerando séries históricas de mapas anuais de Ocupação e Uso do Solo no Brasil (Projeto MapBiomias, 2018). Adicionalmente, o projeto desenvolveu uma plataforma baseada na web para facilitar a aplicação do método de processamento de imagens. Todos os dados, mapas de classificação, softwares, estatísticas e análises subsequentes estão abertamente acessíveis por meio da Plataforma MapBiomias. Isso é possível graças ao GEE (Google Earth Engine), que proporciona acesso a dados, algoritmos e diferentes padrões de processamento de imagem, aproveitando a facilidade da computação em nuvem (Projeto MapBiomias, 2018). Os produtos da Coleção MapBiomias incluem:

a) Mapas de bioma (Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pampa e Pantanal) e temas transversais (Pastagem, Agricultura, Plantação de Florestas, Zona Costeira, Mineração, Infraestrutura Urbana);

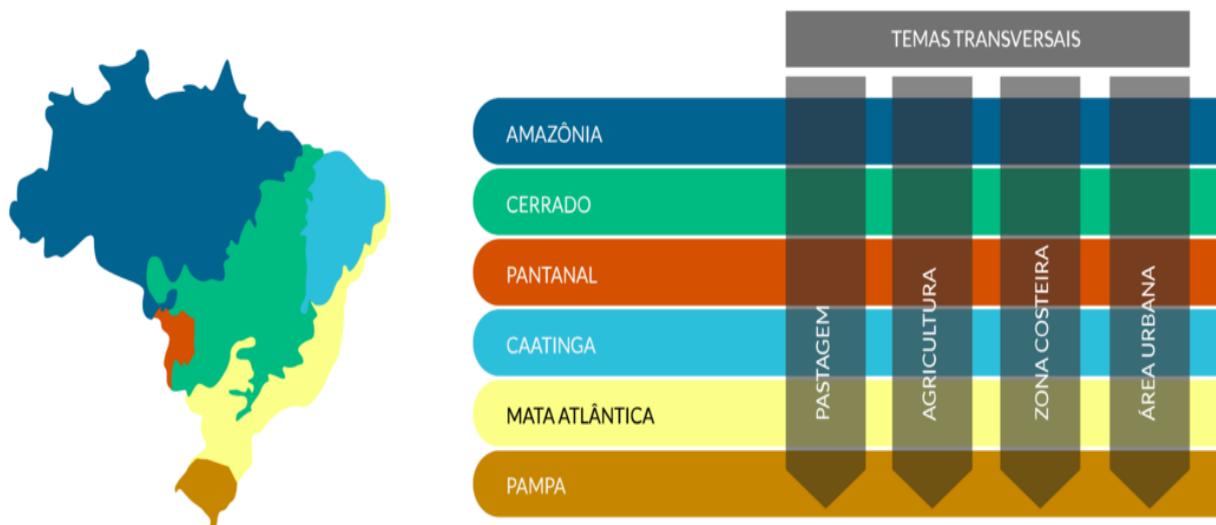
b) Mosaicos de recursos pré-processados gerados a partir de coleções LDA (Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8), com uma resolução de 30m;

c) Infraestrutura de processamento de imagem e algoritmos (scripts para executar no Google Earth Engine, MapBiomas Workspace e código fonte);

d) Estatísticas de transição e análise espacial do uso e ocupação do solo, com bacias hidrográficas, áreas protegidas e outros mapas categóricos.

De acordo com Souza et al. (2020), o MapBiomas adota uma definição mais abrangente para o conceito de florestas, proporcionando um mapeamento mais inclusivo. Essa abordagem permite a identificação de áreas destinadas ao plantio e à recomposição de florestas nativas. No processo de elaboração dos mapas, equipes compostas por programadores, especialistas em sensoriamento remoto e profissionais especializados em conservação e uso da terra são distribuídas em grupos específicos para cada bioma e tema transversal. Esses grupos colaboram com instituições líderes, conforme ilustrado no diagrama apresentado na Figura 3.

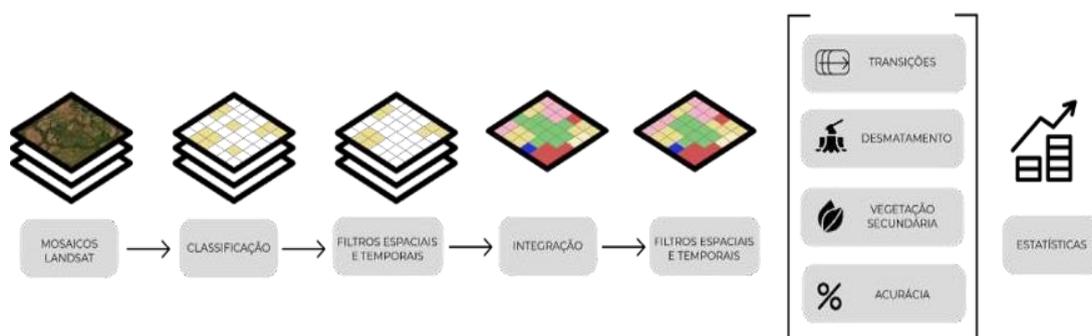
Figura 4 – Modo de organização da equipe do MapBiomas



Fonte: MAPBIOMAS, 2024.

O esquema a seguir representa as fases principais do procedimento de elaboração dos mapas anuais de cobertura e uso da terra pelo MapBiomass, incluindo também os mapas de transição (figura 4).

Figura 5 – Fluxograma de geração de mapas através do MapBiomass



Fonte: MAPBIOMAS, 2024.

### 3.5 Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

Um dos desafios preeminentes da sociedade contemporânea reside na busca por um equilíbrio justo e apropriado que permita o desenvolvimento humano sem comprometer a qualidade do meio ambiente. É essencial conceber e promover um equilíbrio ambiental que favoreça a vida humana com dignidade, contribuindo para o benefício coletivo almejado por todos em busca de condições ambientais aprimoradas.

Pensando nisso a Organização das Nações Unidas-ONU elaborou os ODS, com o intuito de cumprir a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, “após mais de três anos de discussão, os líderes de governo e de estado aprovaram, por consenso, o documento ‘Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável’” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2016).

Ao todo foram criados 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (figura 5). Os ODS representam um perceptível avanço no que diz respeito à proteção

ambiental, crescimento econômico, desenvolvimento social, proteção dos povos e promoção dos direitos humanos, pois evidenciam um mecanismo conjugado de esforços e práticas cotidianas tendentes a promover o bem-estar das presentes gerações sem mitigar o bem-estar das gerações futuras, de modo a promover a justiça intergeracional.

Figura 6 – Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável



Fonte: IPEA,2023.

Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.

Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.

Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Objetivo 7. Assegurar a todos o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia.

Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável,

emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.

Objetivo 9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater as mudanças do climaticas e os seus impactos.

Objetivo 14. Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.

Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Apesar da notória importância de todos os ODS's, três deles merecem ser destacados neste trabalho, por estarem diretamente ligados aos recursos hídricos. O ODS 06, o ODS 14 e o ODS 15. Onde uma das metas desses objetivos é melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas. E, identificar os indicadores nacionais em parceria com o IBGE, Ipea e demais órgãos produtores de informações.

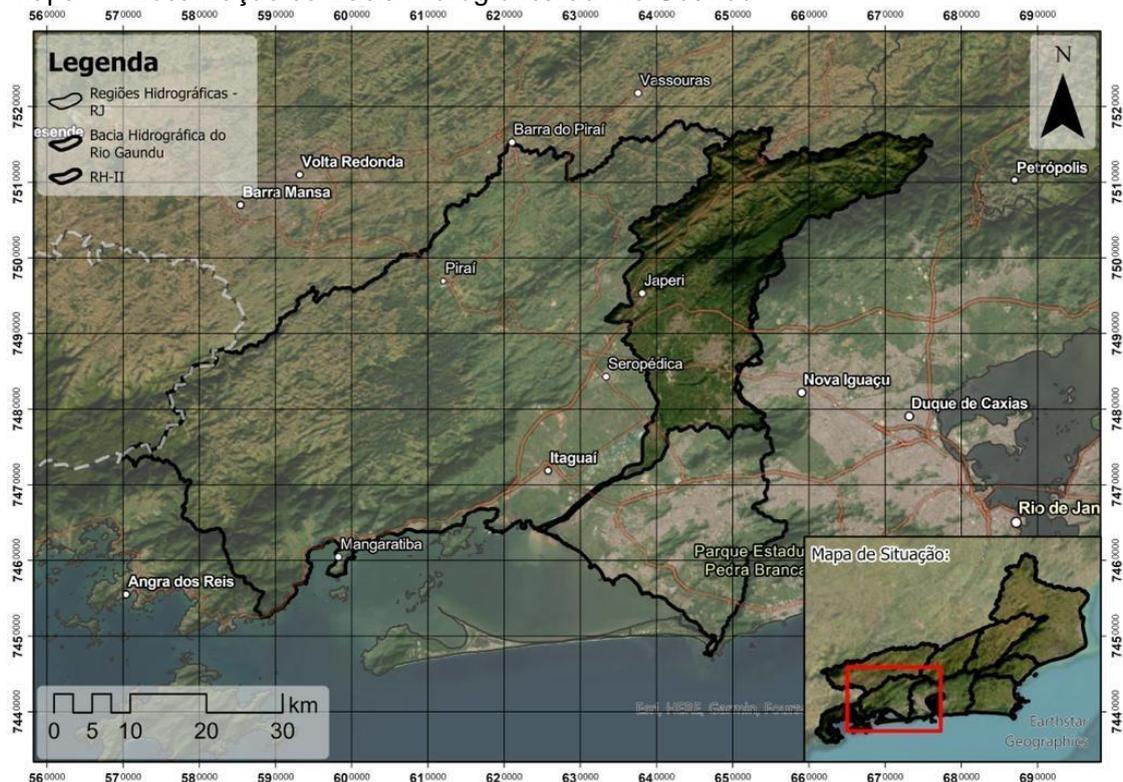
## 4 METODOLOGIA

O trabalho em questão é uma pesquisa com uma abordagem quantitativa de natureza aplicada, visando gerar conhecimento para aplicações práticas como objetivo de solucionar problemas específicos. Em relação aos objetivos, estes são descritivos, e o método de pesquisa adotado será a pesquisa documental. A primeira fase da pesquisa envolverá o levantamento de fotografias aéreas e imagens de satélite da bacia hidrográfica.

### 4.1 Localização e caracterização da área de estudo

No mapa 1 é possível identificar a localização da área de interesse desse estudo.

Mapa 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu



Fonte: Elaboração própria, 2022.

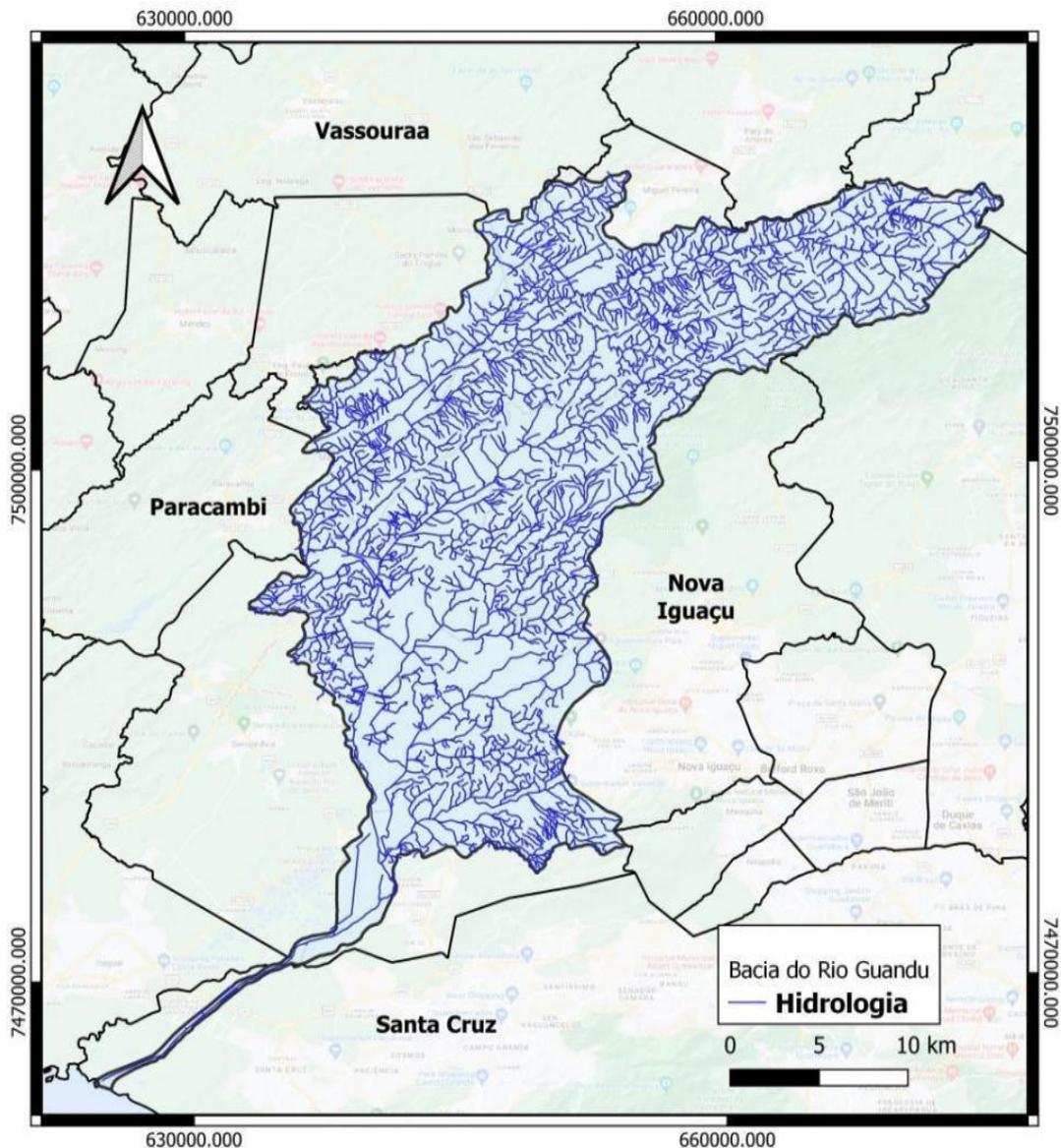
A área de interesse desse estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Ela está inserida na Região Hidrográfica II, também denominada Região Hidrográfica Guandu, delimitada no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. O Rio

Guandu, principal curso d'água desta bacia, possui como principais afluentes os rios dos Macacos, Santana, São Pedro, Poços/Queimados e Ipiranga. Sua origem é revelada a partir da confluência entre os rios Santana e Ribeirão das Lajes, sendo que 94 % de sua vazão regularizada deriva do Rio Paraíba do Sul, sendo o restante proveniente do Reservatório de Lajes e do próprio Guandu e seus afluentes (CARVALHO et al., 2007).

O Rio Guandu é o principal curso d'água da Baía de Sepetiba e drena uma área de aproximadamente 1.385 km. Próximo ao distrito de Japeri, recebe pela margem esquerda o Rio São Pedro, afluente em bom estado de conservação, mas cuja foz vem sendo degradada pela exploração de areia. A jusante da via Dutra, o curso do Rio Guandu segue rumo sul margeando áreas de pastagem até a localidade urbana de Campo Lindo, em Seropédica. A montante da ponte da antiga estrada Rio-São Paulo situa-se a ilha da Cedae, onde o Guandu se divide em dois braços. Em ambos há barragens pertencentes à ETA Guandu e fazem parte da estrutura de captação do sistema Guandu de abastecimento de água. Junto ao braço leste encontra-se a Lagoa do Guandu onde desembocam os rios dos Poços, Queimados e Ipiranga, ambos fortemente poluídos por esgotos domésticos, efluentes industriais e lixo. A jusante da ilha da Cedae, o Guandu atravessa um pequeno trecho com leito pedregoso, formando uma corredeira. Depois toma rumo sudoeste e percorre cerca de 9 km até adentrar no Canal de São Francisco. O Canal de São Francisco segue por 15 km até desaguar na Baía de Sepetiba (Herms, 2012, p.189).

Com relação a fisiografia da Bacia, esta é formada por dois conjuntos distintos: o Domínio Serrano, representado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da Serra do Mar, na parte sudoeste e nordeste da bacia, e pelos maciços, ao longo da faixa costeira na direção N-NE, onde as partes mais elevadas variam entre 200m e 800m; e o Domínio da Baixada, que consiste em uma extensa planície fluviomarinha, que forma a Baixada de Sepetiba (AGEVAP, 2018).

Nos mapas 2 e 3 podemos observar o perfil de drenagem e a declividade da bacia hidrográfica do Rio Guandu, respectivamente. O Comitê de Bacias hidrográficas do Rio Guandu possui o projeto SIGA-GUANDU-Sistema Integrado de Gestão das Águas, e através dele foi possível o download do shape de perfil de drenagem e pedologia, para posterior confecção dos mapas.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

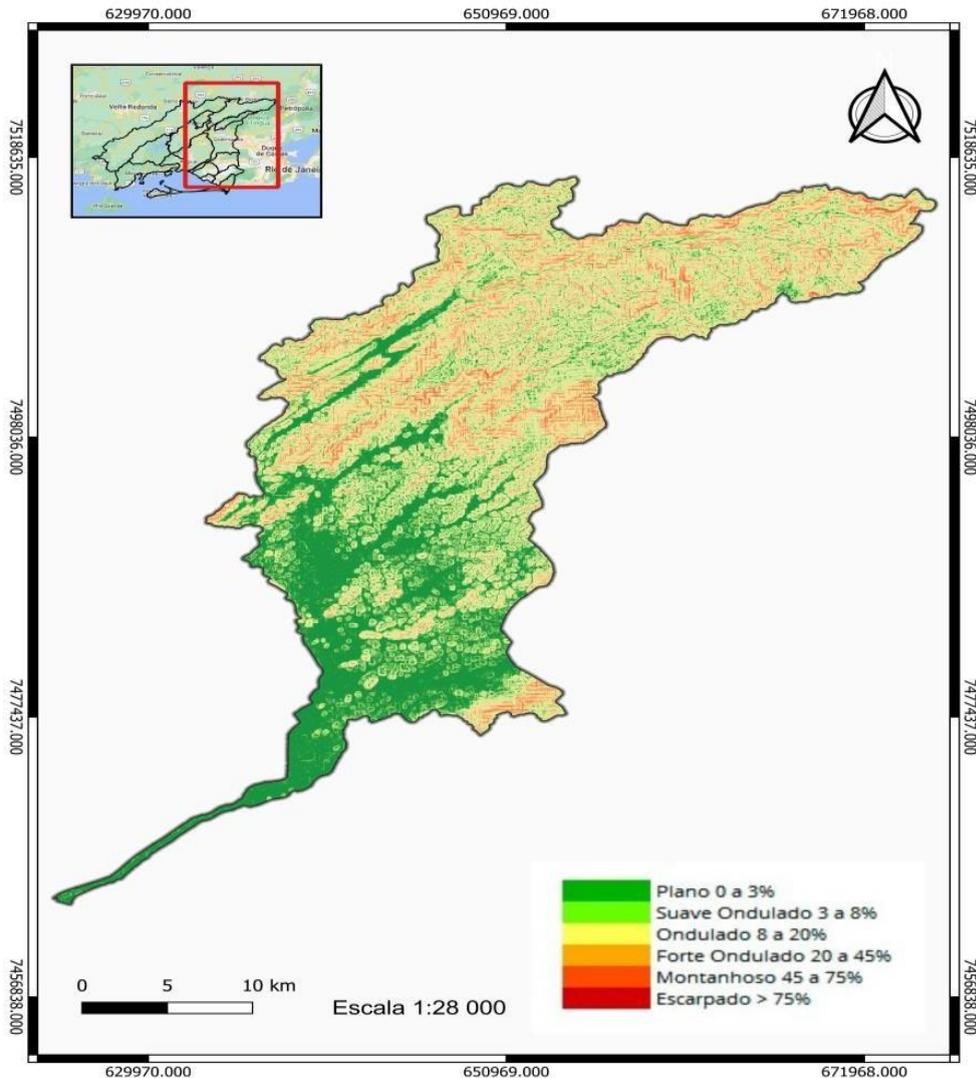
De acordo com Alves (2003), o Rio Guandu origina-se na represa Ribeirão das Lajes localizado aos pés da Serra das Araras, na divisa dos municípios de Paracambi e Pirai e desagua, como dito anteriormente, na Baía de Sepetiba entre os municípios do Rio de Janeiro e Itaguaí. As características básicas do rioformador e de seus principais afluentes são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Rios constituintes da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Rio	Local da Nascente	Principal tributário
Ribeirão das Lajes (formador)	Serra dos Cristais	Rio Bonito, Córrego Morro Azul, Córrego Patrícia, Córrego recreio, Rio Passa Vinte, Rio Piloto, Rio Bálamo, Rio dasPalmeiras, Ribeirão dafloresta, Córrego do Bandá, Córrego Paraíso, Rio Saudoso, Rio dos Macacos, Vala Jonas Leal, Rio Cacaria, Rio da Onça e Valão do Areia.
Santana (afluente)	Serra do Couto	Rios Falcão, São da Barra, Joao Correia Vera Cruz, Santa Branca eCachoeirão e Canal Paes Leme.
Poços/ Queimados (afluente)	Serra do Tinguá	Rio Santo Antônio, Rio Douro, Canal Teófilo Cunha, Canal Quebra Coco ou Morto, Canal Pepino, Canal Anibal, Rio Queimados e Rio Ipiranga

Fonte: AGEVAP, 2023

Mapa 3 – Declividade da bacia hidrográfica do Rio Guandu



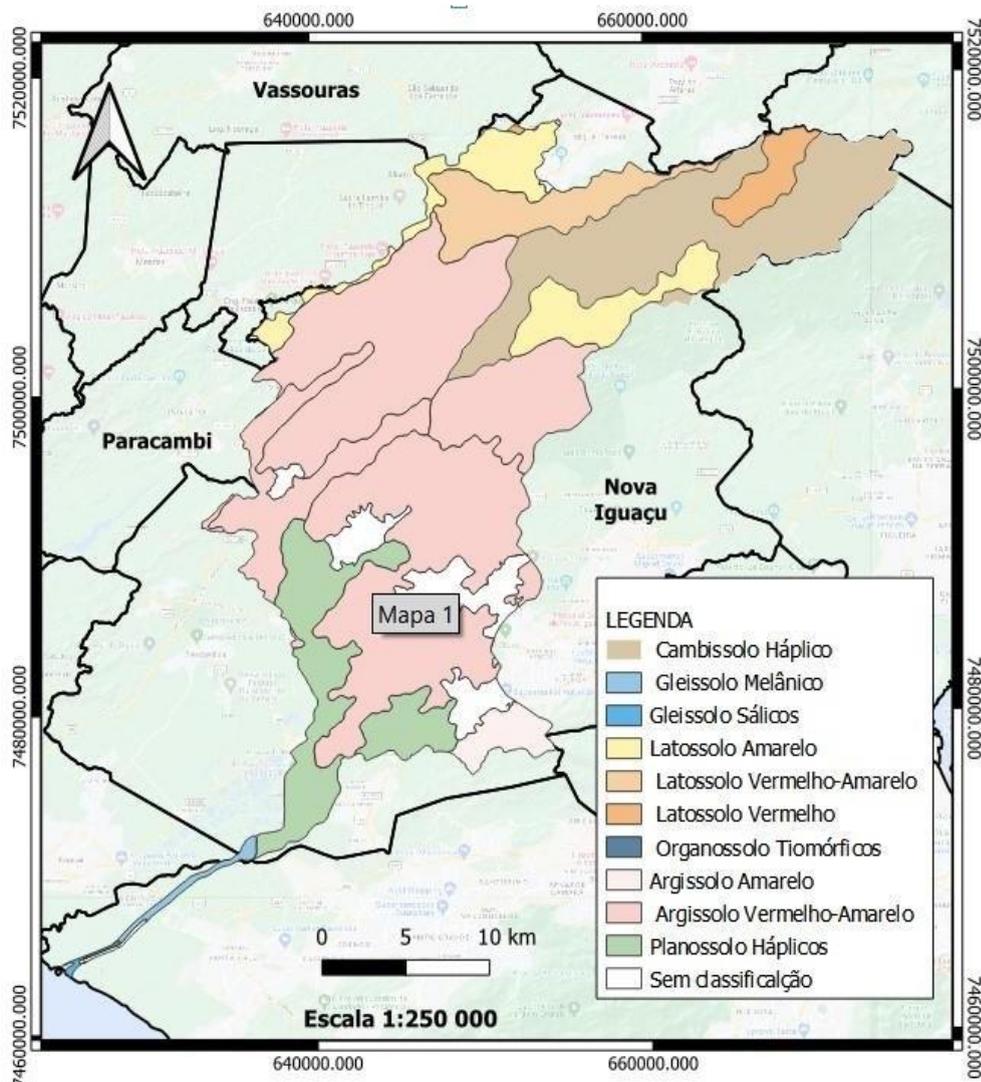
Fonte: Elaboração própria, 2022.

A fitofisionomia original da região é composta por floresta ombrófila densa e manguezais, remanescentes do bioma Mata Atlântica e observa-se que os maiores índices anuais de precipitação estão localizados nas cabeceiras do Rio Piraí, além das regiões de maior altitude dos Rios São Pedro e Santana. Além disso, as maiores disponibilidades hídricas na RH-II tanto em termos de vazão natural quanto modificada encontram-se no Rio Guandu e no canal de São Francisco, respectivamente (AGEVAP, 2018).

Os solos predominantes, nesta Bacia, pertencem às seguintes classes: Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e Planossolo. As áreas com predominância de solos Latossolos, geralmente apresentam boa

permeabilidade e boa profundidade e encontram-se localizadas na região do alto da Serra do Mar. Já os Cambissolos, localizam-se, principalmente, na cabeceira do rio Piraí, em locais de elevadas declividades, e devido à abundante cobertura florestal existente na região, esse solo se apresenta com boa drenagem ou boa permeabilidade. Na região serrana de Miguel Pereira, esse solo, de textura média e argilosa, com fases rochosas e não rochosas, ocupa aproximadamente 12% da Bacia do rio Guandu, atrelado às manchas de cobertura vegetal. O solo Planossolo representado por solos hidromórficos, de textura arenosa e argilosa, identificados em relevo plano a suavemente ondulado, tem sua maior incidência nas áreas urbanas, onde ocupa 5% da área da Bacia do rio Guandu (OLIVEIRA, 2015)

Mapa 4 – Pedologia da bacia hidrográfica do Rio Guandu

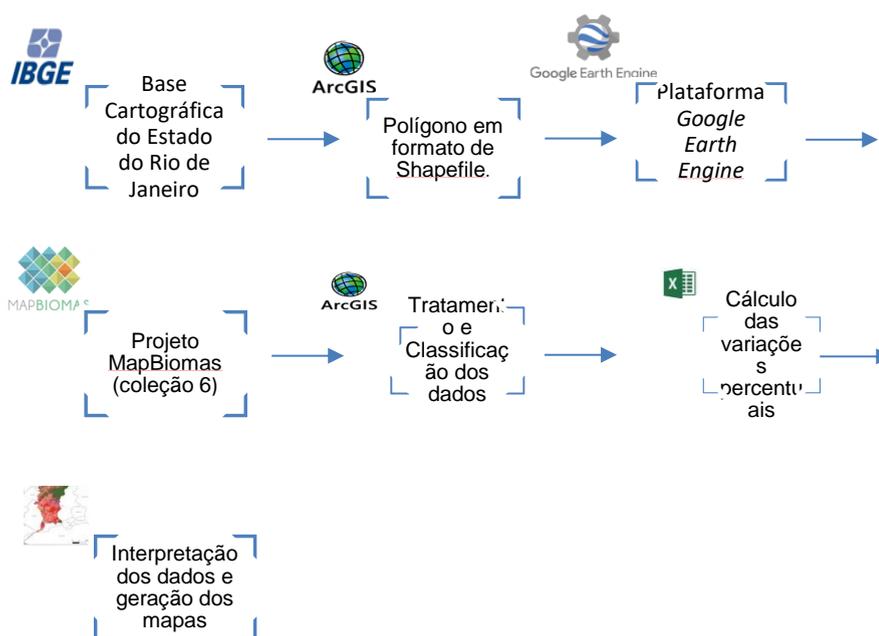


Fonte: Elaboração própria, 2022.

## 4.2 Procedimentos Metodológicos

O trabalho foi estruturado em duas fases distintas. Inicialmente, a primeira etapa engloba uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, com atividades centrais como a coleta de dados e informações junto a diversos órgãos municipais, estaduais, federais e privados. Adicionalmente, ocorreu a aquisição de imagens de satélite, destinadas a serem utilizadas na subsequente fase de classificação. Na segunda etapa, procede-se à definição das classes temáticas e à classificação das imagens previamente adquiridas.

Fluxograma 1: Fluxograma de etapas da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

O primeiro procedimento metodológico foi a delimitação da bacia hidrográfica do Rio Guandu com a utilização do software ArcGIS e a base cartográfica do estado do Rio de Janeiro (IBGE,2010)(I), posteriormente, com o uso do mesmo programa ArcGIS foi traçado o polígono georreferenciado no formato Shapefile, contendo as referências necessárias para formar a base cartográfica da bacia (II). Para o mapeamento e análises do uso e cobertura do solo e elaboração das matrizes de

transição, foram utilizadas as bases raster elaboradas pelo Projeto MapBiomias (Coleção 6), do período de 1985 a 2020. Estas bases foram adquiridas na plataforma Google Engine (III), para a utilização da plataforma foi necessário realizar a autenticação através de um login do usuário. Na plataforma, foi utilizado como dado de entrada o arquivo shapefile com o polígono da área de pesquisa e foi selecionado o projeto e a coleção que seria utilizado, além disso, foi selecionado a faixa temporal para análise.

Foi utilizado o Projeto MapBiomias por se tratar de uma série histórica de dados de uso e cobertura do solo e de sua respectiva transição. A última coleção contempla o período de 1985 e 2020 e foram extraídas de imagens Landsat (PROJETO MAPBIOMAS, 2021). Como dado de saída foi gerado os arquivos em formato TIFF e o um arquivo em formato CSV (IV). Posteriormente, os dados em formato TIFF foram tratados no ArcGIS e os mapas de uso e cobertura do solo foram confeccionados (V) os dados em formato CSV, foram sistematizados para a realização dos cálculos de percentuais e confecção de seus respectivos gráficos (VI). Por último (VII), foi realizado a articulação entre os mapas e os gráficos, e a produção do *layout* do Atlas.

Sendo assim, os dados utilizados são do MapBiomias através da utilização dos scripts do projeto no *Google Earth Engine*. A amostra temporal representa um período de aproximadamente quarenta anos, com intervalos entre 5 anos. Para este fim, as classes definidas para a classificação de uso e ocupação do solo estão dispostas na tabela 1, com sua respectiva identificação proposta pelo Mapbiomas. Em seguida, foi utilizado o software Libreoffice (versão 6.1.3) para cálculo e análise estatística, correlação entre os dados de desmatamento na área de estudo.

Tabela 3 – Classes adotadas para a classificação

<b>CLASSE</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO</b>
Não observado	Áreas bloqueadas por nuvens ou ruído atmosférico; observação mascarada da análise.
Formação florestal	Floresta ombrófila densa, aberta e mista; Floresta estacional e formação pioneira.
Mangue	Formações florestais densas e perenes, muitas vezes inundadas pela maré e associadas ao ecossistema costeiro de mangue.
Campo alagado ou Área pantanosa	Zonas húmidas com influência fluvial
Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantada, vinculada às atividades de produção pecuária.
Mosaico de usos	Áreas agrícolas onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura
Área urbanizada	Áreas urbanas com predominância de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, rodovias e construções.
Áreas não vegetadas	Superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeados em suas classes e regiões de solo exposto em áreas naturais ou de cultivo).
Afloramento rochoso	Rochas naturalmente expostas sem cobertura do solo, muitas vezes com a presença parcial de vegetação rupícola

---

	e declividade alta.
Mineração	Áreas onde há sinais claros de extensas extrações minerais.
Rio, Lago e oceano	Rios, lagos, barragens, reservatórios e outros corpos d'água.
Restinga arborizada	Formações florestais em solos arenosos na região costeira.
Salina	"Apicuns" ou salares. Formações muitas vezes sem vegetação arbórea. Transição entre uma área mais alta, hipersalina e menos inundada no mangue, geralmente na transição entre esta área e o continente.
Soja	Áreas cultivadas com soja
Aquaculture	Lagos artificiais, onde predominam as atividades de aquicultura e/ou produção de sal.
Mosaico de colheitas	Agricultura
Floresta plantada	Espécies de árvores plantadas para fins comerciais (ex: pinus, araucária e eucalipto).

---

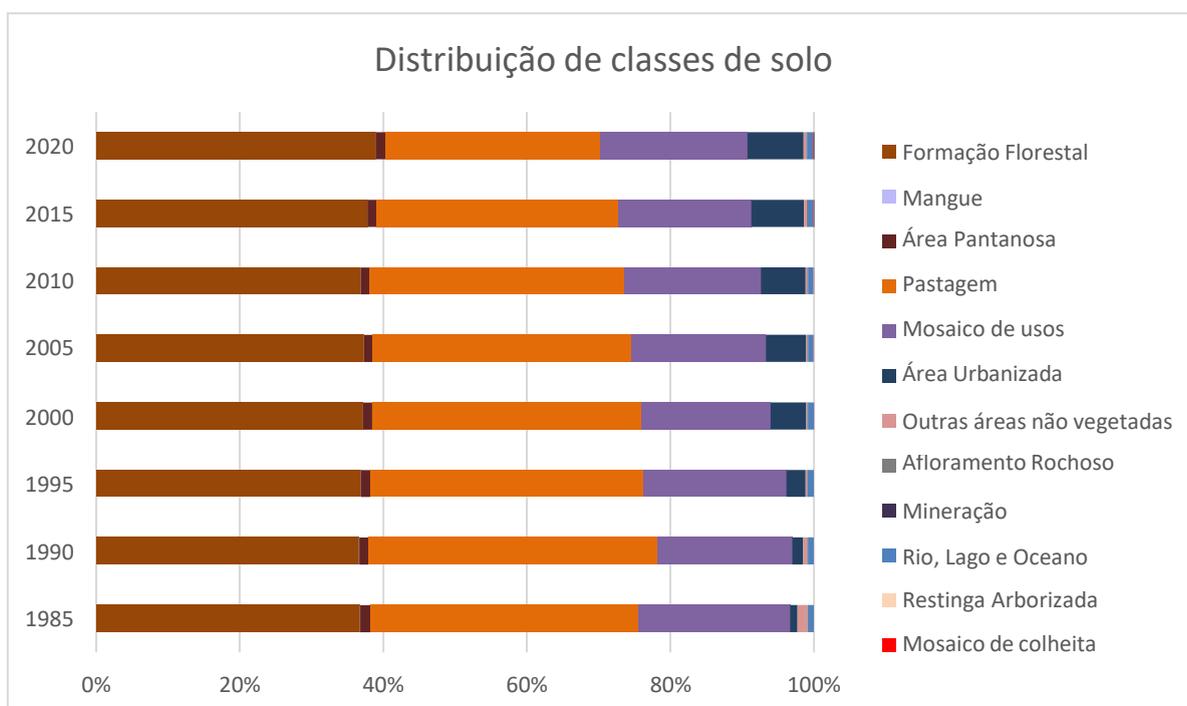
Fonte: Adaptado Mapbiomas, 2022.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de compreender a dinâmica de utilização e ocupação na bacia hidrográfica do Rio Guandu, procedeu-se a uma comparação dos dados cartografados pelo MapBiomas ao longo do período de 1985 a 2020. A região escolhida para análise abrange uma extensão de 734,6 km<sup>2</sup>.

No primeiro gráfico, é viável perceber a distribuição abrangente das classes de solo. O gráfico apresenta as áreas correspondentes às classes de uso e ocupação do solo, juntamente com suas porcentagens em relação à área total da bacia. Evidencia-se que a área é predominantemente rural, destacando-se classes como pastagem, mosaico de usos, formação florestal e mineração em relação às demais categorias.

Gráfico 1 – Distribuição Geral de classes de solo

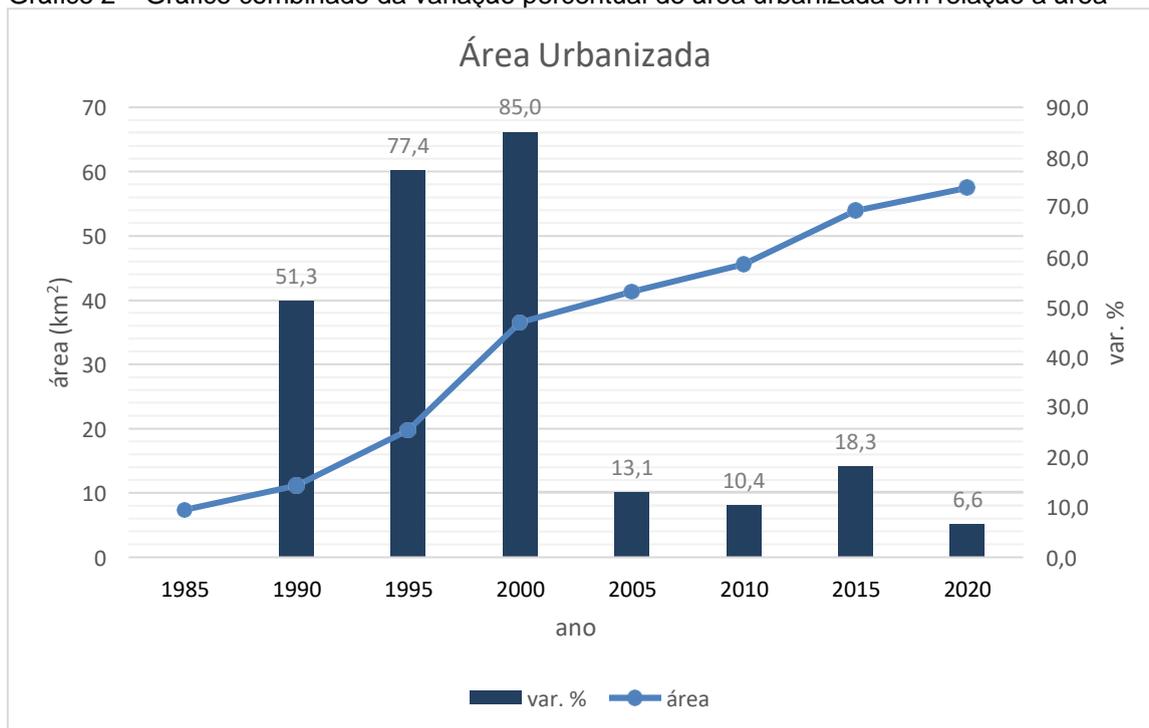


Fonte: Elaboração própria, 2023.

Além disso, observou-se que a bacia hidrográfica do Rio Guandu apresentava uma área urbanizada de 7,35 km<sup>2</sup> em 1985. Os dados do Mapbiomas permitiram obter os valores de área urbana para os anos 1990 (11,12 km<sup>2</sup>), 1995 (19,73 km<sup>2</sup>), 2000 (36,51 km<sup>2</sup>), 2005 (41,29 km<sup>2</sup>), 2010 (45,58 km<sup>2</sup>), 2015 (53,91 km<sup>2</sup>) e 2020 (57,45 km<sup>2</sup>). Durante este período foi possível identificar um grande crescimento populacional, principalmente entre os anos de 1995 a 2000, período em que houve um

crescimento de quase cem por cento. Esse crescimento pode ser percebido no gráfico 2, onde verificamos de forma combinada o aumento da área ocupada pela classe em relação a sua variação quinzenal.

Gráfico 2 – Gráfico combinado da variação percentual de área urbanizada em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Em decorrência deste crescimento, emergem pressões, tensões e conflitos que emolduram o quadro das questões ambientais na região e afetam a gestão das águas da referida bacia. O lançamento in natura de esgotos sanitários, a poluição e a contaminação dos mananciais por efluentes industriais e agropecuários, a extração mineral de areia e a intrusão salina são as principais questões ambientais da bacia do Guandu. Em diagnóstico recente, feito pelo Comitê de bacia hidrográfica do Rio Guandu, foi verificado que o índice de coleta e tratamento de esgoto é muito baixo na bacia do Rio Guandu. Dos 15 municípios, apenas três possuem rede de coleta e tratamento de esgoto; ademais, mesmo nesses municípios, os índices de tratamento do esgoto gerado são insuficientes.

Tabela 4 - Panorama dos Serviços de Saneamento Básico por município.

<b>Município</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Abastecimento de Água</b>	<b>Esgotamento Sanitário</b>
Japeri	<b>96.289</b>	<b>54,78 %</b>	--
Seropédica	<b>80.596</b>	100,0 %	0,66 %
Queimados	<b>140.523</b>	80,91 %	--
Miguel Pereira	<b>26.582</b>	86,24 %	8,97 %
Nova Iguaçu	<b>785.867</b>	100,0 %	29,02 %
Paracambi	<b>41.375</b>	42,61 %	92,76 %

Fonte: SNIS, 2023.

O Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto - Visão Geral, ano de referência 2022, reúne informações da prestação de serviços públicos de esgotamento sanitário e abastecimento de água potável no estado do Rio de Janeiro, as empresas Rio Mais Saneamento S.A. (RIO+) e Iguá Rio de Janeiro S.A. (IGUARJ) foram incluídas e responderam aos dados referentes ao período em que iniciaram a operação dos serviços. O índice de esgotamento sanitário do SNIS-AE 2022 é referente aos serviços que utilizam redes públicas. O cálculo do índice de atendimento total é determinado pela divisão da população fornecida pelo provedor de serviços pela população residente estimada pelo IBGE. Embora a macrorregião Sudeste apresente o maior valor de índice (80,9%), os índices dos municípios analisados ainda permanecem significativamente baixos. Apesar dos municípios de Japeri e Queimados não terem assinalado as informações junto a base do SNIS, segundo os dados do Censo de 2018, a realidade de atendimento destes municípios é bastante precária (ROCHA; OLIVEIRA, 2020).

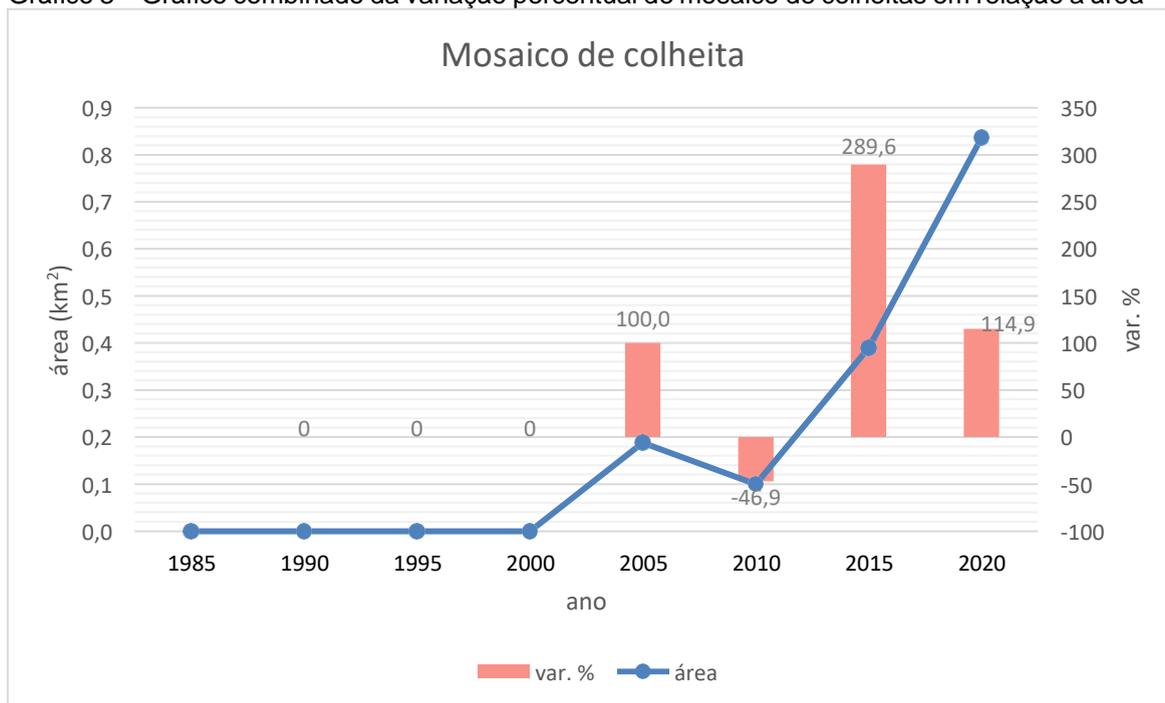
Além disso, observou-se o aumento de atividades antrópicas que estão associadas a agricultura, são elas: o mosaico de colheitas e soja. Ambas não foram caracterizadas em 1985. Contudo foi possível identificá-las no ano de 2000 (0,18 km<sup>2</sup>) e 2005 (0,07 km<sup>2</sup>) respectivamente.

Tabela 5 – Valores de extensão de plantio de soja e mosaico de colheitas

Mosaico de colheitas e Plantio de soja (km <sup>2</sup> )		Ano 2000	Ano 2005	Ano 2010	Ano 2015	Ano 2020
Mosaico de colheitas		0,00 0,01*	0,07 0,01*	0,09 0,01*	0,09 0,01*	0,23 0,03*
Plantio de soja		0,18 0,02*	0,12 0,02*	-	0,30 0,04*	0,61 0,08*

\*% de área cultivada em relação a área total da bacia.

Gráfico 3 – Gráfico combinado da variação percentual de mosaico de colheitas em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Para uma melhor percepção a classe de uso do solo denominada plantio de soja, foi incorporada a classe mosaico de colheitas no gráfico 3. Este agrupamento se deu em razão das suas afinidades. No entanto, uma visita de campo se faz necessária para uma compreensão mais aprofundada da origem dessa classe, uma vez que não foi possível captar seu surgimento por meio da literatura disponível.

A classe denominada mosaico de colheitas ou agricultura, começou a ganhar mais visibilidade a partir dos anos 2000, talvez esse magno crescimento esteja

associado também ao crescimento urbano que ocorreu também durante este período. É sabido que o aumento da atividade agrícola desenvolvida em áreas de mananciais causa preocupações quanto ao potencial de contaminação, decorrentes das aplicações de agrotóxicos (Grützmacher et al., 2008). Essas ações antrópicas e a falta de proteção dos mananciais podem implicar em sérios problemas relacionados à potabilidade, aumentando os riscos sanitários e inviabilizando o emprego de técnicas de tratamento mais simples e menos onerosas.

Além disso, foi possível verificar áreas que foram desprotegidas para atividades de mineração e plantio de árvores plantadas para fins comerciais. Ambas demonstrando um perfil de crescimento.

Tabela 6 – Valores de extensão de mineração de floresta plantada

Mineração e Floresta plantadas (km <sup>2</sup> )			
	Ano 1985-1995	Ano 1995- 2005	Ano 2005-2020
Mineração	0,08 - 0,13 0,01*	0,13 - 0,16 0,02*	0,16 - 0,18 0,02*
Floresta plantada	-	-	0,00 - 0,05 0,01*

\*% de área impactada com a mineração e com floresta plantada em relação a área total da bacia.

Nos anos 60, os primeiros mineradores de areia surgiram no que futuramente se tornaria o Distrito Areeiro de Piranema. Esse fenômeno cresceu significativamente nas décadas subsequentes, muitas vezes operando à margem da lei. Segundo Tubbs et al. (2011, p. 472).

O Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí, considerado um dos maiores do Brasil, fornece aproximadamente 70% da areia para a construção civil da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O processo de extração de areia se dá através da retirada das camadas sedimentares superficiais, caracterizadas predominantemente por depósitos de areia, fazendo com que a superfície freática do Aquífero Piranema aflore, preenchendo as cavas resultantes.

Figura 07 – Visão geral dos areais em Seropédica



Fonte: Ramadan, 2020

A atividade de mineração que ocorre na bacia hidrográfica do Rio Guandu é uma atividade bem preocupante, a atividade extrativa mineral, principalmente agregados para construção civil, fora atraída para a região pela ocorrência de areia, argila e rochas com potencial para o manufaturamento de brita. Com isso, a mineração se tornou a principal atividade econômica da região entre os municípios de Itaguaí (275,867 km<sup>2</sup> com 115.542 habitantes, estimada em 2013 - IBGE) e Seropédica (283,762 km<sup>2</sup> com 81.260 habitantes, estimada em 2013 -IBGE), com ênfase na mineração de areia, sendo um dos principais distritos areeiros do Brasil.

De acordo com Ramadan (2020), existem duas modalidades de extração de areia na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, que são a extração em leito de rio e extração em cava submersa. A segunda é utilizada integralmente no Distrito Areeiro. Essa categoria demonstrou um padrão de crescimento ao longo de todos os anos monitorados, no entanto, o período de maior expansão ocorreu entre 1990

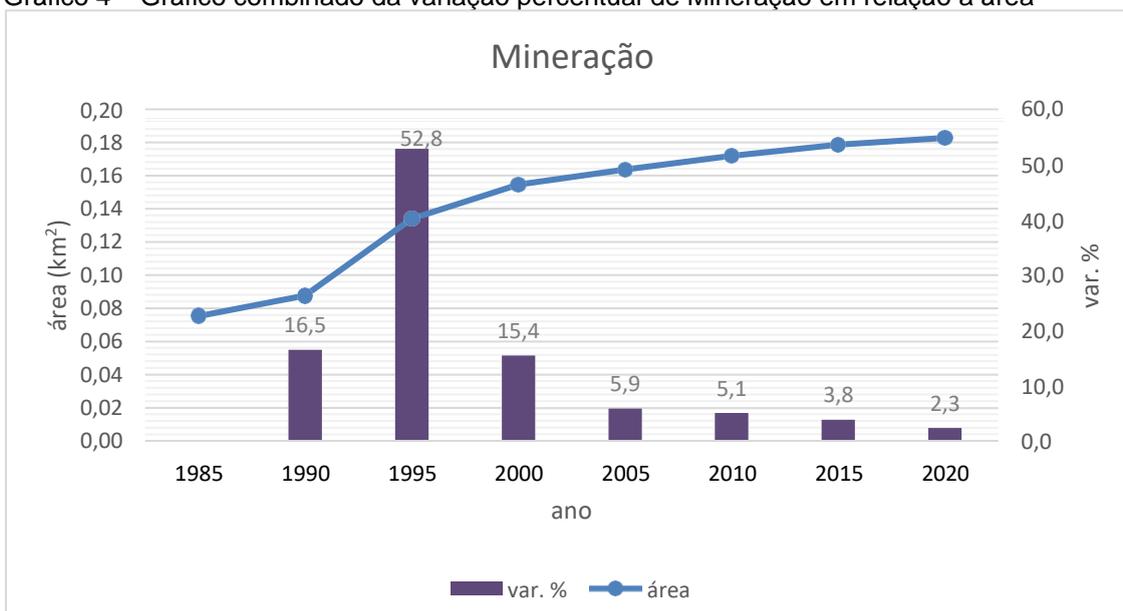
e 1995, registrando um aumento de cerca de cinquenta e dois por cento. Esse notável crescimento pode ser atribuído a um projeto implementado pelo Departamento de Produção Mineral- DRM, denominado "Projeto Areia". Rossete (1996, p. 54) abordou a proposta desse projeto do DRM.

A proposta do DRM/RJ, dentro do "Projeto Areia" era a criação de uma ZPM dentro do Plano Diretor Municipal, com aproximadamente 8 km<sup>2</sup>, representando menos de 2% da área total do Município, englobando a área que constituía na época um polo areeiro, a fim de evitar a indesejável expansão da mineração por áreas limítrofes, além de auxiliar o poder municipal no disciplinamento para a concessão de licenças para extração de areia no Município. Com o apoio da Prefeitura Municipal, ASPARJ, DNPM e FEEMA, o DRM em novembro de 1991 iniciou uma campanha para a legalização/regularização das atividades de extração de areia. (...) Em maio de 1992, já haviam sido expedidas 56 licenças provisórias para empresas de mineração de areia (DRM, 1993).

Já a classe descrita como floresta plantada está prevista no Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas - PNDF discutida no Decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014, e apresenta bastante relevância para a economia brasileira, sendo muito competitivo, e com grande potencial de expansão. A implantação de florestas plantadas está prevista em diversos normativos legais nacionais, bem como, em compromissos internacionais assumidos pelo nosso país ao longo dos últimos anos.

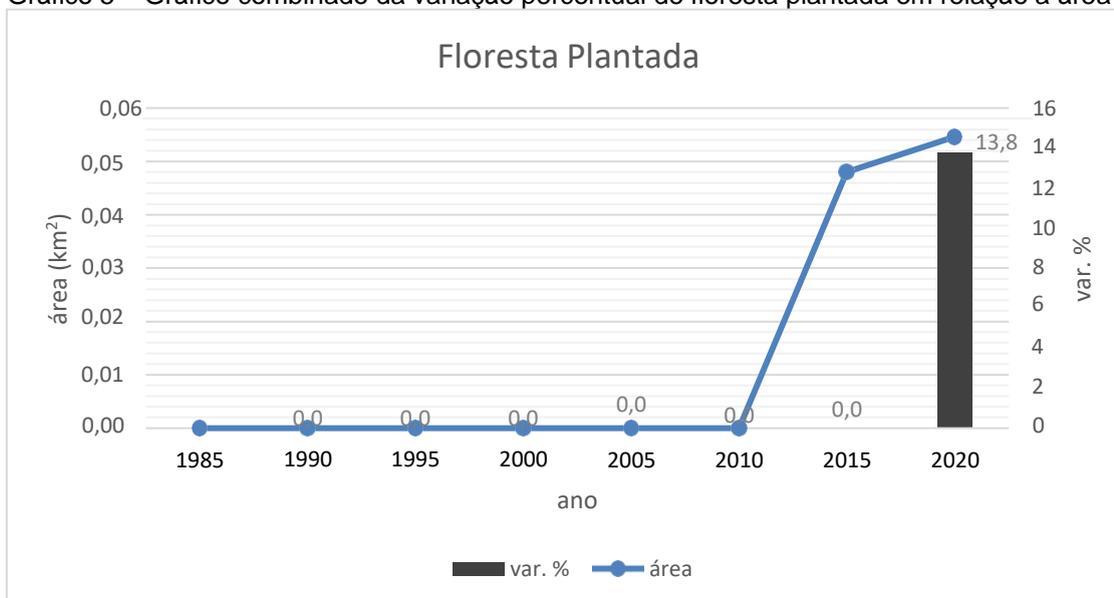
O licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade que possa degradar ou modificar o meio ambiente. Essa obrigação permeia por qualquer setor da atividade econômica, mas algumas exigências relacionadas à essa atividade não são razoáveis. A Resolução 237/97 do CONAMA classifica a silvicultura como atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio, colocando-a no mesmo patamar de atividades de mineração. Dessa maneira, a dificuldade de selicenciar está atividade desestimula o investidor e aumenta os casos de irregularidades, podendo assim se tornarem atividades degradadoras. No gráfico 4 e 5 é possível verificar o perfil de crescimento destas classes durante o período de monitoramento.

Gráfico 4 – Gráfico combinado da variação percentual de Mineração em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Gráfico 5 – Gráfico combinado da variação percentual de floresta plantada em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

A classe de formação florestal, possuía 269,89km<sup>2</sup> em 1985 e em 2020 (286,16 km<sup>2</sup>), ou seja, 39,01% da bacia hidrográfica do Rio Guandu é composta por formação florestal. A preservação da formação florestal foi alcançada por meio do projeto Replanta Guandu, uma iniciativa liderada pelo Comitê Guandu. O objetivo principal do projeto foi realizar um levantamento das áreas prioritárias de vegetação nativa remanescente na região do Guandu e garantir a implementação de ações integradas para sua restauração e conservação, especialmente em áreas de grande

importância para os recursos hídricos. Durante sua execução, foram adotadas medidas de reflorestamento, sistemas agroflorestais, coleta de sementes, estabelecimento de viveiros de mudas e educação ambiental tanto formal quanto informal em cinco municípios sob a jurisdição do Comitê Guandu: Rio Claro, Japeri, Paracambi, Seropédica e Queimados.

O projeto representou uma iniciativa pioneira entre os anos de 2007 e 2008, buscando realizar uma ação experimental e demonstrativa, baseada em um planejamento que englobou o levantamento, conceitualização e execução de um programa de revitalização econômica e ambiental. As decisões relacionadas às ações realizadas foram fundamentadas em diagnósticos precisos, os quais incluíram a seleção dos locais para o reflorestamento com espécies arbóreas nativas em Áreas de Preservação Permanentes ou de interesse hidrológico, assim como a escolha de proprietários para participarem dos empreendimentos agroflorestais. Outra classe que analisamos neste bloco, é a restinga arborizada, ecossistema bastante específico encontrado em zonas litorâneas.

Tabela 7 – Valores de extensão de Formação florestal e Restinga arborizada

Formação florestal e Restinga arborizada (km <sup>2</sup> )			
	<b>Ano 1985-1995</b>	<b>Ano 1995-2005</b>	<b>Ano 2005-2020</b>
Formação florestal	269,9 - 270,7 36,9*	270,7 - 273,9 37,3*	273,9- 286,2 39*
Restinga arborizada	0,073 - 0,071 0,010*	0,071 - 0,041 0,006*	0,041 - 0,095 0,013*

\*% de áreas cultivadas com Formação florestal e Restinga arborizada.

Os resultados práticos do Projeto Replanta Guandu em Seropédica, Paracambi e Japeri também foram avaliados por SILVA (2009) e NAMAN (2010). Eles também observaram o êxito do reflorestamento em Seropédica, enquanto constataram um desempenho inicial nos municípios de Japeri e Paracambi. Nas figuras a seguir, é possível identificar a serra de Miguel Pereira, em 2007 e em 2017, após a implantação do projeto.

Figura 8: Imagem da Serra de Miguel Pereira no ano de 2007.



Fonte: ITPA, 2007.

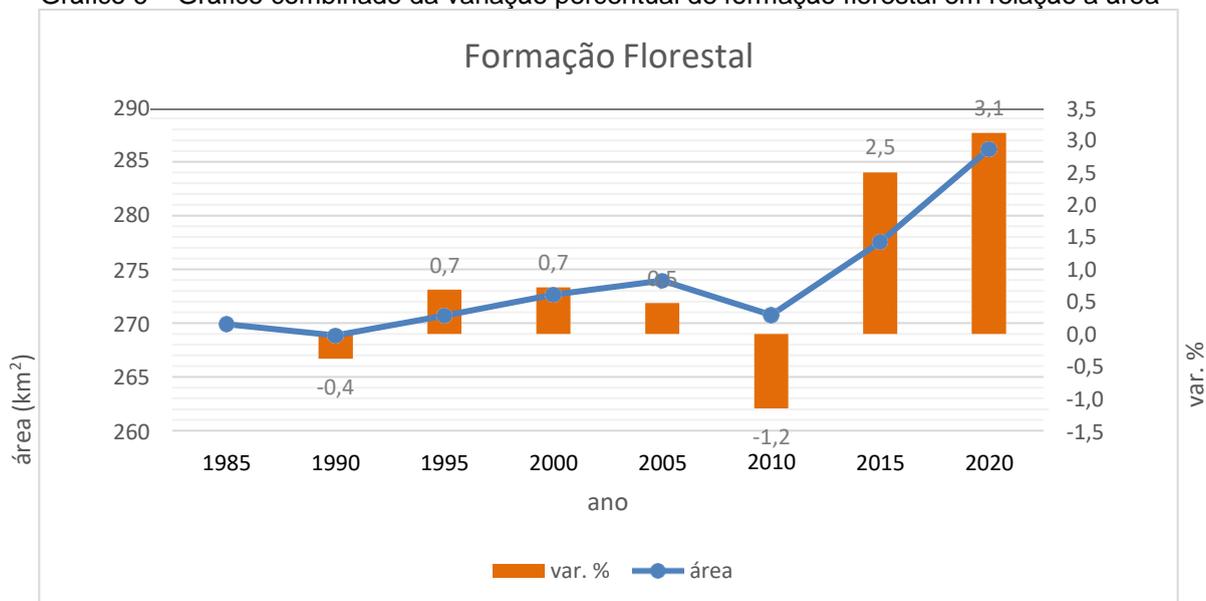
Figura 9: Imagem da Serra de Miguel Pereira no ano de 2017



Fonte: ITPA, 2017.

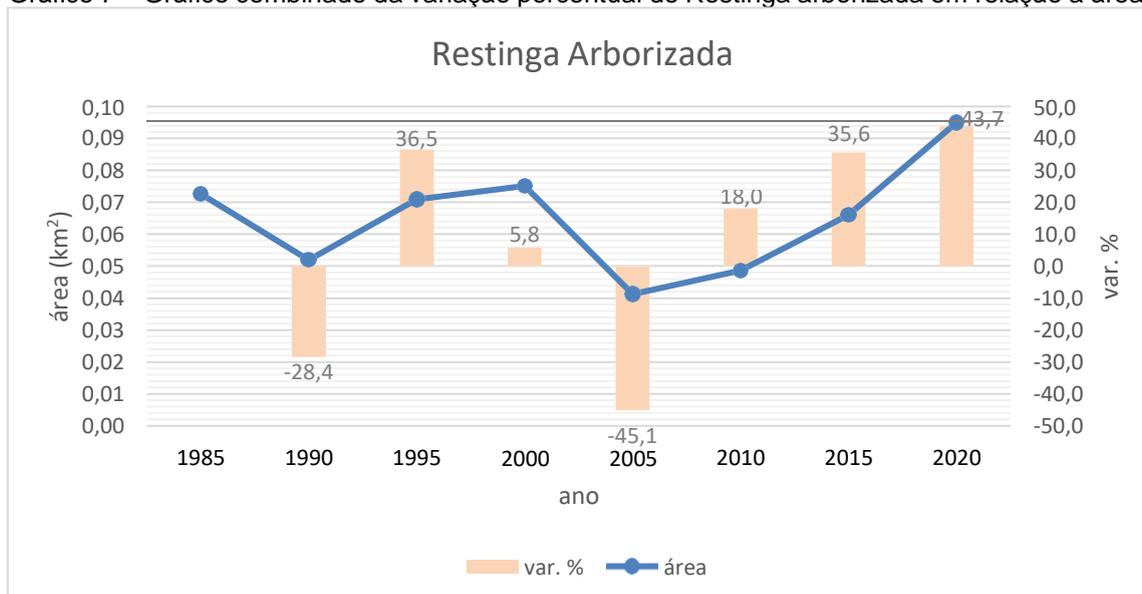
Essas classes são importantíssimas para o ciclo hidrológico, pois a maior parte da precipitação fica temporariamente retida no solo próximo de onde caiu e finalmente retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas. Em estudos realizados por Hursh (1948), verificou-se que a precipitação média foi cerca de 25% maior em áreas preservadas, esse fato é devido ao efeito da diferença de temperatura e das correntes de convecção, ao invés de ser consequência direta da maior transpiração pela floresta. O comportamento de ocupação do solo destas classes pode ser verificado também nos gráficos 6 e 7.

Gráfico 6 – Gráfico combinado da variação percentual de formação florestal em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Gráfico 7 – Gráfico combinado da variação percentual de Restinga arborizada em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Entretanto, se somarmos as classes de pastagem com mosaico de usos, classe onde não foi possível promover a distinção entre pastagem e agricultura, estas ainda se sobressaem.

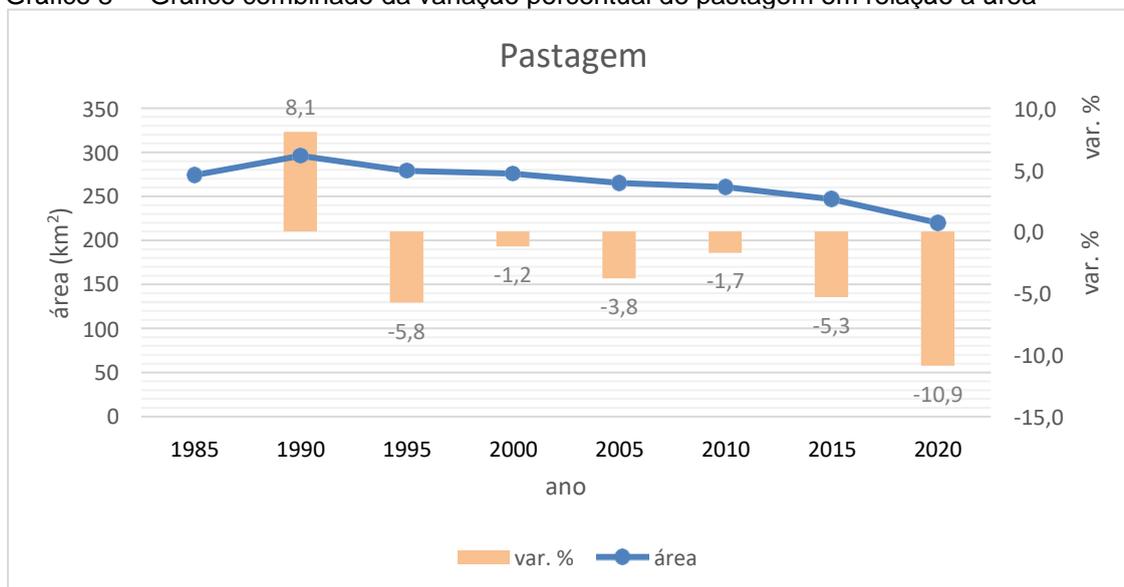
Tabela 8 – Valores de extensão de pastagem e mosaico de usos

Pastagem e Mosaico de usos (km <sup>2</sup> )			
	<b>Ano 1985-1995</b>	<b>Ano 1995-2005</b>	<b>Ano 2005-2020</b>
Pastagem	273,82 - 278,93	278,93 - 265,16	265,16 - 219,9
	37,28* - 37,97*	37,97* - 36,11*	36,11* - 29,98*
Mosaico de usos	156,13 - 146,58	146,58 - 137,27	137,27 - 150,82
	21,26* - 19,95*	19,95* - 18,69*	18,69* - 20,56*

\*% de áreas cultivadas com Pastagem e mosaico de usos.

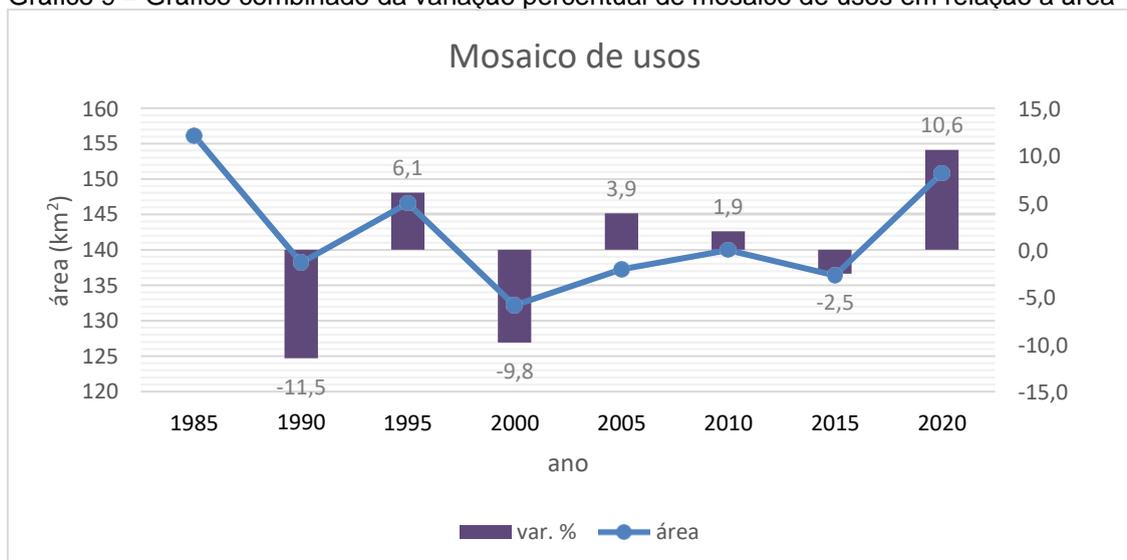
Em suma, é possível afirmar que mais da metade da área total da bacia hidrográfica do Rio Guandu, está sendo ocupada por pastagem ou agricultura como conseguimos visualizar nos gráficos 8 e 9. A expressiva ocorrência de pastagens e cultivos no Ambiente 1 pode ser explicada pelo grande número de propriedades rurais nessa área. Essa região é composta por diversas propriedades rurais que produzem, principalmente, grande quantidade de coco e banana, o que pode explicar os resultados obtidos. Além disso, a presença marcante de solos aluviais - que geralmente apresentam acúmulo de matéria orgânica no horizonte A - e o clima quente da região favorecem essas práticas.

Gráfico 8 – Gráfico combinado da variação percentual de pastagem em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Gráfico 9 – Gráfico combinado da variação percentual de mosaico de usos em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

A classe Mangue sofreu pouca variação durante o monitoramento realizado, apresentando uma variação positiva em relação ao início do monitoramento. No ano de 1985, a classe possuía uma extensão de 0,191 km<sup>2</sup>, passando a ter 0,236 km<sup>2</sup> no ano de 2020. Essa conservação pode ser justificada pela sua resiliência, ou seja, grande capacidade de se recuperar depois de uma perturbação. Além dos mangues, a classe área pantanosa também apresentou pouca variação geral durante os anos monitorados, apesar do monitoramento ter mostrado dois períodos mais críticos, o

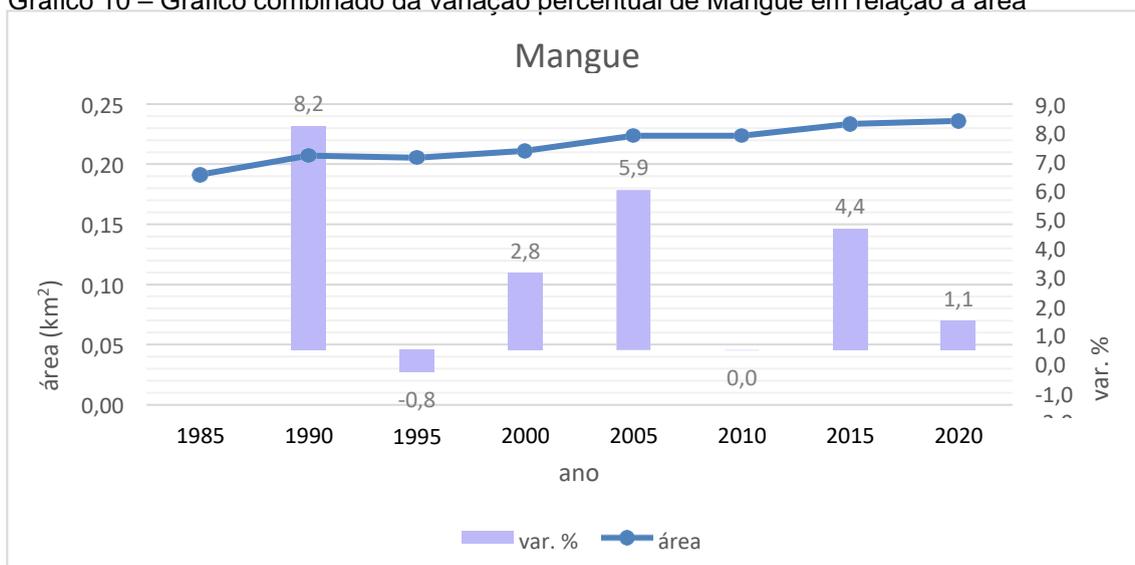
primeiro entre 1985 e 1990 e o segundo entre 2000 e 2005, em 2020 ela já tinha recuperado mais da metade da área que havia sido extinta.

Tabela 9 – Valores de extensão de Mangue e Áreas pantanosas  
Mangue e Área Pantanosa (km<sup>2</sup>)

	Ano 1985-1995	Ano 1995-2005	Ano 2005-2020
Mangue	0,191 - 0,205 0,026* - 0,028*	0,205 - 0,224 0,028* - 0,030*	0,224 - 0,236 0,030* - 0,032*
Área Pantanosa	10,3 - 9,9 1,40* - 1,34*	9,9 - 8,6 1,34* - 1,17*	8,6 - 9,5 1,17* - 1,29*

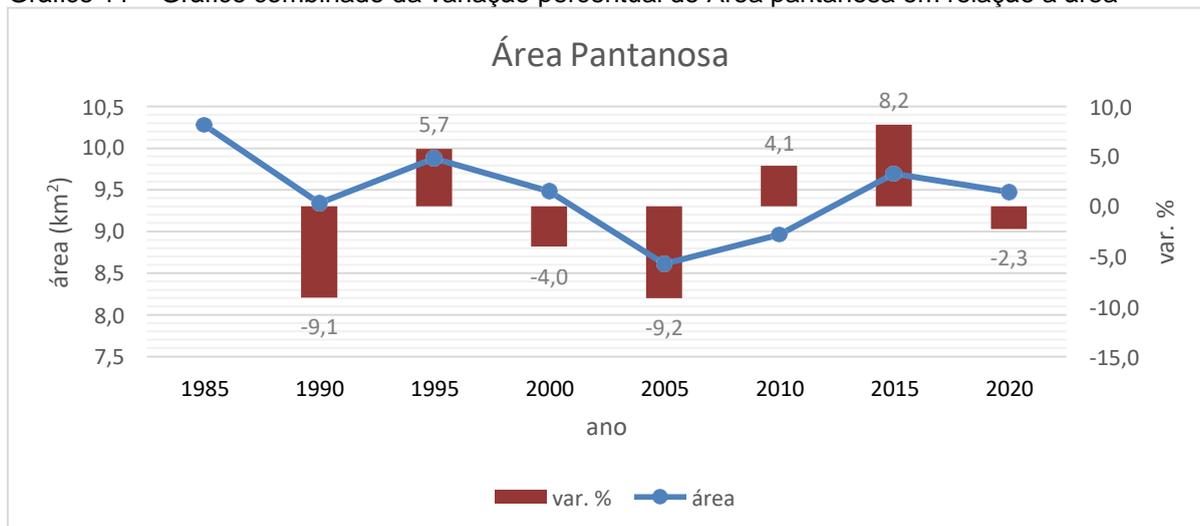
\*% de áreas cultivadas com Mangue e Áreas pantanosas.

Gráfico 10 – Gráfico combinado da variação percentual de Mangue em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Gráfico 11 – Gráfico combinado da variação percentual de Área pantanosa em relação a área

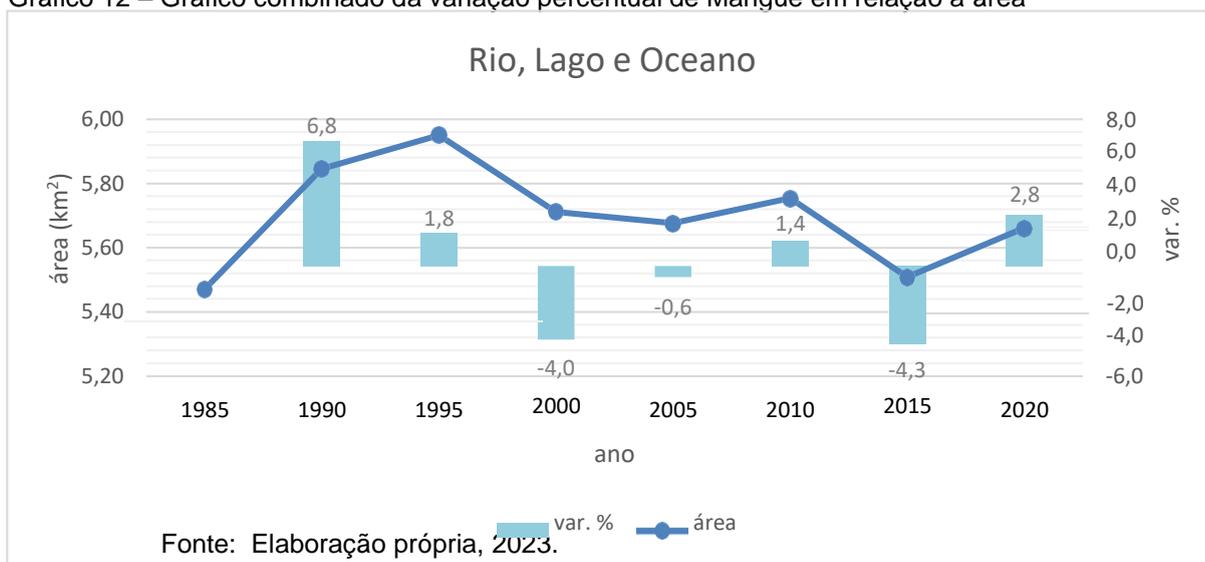


Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nesse ambiente, ocorre a penetração da cunha salina no Canal de São Francisco, influenciando nas formações da paisagem, o que pode ser constatado pela presença de mangues e restingas na área. A cunha salina introduz-se no canal sob a água doce do Rio, devido à maior densidade da água do mar em comparação à fluvial e sua extensão depende diretamente da altura da maré e da vazão do Rio. Além disso, a presença de pequenos fragmentos florestais - com tamanhos muito reduzidos - e a intensa destruição das áreas originalmente cobertas por restingas e manguezais - que ocorre ao longo de toda a costa fluminense - fizeram com que 61% da APP, nesse ambiente, estivessem muito afastadas da vegetação nativa, prejudicando o processo de regeneração natural nas áreas adjacentes.

Por fim, resultados sobre a classe Rio, Lago ou Oceano também foram interpretados (gráfico 11). Os dados indicam que a classe sofreu uma variação positiva de 3,5%. Em 1985 ela ocupava uma área de 5,47 km<sup>2</sup> e em 2020 sua área total correspondia a 5,66 km<sup>2</sup>. Entretanto, este resultado também é reflexo do processo de extração de areia que ocorre no Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí, tal processo se dá através da retirada das camadas sedimentares superficiais da região, caracterizadas por depósitos de areia, de composição quartzo-feldspática, fazendo com que a superfície freática do Aquífero Piranema aflore, preenchendo as cavas resultantes.

Gráfico 12 – Gráfico combinado da variação percentual de Mangue em relação a área



Fonte: Elaboração própria, 2023.

## 5.1 Desafios para a Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Guandu

Em um breve contexto histórico, de acordo o GOBBI (2015), o Brasil era um país onde sua população se encontrava nas zonas rurais, devido ao modelo econômico agroexportador presente desde os períodos coloniais. Porém, com o início da industrialização no país, em 1930 se iniciou lentamente o processo do êxodo rural e até 1940, 31% da população vivia nas cidades. A partir dos anos 1930, começa uma transformação no cenário econômico brasileiro devido à industrialização e urbanização promovida por Getúlio Vargas, aumentadas no governo Juscelino Kubitschek. O modelo adotado consolidou o mercado interno no Sudeste, a região que recebeu maiores investimentos em infraestrutura na época e conseqüentemente passa a concentrar o maior número de indústrias. Devido à concentração de indústrias no Sudeste, promovido pelo Estado, houve um afluxo de população rural para essa região. Em 1970, mais da metade da população já morava nas zonas urbanas.

Na região da bacia hidrográfica do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro, possui um polo industrial em crescimento, composto por aproximadamente 100 indústrias. Destacam-se nesse cenário empresas dedicadas à pirometalurgia, siderurgia, metalurgia, química, têxtil, bebidas, minerais não metálicos e setor editorial/gráfico. (HERMS e LANZILLOTTA, 2012). Em comparação com outros setores, a indústria metalúrgica destaca-se como o mais relevante, tanto em termos de quantidade produzida quanto de importância. Seu potencial poluente é significativo, seja por meio de rejeitos líquidos ou resíduos sólidos. Por sua vez, a indústria química figura como o segundo setor mais importante a ser considerado, tanto em relação ao potencial de contaminação por efluentes líquidos quanto por resíduos sólidos (SEMADS, 2001).

Com o rápido crescimento da região, surgem também desafios ambientais significativos, especialmente devido à exploração mineral, descargas industriais e esgotos domésticos. A bacia do Rio Guandu é caracterizada por um uso intensivo industrial e urbano, refletindo as diversas dinâmicas territoriais da serra e da Baixada Fluminense. Nas áreas montanhosas, encontram-se extensas regiões de solos degradados, afetados por processos erosivos. Além disso, atividades de exploração de areia contribuem para a sedimentação indevida de partículas finas nos cursos d'água, apesar de serem proibidas. Esses sedimentos, combinados com as cargas

provenientes do Rio Paraíba do Sul fazem da bacia do Guandu a principal área de produção e transporte de sedimentos na bacia da Baía de Sepetiba, contribuindo com cerca de 75% do total (HERMS e LANZILLOTTA, 2012).

O atendimento à população na bacia hidrográfica do rio Guandu em relação ao esgotamento sanitário é geralmente precário. Apenas cerca de 10% do esgoto coletado na região é tratado. Os municípios do Rio de Janeiro se destacam na coleta e tratamento, com aproximadamente 93% do esgoto coletado sendo tratado, seguidos por Nova Iguaçu, que trata cerca de 10% do que é coletado (COMITÊ GUANDU, 2012). Essa situação contribui para uma crescente degradação ambiental em grande parte da região. As condições sanitárias são especialmente ruins para os moradores das áreas de baixada, que sofrem com inundações periódicas. A falta de serviços de esgoto resulta em altos níveis de contaminação do lençol freático por coliformes termotolerantes, sendo esta a principal fonte de água para grande parte da população. As áreas mais críticas nas regiões de baixada incluem Queimados, Cabuçu, Engenheiro Pedreira e Guaratiba (CONSÓRCIO ETEPECOLOGUS-SM GROUP, 1998).

A região de Itaguaí desempenha um papel fundamental como fornecedora principal de areia para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A atividade de extração de areia, realizada intensamente nos leitos dos rios e por meio de cavas, destaca-se como uma das mais significativas em termos de impacto na qualidade ambiental. Essa extração atende principalmente à demanda do mercado da construção civil, afetando principalmente uma área de aproximadamente 10 km rio acima da estação de captação da ETA-Guandu, localizada entre a ETA e a rodovia Presidente Dutra (KIM, 2011). Essa atividade acarreta danos ambientais consideráveis, cuja reparação é extremamente difícil, especialmente quando se busca restabelecer as condições naturais.

Alguns documentos analisados como o trabalho de Coelho (2008) e o Plano Estratégico da Bacia do Guandu (ANA, 2006) mostraram que os principais problemas ligados à qualidade das águas estão inseridos na própria bacia. Os rios Queimados, Poços e Ipiranga, cujas águas servem ao pólo industrial de Queimados, também recebem esgotamento sanitário de parte da Baixada Fluminense, muito carente de infraestrutura de saneamento. Além de importante pólo industrial, uma região densamente habitada (mais de 200 mil habitantes) e carente de sistemas de esgotamento sanitário. Ainda há de se considerar, além dos esgotos domésticos e

efluentes industriais, a poluição por agrotóxicos, apesar de menor contribuição. Em um estudo feito por Oliveira e Hora (2021), foi monitorado a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Guandu, os dados relativos à concentração de CT apontaram que em todas os pontos de coleta houve violações dos valores de referência e os maiores valores foram verificados nos pontos de coleta dos rios Ipiranga e Poços/Queimados, localizados próximos ao distrito industrial de Queimados.

Além disso, a qualidade das águas também é afetada pela atividade de extração mineral de areia, principalmente na sub-bacia do Rio da Guarda. A extração de areia é uma atividade econômica importante do município de Seropédica, correspondendo a cerca de 70% da produção de areia do Estado do Rio de Janeiro.

As tensões e conflitos pela água são agravados em decorrência de um processo natural chamado de “cunha salina” que influencia a política de outorga de água do Comitê Guandu para os usuários da região. Para evitar a entrada de água salobra pelo Canal de São Francisco é necessário um volume constante de vazão na foz, em torno de 60 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2007). Caso contrário, a intrusão de cunha salina decorrente de efeitos de maré inviabiliza o funcionamento das termelétricas e indústrias. Outro conflito terra-mar é o deságüe de rios poluídos com grande carga de sedimentos nas bacias de Sepetiba. A manutenção dos níveis de poluição e sedimentação atuais em longo prazo pode comprometer estes corpos hídricos fluviais, a qualidade das praias, as atividades humanas (lazer e atividades econômicas como a pesca) ali realizadas e a sobrevivência da fauna ali habitada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolveu um atlas que destaca a evolução do uso e ocupação do solo ao longo do tempo, fornecendo subsídios importantes para as decisões dos órgãos responsáveis. Além disso, compilou informações críticas sobre as transformações e vulnerabilidades na Bacia do Guandu. Embora tenha alcançado seus objetivos, recomenda-se a continuidade dessa abordagem em outras regiões hidrográficas, pois acredita-se que isso estimulará e apoiará futuras investigações.

Apesar da promulgação do Novo Código Florestal, respaldado pela Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012, que versa sobre a proteção da vegetação nativa e das Áreas de Preservação Permanente - APPs, observou-se um crescimento significativo de áreas urbanas dentro desses domínios. Isso nos leva a concluir que essa ocupação ocorre, em muitos casos, de maneira irregular ou pouco planejada. De acordo com o estudo realizado, foi possível identificar que as categorias mais predominantes na área analisada são pastagens e áreas urbanizadas. Além disso, ao longo dos anos considerados, algumas áreas de pastagem cederam espaço para a urbanização. Essa ocupação, com seu pico de crescimento mais expressivo durante a década de 90, representa uma ameaça direta à população que ali se estabelece, uma vez que, devido à sua natureza pouco planejada, não foram conduzidos estudos hidrológicos e geológicos prévios. Adicionalmente, representa uma ameaça indireta para toda a população, uma vez que tais ocupações comprometem a qualidade hídrica da bacia hidrográfica.

A ocupação urbana transcende questões habitacionais e abarca uma gama de necessidades sociais fundamentais para uma sociedade, tais como o acesso à água potável, a gestão adequada de resíduos sólidos, o tratamento de águas residuais, a infraestrutura urbana e condições de trabalho, entre outras. Os impactos ambientais decorrentes de uma ocupação urbana irregular são de grande magnitude, destacando a necessidade premente de um planejamento meticuloso por parte das autoridades competentes. Lamentavelmente, tal planejamento não foi observado na ocupação da bacia em análise. A bacia do Guandu revela-se como um cenário permeado por diversos desafios e fragilidades. A disponibilidade hídrica nessa região depende inteiramente da transposição das águas do Paraíba do Sul, o que suscita reflexões sobre a urgência de uma gestão integrada entre as bacias hidrográficas. Ademais, foram identificados inúmeros problemas ambientais como a atividade irregular de

mineração, lançamento inadequado de efluentes nos mananciais e o efeito de cunha salina que interferem nas outorgas. Essas questões exercem uma pressão substancial sobre a referida bacia, colocando em risco a segurança hídrica da metrópole.

Neste contexto, advogamos pela necessidade de uma maior integração entre os comitês de bacias, as autoridades responsáveis pelo saneamento e ordenamento do território, bem como a população diretamente afetada. Tal integração poderia marcar o início do fortalecimento de uma forma de governança metropolitana da água, por meio de um fórum que reúna diversos agentes e atores sociais. Esse fórum, ao proporcionar visibilidade aos conflitos, poderia servir como um espaço para a negociação e construção de um ambiente de gestão, atuando como mediador entre entidades públicas, privadas e a sociedade civil. É importante ressaltar que a gestão da água não pode ser dissociada da gestão do esgotamento sanitário, tampouco do ordenamento do uso do solo.

Por último, a implementação de planos mais concisos e pragmáticos, com ênfase no diagnóstico e na proposição de ações e investimentos, juntamente com um gerenciamento integrado e proativo, que contemple alternativas e otimize os usos múltiplos, deve ser estabelecida no âmbito das bacias hidrográficas. Isso visa descentralizar a gestão e oferecer oportunidades de participação para usuários, setor público e privado. Além disso, a educação da comunidade em todos os níveis e a capacitação de gestores com abordagens inovadoras são desenvolvimentos essenciais para a gestão efetiva dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, G.A. Ações poluidoras na bacia do rio Guandu e suas consequências para a ETA Guandu. Companhia Estadual de Água e Esgoto, 2003.

AMARAL F.; SOUZA L.; SOARES P.; SOARES B. P.; LEITE G.; MARTINS V.; FERNANDES I.; LANA M. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão floriorestal. *Revista árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, 2009.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: relatório do diagnóstico final*. Brasília, DF, 2006.

ARAUJO, B. ALENCAR, E. Falta de 'plano B' põe em risco abastecimento de água do Rio. *Especialistas alertam que sistema da Light opera 'no limite' e sem redundância, o que representa ameaça para as torneiras de 9,5 milhões de fluminenses*. *Jornal O eco*, 2020.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL-AGEVAP. *Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim – RF.01 Relatório Final. PERH Guandu p.627*, 2018.

Arana, A.R.A., et al., 2018. Gestão das águas e planejamento ambiental: áreas de preservação permanente no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio – SP. *Revista Brasileira de Geografia Física*.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 16 jul. 2020.

CAMPO, J.D.; Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do Rio Paraíba do Sul envolvendo o setor elétrico. 2001. 192f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001

CARVALHO, G. B. B.; THOMAS, P. T.; GONTIJO, W. C. Cobrança pelo uso de recursos hídricos na transposição da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul para a bacia hidrográfica do Rio Guandu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2007.

CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos). Informativo anual sobre a qualidade da água distribuída para a população do Estado do Rio de Janeiro. Janeiro a dezembro de 2013. Rio de Janeiro, 2013.

CNEC. *Serviços de revisão do plano diretor de abastecimento de água da região metropolitana do Rio de Janeiro, relativamente aos municípios atendidos pelos sistemas Guandu, Ribeirão das Lajes e Acari – RJ*. Rio de Janeiro:CEDAE, 2004.

CONSÓRCIO ETEP - ECOLOGUS - SM GROUP. Relatório Final: Parte 1 (Diagnóstico Ambiental). In: Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. SEMA, 1998.

ELIZARDO, MARCELO. Com nova baixa nos reservatórios do RJ, secretário pede economia de água. *Jornal G1*, Rio de Janeiro, 26 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/08/com-nova-baixa-nos-reservatoriosdo-rj-secretario-pede-economia-de-agua.html>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2022.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Brasília, set. 2005.

GARBOCCI, A, A. Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, da Guarda e da Guarda-Mirim. Rio de Janeiro. Instituto Estadual do Ambiente (Inea).2012.

GIRI, C. L. J.; ABBAS, S. MURALI, R.M.; QAMER, F.M. 2014. Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia. *Journal of Environmental Management*.

GOBBI, Leonardo Delfim. *Urbanização brasileira*. Globo educação, 2015

GOOGLE EARTH ENGINE. Meet Earth Engine. Disponível em: <https://earthengine.google.com/>. Acesso em: 14 fev. 2023.

GORILECK, N.; et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, [s.l], v.202, n.1, p. 18-27. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>. Acesso em: 20 mai. 2022.

Gunkel, G., et al, 2018. Water management and aquatic ecosystem services of a tropical reservoir (Itaparica, São Francisco, Brazil). *Regional Environmental Change*.

HERMS, F. W; LANZILLOTTA, H. A. Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, da Guarda e da Guarda-Mirim: Influência de Atividades industriais na poluição por metais no Rio Guandu, Baía de Sepetiba-RJ. Rio de Janeiro. Instituto Estadual do Ambiente (Inea).2012.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE-INEA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. Relatório gerencial. p.69, 2014.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2018). ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180801\\_ods\\_metas\\_nac\\_dos\\_obj\\_de\\_desenv\\_susten\\_propos\\_de\\_adequa.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180801_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf)> Acesso em: 14 de novembro de 2023

JANSEN, L. J. M.; Di Gregorio, A. Obtaining land-use information from a remotely

sensed land cover map: results from a case study in Lebanon. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.5, p.141-157, 2004.

KIM, M., Estudo da Variabilidade de Turbidez no Trecho Superior do Rio Guandu. Monografia (Graduação). Universidade do Federal do Rio de Janeiro. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. UFRJ, 2011.

LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1997, Operação dos Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul e Sistema Light-Relatório PS-RE-22-R0. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ, Rio de Janeiro, outubro.

LIMA, J. E. F. W. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. *Embrapa Cerrados Documentos (INFOTECA-E)*. 2001.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília: CNPq, 2012. v. 1. 256 p

NAMAN, L. Avaliação do crescimento em quatro áreas de reflorestamento do projeto Replanta Guandu I, RJ. 33 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

OLIVEIRA, C. Guandu uso do solo. O recurso solo na Bacia do Rio Guandu. Revista temática do Comitê Guandu, 2015.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 4.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em <https://plataforma.mapbiomas.org/map#transition>. Acesso em: 10 de out. 2022.

REIS FILHO, N. R. A gestão participativa no comitê de bacias hidrográficas do guandu. Rio de Janeiro: OMA-BRASIL (Associação Organização da Sociedade Civil de Interesse Público Mobilidade e Ambiente Brasil), set. 2013.

ROSA R. M. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. *Boletim paulista de geografia* a. São Paulo, Brasil, n. 95, 2016

SILVA, A. C. L. et al. Avaliação de mananciais usados em sistemas de abastecimento de água: estudos de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA. João Pessoa. Anais. Rio de Janeiro: ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 2001.

SILVA, C. F. F. Avaliação da recomposição da mata ciliar na reabilitação da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu - RJ. 31 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

SILVA, A. M. L. B. *Uso e cobertura do solo nas regiões hidrográficas do Rio de Janeiro e instrumentos de gestão local: um estudo sobre as ferramentas online para mapeamento temporal*. 2022. 57 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede

Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

TUBBS FILHO, D.; MARQUES, E.D.; GOMES, O.V.O.; SILVA-FILHO, E.V. Impacto da mineração de areia sobre a química das águas subterrâneas, Distrito Areeiro da Piranema, Municípios de Itaguaí e Seropédica. Revista Brasileira de Geociências. 2011.

VAEZA, R.F. et al. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. Floresta e Ambiente, 2010.

VASCONCELOS, Yuri. Colaboração do céu. Pesquisa Fapesp, São Paulo, v. 230, p. 64-69, abr. 2015

GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHERI, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S.C; ZANELLA, R., Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no Sul do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 06, p. 632-637, 2008.

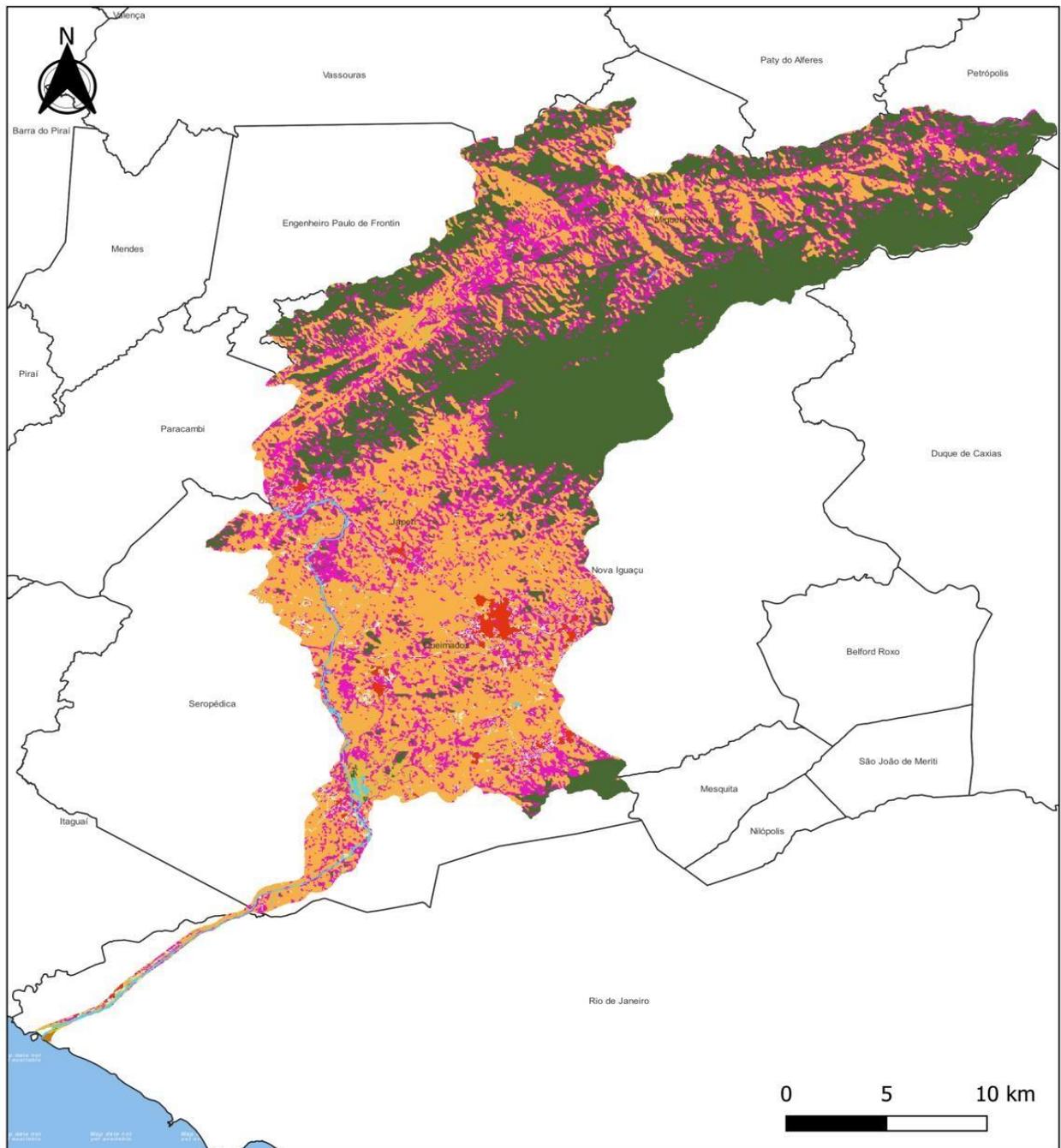
ROSA, M.R.; Metodologia de Classificação de uso e cobertura da terra para análise de três décadas de ganho e perda anual da cobertura florestal nativa na mata atlântica. Universidade de São Paulo, 2016.

ROSSETE, A.N. Planejamento ambiental e mineração. Estudo de caso: a mineração de areia no município de Itaguaí-RJ. Fevereiro de 1996. Pós-graduação em Administração e política de recursos minerais, Instituto de Geociências da Universidade de Campinas. 1996.

RAMADON, L.F.F.; Recursos Hídricos e Mineração: um estudo sobre a extração de areia na bacia hidrográfica do Rio Guandu/RJ. 2020. 146f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

ROCHA, A. S; OLIVEIRA, L.D. Para una ecología política del agua: análisis de la periferia metropolitana de Río de Janeiro (Brasil). Geography Notebooks, v. 3, n. 2, p. 111-125, 2020

**APÊNDICE A – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 1985.**



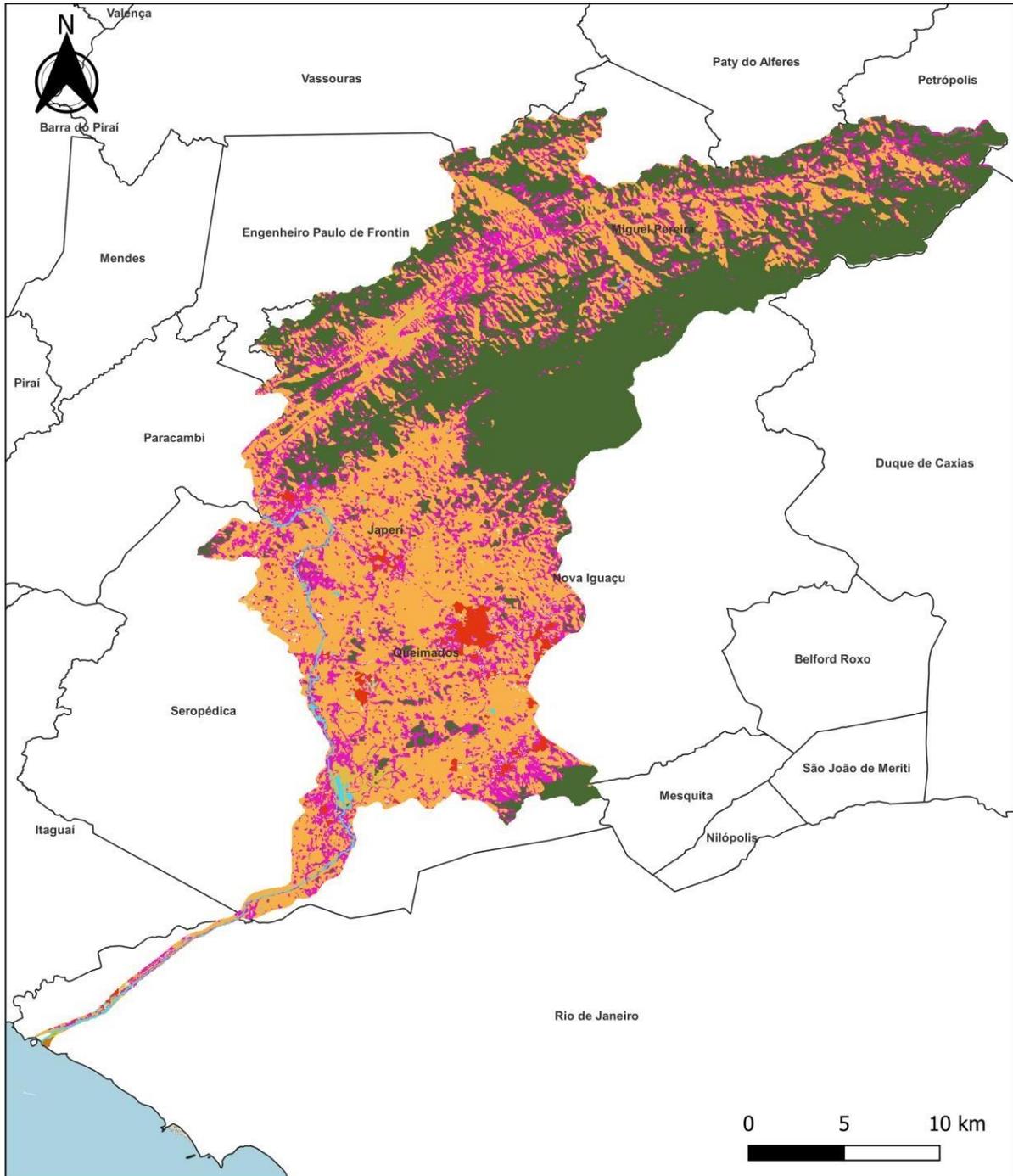
LEGENDA	
	Área urbanizada
	Formação Florestal
	Mangue
	Área Pantanosa
	Pastagem
	Mosaico de Usos
	Áreas não Vegetadas
	Afloramento Rochoso
	Mineração
	Rios, Lagos e Oceano
	Restinga Arborizada

**ProfÁgua** Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de Coordenadas  
UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

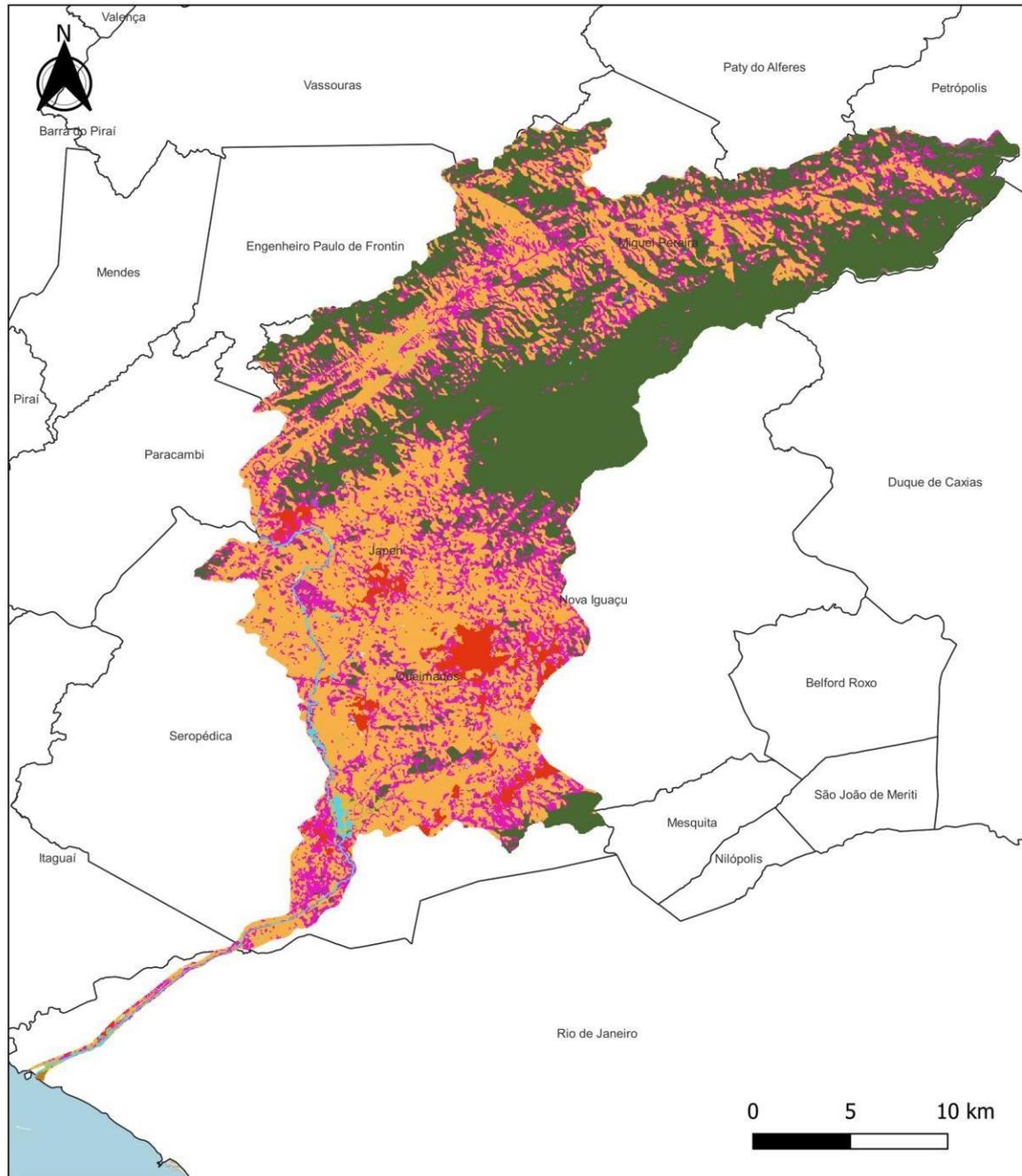
**Classificação de uso e cobertura do solo no ano de 1985**

## APÊNDICE B – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 1990.



LEGENDA		Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos	
 Formação florestal	 Área urbanizada	Sistema de Coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 Zona 23S	
 Mangue	 Áreas não vegetadas		
 Área pantanosa	 Afloramento rochoso	Classificação de uso e cobertura do solo no ano de 1900	
 Pastagem	 Mineração		
 Mosaico de usos	 Rio, lago e Oceano		
 Restinga arborizada			

## APÊNDICE C – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 1995.



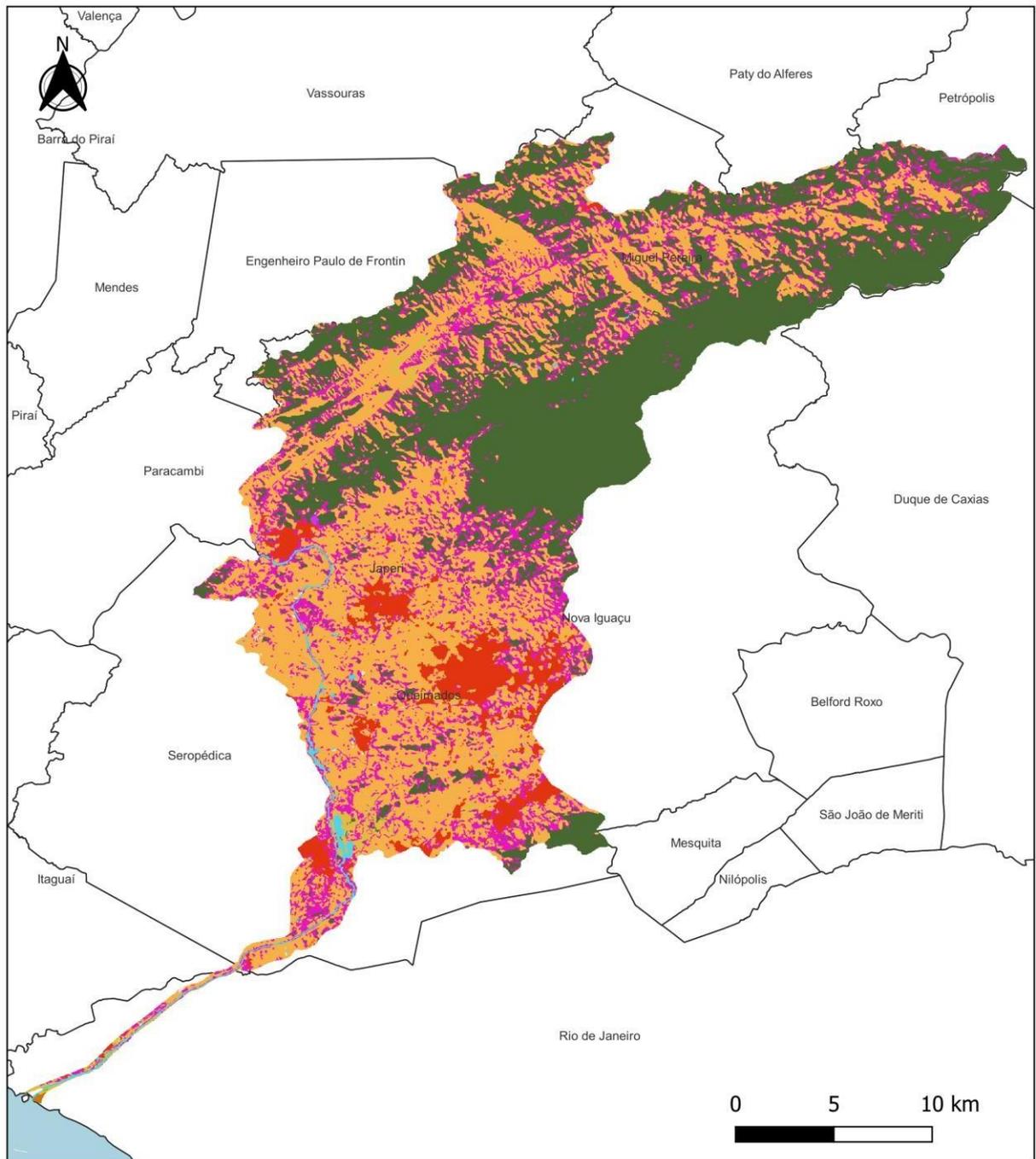
LEGENDA	
	Formação florestal
	Mangue
	Área pantanosa
	Pastagem
	Mosaico de usos
	Área urbanizada
	Áreas não vegetadas
	Afloramento rochoso
	Mineração
	Rio, Lago e Oceano
	Restinga arborizada

**ProfÁgua** Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

Classificação de uso e cobertura do solo no ano de 1995

## APÊNDICE D – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2000.



LEGENDA:	
	Formação florestal
	Mangue
	Área pantanosa
	Pastagem
	Mosaico de usos
	Área urbanizada
	Áreas não vegetadas
	Afloramento rochoso
	Mineração
	Aquicultura
	Rio, Lago e Oceano
	Mosaico de colheita
	Restinga arborizada

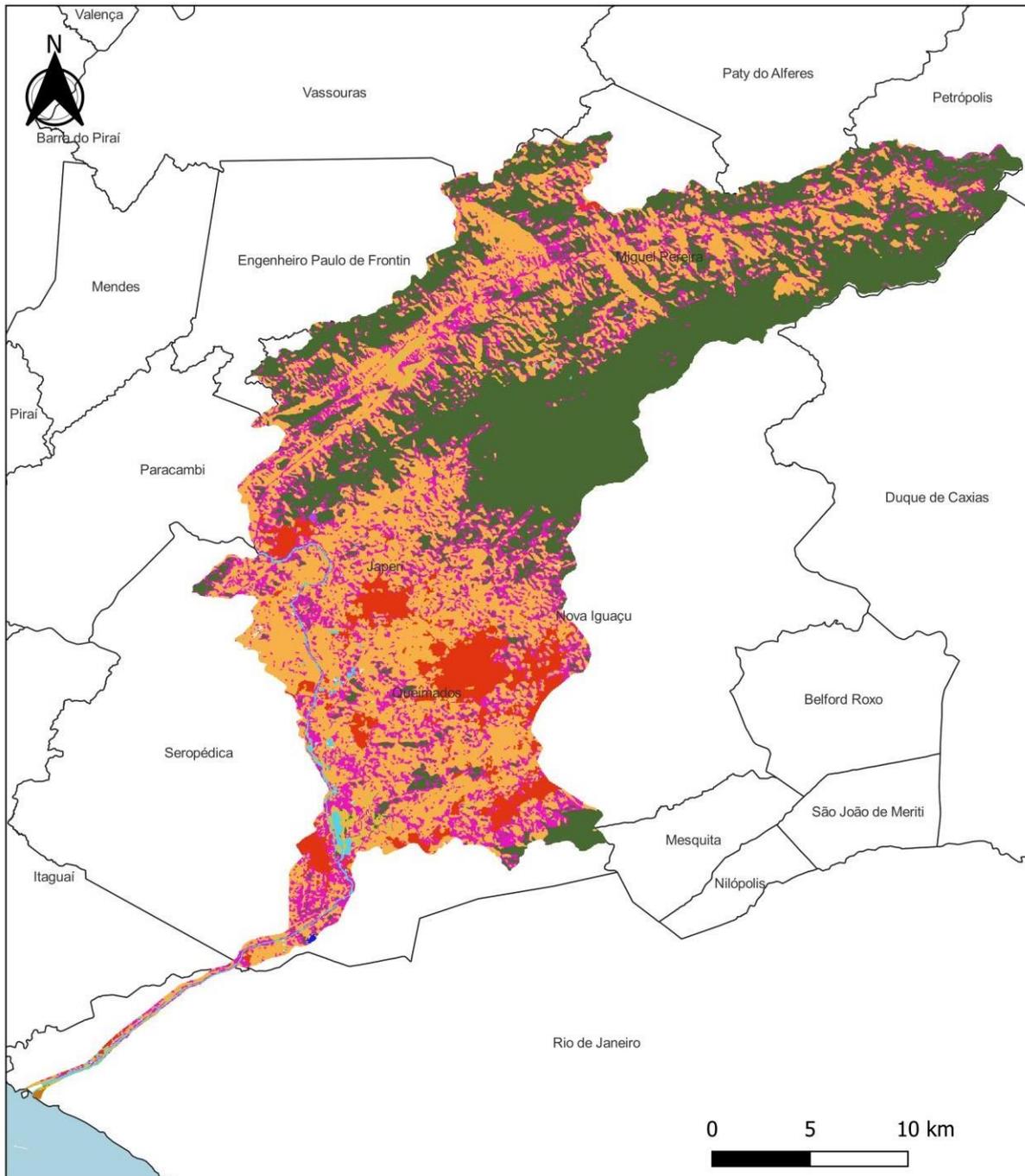
**ProfÁgua**

Mestrado Profissional em Rede Nacional em  
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de Coordenadas  
UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

**Classificação de uso e cobertura  
do solo no ano de 2000**

## APÊNDICE E – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2005.



### LEGENDA:

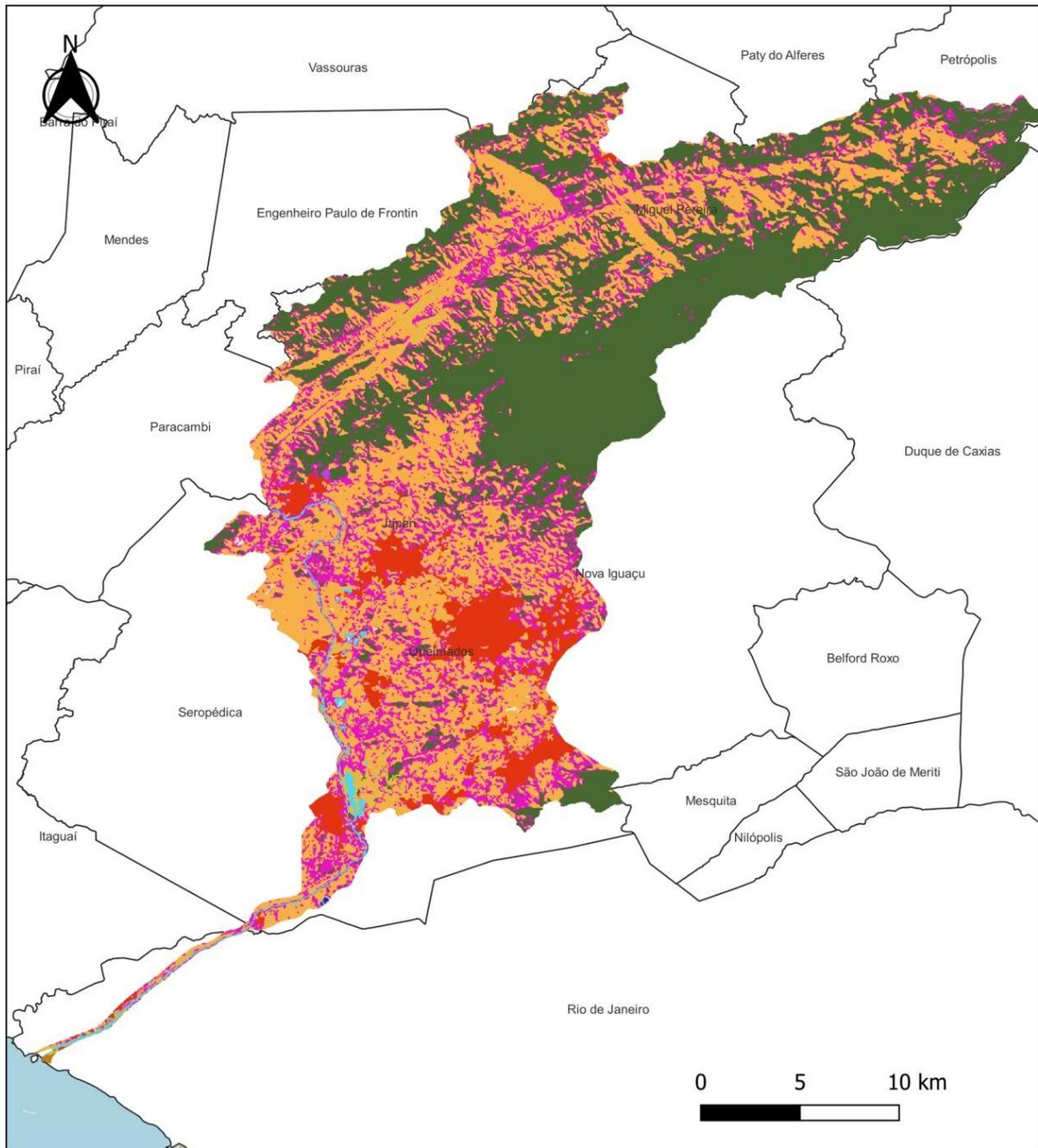
 Formação florestal	 Outras áreas não vegetadas
 Mangue	 Afloramento rochoso
 Área pantanosa	 Mineração
 Pastagem	 Rio, Lago e Oceano
 Mosaico de usos	 Mosaico de colheitas
 Área urbanizada	 Restinga arborizada

**ProfÁgua** Mestrado Profissional em Rede Nacional em  
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de Coordenadas  
UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

**Classificação de uso e cobertura  
do solo no ano de 2005**

## APÊNDICE F – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2010.



### LEGENDA:

	Formação florestal		Áreas não vegetadas
	Mangue		Afloramento rochoso
	Área pantanosa		Mineração
	Pastagem		Rio, lago e Oceano
	Mosaico de usos		Mosaico de colheitas
	Área urbanizada		Restinga arborizada

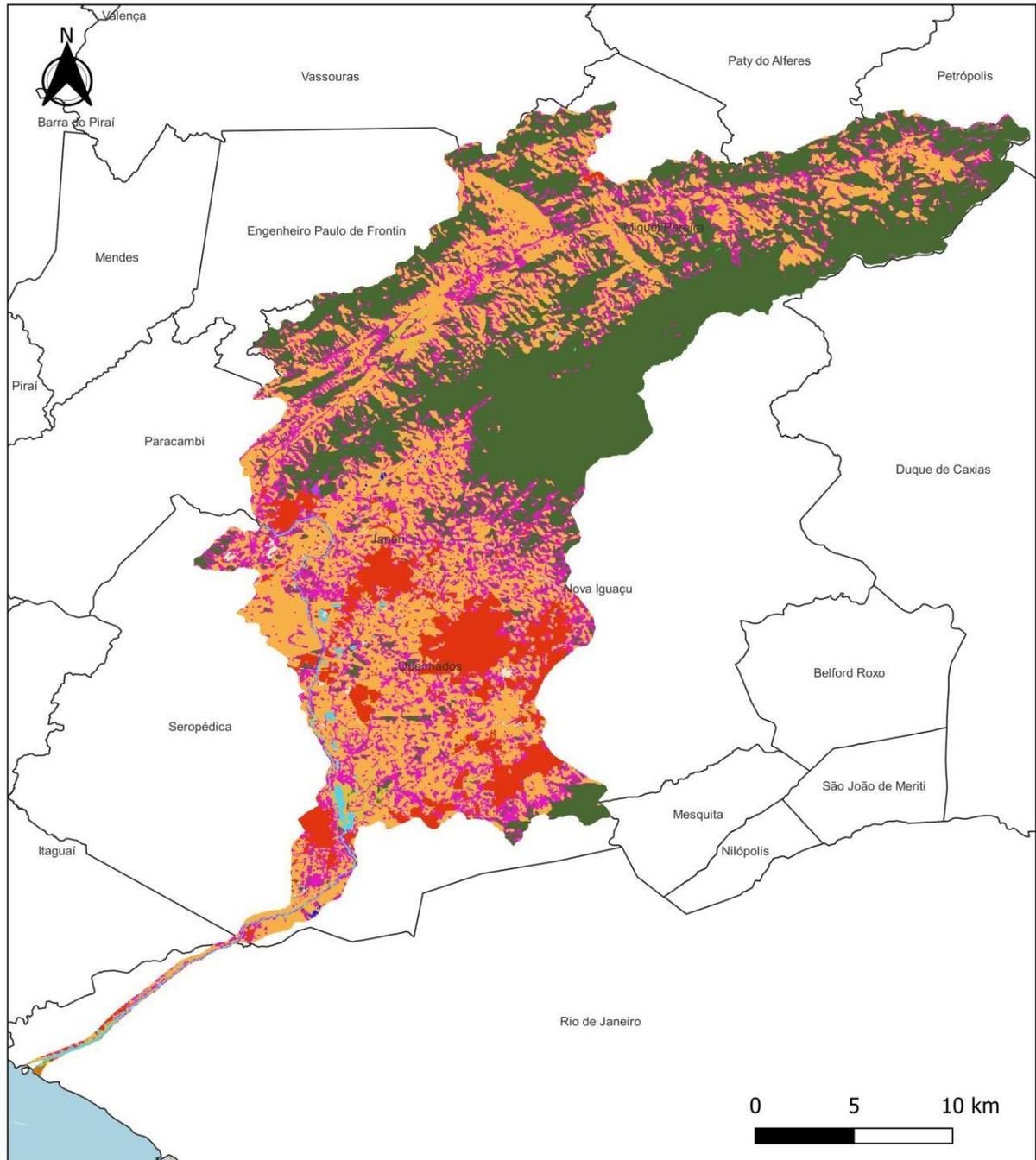
**ProfÁgua**

Mestrado Profissional em Rede Nacional em  
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de  
Coordenadas  
UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

Classificação de uso e cobertura do  
solo no ano de 2010

**APÊNDICE G – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2015.**



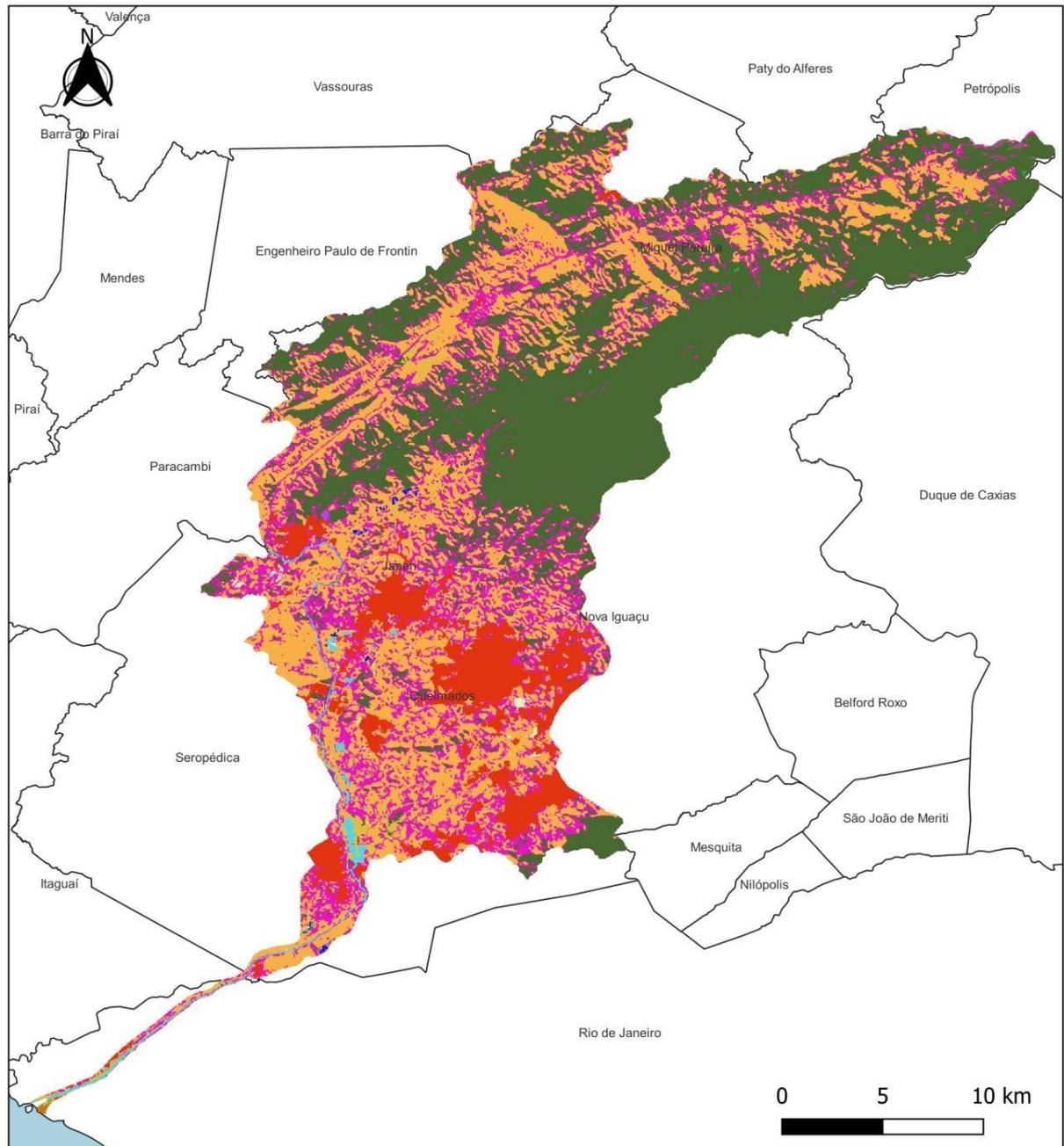
LEGENDA:	
	Formação florestal
	Mangue
	Floresta plantada
	Área pantanosa
	Pastagem
	Mosaico de usos
	Área urbanizada
	Áreas não vegetadas
	Afloramento rochoso
	Mineração
	Aquicultura
	Rio, Lago e Oceano
	Mosaico de colheitas
	Restinga arborizada

**ProfÁgua** Mestrado Profissional em Rede Nacional em  
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de Coordenadas  
UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

Classificação de uso e cobertura do  
solo no ano de 2015

## APÊNDICE H – Atlas: Monitoramento de uso e cobertura do solo no ano de 2020.



### LEGENDA:

	Áreas não vegetadas
	Formação florestal
	Afloramento rochoso
	Mangue
	Mineração
	Floresta plantada
	Aquicultura
	Área pantanosa
	Rio, Lago e Oceano
	Pastagem
	Mosaico de colheitas
	Mosaico de usos
	Restinga arborizada
	Área urbanizada

**ProfÁgua**

Mestrado Profissional em Rede Nacional em  
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Sistema de  
Coordenadas  
UTM  
Datum SIRGAS 2000  
Zona 23S

Classificação de uso e cobertura do solo  
no ano de 2020

**APÊNDICE I - Variação absoluta de uso e ocupação do solo entre o período de 1985 e 2020.**

CLASSES DE SOLO	1985		1990		1995		2000		2005		2010		2015		2020	
	Área (Km <sup>2</sup> )	(%)														
Não observado	0,06	0,01%	0,08	0,01%	0,03	0,00%	0,00	0,00%	0,03	0,00%	0,02	0,00%	0,05	0,01%	0,09	0,01%
Formação florestal	269,89	36,74%	268,84	36,60%	270,69	36,85%	272,64	37,13%	273,95	37,30%	270,73	36,86%	277,51	37,81%	286,16	39,01%
Mangue	0,19	0,03%	0,20	0,03%	0,20	0,03%	0,21	0,03%	0,22	0,03%	0,22	0,03%	0,23	0,03%	0,24	0,03%
Área pantanosa	10,28	1,40%	9,34	1,27%	9,88	1,34%	9,48	1,29%	8,61	1,17%	8,96	1,22%	9,69	1,32%	9,47	1,29%
Pastagem	273,82	37,28%	295,99	40,29%	278,93	37,97%	275,58	37,53%	265,16	36,11%	260,61	35,48%	246,74	33,61%	219,90	29,98%
Mosaico de usos	156,13	21,26%	138,21	18,82%	146,58	19,95%	132,18	18,00%	137,27	18,69%	139,95	19,05%	136,42	18,58%	150,82	20,56%
Área urbanizada	7,35	1,00%	11,12	1,51%	19,73	2,69%	36,51	4,97%	41,29	5,62%	45,58	6,21%	53,91	7,34%	57,45	7,83%
Áreas não vegetadas	10,42	1,42%	4,00	0,54%	1,56	0,21%	0,98	0,13%	1,11	0,15%	1,51	0,21%	2,82	0,38%	2,64	0,36%
Afloramento rochoso	0,80	0,11%	0,78	0,11%	0,80	0,11%	0,84	0,11%	0,85	0,12%	0,89	0,12%	0,94	0,13%	0,85	0,12%
Mineração	0,08	0,01%	0,09	0,01%	0,13	0,02%	0,15	0,02%	0,16	0,02%	0,17	0,02%	0,18	0,02%	0,18	0,02%
Rio, Lago e Oceano	5,47	0,74%	5,85	0,80%	5,95	0,81%	5,71	0,78%	5,68	0,77%	5,75	0,78%	5,51	0,75%	5,66	0,77%
Restinga arborizada	0,07	0,01%	0,05	0,01%	0,07	0,01%	0,08	0,01%	0,04	0,01%	0,05	0,01%	0,07	0,01%	0,09	0,01%
Salina	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Soja	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,18	0,02%	0,12	0,02%	0,00	0,00%	0,30	0,04%	0,61	0,08%
Floresta plantada	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,05	0,01%	0,05	0,01%
Aquicultura	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,01	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,05	0,01%	0,10	0,01%

**APÊNDICE J** - Variação relativa de uso e ocupação do solo entre o período de 1985 e 2020.

CLASSES DE SOLO	1985	var. (%)	1990	var. (%)	1995	var. (%)	2000	var. (%)	2005	var. (%)	2010	var. (%)	2015	var. (%)	2020
Não observado	0,064	26,92	0,082	-59,6	0,033	-90,0	0,003	950,2	0,035	-30,935	0,024	110,325	0,050	85,269	0,093
Formação Florestal	269,887	-0,39	268,842	0,7	270,686	0,7	272,640	0,5	273,949	-1,174	270,734	2,504	277,515	3,116	286,163
Mangue	0,191	8,19	0,207	-0,8	0,205	2,8	0,211	5,9	0,224	0,00004	0,224	4,428	0,233	1,060	0,236
Área Pantanosa	10,276	-9,11	9,340	5,7	9,876	-4,0	9,480	-9,2	8,610	4,059	8,960	8,168	9,691	-2,251	9,473
Pastagem	273,820	8,09	295,986	-5,8	278,931	-1,2	275,583	-3,8	265,156	-1,716	260,605	-5,322	246,736	-10,876	219,901
Mosaico de usos	156,131	-11,48	138,212	6,1	146,576	-9,8	132,180	3,9	137,274	1,946	139,946	-2,520	136,419	10,559	150,823
Área Urbanizada	7,351	51,31	11,123	77,4	19,734	85,0	36,511	13,1	41,287	10,405	45,583	18,263	53,907	6,573	57,451
Áreas não vegetadas	10,415	-61,60	4,000	-61,0	1,562	-37,0	0,983	12,6	1,107	36,798	1,515	86,160	2,819	-6,478	2,637
Afloramento Rochoso	0,804	-2,68	0,783	2,2	0,800	5,2	0,842	0,6	0,847	5,573	0,894	5,558	0,943	-9,477	0,854
Mineração	0,075	16,48	0,088	52,8	0,134	15,4	0,155	5,9	0,164	5,050	0,172	3,847	0,179	2,316	0,183
Rio, Lago e Oceano	5,471	6,84	5,845	1,8	5,950	-4,0	5,711	-0,6	5,677	1,367	5,754	-4,280	5,508	2,788	5,661
Restinga Arborizada	0,073	-28,42	0,052	36,5	0,071	5,8	0,075	-45,1	0,041	18,001	0,049	35,607	0,066	43,742	0,095
Mosaico de colheita	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,188	-46,939	0,100	289,578	0,389	114,901	0,836
Aquicultura	0	0	0	0	0	0	0,009	100,0	0	0	0	0,000	0,054	79,998	0,097
Floresta Plantada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,048	13,798	0,055