

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação –
PPGCiAC

MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ

Mestranda: Larissa Gischewski Guimarães

Macaé

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação –
PPGCiAC

MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ

Mestranda: Larissa Gischewski Guimarães

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e da Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves

Macaé

2017

MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ

Larissa Gischewski Guimarães

Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

Aprovada por:

Presidente, Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves

Prof. Maurício Mussi Molisani

Prof. José Augusto Ferreira Silva

Rio de Janeiro

Maio, 2017

Ficha catalográfica

963m Gischewski Guimarães, Larissa
MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ / Larissa
Gischewski
Guimarães. -- Rio de Janeiro, 2017.
96 f.

Orientador: Francisco de Assis
Esteves. Dissertação (mestrado) -
Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Campus Macaé, Programa de
Pós Graduação em Ciências Ambientais e
Conservação, 2017.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Rio Macaé. 3.
Geotecnologias. 4. Mudanças no uso e
cobertura da terra. I. de Assis Esteves,
Francisco , orient. II. Título.

Dedico este trabalho aos anjos que estão em minha vida que tocaram meu coração e eu espero ter tocado os deles também (Edmilson, Kátia, Layla, Lana, Paulo Gustavo e Gabriel)

NÃO SEI

Não sei se a vida é curta ou longa para nós,
mas sei que nada do que vivemos tem sentido,
se não tocarmos o coração das pessoas.

Muitas vezes basta ser: colo que acolhe,
braço que envolve, palavra que conforta,
silêncio que respeita, alegria que contagia,
lágrima que corre, olhar que acaricia,
desejo que sacia, amor que promove.

E isso não é coisa de outro mundo,
é o que dá sentido à vida.
É o que faz com que ela não seja nem curta,
nem longa demais, mas que seja intensa,
verdadeira, pura enquanto durar.

Feliz aquele que transfere o que sabe
e aprende o que ensina.

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer,

A toda equipe do Laboratório de Ecologia Aquática, que além de companheiros profissionais se tornaram meus amigos;

A equipe do PPGCiAC;

Ao meu orientador Francisco de Assis Esteves pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional e todo apoio e orientação nesta caminhada;

Ao Roberto por todos os ensinamentos, paciência e dedicação envolvidas neste trabalho, conversas sérias e outras nem tanto, e a amizade ~~internacional~~ sulista;

Ao Saulo Folharini (EMBRAPA) pelo auxílio inicial da metodologia;

A CAPES pelo financiamento que fez este mestrado possível;

A banca de qualificação (Guilherme Sardemberg e Maurício Mussi) pelos conselhos, críticas construtivas e a atenção disponibilizada;

A banca de defesa da Dissertação, José Augusto Ferreira e Maurício Mussi novamente pela contribuição da evolução deste trabalho.

Aos amigos feitos no NUPEM que tornaram a estadia e trabalho mais leves e prazerosas;

A minha família, companheiro de vida e amigos pelo apoio incondicional mesmo de longe;

A todas as companheiras de apartamento por me apoiarem e entenderem quais são as horas necessárias de estar trabalhando trancada no quarto e as horas de esvaziar a cabeça conversando e rindo atoa, viajando, indo à praia, ao cinema etc;

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS	XI
ANEXOS	XI
SIGLAS E ABREVIACÕES	XIII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUÇÃO	1
2. ÁREA DE ESTUDO	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS E CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA	16
3.1.1 Pré-processamento	17
3.1.2 Processamento Digital de Imagens (PDI).....	17
3.2 POLÍGONO DA BACIA HIGROGRÁFICA DO RIO MACAÉ	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO RIO MACAÉ.....	27
4.1.1 Aspectos gerais das classificações Bacia do Rio Macaé	32
4.1.2 Aspectos por compartimentos alto, médio e baixo cursos da Bacia do Rio Macaé....	36
4.1.3 Mudanças na área urbana de Macaé	44

4.1.4 Método de Classificação das Imagens	!Error! Marcador no definido.
4.1.5 Mudanças encontradas no uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.....	48
4.1.5.1 Diferenças por compartimentos topográficos	51
4.1.5.2 Macaé: espaço urbano.....	52
4.1.5.3 Leis dos municípios	57
4.2 GESTÃO E PROPOSTAS.....	57
5. CONCLUSÃO.....	62
6. BIBLIOGRAFIA	64
7. ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Limites da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, com destaque aos municípios inseridos na mesma. Fonte: Guimarães, L. G., (2017). Pág 7

Figura 2. Distribuição das atividades econômicas inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Atlas Escolar da Bacia do Rio Macaé, 2015. Mapa: Guimarães, L. G. (2017). Pág 9

Figura 3. Barragem do rio Macabu (Próximo a Sodrelândia, Trajano de Morais-RJ) e vista da Queda de 336m após transposição por túnel subterrâneo, que culmina na PCH de Macabu. Foto de maio/2016. Fonte: Foto Guimarães, L. G. (2017). Pág 10

Figura 4. Caracterização das classes de uso e cobertura da terra feita em campo. Fonte: Fotos Guimarães, L. G.(2017). Pág 20

Figura 5. Compartimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 24

Figura 6. Declividade com as divisões de compartimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 26

Figura 7. Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé do ano de 2015. Fonte : Guimarães, L. G. (2017). À partir de imagem de satélite do USGS, 2015. Pág 268

Figura 8. Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé do ano de 2003. Fonte : Guimarães, L. G. (2017). À partir de imagem de satélite do USGS, 2015. Pág 29

Figura 9. : Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé do ano de 1986. Fonte : Guimarães, L. G. (2017). À partir de imagem de satélite do USGS, 2015. Pág 30

Figura 10. Unidades de Conservação existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Ministério do Meio Ambiente/IBGE, e Guimarães, L. G. (2017).*O Parque Natural Municipal da Restinga do Barreto, fundado no ano de 2016, ainda não foi adicionado aos dados geográficos das UCs. Pág 33

Figura 11. Manchas de solo exposto e presença gado no campo agropastoril na Serra de Macaé, outubro/ 2016. Foto: Guimarães, L. G. (2017). Pág 34

Figura 12: Relação das classes definidas na classificação com as áreas dos municípios participantes da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé para o ano de 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 35

Figura 13. Mapa de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé em 2015 com destaque para os limites das UCs. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 39

Figura 14. Uso e cobertura da terra dos compartimentos do alto curso dos anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 41

Figura 15. Uso e cobertura da terra dos compartimentos do médio curso dos anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 42

Figura 16. Uso e cobertura da terra dos compartimentos do baixo curso dos anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 43

Figura 17. Geomorfologia e edificações e solo exposto próximo à área urbana do município de Macaé. Fonte: IBGE e Guimarães, L. G. (2017). Pág 45

Figura 18. Locais visitados em campo para caracterização de Áreas Úmidas (AUs). Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 46

Figura 19. Fotos de exemplos de influências nas AUs: 1. Entulhos nas margens de um lago; 2. AUs feitas de pastagem, carvoaria ativa e construções civis nas margens; 3. AUs feitas de pastagem; 4. Canalização de esgoto doméstico e escoamento de águas pluviais no corpo d'água. Fonte: Fotos de Guimarães, L. G. (2017). Pág 54

Figura 20. Mapa com AUs dos anos de 1986, 2003 e 2015 com destaque ao córrego de Jurumirim, córrego do Morro e Rio Macaé. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 56

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1. Produto Interno Bruto (PIB) nos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé dos anos de 1999, 2003, e 2013. Valores representados em reais. Fonte: IBGE. Guimarães, L. G. (2017). Pág 12

Tabela 2. Classes de qualidade da classificação das imagens, com base nos valores do coeficiente *kappa*. Fonte: Fonseca, 2000. Guimarães, L. G. (2017). Pág 22

Tabela 3. Área da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé ocupada por cada classe de uso e cobertura da terra (em km² e porcentagem) para o os anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 31

Tabela 4. Taxas de crescimento das áreas das classes de uso e cobertura da terra. Fonte: Guimarães, L. G. (2017) Pág 31

Tabela 5. Proporções de classes por compartimentos topográficos nos períodos estudados em relação à área da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).*O valor de zero não é absoluto, corresponde a valores menores ou iguais a 0,009. Pág 37

Tabela 6. Taxa de mudança de 1986 à 2015 de áreas das classes de uso e cobertura da terra em porcentagem por compartimento. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 37

Tabela 7. Check List de campo para a caracterização das AUs e da área de influência no seu entorno. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 47

Tabela 8. Leis e decretos de criação das Unidades de Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio),elaboração de Guimarães, L. G. (2017) Pág 49

Tabela 9. Evolução referente aos resultados da uso e cobertura da terra de três classes de Souza et al. (2009). Fonte: Souza, et al., 2009. Guimarães, L. G. (2017). Pág 50

Tabela 10. Fatores de mudanças de uso e cobertura da terra, problemas e recomendações sugeridas. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). Pág 60

Gráfico 1. Número de habitantes do IBGE dos anos de 1950,1970, 1980, 1991, 1996, 2000, 2007, 2010, e uma estimativa de 2015, das cidades que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: IBGE. Guimarães, L. G. (2017). Pág 12

Gráfico 2. *Royalties* acumulados por ano por cada município, de 1999, 2003, 2014 e 2015. Valores em reais. (Fonte:Agência Nacional Do Petróleo Gás e Biocombustíveis (ANP). Guimarães, L. G. (2017). Pág 14

Gráfico 3. Índices de Desenvolvimento Humano nos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, IBGE, anos 1991, 2000 e 2010. Fonte: IBGE. Guimarães, L. G. (2017). Pág 15

ANEXOS

Anexo 1: O canal Campos-Macaé cortando aluviões da planície e o gado em suas margens. Fonte: Lamego (1945). Foto do DNOS. Pág 73

Anexo 2: Uma lagoa de tabuleiro ao norte do Paraíba. No primeiro plano, nota-se a subdivisão da propriedade, com lavouras de cana, típicas da região do Norte Fluminense. Fonte: Lamego (1945), aerofotografia T e Kafuri, do DNOS. Pág 74

Anexo 3. Aerofotografias dos anos de 1956, 1966, 1976 e 1989 respectivamente. Pág 75

Anexo 4. Tabela de descrição: Episódios Quentes (vermelho) e frios (azul) com base em um limite de $\pm 0,5$ ° C para o Índice Niño oceânico (ONI) [3 meses média de execução de anomalias de TSM 3.4 ERSST.v3b região Niño (5 on-5oS, 120o-170oW)], com base em períodos de 30 anos centrados atualizado a cada 5 anos. Para fins históricos, os episódios frios e quentes (números coloridos azuis e vermelhas) são definidos quando o limite for atingido por um período mínimo de 5 sobreposições de temporadas consecutivas. Pág 77

Anexo 5. Chave de identificação das AUs por JUNK et al. (2013). Pág 79

SIGLAS E ABREVIACÕES

ANA – Agência Nacional de Águas

ANP - Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis

APA - Área de Preservação Permanente

APPs - Área de Proteção Permanente

AUs - Áreas Úmidas

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

INMT- Instituto Nacional Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IQA – Índice de Qualidade das Águas

LUCC – Land Use Land Cover Change

MDT – Modelo digital do Terreno

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PIB – Produto Interno Bruto

PRH-MACAÉ/OSTRAS - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé/Ostras

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TEPOR Macaé- Terminal Portuário de Macaé

UCs – Unidades de Conservação

USGS – United States Geological Survey

UTE – Usina Termoelétrica

RESUMO**MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ****Larissa Gischewski Guimarães**

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

A escolha da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé se deu importância no cenário regional e nacional, pois em seu território encontra-se parte dos remanescentes da Mata Atlântica do Brasil, importantes Unidades de Conservação Integrais e de Desenvolvimento Sustentável, e ainda, é a bacia que sustenta com seus recursos naturais a capital do Petróleo (município de Macaé) que ocupa a maior parte de seu território e é o município mais dependente destes recursos dentre os demais municípios que também fazem parte da bacia (Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Nova Friburgo e Rio das Ostras). Baseando-se nos estudos do projeto *Land use Land Cover change (LUCC)*, foi feita uma análise multitemporal das mudanças de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. A análise foi feita por meio de uso de recursos de geotecnologias, que a partir das classificações de imagens do satélite *Landsat*, de cenas dos anos de 1986, 2003 e 2015, e utilizando o algoritmo da *classificação supervisionada por máxima verossimilhança*, foram gerados mapas temáticos de uso e cobertura da terra da bacia. Como resultado foi encontrado que entre os compartimentos da bacia, o alto e médio cursos do Rio Macaé sofreram menos alterações que o baixo curso que perdeu mais áreas de campo agropastoril (-5,59%) para a vegetação natural, edificações e solo exposto em principal. Nas últimas observações, no ano de 2015, embora tenha ocorrido aumento no índice de vegetação natural da bacia como um todo, pressões do campo agropastoril e da urbanização ainda são fortes em principal no baixo curso. Neste último compartimento, além da pressão do campo agropastoril e da urbanização sobre os remanescentes de florestas, estas influências também são exercidas sobre o ecossistema de Áreas Úmidas que se encontra estreitamente ligado à foz do Rio Macaé. Localidade onde se evidencia mais mudanças da cobertura da terra dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

Palavras chaves: Bacia Hidrográfica; Rio Macaé; Geotecnologias; Mudanças no uso e cobertura da terra.

ABSTRACT**MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ****Larissa Gischewski Guimarães**

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves

Abstract da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

The choice of the Macaé River watershed meets its role in the regional and national scenarios, because it harbors significant remnants of the Brazilian Atlantic Forest, has important integral reserves and sustainable development reserves, and sustains with its natural resources the capital of Oil (Macaé), which occupies most of its territory and is more dependent on these resources among other nearby municipalities (Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Nova Friburgo And Rio das Ostras). Based on the Land Use Land Cover Change Project (LUCC), a multitemporal analysis of changes in the land use land cover of the Macaé River watershed was made. The analysis was done using geotechnology resources, which produced thematic maps of the land use land cover of the basin, based on the classification of Landsat satellite images, from the years 1986, 2003 and 2015, using a classification algorithm supervised by maximum likelihood. As a result, it was found that among the compartments of the basin, the upper and middle courses of the Macaé River suffered less changes than the low course that lost more cattle pastures fields (-5.59%) for the natural vegetation, buildings and soil exposed in main. In the last observations, in 2015, although there has been an increase in the index of natural vegetation of the basin as a whole, castle pastures field and urbanization pressures are still strong in principal in the low course. In this last compartment, besides castle pastures pressure field and the urbanization on the remnants of forests, these influences are also exerted on the wetlands ecosystem that is closely linked to Macaé River's outfall, a locality that shows more of the land use/land cover changes within the Macaé River watershed.

Keywords: Watershed; Macaé River; Geotechnology; Land use/land cover change.

1. INTRODUÇÃO

A história da humanidade pode ser contada de várias formas. Todas elas vão ter instrumentos diferentes para repassar as informações, mas o que importa é que é a partir delas é que se consegue aprender sobre como viver melhor e tentar errar menos.

Este trabalho traz a tentativa de contar uma história de interação entre o homem e o espaço que ele ocupa através de imagens que quantificam elementos da paisagem. Estes elementos expressam em seus formatos como as atividades ocorridas naquele espaço os moldaram. Mas, antes de saber o que retirar de informação destas imagens, é preciso ter em mente como as relações ocorrem na realidade, para que se consiga absorver o máximo de informações possíveis na interpretação destes registros que captam momentos pontuais.

A interação entre o homem e o espaço que ele ocupa forma um sistema complexo que cria inúmeras vertentes a serem estudadas por diversas áreas do conhecimento. Apesar de diferentes áreas de conhecimento definirem conceitos distintamente, a maioria delas convergem com a palavra paisagem, no que condiz à sua noção de espaço aberto e espaço “vivenciado” ou espaço de inter-relação homem e seu ambiente (METZGER, 2001).

Santos (1988) destaca que a paisagem é tudo o que se vê. Em sua visão mais explicativa a paisagem é considerada um momento e não somente o espaço, pois ela tem uma função no processo histórico contando o passado e alterando o presente para o futuro.

Barbosa (2009) considera que a paisagem não é somente física como também cultural e ainda mais técnica, uma vez que o homem com a sua forma de produção, sejam elas materiais ou imateriais, vem alterando-a significativamente, tornando-a cada vez mais artificial. Com as forças globais como as principais determinantes dos caminhos das mudanças no uso e cobertura da terra, ampliando ou atenuando os fatores locais (LAMBIN et al., 2001) mudanças na paisagem são evidenciadas e ocorrem a uma velocidade nunca antes sentida pela raça humana. Câmara e Medeiros (2001) enfatizam que na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço, deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, abrangendo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento.

As alterações da paisagem ocorrem naturalmente, porém as atividades humanas constituem a maior força que se conhece até o momento neste processo de transformação. Como consequência as mudanças no uso e cobertura da terra são constituídas por complexas relações entre fatores socioeconômicos e fisiográficos (TURETTA, 2015).

Após a descoberta dos combustíveis fósseis, há 300 anos, a humanidade iniciou uma fase em que sua expansão territorial aumentou exponencialmente, alavancando também a extensão de suas atividades sobre a superfície da Terra (LAMBIM; GEIST, 2008). A utilização de energia a partir de combustíveis fósseis, fez com que os avanços na produção agrícola colocassem esta atividade como a maior força de transformação da superfície terrestre (FAO, 2004). O aumento nas áreas agrícolas foi alcançado devido a sua derivação a partir de pastagens, áreas úmidas e de florestas naturais (Millenium Ecosystem Assessment, 2003). Dentro da história da humanidade, há vários relatos de colapsos de civilizações por interações de estresses ambientais por mudanças de uso e cobertura da terra, em principal pelo desmatamento (DIAMOND, 2005). Porém, é o século XX que se destacou por suas proporções globais (GOLDEWIJK, 2001). Segundo Richards (1990), entre 1950 e 1980 mais florestas foram derrubadas que nos séculos XVIII e XIX juntos. A maior parte do desmatamento na atualidade é encontrada nos trópicos. Na América Latina, o desmatamento para criação de fazendas cresceu mais nos últimos 60 anos (ALLEN; BARNES, 1985; LAURANCE, 1999; GEIST; LAMBIN, 2002).

Somente ao final da década de 1970 a preocupação com o desmatamento das florestas tropicais alavancou e direcionou os estudos sobre as mudanças no uso e cobertura da terra. O reconhecimento de relações multidimensionais (GEIST; LAMBIN, 2001) que influenciam essas mudanças, atualmente faz com que esta área do conhecimento tome um caráter multidisciplinar (CÔRTES; D'ANTONA, 2014). Em 1994, para integrar as disciplinas que objetivavam entender estas mudanças, foi criado o projeto *Land Use/Land Cover Change-(LULCC)* pelo *International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)* em parceria com o *International Human Dimensions Programme (IHDP)*. Os fatores que causam o desmatamento das florestas tropicais, tão importantes para conservação da biodiversidade do planeta, continuam sendo fatores muito estudados. Porém, após as pesquisas do projeto *LUCC*, outros fatores estão sendo considerados para melhor compreensão das mudanças globais de uso e cobertura da terra.

O termo cobertura da terra refere-se aos objetos de origem natural ou antropogênica que se localizam na superfície do planeta (JANSEN; DI GREGORIO, 2002). Já o uso, representa as atividades humanas que resultam na produção de produtos e serviços para a sociedade (MENDOZA et al., 2011). Fatores biofísicos, demográficos, institucionais, culturais, econômicos e tecnológicos, são grandes definidores das mudanças no uso e cobertura da terra (LAMBIN; GEIST, 2008).

Fatores biofísicos, com seus processos graduais que desencadeiam vários eventos, definem a capacidade natural ou predispõem condições ambientais para a mudança de uso

e cobertura da terra com fatores como: clima, solos, litologia, topografia, relevo, hidrografia e vegetação (LAMBIN; GEIST, 2001). A variabilidade desses fatores e as mudanças que eles provocam interagem com as ações antrópicas.

A ocupação humana tenta se adaptar ao ambiente. Por conseguinte, qualquer efeito provocado pelas direções da dinâmica populacional, também interage com vários fatores como: organização social, tecnologia, estilo de vida e padrões de consumo. Por isso é importante entender as organizações (política, legal e econômica), e suas interações com a tomada de decisão individual (LAMBIN; GEIST, 2008).

A história do Brasil mostra que a exploração das florestas de seu território começou por volta do início do século XVI, desenvolvendo a economia pelo corte da árvore que deu nome ao país: pau Brasil. Quase dois séculos depois, em 1690, a economia voltou-se para a extração do ouro em Minas Gerais, que deixou espaço para ascensão da cultura canavieira, e logo após, para a cultura cafeeira. O desenvolvimento destas atividades favoreceu a devastação de quase que a totalidade da Mata Atlântica do país.

A Mata Atlântica, bioma que abriga a maior porção da população do Brasil, tido como um dos 34 *hotspots* mundiais, aferindo que possui um número alto de espécies endêmicas e uma estrutura muito heterogênea em sua fitofisionomia, é o bioma com maior biodiversidade do mundo (LAGOS; MULLER, 2007) e um dos mais ameaçados por ter sido em grande parte destruída (TABARELLI et al., 2005). O estado do Rio de Janeiro está 100% dentro da Mata Atlântica, e tem 30,7% (cerca de 1,3 milhão de hectares) de sua cobertura florestal original (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 2015). Os esforços para não perder estes fragmentos remanescentes têm estreita relação com os serviços ambientais que o bioma proporciona para a manutenção da qualidade de vida humana regionalmente, pois um ambiente degradado não tem condições de prestar serviços ambientais a espécie humana (WHATELY; HERCOWITZ, 2008).

Os serviços ambientais como a biodiversidade, alimentos, recursos madeireiros, recursos hídricos, sequestro de carbono e recreação, são serviços prestados pelos ecossistemas, aos quais a humanidade se beneficia para seu próprio bem-estar. A capacidade de prestação de serviços ambientais que proporcionam a qualidade destes recursos pelos ecossistemas no futuro está fortemente ligada às mudanças nas: características socioeconômicas, no uso e cobertura da terra, na biodiversidade, na composição atmosférica e no clima (METZGER, 2006).

Em vista às mudanças citadas, é importante integrar e ampliar os sistemas operacionais atuais voltados para o monitoramento e diagnóstico das condições ambientais e sociais (KATES et al., 2001 apud METZGER, 2006). Um território que exemplifica estas

condições e facilita a delimitação para um monitoramento é a unidade de bacia hidrográfica, unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos de acordo com a Lei Federal nº 9.433 1997. Uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Ela se compõe de um conjunto de vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

A gestão de recursos hídricos tem as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento (Lei Federal nº 9.433 1997). Com relação à gestão de bacias hidrográficas, é de particular importância entender as mudanças no uso e cobertura da terra ao longo do tempo, porque a gestão e as mudanças estão conectadas diretamente, afetando assim, a dinâmica hidrológica (MENDOZA et al., 2011). Assim, segundo Lopes; Pereira e Carvalho (2007), a qualidade e quantidade de água estão diretamente ligadas ao tipo de uso e cobertura da terra presente na bacia hidrográfica, na qual se insere a drenagem.

Na atualidade, constatam-se, em todo mundo, níveis elevados de alterações da paisagem e de degradação dos ecossistemas. Neste sentido, o estabelecimento de uma unidade de planejamento para identificar estas alterações, auxilia no processo de ações de mitigação, precaução e prevenção destes problemas ambientais e, conseqüentemente, sociais. Problemas ambientais muitas vezes causam problemas sociais, e por muitos estarem ligados às ações antrópicas em desacordo com o equilíbrio ecológico do meio ambiente, e desencadeando uma perda de qualidade de vida das comunidades, estes também são chamados de problemas socioambientais (GUIMARÃES; SANTOS, 2016). Identificar e agir sobre os problemas socioambientais dentro de uma bacia hidrográfica facilita em questão de gestão porque sua estrutura fisiográfica já limita o terreno onde as condições dos eventos se tornam mais específicas.

A porção norte da Serra do Mar, pertencente ao domínio da Mata Atlântica, possui os maiores fragmentos florestais costeiros do Norte Fluminense, assim como muitas espécies distintas, sendo que, a maior concentração, de aves ameaçadas (LAGOS; MULLER, 2007). No Norte Fluminense, com parte da Serra do Mar inserida nela, encontra-se a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, que é composta por vários ambientes dentre eles as praias, restingas, estuário, manguezais, lagoas, colinas costeiras e serras (MARÇAL; LUZ, 2003) que se distribuem pelos municípios desta bacia hidrográfica (Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Macaé, Nova Friburgo e Rio das Ostras). Com o crescimento demográfico acelerado nas últimas décadas, as transformações

paisagísticas na bacia hidrográfica também seguiram um ritmo acelerado (CARVALHO, 2013). O município de Macaé é prova mais contundente dessas transformações na região.

O crescimento populacional ascendente está diretamente ligado ao início das atividades de exploração do petróleo e gás na região. Assim, investimentos em hotelaria, comércio, transporte, alimentação, e atividades de manufatura em apoio à exploração *off shore*, compõem uma economia, que atraiu muita mão de obra nacional e internacional. Com o grande adensamento demográfico que se seguiu após o início das explorações da indústria petrolífera, as demandas por recursos naturais também aumentaram (ESTEVEZ, 2011). Todos estes setores modificam a paisagem e os ecossistemas terrestres, aquáticos continentais e marinhos, promovendo fortes impactos antrópicos sobre o solo, fauna e flora. Por isso, a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé é uma unidade que merece ser monitorada com atenção, para que as respostas geradas auxiliem as autoridades públicas em suas tomadas de decisões para a gestão do território.

As alterações no uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, como em qualquer outra bacia hidrográfica, podem comprometer a quantidade e qualidade de água em ambientes aquáticos. Por isso, torna-se necessário uma integração na gestão da bacia hidrográfica dando importância às interações entre disponibilidade/demanda de recursos hídricos para a população da bacia hidrográfica e a atividade econômica e social, considerando-se o ciclo hidrosocial (TUNDISI, 2008).

A Bacia Hidrográfica do Rio Macaé está inserida no bioma da Mata Atlântica, possui fragmentos florestais compreendidos em sua maioria em importantes unidades de conservação (UCs). Áreas estas que são de grande importância para a preservação de espécies endêmicas e/ou ameaçadas em níveis mundiais e estadual. Jenkins; Pimm e Alves (2011) destacam, por exemplo, que a Reserva Biológica da União que está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé como a área florestal mais rica em espécies endêmicas e ameaçadas de aves do Rio de Janeiro, e a bacia também está inserida dentro da Ecoregião Fluminense segundo o novo mapa biogeográfico (*Freshwater Ecoregions of the World*) (ABELL et al., 2008). Além disso, essa região tem grande relevância econômica, social e ambiental para o estado do Rio de Janeiro. Dentro deste território os usos que se faz das águas permeiam várias atividades como abastecimento, aquicultura, criação animal, indústria, irrigação, mineração, produção energética (hidroelétrica e termoelétricas), entre outros (RPRH MACAÉ/OSTRAS, RD-01, 2014). Juntando estes fatos à necessidade de gerir os recursos hídricos nesta unidade, uma análise multitemporal de uso e cobertura da terra desta bacia torna-se uma importante ferramenta para sua gestão. A análise multitemporal é um instrumento que possibilita a compreender de parte da história da bacia

hidrográfica e identificar tendências, o que pode subsidiar um melhor planejamento para cenários futuros. Os mapas temáticos produzidos para a análise multitemporal oferecem um modo de comunicação muito importante que além de ser possível a visualização de formas, também há a representação de dados da organização espacial, suas mudanças temporais e pistas de organização social. Com isso, os mapas transmitem importantes informações para a pesquisa sobre as mudanças de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. À medida que é possível distinguir essas pequenas mudanças de um ano para outro, aparentemente gradual para algumas classes e para outras, uma inversão de direções de crescimento.

Nesse sentido, caracterizar as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra dessa bacia hidrográfica é muito importante para a gestão dos recursos hídricos. Além disso, identificar em que regiões da bacia hidrográfica tais mudanças ocorreram é crucial para subsidiar projetos que visem preservar e/ou recuperar os recursos hídricos da região. Neste contexto, buscou-se com a pesquisa investigar as alterações ocorridas no uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

2. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Macaé compreende cerca de 1.740 km², e se localiza no Litoral Norte do Estado do Rio de Janeiro. Ela abrange praticamente toda a área dos limites territoriais do município de Macaé (1.169 km²), de Rio das Ostras (40 km²) e Carapebus (22 km²), além de Nova Friburgo (337 km²) onde estão localizadas grande parte das nascentes, Casimiro de Abreu (100 km²) e Conceição de Macabu (72 km²) (MOTÉ; MARÇAL; BONATTO, 2006) (Figura 1). Como um rio de 7^a ordem, considerando um mapeamento de escala 1:50000, o Rio Macaé se estende por 136 km e recebe a contribuição de vários afluentes que compõem uma paisagem que se mescla a diversos usos antrópicos que usufruem dos recursos que a bacia hidrográfica proporciona.

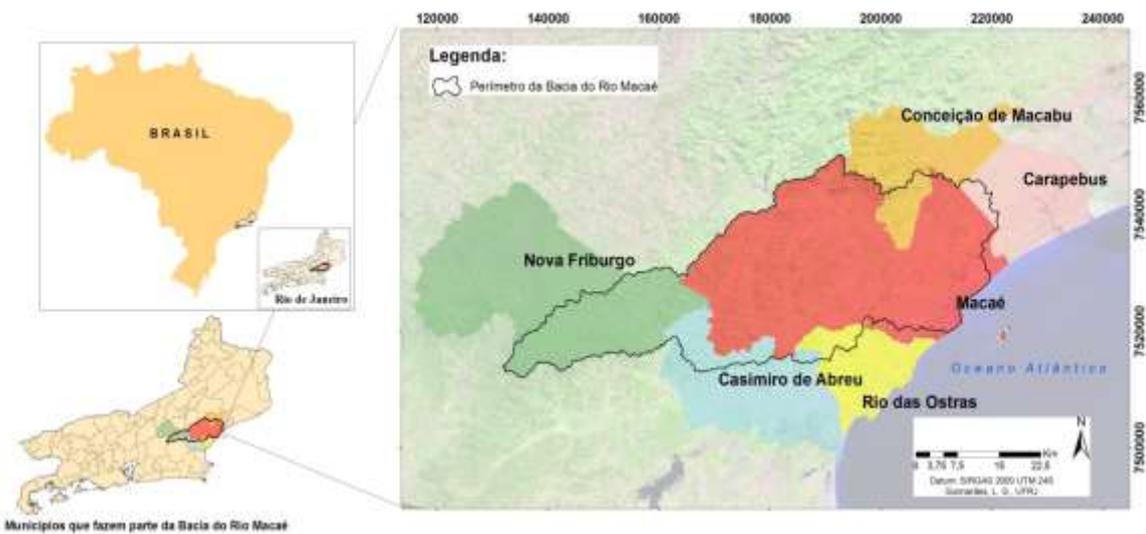


Figura 1: Limites da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, com destaque aos municípios inseridos na mesma. Fonte: Guimarães, L. G., (2017).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé predominam altas temperaturas, mas com amplitude baixa, seguidas de bastante chuva (RPRH MACAÉ/OSTRAS, RD-01, 2014). No entanto, essas condições mudam de acordo com algumas variáveis como altitude, disposição de relevo e proximidade com o oceano (ALVES; BARDUCCO, 2011; FERREIRA; DA SILVA MELLO, 2005; FRITZSONS; MANTOVANI; AGUIAR, 2008; MILANESI, 2011). Segundo o RPRH Macaé/Ostras, RD-01 (2014):

No alto curso, por exemplo, o clima se apresenta mais frio, oscilando sua temperatura média entre 21,4 °C e 14 °C, enquanto baixo curso tem-se uma maior temperatura média (25,4 °C e 21,2 °C). A pluviosidade da parte alta registrada na estação pluviométrica de Nova Friburgo é de

1246,3 mm (INMET) e na estação de Macaé é de 1178,0 mm (ANA). As chuvas se concentram mais nos meses de novembro a março, e de maio a setembro é o período mais seco, caracterizando as estações úmida e seca como bem definidas. Mas o clima geral da bacia é caracterizado como tropical úmido.

A geomorfologia da bacia segue com escarpas e reversos da Serra do Mar, e algumas serras isoladas com altitudes superiores a 1200 m no alto vale e parte alta do médio vale da bacia; com tabuleiros costeiros, colinas isoladas com altitudes entre 500 m e 1200 m no médio vale; e no baixo vale são encontradas as planícies costeiras, fluviais e flúvio-marinhas, com altitudes inferiores a 500 m (RPRH MACAÉ/OSTRAS, RD-01, 2014).

Segundo Moté, Marçal e Bonatto (2006), com base em imagens do satélite do ano de 1999, a caracterização de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé é predominantemente de áreas de fragmentos florestais (40,23%), seguida de áreas de pastagem (32,81%); áreas agrícolas (17,83%), áreas de restinga (0,35%), áreas de mangue (0,11%), e áreas urbanizadas (2,3%). Na bacia hidrográfica estão inseridas diversas atividades econômicas (Figura 2).

A parte alta da bacia se caracteriza pela baixa ocupação humana, por agricultura familiar, maior preservação e atividades de ecoturismo. Já as partes média e baixa são caracterizadas por uma ocupação mais intensa, onde a agricultura extensiva vigora, sendo também caracterizada por grande urbanização, industrialização, áreas desmatadas e enchentes, porém também têm atividades como o de turismo litorâneo (RPRH MACAÉ/OSTRAS, RD-01, 2014).

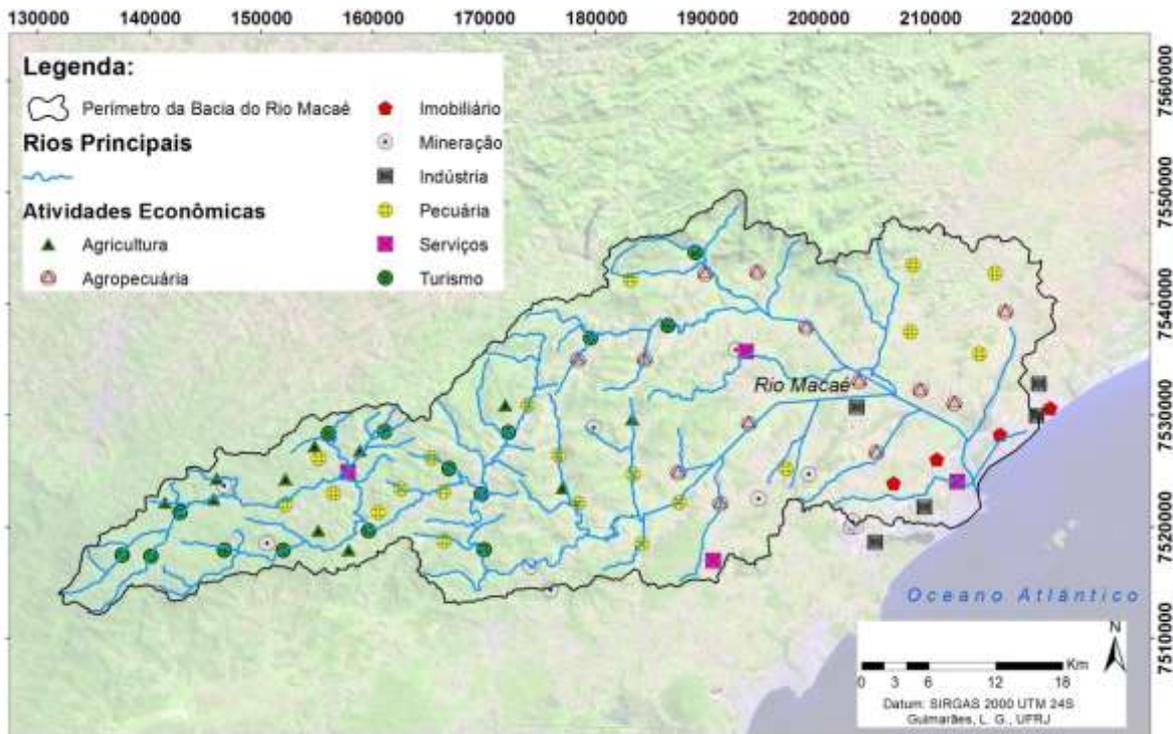


Figura 2: Distribuição das atividades econômicas inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Atlas Escolar da Bacia do Rio Macaé, 2015. Mapa: Guimaráes, L. G. (2017).

A Bacia Hidrográfica do Rio Macaé tem uma importância histórica para as atividades econômicas da região. No início do século XIX a extração madeireira na região para construção e manutenção dos engenhos e para exportação por navios costeiros, pelo porto de São João da Barra em principal (CHRYSOSTOMO, 2010), já era uma atividade que modificava o uso e cobertura da terra do norte fluminense, aumentando a área de campos limpos para a agricultura e pecuária que buscavam alternativas para se estabelecer na região sem precisar lutar contra o sistema dos campos alagáveis (LAMEGO, 1945). O principal comércio do município de Macaé nesta época era o da madeira (SAINT-HILAIRE, 1974). Quase meados do século XIX, a construção do canal Campos-Macaé (Anexo 1), por exemplo, foi uma das primeiras grandes obras nas drenagens regionais, se não a maior durante o período do Império brasileiro (ESTEVES, 2011). Iniciada em 1844 e finalizada em 1961 com a função de navegação iniciada somente em 1872, esta obra teve mais tempo de estruturação do que de uso, pois uma estrada de ferro foi inaugurada no mesmo ano do término do canal. Construído com a finalidade econômica, o canal competiu pela mesma função de escoar a produção das lavouras de cana-de-açúcar e produção madeireira, acabou perdendo espaço para as ferrovias (PENHA, 2012). Porém, além da finalidade econômica, Lamego (1945) ainda relata que este canal visava o “dessecamento” dos pantanais para a cultura de cana-de-açúcar (Anexo 2) e saneamento da região. Seguindo a linha do tempo, se descobre que o Rio Macaé até recebe águas de afluentes de

fora de seus limites. Por meio da Barragem do rio Macabu (FIGURA 3), que foi construída entre 1939 e 1952 para fins de transposição das águas para produção de energia elétrica na serra de Macaé. O rio Macabu, que antes era afluente da bacia da Lagoa Feia, desde a década de 50 deságua no Rio São Pedro, grande afluente do Rio Macaé (FREITAS et al., 2015).

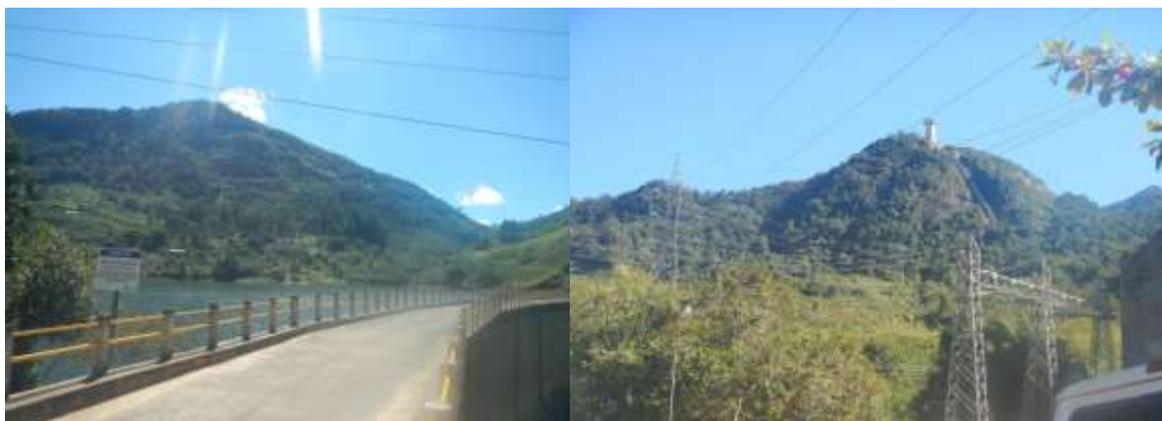


Figura 3: Barragem do rio Macabu (Próximo a Sodrelândia, Trajano de Morais-RJ) e vista da Queda de 336m após transposição por túnel subterrâneo, que culmina na PCH de Macabu. Foto de maio/2016. Fonte: Foto Guimarães, L. G. (2017).

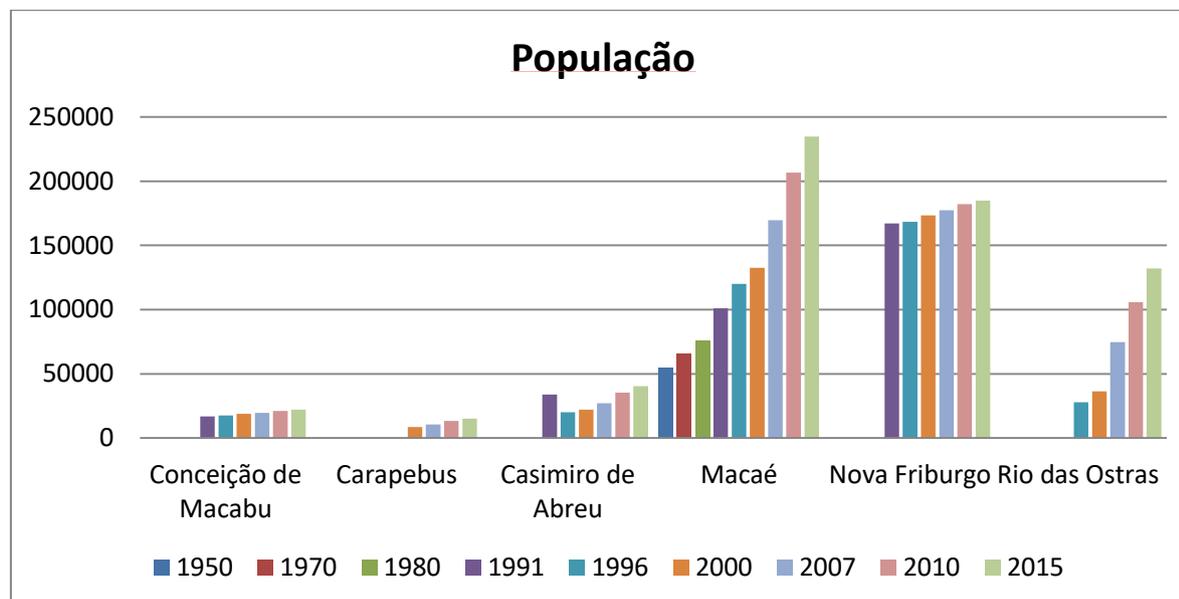
Por fim, a retificação do Rio Macaé ocorreu no final da década de 1960 feita pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) (SOFFIATI, 2011). Entre os objetivos desta grande obra estaria o intuito ligado à saúde pública de acabar com as planícies de inundação, controlar as enchentes, evitar a proliferação do mosquito transmissor da malária e aumentar as terras secas, facilitando com isso o acesso às mesmas e a manutenção da atividade agropecuária. A retificação foi uma obra contemporânea ao início da exploração do Petróleo na região. Esta última foi responsável pela intensificação das transformações urbanas e o aumento populacional gradativo até os dias atuais, além de colocar a urbanização como principal causadora de alterações de uso e cobertura da terra no trecho inferior do Rio Macaé (ASSUMPÇÃO; MARÇAL, 2012). Além da retificação do Rio Macaé e um de seus grandes afluentes, o rio São Pedro, foram construídos nesta época também os canais Virgem Santa, do Capote, Macaé, Morro, Três Pontes e Jurumirim, além de inúmeros outros canais menores.

Na década de 70, Macaé ainda era uma cidade de pequeno porte que tinha sua economia voltada para o plantio de cana-de-açúcar, lavoura cafeeira, colheita de coco e banana, pecuária e pesca (OLIVEIRA, 2008). Após 1978, com a instalação da indústria do petróleo modificou-se esse cenário colocando-a como a principal atividade econômica do município.

Segundo Baruqui (2004), os vetores de crescimento da cidade de Macaé a partir do final da década de 1970, seguiram a partir do centro histórico para preencher todos os lados de sua costa também em direção ao interior. O processo de urbanização do município de Macaé, por exemplo, teve um ritmo lento e de acordo com aerofotografias de 1956, 1966 e 1976 (Anexo 3) percebe-se que maior parte dos vetores ficaram perpendiculares à orla, ocupando toda a costa, e garantindo uma expansão territorial continental mais desordenada (TERRA; RESSINGUIER, 2010). Ao que se percebe nestas fotos, há indícios de que o centro urbano tenha sido planejado, com ruas e quadrantes bem definidos por Henrique Luiz Niemayer Bellegarde (FARIA, 2013). A partir de meados dos anos 80, quando já tinha se instalado a Economia do Petróleo e sua estruturação havia se consolidado, a cidade ganhou novas morfologias estruturais assimétricas, e se expandiu por toda sua costa, sendo esta expansão bem visível na aerofotografia do ano de 1989 (Anexo 3). Desde então, o êxodo rural no município de Macaé se intensificou também (SILVA; FARIA, 2012).

Com base em dados socioeconômicos como Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), crescimento demográfico, Produto Interno Bruto (PIB) e os orçamentos dos *royalties* disponibilizados pelo IBGE e pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), é notável a alta taxa de crescimento demográfico do município de Macaé e Rio das Ostras em comparação com os demais municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé (Gráfico 1). Macaé registrou seu primeiro grande salto populacional entre 1980 e 1991, e Rio das Ostras que se tornou independente de Casimiro de Abreu em 1992, registrou seu primeiro grande salto entre anos 2000 para 2007, junto com o segundo salto populacional de Macaé. Esse segundo movimento migratório ocorreu devido à flexibilidade do monopólio de exploração dado pela Lei 9.979/97 (Lei do Petróleo) (TERRA; RESSINGUIER, 2010). Em conjunto com o crescimento da Economia do Petróleo, as populações onde se encontram as sedes industriais também cresceram. As outras cidades mantiveram um ritmo mais contínuo e menos intenso de crescimento populacional.

Gráfico 1: Número de habitantes do IBGE dos anos de 1950,1970, 1980, 1991, 1996, 2000, 2007, 2010, e uma estimativa de 2015, das cidades que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.



Fonte: IBGE (2016). Guimarães, L. G. (2017).

Em relação à economia, os dados do PIB (Tabela 1) revelam que o município de Macaé sempre teve a maior renda dentre os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Com o aumento contínuo dos *royalties* até 2014, sua principal atividade econômica representada no PIB passou a ser industrial e não mais a de serviços, como Casimiro de Abreu. Conceição de Macabu e Nova Friburgo mantêm até na atualidade serviços como atividade mais relevante em seus PIB, e Carapebus e Rio das Ostras mantêm a indústria. Mesmo que de forma discrepante, todos os municípios mantiveram sua economia ascendente considerando o PIB, porém somente Nova Friburgo parece não ter alterado o seu ritmo de crescimento neste período, caracterizando para si uma independência dos *royalties*.

Tabela 1: Produto Interno Bruto (PIB) nos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé dos anos de 1999, 2003, e 2013. Valores representados em reais.

Carapebus				
Ano	Agropecuária	Indústrias	Serviços	Total
1999	4.640.000	79.613.000	30.594.000	114.847.000
2003	8.288.000	163.629.000	5.4952.000	226.869.000
2013	8.648.000	469.138.000	234.533.000	712.319.000

Casimiro de Abreu				
Ano	Agropecuária	Indústrias	Serviços	Total
1999	3.275.000	42.242.000	86.125.000	131.642.000
2003	4.387.000	181.046.000	136.902.000	322.335.000
2013	9.768.000	2.572.634.000	110.265.000	2.692.667.000

Conceição de Macabu				
Ano	Agropecuária	Indústrias	Serviços	Total
1999	3.353.000	8.107.000	57.443.000	68.903.000
2003	5.075.000	10.618.000	78.210.000	93.903.000
2013	8.612.000	10.385.000	92.873.000	111.870.000

Macaé				
Ano	Agropecuária	Indústrias	Serviços	Total
1999	14.820.000	438.922.000	676.881.000	1.130.623.000
2003	20.847.000	1.940.127.000	1.509.552.000	3.470.526.000
2013	40.942.000	7.199.798.000	6.637.209.000	13.877.949.000

Nova Friburgo				
Ano	Agropecuária	Indústrias	Serviços	Total
1999	15.167.000	203.351.000	844.091.000	1.062.609.000
2003	18.197.000	257.326.000	1.143.241.000	1.418.764.000
2013	65.483.000	586.229.000	1.725.811.000	2.377.523.000

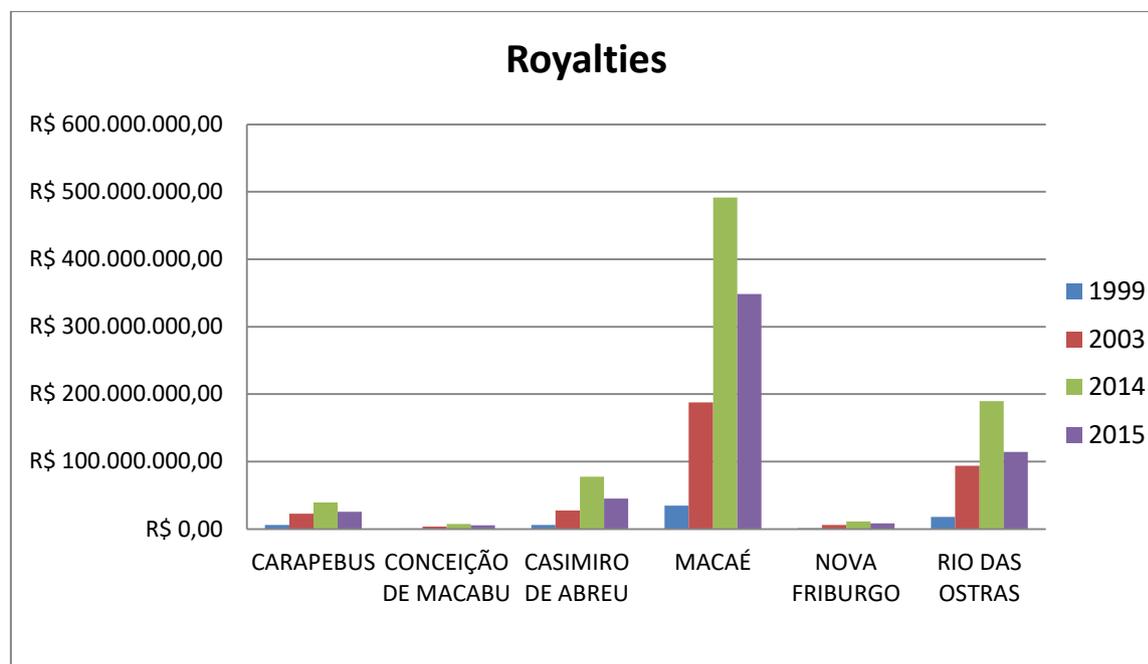
Rio das Ostras				
Ano	Agropecuária	Indústrias	Serviços	Total
1999	2.446.000	482.955.000	145.455.000	630.856.000
2003	3.477.000	2.216.086.000	283.165.000	2.502.728.000
2013	9.459.000	9.482.138.000	4.101.827.000	13.593.424.000

Fonte: IBGE (2016). Guimarães, L. G. (2017).

Com a queda do aporte dos *royalties* de 2014 para 2015 (Tabela 3), decorrente principalmente da queda do preço do barril de petróleo no mundo. Buscando achar uma solução para a grande dependência que se criou dos *royalties* e participações especiais, o presidente da Organização dos Municípios Produtores de Petróleo (OMPETRO), diz apostar no fortalecimento do Núcleo de Desenvolvimento Regional e auxílio do governo nacional para impulsionar a região em outros rumos econômicos (VILANI et al., 2015). No

entanto, os esforços em relação à construção de um novo porto no município de Macaé, o Terminal Portuário de Macaé (TEPOR Macaé), mostra que a relação de afastamento da Economia do Petróleo está longe de ocorrer de verdade.

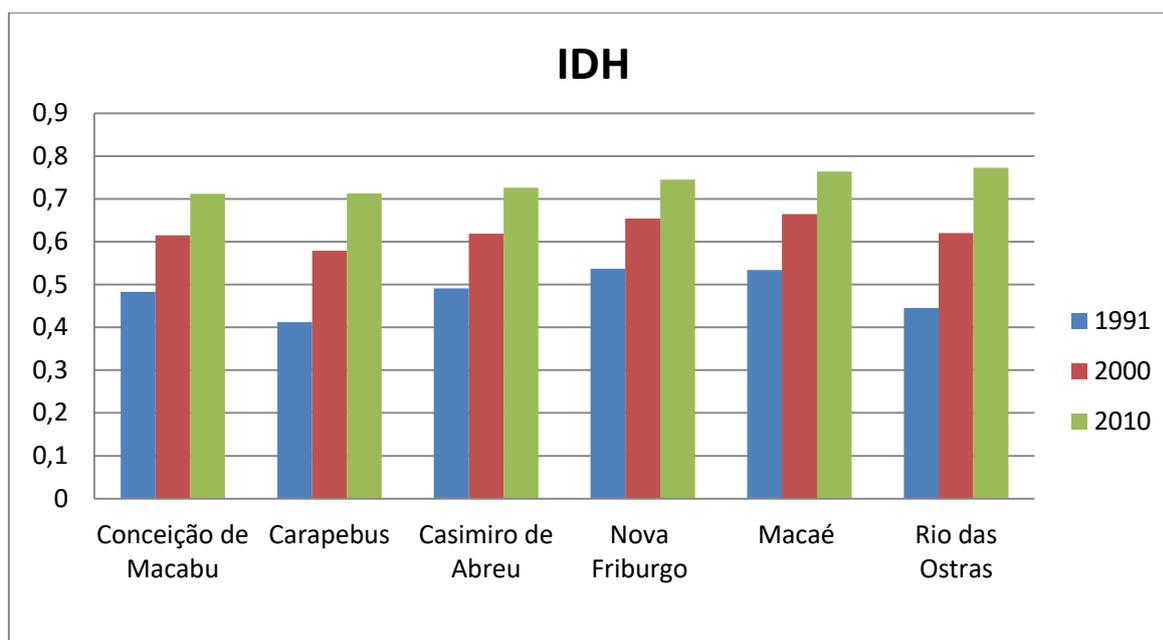
Gráfico 2: *Royalties* acumulados por ano por cada município, de 1999, 2003, 2014 e 2015. Valores em reais.



Fonte: Agência Nacional Do Petróleo Gás e Biocombustíveis (ANP) (2016). Guimarães, L. G. (2017).

Em relação ao IDH (Tabela 4), os municípios mostram uma melhora durante o período avaliado. Tanto que, nos anos 1990 somente Nova Friburgo e Macaé tinham nível médio de desenvolvimento. Inicia-se em 1991 com Nova Friburgo liderando o *ranking*, em 2000, Macaé, e em 2010, Rio das Ostras ocupando esta posição, acabando que todos ao final obtiveram nível médio de desenvolvimento. Apesar da discrepância de arrecadações e distribuição dos *Royalties*, ao final de 2010 os municípios mantiveram uma considerável semelhança numérica entre si.

Gráfico 3: Índices de Desenvolvimento Humano nos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, IBGE, anos 1991, 2000 e 2010.



Fonte: IBGE (2016). Guimarães, L. G. (2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS E CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA

Os dados sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé foram avaliados por análises espaciais realizadas pelo manejo de dados com o geoprocessamento. Este, por sua vez, é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltados para algum objetivo escolhido (RODRIGUES, 1993). O Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado como principal ferramenta para o tratamento de dados.

O uso de SIG como ferramenta na análise espacial, modelagem e simulação de cenários, auxilia na elaboração de alternativas para as decisões políticas de uso e ocupação da terra, monitoramento ambiental, dentre outros (MOTA, 1999). Crósta (1993) define o Processamento Digital de Imagens (PDI) como a análise e manipulação de imagens por computador, cuja finalidade é identificar e extrair informações da imagem, transformando-a de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano.

Para atingir o objetivo da pesquisa, foram selecionadas no site do *United States Geological Survey* (USGS), imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 1986 e 2003 e imagens do Landsat 8 para o ano de 2015. Estes anos representam as datas mais antiga, uma intermediária e a mais recente disponibilizadas pelos satélites e com melhores condições para o posterior processo de classificação. Para cada ano foram selecionadas três cenas de orbitas e pontos: 216/075; 216/076; 217/075, englobando toda a área da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Os critérios para a seleção foram: baixa cobertura de nuvens, assim como semelhança em relação às condições meteorológicas mensais e anuais semelhantes com influência do El Niño (Anexo 4) que provoca um inverno mais seco na região possibilitando uma melhor visualização das áreas sem nuvens no período de inverno. A escolha dos dois satélites se deve às resoluções espaciais, ao tempo de operação e a melhor visibilidade da área nos anos selecionados. O Landsat 5 e o Landsat 8 possuem resolução espacial de 30 m para suas bandas multiespectrais (SOARES et al., 2015). Os anos selecionados foram escolhidos também de acordo com o tempo de operação dos satélites. Desta forma, a imagem mais antiga com a resolução espacial de 30 metros foi de 1986. As cenas para cada ano foram selecionadas dentro dos meses de fevereiro a maio seguindo os critérios de seleção já citados. Os softwares de SIG utilizados neste trabalho foram o QGIS 2.12 e ArcGis 10.2.

3.1.1 Pré-processamento

As imagens brutas contêm distorções radiométricas e geométricas que devem ser corrigidas antes de serem usadas nas aplicações (FERNANDES, 2012). A correção radiométrica minimiza diferenças entre os níveis de cinza registrados por uma matriz de detectores, que por sua vez estão descalibrados ou não respondem linearmente à radiância da cena (NOVO, 2010). Por isso, antes de iniciar o processamento das imagens obtidas, foi realizada a calibração radiométrica e a correção atmosférica por Dark Object Subtraction (DOS) de cada uma para que no final da classificação da imagem não houvesse confusão de valores de *pixels* entre as classes semelhantes numericamente. Os valores dos *pixels* também foram assim convertidos para reflectância.

3.1.2 Processamento Digital de Imagens (PDI)

As coordenadas geográficas das bandas de todas as imagens foram reprojatadas para o sistema geodésico oficial do Brasil, o SIRGAS 2000 UTM Zona 24 S. Com as imagens do Landsat 5 foi realizado o procedimento de composição de bandas falsa cor R(5)G(4)B(3) para gerar uma imagem multiespectral para cada cena. Esta composição é utilizada para melhor distinção dos limites de solo e água (Lourenço; Sanches; Furtado, 2011), e muito utilizada para caracterizar o uso e cobertura da terra (KIEL, 2008; CORREIA, 2007; OLIVEIRA; MATAVELI, 2013; ROSAN; RUANO; ALCÂNTRA, 2013; LEITE; SENA; NETO, 2012). Para a falsa cor da imagem do Landsat 8 foi utilizada a composição correspondente: R(6)G(5)B(4) (USGS, 2015).

Após o tratamento adequado do pré-processamento das imagens, e de ter obtido o resultado da composição de bandas de falsa cor R(5)G(4)B(3) e/ou R(6)G(5)B(4) para cada uma das três imagens de cada ano foi possível montar um mosaico das cenas para os anos de 1986, 2003 e 2015. A escolha da composição de bandas que compõem as imagens para que seja feita a classificação, está ligada ao fato de que elas são as mais indicadas na detecção dos objetos de estudo que estão de acordo com as classes utilizadas na pesquisa. A composição de bandas utilizada nesta pesquisa R(5)G(4)B(3) para Landsat 5 e R(6)G(5)B(4) para o Landsat 8, representam a banda do infravermelho médio, infravermelho próximo e faixa espectral do vermelho e auxiliam respectivamente na classificação por apresentarem sensibilidade ao teor de umidade das plantas sendo utilizada na identificação de AUs por discriminar a vegetação e níveis de umidade do solo; um

bom mapeamento de rede de drenagem, delineamento de corpos d'água, e sensibilidade a rugosidade da copa de florestas, que auxiliam na identificação de áreas de queimada e diferentes vegetações; e por último, apresentando bom contraste entre áreas ocupadas (solo exposto e edificações) (ROSA, 2009).

Posteriormente os mosaicos foram recortados com base nos limites da janela da área de estudo. Isto possibilitou recortar uma área retangular com toda área da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Esta foi utilizada no próximo processo, isto é, na classificação de uso e cobertura da terra.

A classificação consiste na utilização de computadores para a interpretação de imagens de sensoriamento remoto, quando são atribuídos significados aos *pixels*, em função das características numéricas (ROSA, 2009). A classificação supervisionada consiste na identificação das classes de informação presentes na imagem e posteriormente é desenvolvida uma caracterização estatística das reflectâncias para cada classe de informação (AMARAL, 2012). Para esse tipo de classificação é necessário que o analista tenha um conhecimento sobre a área analisada para que se identifiquem os tipos específicos de uso e cobertura da terra já conhecidos da área de estudo (ROSA, 2009).

Na presente pesquisa, foi utilizado o método de *classificação supervisionada por máxima verossimilhança*. Os pontos de uma imagem foram associados a cada grupo, chamados aqui de categorias de uso e cobertura. São elas: corpos d'água, solo encharcado, vegetação natural, campo agropastoril, edificações, solo exposto, afloramento rochoso, e outros (o que não se encaixar nas categorias descritas). Tais classes se baseiam em categorias usadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) em seu monitoramento da cobertura vegetal e uso e cobertura da terra no estado do Rio de Janeiro para o ano de 2015. Tais categorias facilitam a interpretação e análise das alterações ambientais.

O método de Classificação Supervisionada por Máxima Verossimilhança é tradicionalmente utilizado quando é necessária a obtenção de classes informacionais a partir de imagens de sensores remotos para interpretação de imagens (KIEL, 2008; RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007; HIRAGA; LEVADA, 2013; ROSAN; RUANO; ALCÂNTRA, 2013; TRINDADE, C.; TRINDADE, B.; SANTANA, 2013; OLIVEIRA et al., 2013). Este método considera que os objetos pertencentes à mesma classe apresentarão resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe, ou seja, uma distribuição espectral gaussiana ou normal (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007). Além de considerar ponderação das distâncias médias, utilizando parâmetros estatísticos de distribuição dos *pixels* dentro de uma determinada classe (CRÓSTA, 1993). Para um resultado eficiente é necessário a escolha de um número razoavelmente elevado de pixels para cada amostra de

treinamento da classe, e que estes tenham uma distribuição estatística próxima da distribuição normal (CRÓSTA, 1993). Após a classificação ainda é necessária uma filtragem de dados, correção de polígonos classificados e caracterização e validação em campo de algumas áreas, pois apesar de ser um método eficiente, uma classificação nunca é perfeita, mas tenta ao máximo aproximar seus resultados da realidade ao tentar representá-la. Existem alguns fatores que interferem nesta tarefa, como alguns alvos na natureza podem não ser espectralmente distintos nas bandas existentes num sensor, a atmosfera pode reduzir os contrastes espectrais, a topografia interfere na reflectância, a resolução espacial torna os pixels uma mistura de alvos, etc (MENESES et al., 2012). Nesta pesquisa, por exemplo, observou-se a interferência da topografia que adicionaram sombras as imagens, e pela resolução espacial ser de 30m a mistura de alvos como solo encharcado com vegetação natural, e com corpos d'água; ou afloramento rochoso com vegetação natural e com solos expostos; ou edificações e solos expostos. Estes efeitos ocorrem por muitas vezes pela interação do relevo da superfície da terra e o ângulo nadir que determina como a lente do satélite é posicionada para observar os objetos da terra. Onde se pode reposicionar a visada de um sensor de nadir, que é o ponto perpendicular que a lente fica em relação a superfície terrestre para o ângulo off-nadir (fora da vertical) apresenta em graus, o quão longe a partir deste ponto a lente está inclinada (MENESES, 2012) . Com isso, dependendo da inclinação do sensor do satélite, alguns objetos podem ser observados sofrendo interferência das inclinações dos sensores e do relevo em que estão inseridos. Estes efeitos foram corrigidos pelas correções e validações realizados no processo de pós-classificação.

Em vista dos limites da resolução espacial e da reflectância dos alvos observados, essas classes apresentam um melhor entendimento de uso e cobertura da terra em relação às áreas úmidas. Entendem-se os corpos d'água e solo encharcado como integrantes das áreas úmidas nesta classificação, pois essas são definidas como:

“Ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica.” Junk *et al.* (2013).

Nesta pesquisa foram considerados como edificações as construções de qualquer tipo, que têm reflectância semelhante em áreas de aglomerados urbanos ou rural, e têm a característica comum de impermeabilizar o solo. A vegetação nativa foi classificada sem distinção de estágios evolutivos e agregou mangue, vegetação nativa e mata secundária de Mata Atlântica. As atividades agrícolas e de pastagem foram agrupadas em campo agropastoril por apresentarem comportamento espectral semelhante. As áreas de solo exposto, ainda que inseridas em áreas do campo ou zonas urbanas, foram colocadas em classe separada para poder distinguir posteriormente, possíveis processos de erosão e assoreamento nas drenagens, por exemplo. Os afloramentos rochosos e áreas de sombras estão intimamente relacionados por se localizarem geralmente em altas altitudes. Por fim, as áreas que não se inserem nas descritas até agora foram classificadas como outros. Um exemplo dessa classe são as regiões de praia.

A validação das classificações foi feita por meio de levantamentos de campo e localização das chaves de interpretação (Figura 4).

**I. Vegetação Natural
(Restinga, mangue,
fragmentos de Mata
Atlântica)**



**II. Campo
Agropastoril
(campo limpo, campo sujo,
área de pastagem, área de
agricultura)**



III. Solo Exposto
(solo sem vegetação)



IV. Edificações
(vilas, distritos,
construções de casas,
prédios, asfalto)



**V. Afloramento
Rochoso**
(rochas expostas)



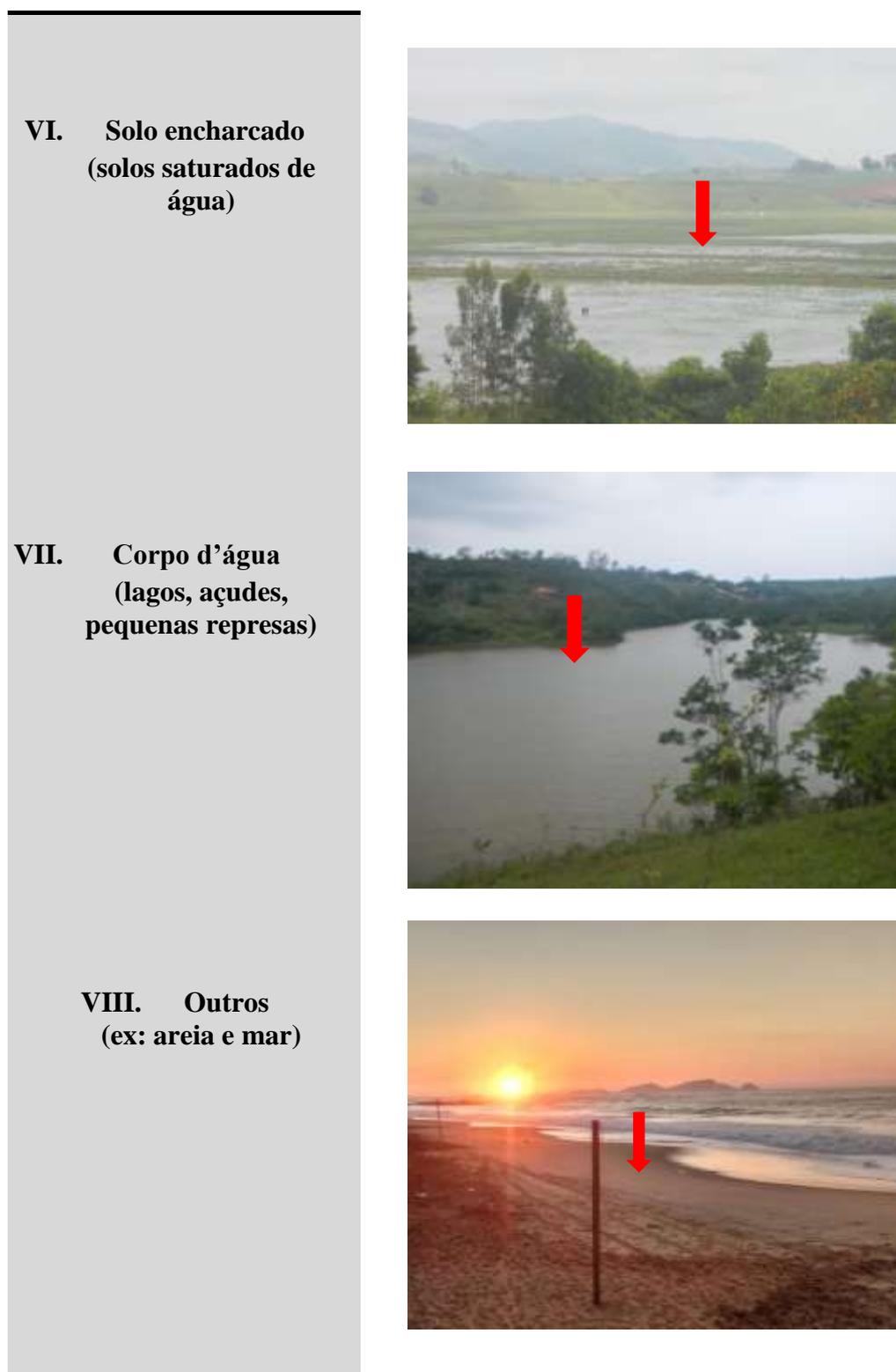


Figura 4: Caracterização das classes de uso e cobertura da terra feita em campo. Fonte: Fotos de Guimarães, L. G. (2017).

Para validar a qualidade da classificação das imagens, foi aplicado o teste estatístico do coeficiente $kappa$ (Tabela 5), por meio da matriz de confusão de cada ano. Segundo Prina e Trentin (2015), a matriz de confusão é a forma de representação da

qualidade obtida de uma classificação digital de imagem, sendo expressa por meio da correlação de informações dos dados de referência (compreendido como verdadeiro), com os dados classificados. Desta forma o coeficiente *kappa* é um índice que retrata o grau de concordância dos dados, e gera assim, um aspecto de confiabilidade e precisão dos dados classificados (PERROCA; GAIDZINSKI, 2003). Em outras palavras, o índice calcula se o número amostral de pontos de cada classe escolhida para a classificação é o suficiente de acordo com os resultados obtidos, para que se tenha uma classificação de qualidade.

Foi realizado o teste do *coeficiente kappa* para cada uma das classificações, e todas obtiveram valores maiores que 0,8, ou seja, estão com qualidade de concordância alta, validando assim as classificações feitas pelo método do algoritmo de *máxima verossimilhança*.

Tabela 2: Classes de qualidade da classificação das imagens, com base nos valores do coeficiente *kappa*.

Índice Kappa	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca, 2000. Guimarães, L. G. (2017).

Após a classificação por *máxima verossimilhança*, uma filtragem foi feita no arquivo *raster* gerado para diminuir os ruídos do arquivo. Posteriormente os arquivos *rasters* produzidos pelas classificações foram convertidos para arquivos vetoriais, o que permite que os agrupamentos de *pixels* em classes pré-determinadas se tornem polígonos, arquivos mais fáceis de manusear e editar. Feito isso, foi realizada uma nova validação desses polígonos por meio das imagens disponibilizadas pelo *Google Earth* e imagens do satélite Rapideye, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Estes processos fazem parte da pós-classificação.

3.2 POLÍGONO DA BACIA HIGROGRÁFICA DO RIO MACAÉ

O perímetro da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé foi definido por meio da vetorização manual com base na rede de drenagem e nas curvas de nível apresentadas nas cartas topográficas 1:50.000 do IBGE. Além de analisar a bacia hidrográfica como um todo, foi feita uma análise por compartimentos topográficos: alto, médio e baixo cursos (Figura 5). Esses compartimentos foram divididos a partir do perfil longitudinal do Rio Macaé e por características do relevo como a altimetria e fortes rupturas de declive, segundo a Associação Candido Mendes de Ensino e Pesquisa (ACAMEP, 2011). Essa compartimentação topográfica converge com a divisão dos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé que Souza (2013) descreve a partir da interação de características geomorfológicas e de hidrossedimentação da bacia.

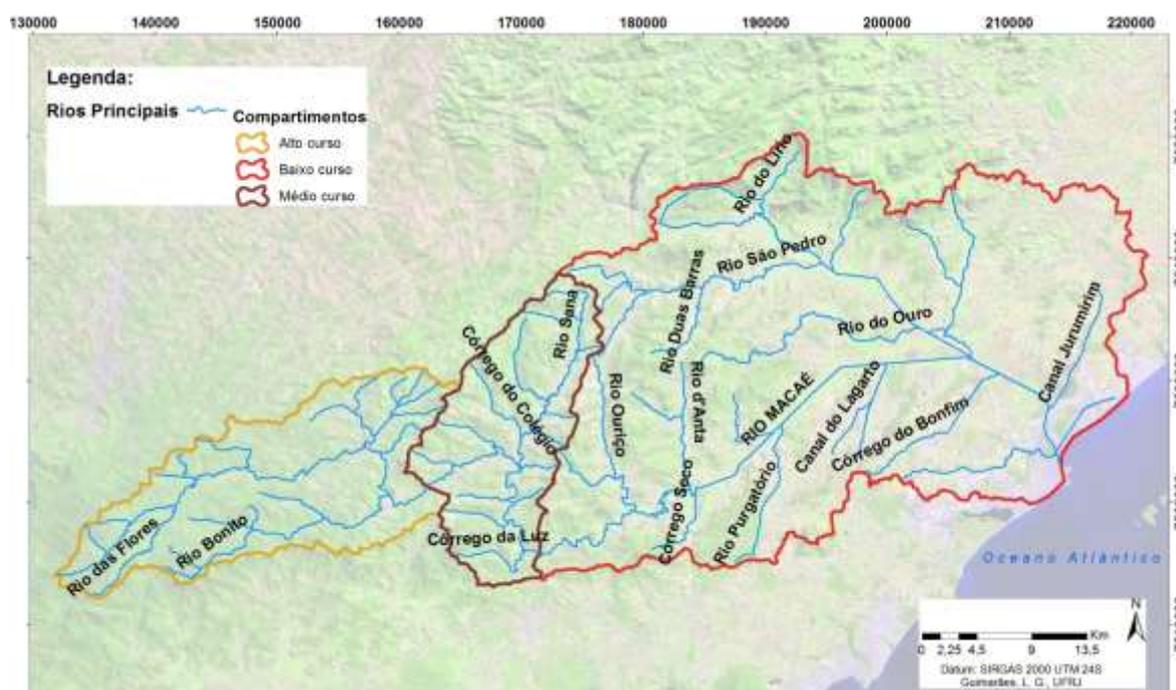


Figura 5: Compartimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

Schumm (1977), divide o sistema fluvial em três zonas, e estas divisões são feitas com base no equilíbrio de energia do sistema das bacias hidrográficas que une vários parâmetros como declividade, sedimentos, rugosidade, velocidade do rio, clima da região, e largura e profundidade do canal. As zonas são tidas como sistemas abertos que se sobrepõem com zonas de transição e podem mudar de conformidade com o passar do tempo também. Schumm (1977) define assim três zonas:

1. **Zona de cabeceira:** zona produtora de sedimentos, área de grandes elevações, encostas íngremes propensas a erosões mais fortes devido às corredeiras e cachoeiras causando incisões profundas nos vales;
2. **Zona de transporte:** áreas de transporte, onde os sedimentos se movimentam mais, e onde a declividade é mais suave e os vales mais largos;
3. **Zona de deposição:** áreas de planícies com declividade quase nula, propiciando a deposição dos sedimentos, criando meandros nos rios e dispendo de grandes planícies de inundação.

Para auxiliar na setorização e na análise das mudanças no uso e cobertura da terra, foi construído um mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé (Figura 6). Este foi gerado a partir da vetorização das curvas de nível das cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50000. Por meio da interpolação espacial por triangulação, foi criado o Modelo Digital do Terreno (MDT) para a área da bacia hidrográfica. Esse corresponde a uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. A construção do MDT permite a identificação das formas de relevo e análise de variáveis morfométricas como declividade e o aspecto das vertentes (FOLHARINI, 2015). Também foram adquiridas por intermédio de cartas topográficas do IBGE. A rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé da década de 1970 foi representada com base na base cartográfica de escala de 1: 25000 do INEA.

Os níveis de declividade em porcentagem utilizados para caracterização dos relevos na Figura 6 foram baseados na classificação do relevo que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) utiliza: 0 a 3 % é Plano; 3 a 8 % é suave ondulado; 8 a 13 % é moderadamente ondulado; 13 a 20 % é Ondulado; 20 a 45% é Forte ondulado e > 45 % é Montanhoso e escarpado.

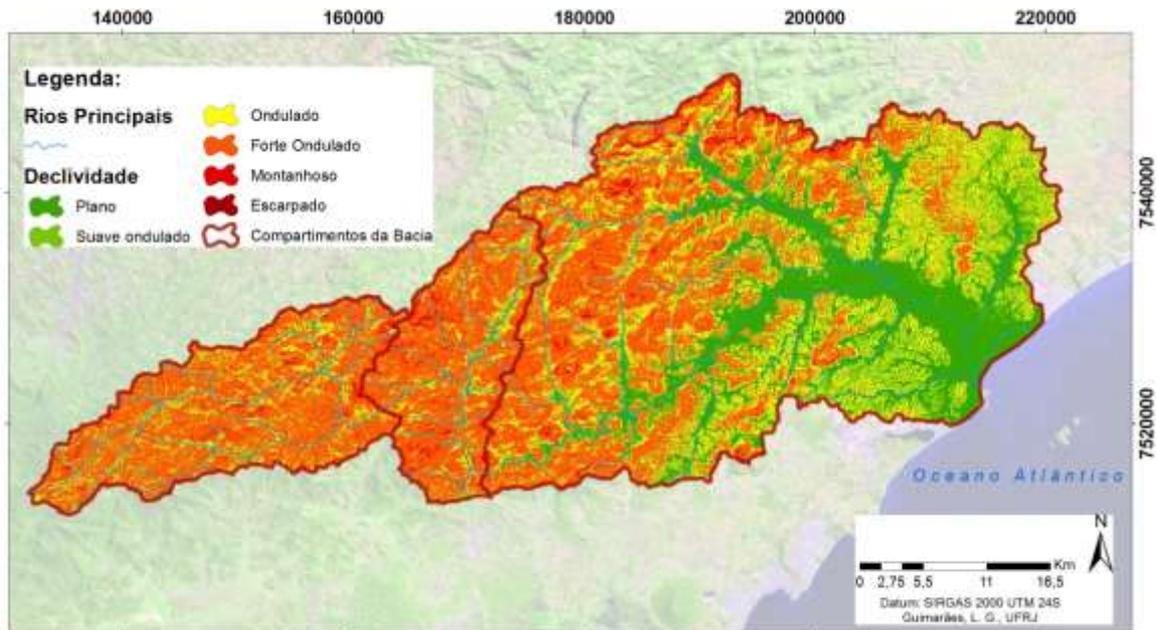


Figura 6: Declividade com as divisões de compartimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.
Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO RIO MACAÉ

Com base nos resultados das classificações da pesquisa (Figuras 7, 8 e 9), entre 1986 e 2003 houve um aumento de áreas das classes de campo agropastoril, edificações e solo encharcado e redução de vegetação natural, solo exposto e afloramento rochoso. Como mostra o mapa de 1986, já existiam grandes proporções de áreas de campo agropastoril que foram provenientes de aberturas da vegetação natural no passado pela extração de madeira da região e para as grandes produções de café, cana-de-açúcar e pecuária extensiva. Porém, com as mudanças de atividades econômicas para a Economia do Petróleo, é possível ver que de 2003 para 2015 perderam-se áreas de campo agropastoril e ao mesmo tempo aumentaram as áreas de edificações, solos expostos e vegetação natural em seus espaços.

Entretanto, de 1986 para 2015 foi possível constatar como resultado final uma expansão da área ocupada por vegetação natural, edificações, solo exposto e afloramento rochoso, e a redução das áreas em principal de campo agropastoril. Tanto a expansão da classe de corpos d'água e a redução das classes de solos encharcados e outros foram em proporções muito menores comparadas às outras classes citadas, praticamente mudando pouco suas conformidades de acordo com a sazonalidade do clima e pluviometria.

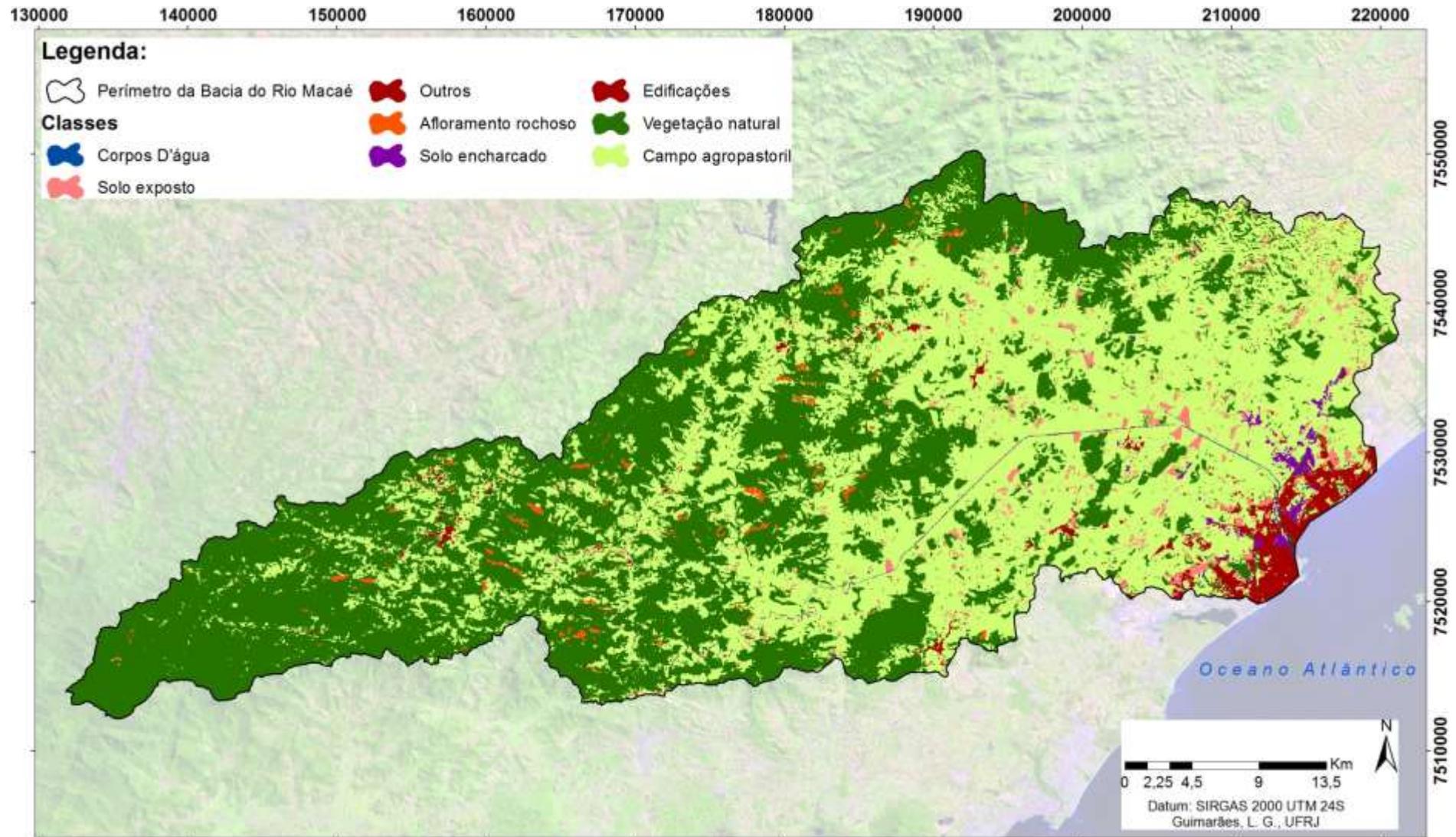


Figura 7: Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé do ano de 2015. Fonte : Guimarães, L. G. (2017). A partir de imagem de satélite do USGS, 2015.

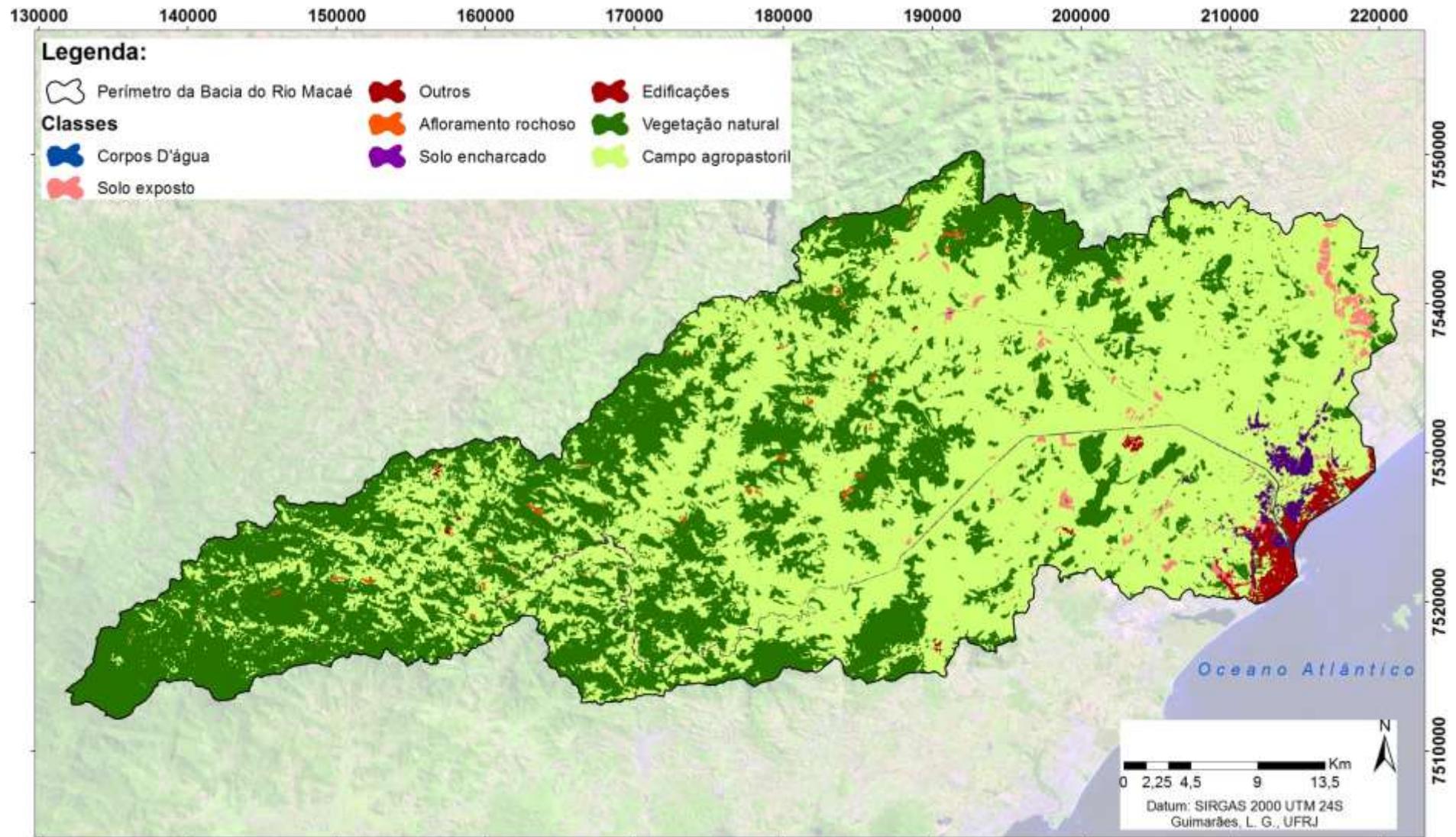


Figura 8: Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé do ano de 2003. Fonte: Guimarães, L. G. (2017). A partir de imagem de satélite do USGS, 2015.

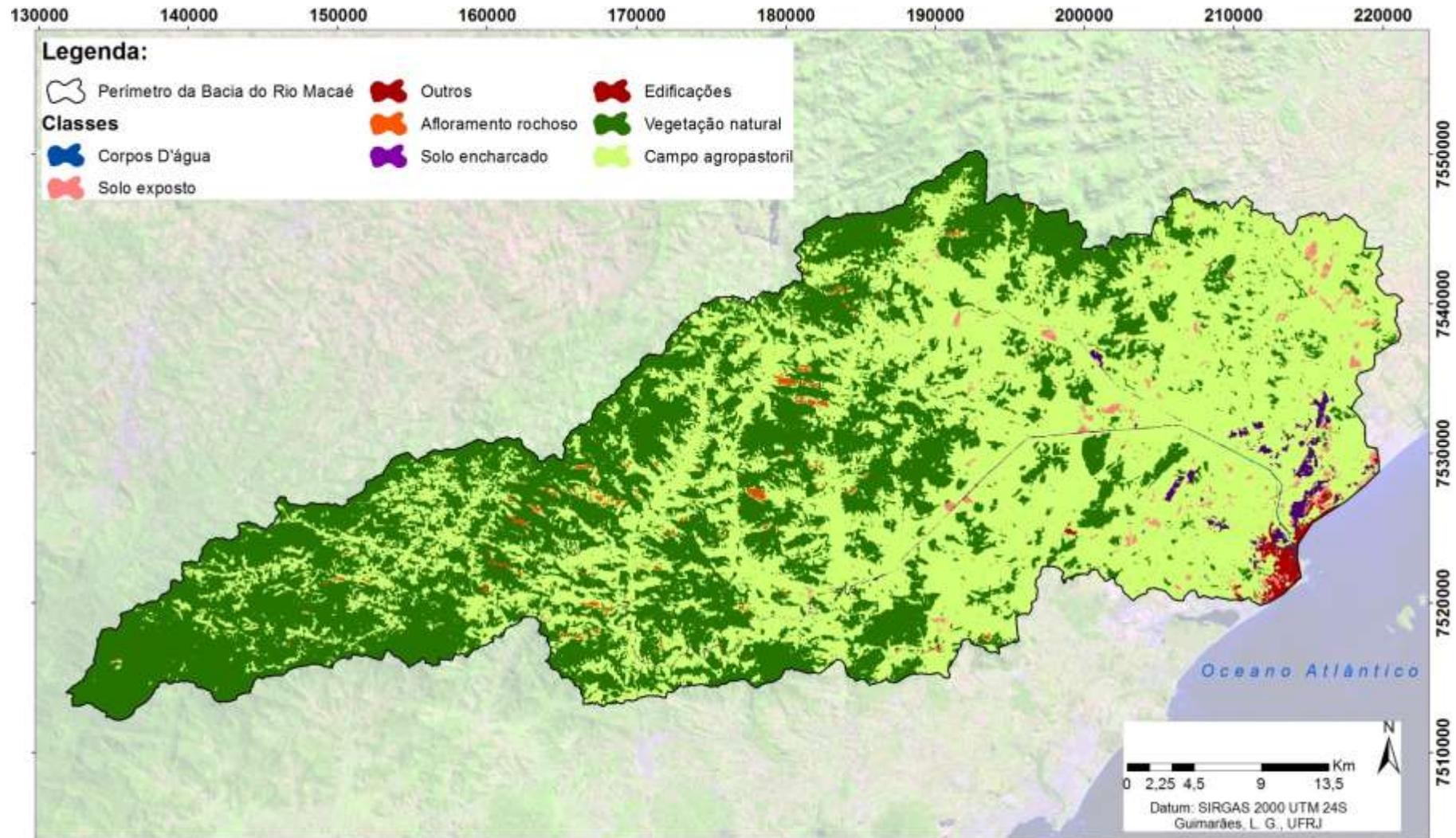


Figura 9: Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé do ano de 1986. Fonte : Guimarães, L. G. (2017). A partir de imagem de satélite do USGS, 2015.

TABELA 3: Área da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé ocupada por cada classe de uso e cobertura da terra (em km² e percentagem) para o os anos de 1986, 2003 e 2015.

Classes	1986		2003		2015	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Vegetação Natural	727,87	41,83	648,13	37,25	816,63	46,94
Campo Agropastoril	961,82	55,28	1028,07	59,08	813,86	46,77
Solo Exposto	17,18	0,99	16,40	0,94	41,66	2,39
Edificações	8,30	0,48	19,63	1,13	41,94	2,41
Afloramento Rochoso	8,70	0,50	8,00	0,46	12,43	0,71
Solo Encharcado	14,16	0,81	18,26	1,05	11,33	0,65
Corpos d'água	1,05	0,06	0,99	0,06	1,61	0,09
Outros	0,92	0,05	0,51	0,03	0,54	0,03

Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

TABELA 4: Taxas de crescimento das áreas das classes de uso e cobertura da terra.

Classes	Taxa de crescimento de 1986-2003 (%)	Taxa de crescimento de 2003-2015 (%)	Taxa de crescimento final (%)
Vegetação Natural	-4,58	9,69	5,11%
Campo Agropastoril	3,8	-12,31	-8,51%
Solo Exposto	-0,05	1,48	1,4%
Edificações	0,65	1,28	1,93%
Afloramento Rochoso	-0,04	0,25	0,21%
Solo Encharcado	0,24	-0,40	-0,20%
Corpos d'água	0	0,03	0,03%
Outros	-0,02	0	-0,02%

Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

Do ano de 1986 para 2003, houve um aumento de 3,8 % de campo agropastoril, e um decréscimo de 4,58 % de vegetação natural. Dentre as outras classes, estas duas se destacam por terem as maiores extensões territoriais. Mas também é importante perceber que a as edificações também aumentaram em 0,65 % e solo encharcado em 0,24 %. Já o solo exposto, os corpos d'água e afloramento rochoso decresceram seus espaços em proporções ínfimas ou nulas, 0,05%, 0% e 0,04 % respectivamente.

Do ano de 2003 para 2015, o campo agropastoril e a vegetação natural já inverteram seus sentidos de crescimento, o primeiro perdeu 12,31 % de sua área, e o segundo ganhou 8,51 %. O solo exposto, solo encharcado, afloramento rochoso e os corpos d'água também se direcionaram contrariamente, crescendo em 1,40 %, diminuindo em 0,40 %, aumentando em 0,25 %, aumentando em 0,03 %, respectivamente. A classe de edificações foi a única que se manteve em crescimento de mais 1,28%.

A taxa de crescimento final, que somaria os resultados das duas relações (1986 para 2003 e 2003 para 2015), define que cresceram as áreas da vegetação natural (5,11%), o solo exposto (1,4%), as edificações (1,93%) e o afloramento rochoso (0,21%). As classes com suas áreas subtraídas foram as de campo agropastoril (8,51%), solo encharcado (0,20%) e corpos d'água (0,03%). A classe “outros” não foi citada anteriormente por não ser parte do objetivo de pesquisa e porque a proporção de perda destas áreas foi ínfima em comparação a área total da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

O crescimento da vegetação natural e decréscimo do campo agropastoril estão ligados entre si mais que as outras classes, pois por meio de análises das mudanças das áreas identificou-se que a maior parte das áreas que se tornaram vegetação natural no ano de 2015, faziam parte da classe de campo agropastoril nos anos anteriores. Porém, a vegetação natural e o campo perderam uma pequena porcentagem de suas áreas também para as classes de solo exposto, edificações, solo encharcado, corpos d'água e afloramento rochoso. O aumento de solo exposto e edificações estão correlacionados entre si, principalmente na área urbana de Macaé, na foz do Rio Macaé. O solo encharcado e os corpos d'água obedecem à sazonalidade do ciclo hidrológico da região, e pelas imagens não se alteraram muito. O aumento das áreas de afloramentos rochosos deve-se ao descobrimento da vegetação rupestre de suas superfícies, as quais antes classificadas como vegetação natural ou campo agropastoril em alguns pontos dos anos de 1986 e 2003 pelos valores de seus *pixels*, em 2015 se mostraram como áreas bem descobertas e maiores. Esta classe foi encontrada nas três imagens praticamente nos mesmos lugares e com a validação no *Google Earth* das classes foi possível ver que em anos diferentes elas se disponibilizavam com mais ou menos vegetação em suas superfícies.

4.1.1 Aspectos gerais das classificações Bacia do Rio Macaé

A Bacia Hidrográfica do Rio Macaé mostrou-se predominantemente coberta por vegetação natural e campo agropastoril nos três períodos analisados. A classe de vegetação

natural é mais frequentemente encontrada nas porções do alto e médio curso da bacia hidrográfica, com grandes fragmentos situados em partes mais elevadas. Nesta região, muitas vezes encontram-se inseridos em áreas de preservação ambiental. O município de Nova Friburgo apresentou maiores percentuais desta categoria de uso e cobertura, seguido de Casimiro de Abreu. Devido ao fato de a maior parte do território de Nova Friburgo estar inserido em Unidades de Conservação (UCs) (Figura 10), as atividades econômicas que se promovem mais nesta área são o turismo, a agricultura familiar e o setor de serviços. A segunda classe de uso e cobertura da terra predominante foi a de campo agropastoril que é observada nas regiões de vales e majoritariamente no baixo curso. Grande parte desta classe encontra-se em território macaense, o qual se caracteriza pelas atividades de agropecuária, pecuária, serviços, mineração, especulação imobiliária e indústrias de serviços.

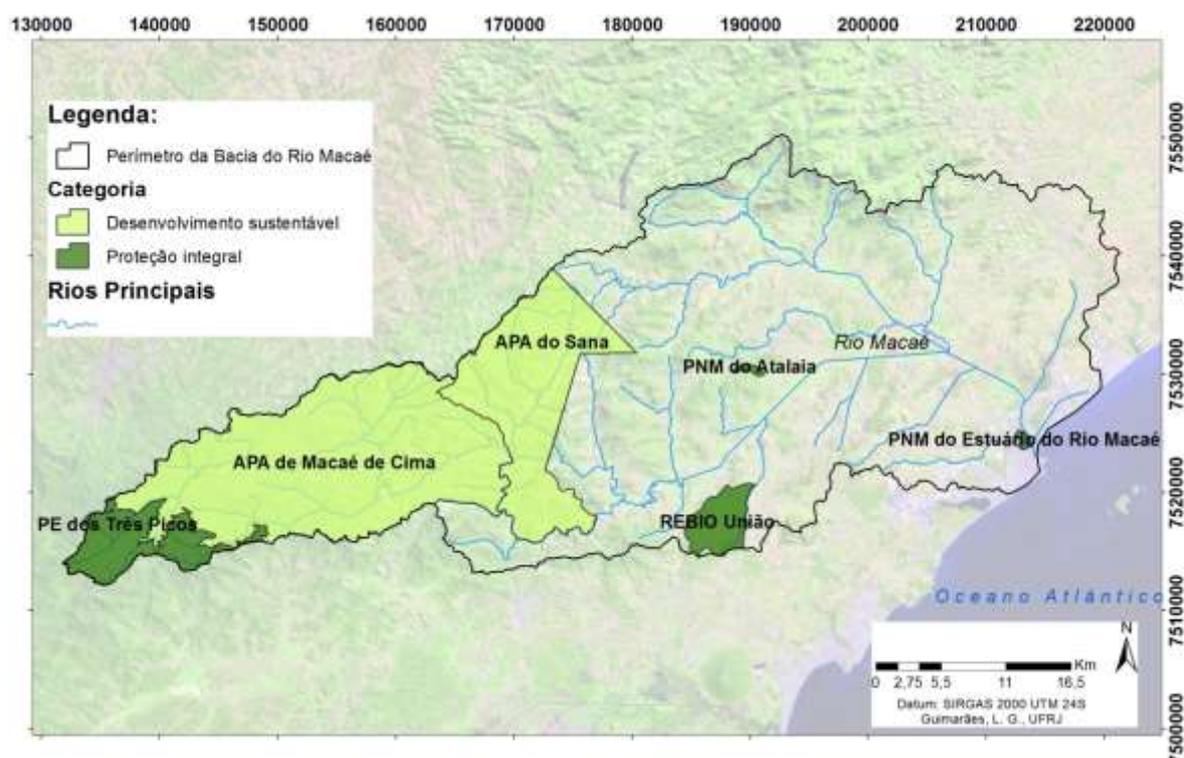


Figura 10: Unidades de Conservação existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Fonte: Ministério do Meio Ambiente/IBGE (2016), e Guimarães, L. G. (2017).* O Parque Municipal da Restinga do Barreto, fundado no ano de 2016, ainda não foi adicionado aos dados geográficos das UCs.

A classe de solo exposto e as de edificações em seguida compõem as classes de cobertura em que se inserem atividades humanas em principal na área urbana. No entanto, a maior parte das manchas de solo exposto foram detectadas em regiões com predomínio de agropecuária e pecuária (Figura 11). Algumas destas áreas têm a exposição temporária do solo devido aos períodos de plantio.



Figura 11: Manchas de solo exposto e presença gado no campo agropastoril na Serra de Macaé, outubro/ 2016. Foto: Guimarães, L. G. (2017).

As edificações são bem caracterizadas por núcleos urbanos ou rurais de construções de tetos de cerâmica. Entretanto, cabe destacar que algumas áreas industriais também têm essa característica de impermeabilidade. Muitas vezes confundida com a reflectância de solo exposto, as edificações se distinguem pela sua heterogeneidade de elementos. As atividades mais influentes na área urbana são de serviços e imobiliária, em principal na grande mancha urbana de Macaé, que é o município com maior porcentagem dessas duas classes de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

Os municípios de Conceição de Macabu e Rio das Ostras têm suas áreas da bacia hidrográfica ocupadas predominantemente por vegetação natural e campo agropastoril. Por outro lado, no município de Carapebus predomina o campo agropastoril (Figura 12). Estes três municípios encontram-se na porção do baixo curso da bacia e juntos não ocupam nem 8% da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

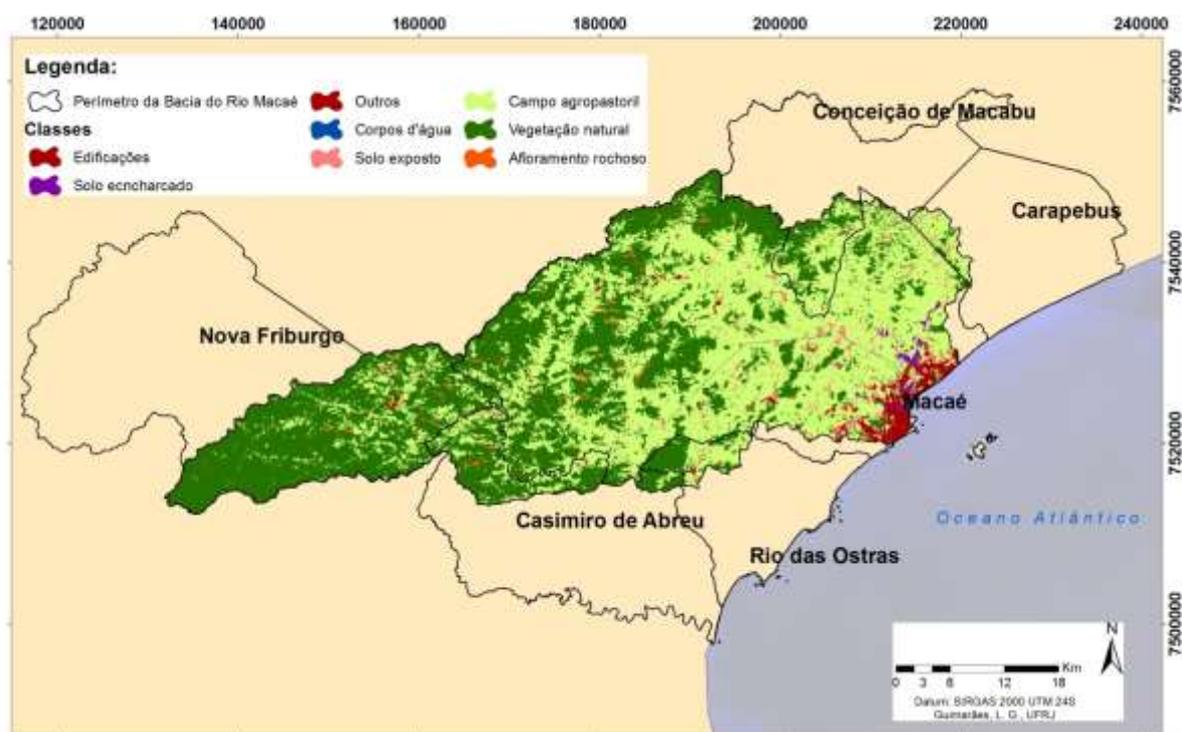


Figura 12: Relação das classes definidas na classificação com as áreas dos municípios participantes da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé para o ano de 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

Com validação realizada pela comparação da classificação com imagens do *Google Earth* e com as imagens do satélite *Rapideye*, as classes de sombra e afloramento rochoso foram observadas em altitudes médias a altas e geralmente acompanhada da classe de vegetação natural por possuírem vegetação rupestre ou de Mata Atlântica. Após esta análise, a classe sombra foi acoplada a classe de vegetação natural nos três anos, antes da definição final das classes. A classe outros, como dito anteriormente, remete à área de praia que contém elementos de areia e mar que não se encaixam nos objetos principais da classificação.

De acordo com a declividade da bacia hidrográfica, as áreas úmidas identificadas se encontram em terrenos planos de baixa altitudes. Sabendo que é na direção das regiões de baixa altitudes que as águas da bacia escoam, é previsível que elas tenham a tendência de se acumularem nas proximidades da foz. Porém, nas áreas de retificação do Rio Macaé esse processo de acúmulo nas várzeas foi alterado. Antes acumuladas em meandros que podiam ou não se desconectar do rio temporaneamente, as águas passavam um tempo maior nas localidades auxiliando no processo de percolação e o equilíbrio do sistema (JUNK, 2013). Hoje as águas fluviais percorrem as drenagens retificadas do Rio Macaé que foram modificadas morfologicamente para resolução de problemas ambientais a curto prazo da década de 1960. Assim, as águas do Rio Macaé e Rio São Pedro, que além da

retilização tem o aporte externo das águas do Rio Macabu adicionado a sua drenagem, têm suas características hidrossedimentológicas alteradas. Estas características estão estreitamente conectadas com às características do fluxo e da carga sedimentar do canal (ASSUMPÇÃO; MARÇAL, 2012). O que pode estar afetando as conformidades de transporte dos sedimentos até a área dentrítica da foz, além do tempo de permanência das águas durante seu percurso.

Por meio das imagens Landsat analisadas e o mapa de declividade produzido a partir do MDT da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, foi possível perceber as planícies entre o médio e baixo curso do Rio Macaé. Segundo Marçal e Luz (2003), estas planícies podem ser divididas em: Costeiras Urbanizadas; Planícies Fluvio-Lagunar Manejada; Planície Aluvial Agrícola; e Superfície Aplanada com Pastagens. Sendo que as classes de uso e cobertura da terra mais encontradas nestas regiões nos três períodos são o campo agropastoril, o solo exposto, as áreas úmidas e a maior parte da classe de edificações correspondentes ao município de Macaé. Já em parte do médio curso e no alto curso do rio existem Maciços Costeiros Florestados e Escarpas Serranas que fazem parte da Serra do Mar. Estes relevos possuem suas áreas cobertas por afloramentos rochosos, campo agropastoril e pequenos núcleos de edificações urbanas, porém sua área total é quase que integralmente coberta por vegetação natural. Nas médias declividades (de 8 a 45 %) predomina a vegetação natural, apesar de serem também observadas áreas de campo aberto.

4.1.2 Aspectos por compartimentos alto, médio e baixo cursos da Bacia do Rio Macaé

As mudanças de uso e cobertura da terra foram avaliadas também separadamente para cada compartimento: alto, médio e baixo cursos (Tabela 8). Analisados separadamente, esses compartimentos apresentam tendências semelhantes entre si, semelhantes àquelas observadas para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. As maiores mudanças foram observadas nas classes de vegetação natural, campo agropastoril, solo exposto e edificações, que integram quase 100% da área da bacia hidrográfica (Tabela 9). A classe de afloramento rochoso apresentou mudanças especialmente no baixo curso, o que se explica pela perda de sua cobertura rupestre. Os corpos d'água, solo encharcado também se alteraram pouco, mas mantiveram suas maiores proporções também no baixo curso.

Tabela 5: Proporções de classes por compartimentos topográficos nos períodos estudados em relação à área da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

Classes	Alto Curso			Médio Curso			Baixo Curso		
	1986 %	2003 %	2015 %	1986 %	2003 %	2015 %	1986 %	2003 %	2015 %
Vegetação Natural	13,93	12,60	14,84	7,14	6,86	8,46	21,10	17,80	23,58
Campo Agropastoril	4,26	5,22	2,80	2,37	5,46	3,66	45,91	48,59	40,32
Solo Exposto	0*	0,01	0,02	0,01	0*	0,06	0,98	0,94	2,31
Edificações	0*	0,03	0,17	0*	0*	0,06	0,48	1,09	2,16
Afloramento Rochoso	0,06	0,07	0,11	0,11	0,06	0,23	0,25	0,16	0,47
Solo Encharcado	0*	0,01	0*	0,02	0,09	0,02	0,79	0,96	0,64
Corpos d'água	0	0*	0*	0*	0	0*	0,06	0,06	0,09
Outros	0	0	0	0	0	0	0,05	0,03	0,03
Porcentagem do compartimento na Bacia %		17,93			12,48			69,61	
Total da Bacia %					100				

Fonte: Guimarães, L. G. (2017). *O valor de zero não é absoluto, corresponde a valores menores ou iguais a 0,009.

Tabela 6: Taxa de mudança de 1986 à 2015 de áreas das classes de uso e cobertura da terra em porcentagem por compartimento.

Classes	Taxa de mudança % Alto Curso	Taxa de mudança % Médio Curso	Taxa de mudança % Baixo Curso
Vegetação Natural	0,91	1,32	2,48
Campo Agropastoril	-1,46	1,29	-5,59
Solo Exposto	0,02	0,05	1,33
Edificações	0,17	0,06	1,68
Afloramento Rochoso	0,04	0,12	0,22
Solo Encharcado	0	0	-0,15
Corpos d'água	0	0	0,03
Outros	0	0	-0,02

Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

No alto curso, as mudanças ocorreram mais na porção leste, que mesmo se encontrando dentro de uma unidade de conservação de desenvolvimento sustentável, a APA do Macaé de Cima, teve fragmentos de vegetação natural desmatados entre 1986 e 2003. A vegetação natural foi substituída por campo agropastoril. No entanto, posteriormente os fragmentos se reconstituíram de 2003 para 2015, aumentando sua área até mesmo em relação a 1986. A mudança mais expressiva no alto curso foi o decréscimo do campo agropastoril (-1,46%), seguido do aumento da vegetação natural (0,91%) e das edificações (0,17%). As áreas de solo exposto não são expressivas (0,02%), porém, tiveram seu aumento gradativo de acordo com que as edificações cresciam na porção leste. As edificações cresceram mais no alto curso que no médio, porém o aumento de solo exposto no médio curso supera o do alto. As outras classes pouco se modificaram ou nem tiveram alterações (Figura 14).

No médio curso, as áreas de vegetação natural, campo agropastoril e solo exposto seguiram as mesmas tendências que no alto curso. Porém, as edificações obtiveram uma baixa mínima entre 1986 e 2003, e um acréscimo visível entre 2003 e 2015. Semelhante ao alto curso, o médio tem sua área quase total dentro de uma APA, a APA do Sana, e manteve as proporções de vegetação natural maiores que a de campo agropastoril entre os anos em questão. A maior mudança dentro deste compartimento foi o aumento da vegetação natural (1,32%), e seguindo a direção contrária da bacia como um todo, o campo agropastoril também cresceu neste compartimento (1,29%). Por possuir UCs não integrais, as atividades exercidas no médio curso e parte do alto curso são mais maleáveis, fazendo com que mesmo que com menores porcentagens de edificações, as áreas de campo agropastoril e solo exposto ainda estejam bem presentes nestas divisões. Além disto, no médio curso as declividades têm valores mais acentuados em comparação ao alto, que mesmo tendo maior altitude, ainda possui um terreno menos íngreme que no médio curso (SOUZA, 2013). A alta declividade do terreno do médio curso (em relação ao baixo curso) torna essa região mais propícia a erosões (CHARLTON, 2007), o que pode explicar o aumento do solo exposto (0,05%) e da exposição de afloramentos rochosos (0,12%) também. As outras classes não obtiveram alterações ao final do período estudado (Figura 15).

Estes dois compartimentos têm em comum o fato seus territórios possuírem grandes áreas de proteção ambiental. Ainda assim, estas áreas ainda sofrem influências de atividades agropastoris que formam clareiras de campos entre os fragmentos florestais,

deixando solo, em principal na beira dos rios, descobertos. Até mesmo em áreas de Unidades de Conservação, há muitas manchas de campo agropastoril (Figura 13).

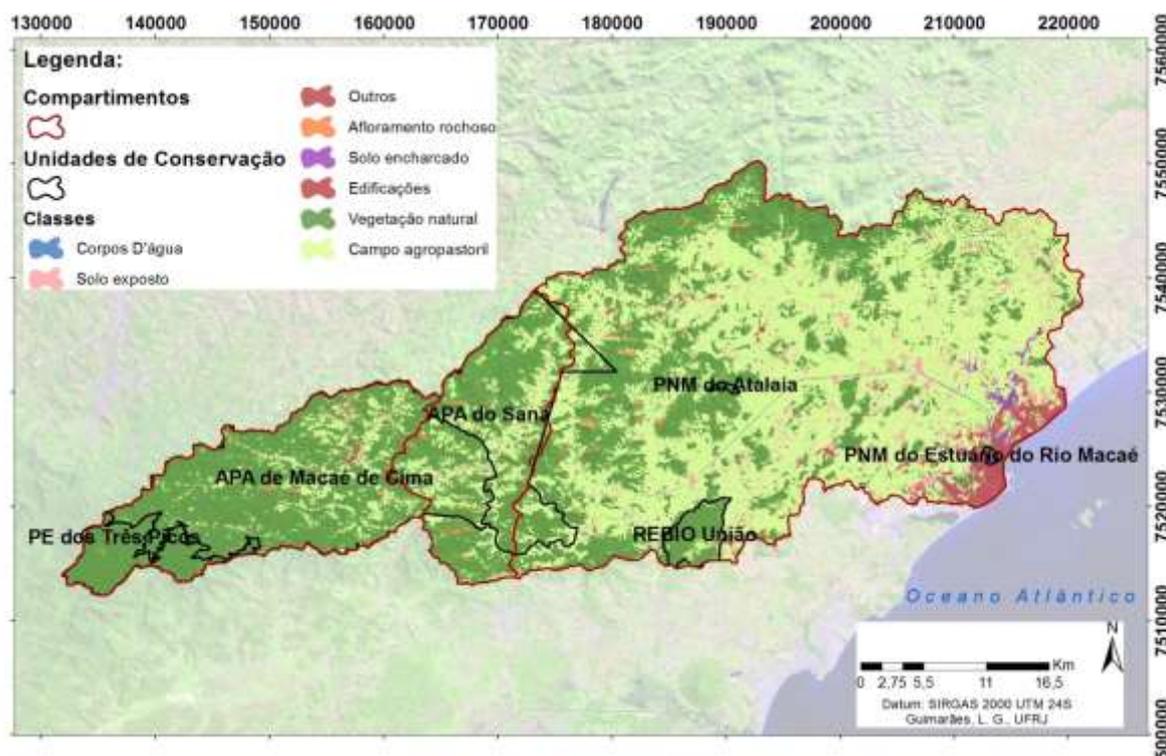


Figura 13: Mapa de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé em 2015 com destaque para os limites das UCs. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

No baixo curso, entre os anos 1986 e 2003, a área de campo agropastoril cresceu e a de vegetação natural diminuiu. No entanto, de 2003 para 2015, o campo agropastoril diminuiu e a vegetação aumentou. Os fragmentos de vegetação natural do baixo curso se encontram mais na porção oeste do compartimento e onde as elevações e declividades do relevo são de níveis médios a altos, em relação às planícies fluviais. O solo exposto teve um decréscimo de 1986 para 2003 aumentou novamente de 2003 para 2015. As edificações seguiram aumentando suas áreas. Estas duas últimas classes se encontram mais à porção leste do baixo curso, nas planícies flúvio-lagunares, porém, na porção noroeste deste compartimento, situada já na porção serrana, as edificações e os solos expostos também se expandiram. Entre 2003 e 2015, o acréscimo de áreas de solo exposto por todo baixo curso, em principal ao redor das edificações da área urbana, caracteriza uma alteração de grandes proporções para o baixo curso. Os afloramentos rochosos obtiveram seu maior aumento de áreas dentro do baixo curso, caracterizando sua maior perda de vegetação rupestre. As AUs se encontram quase que em sua totalidade no baixo curso, e a classe outros também. Com a maior variedade de classes e maior área dentro da bacia, as mudanças mais expressivas

neste compartimento foram o decréscimo de campo agropastoril (-5,59%) seguido do aumento de vegetação natural (2,48%), edificações (1,68%), solo exposto (1,33%). A oscilação das AUs (solo encharcado e corpos d'água) diminuiu um pouco sua porcentagem (-0,12%) e a maior exposição de afloramentos rochosos aumentou suas áreas mais que nos outros compartimentos (0,22%). A classe outros obteve um decréscimo substancial (-0,02) (Figura 16).

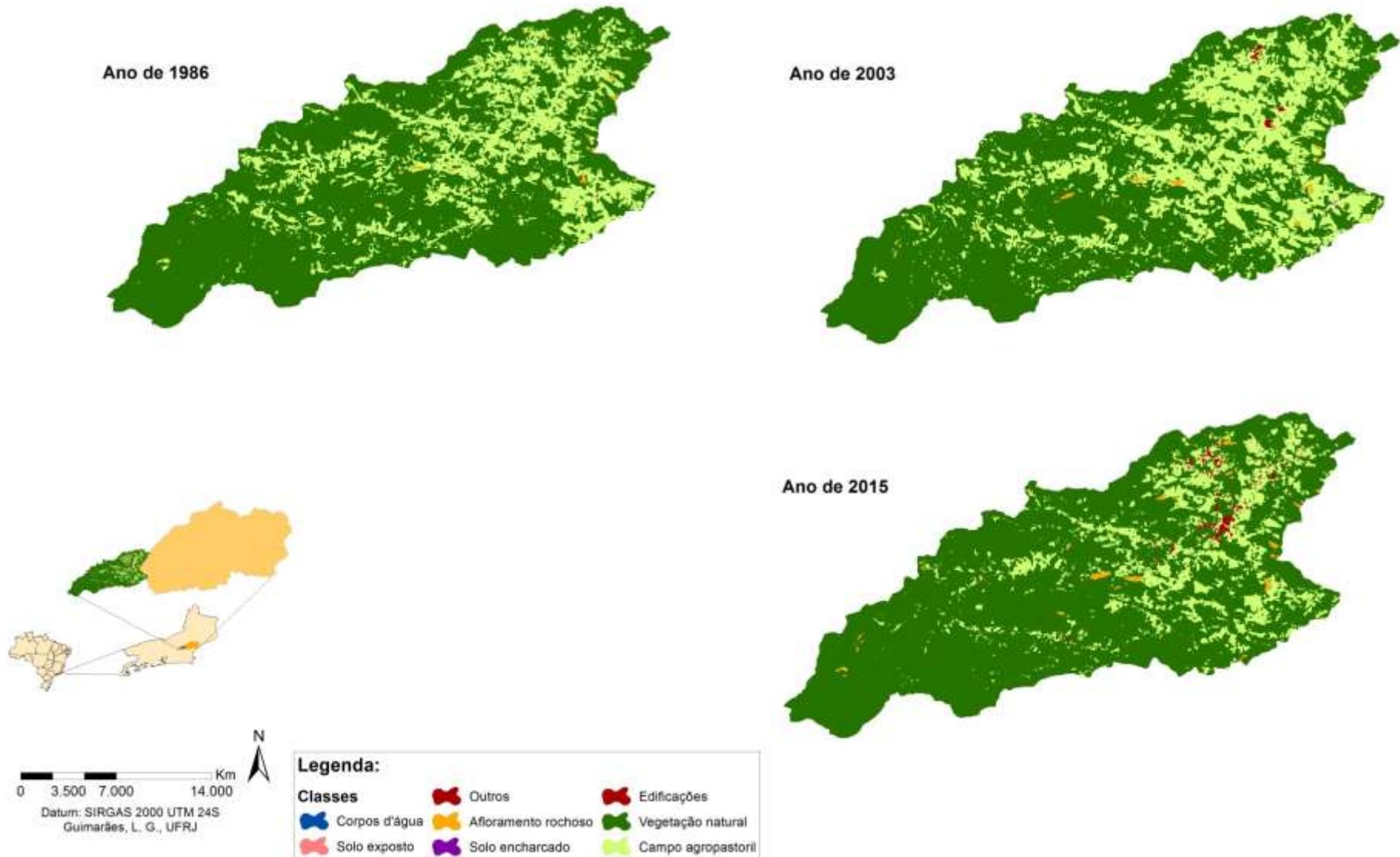


Figura 14: Uso e cobertura da terra dos compartimentos do alto curso dos anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

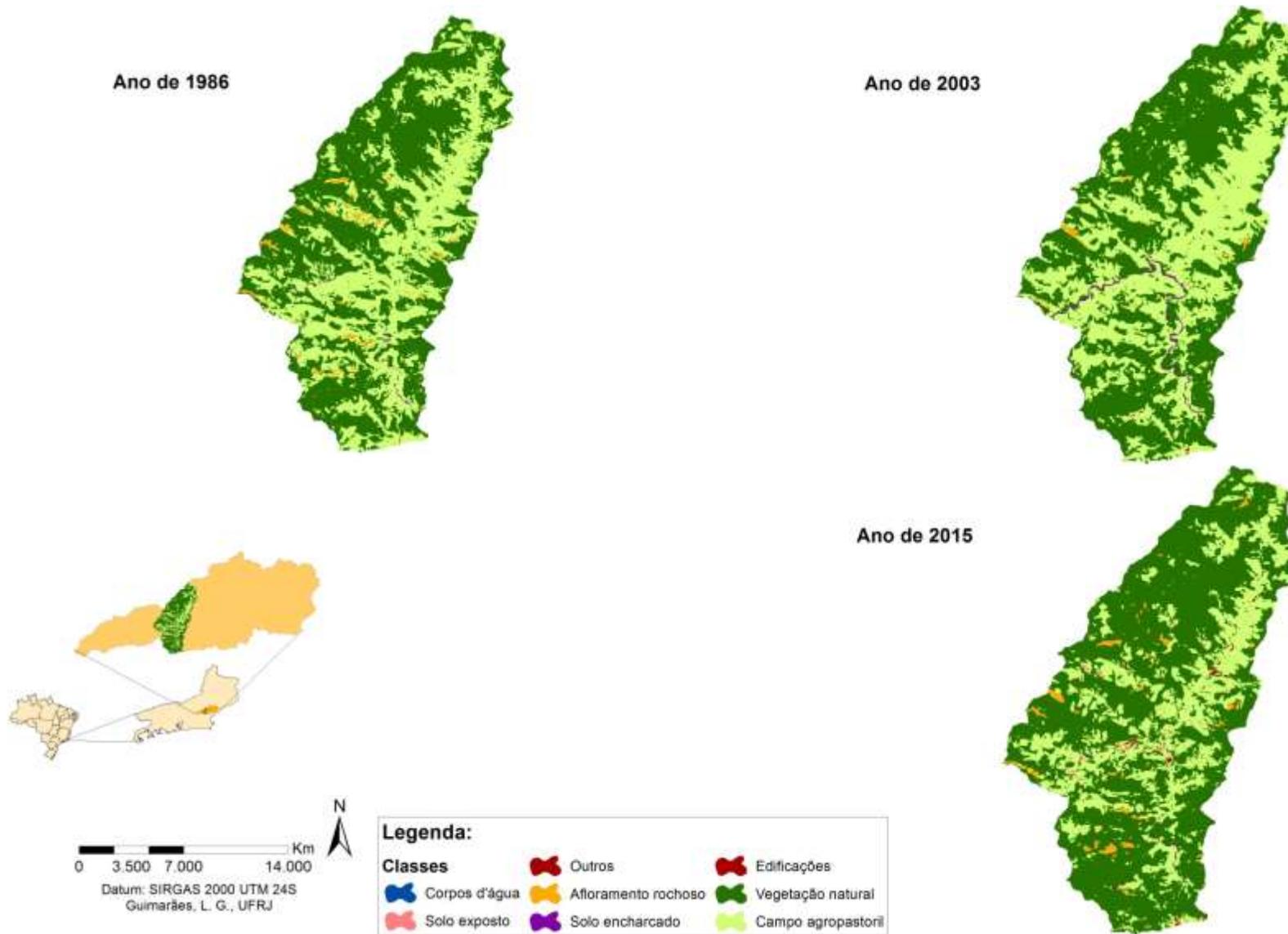


Figura 15: Uso e cobertura da terra dos compartimentos do médio curso dos anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

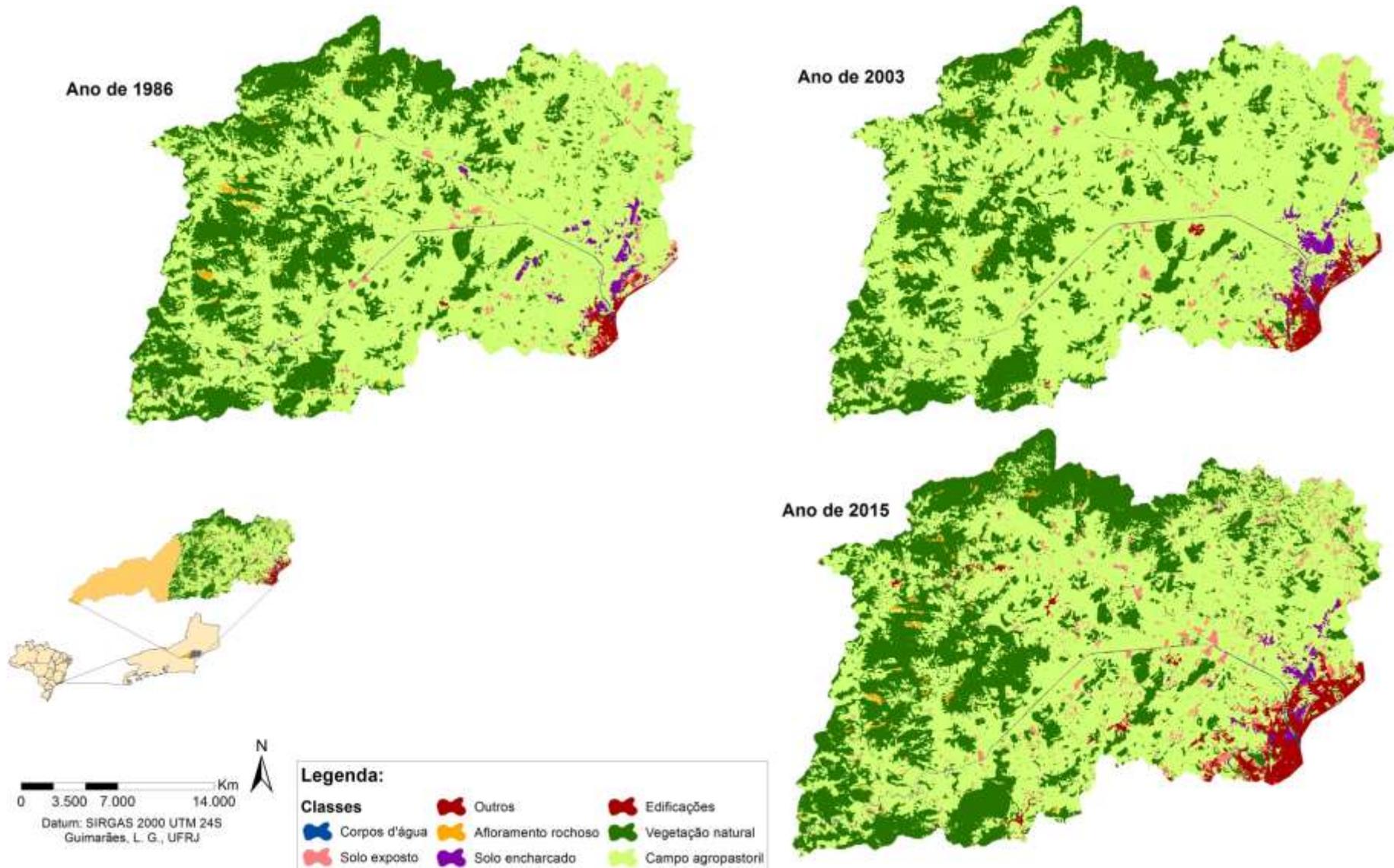


Figura 16: Uso e cobertura da terra dos compartimentos do baixo curso dos anos de 1986, 2003 e 2015. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

4.1.3 Mudanças na área urbana de Macaé

No baixo curso, além da substituição de campos agropastoris por vegetação natural que também ocorreram no alto e médio curso, o acréscimo de áreas de solo exposto e edificações fez com que este compartimento se destacasse nas alterações de uso e cobertura da terra. Estas classes se encontram nas áreas antrópicas, segundo Sokolonski, (1999), o que remete a uma relação estreita das classes entre si e com as atividades humanas. O solo exposto, por exemplo, é uma condição ligada à retirada da cobertura vegetal da terra que condiciona a maior sensibilidade às erosões que carregam a terra para as drenagens, assoreando-as (LOPES; PEREIRA; CARVALHO, 2007). Por muitas vezes, a retirada de vegetação que causa a exposição do solo, é justamente para a construção das edificações, e na área urbana de Macaé tudo indica que é esta a relação que as classes mantêm, pois os solos expostos se encontram nas direções de expansão urbana, ao redor das edificações.

A área urbana encontra-se em planícies costeiras e flúvio-lagunares da bacia (PRH-MACAÉ/OSTRAS, RPRH, 2014) (Figura 17), em baixas elevações e em uma formação de Gleissolos Háplicos Eutróficos (WERNECK, 2010). Estas características geomorfológicas e geológicas dão condições para a existência do ecossistema transitório de áreas úmidas (PRH-MACAÉ/OSTRAS, RPRH, 2014) e estas foram encontradas em grande parte próximas às manchas urbanas. Foi feito um levantamento de campo para caracterizar as áreas úmidas (corpos d'água e solos encharcados) sob as influências das áreas antrópicas, especialmente na área urbana do baixo curso.

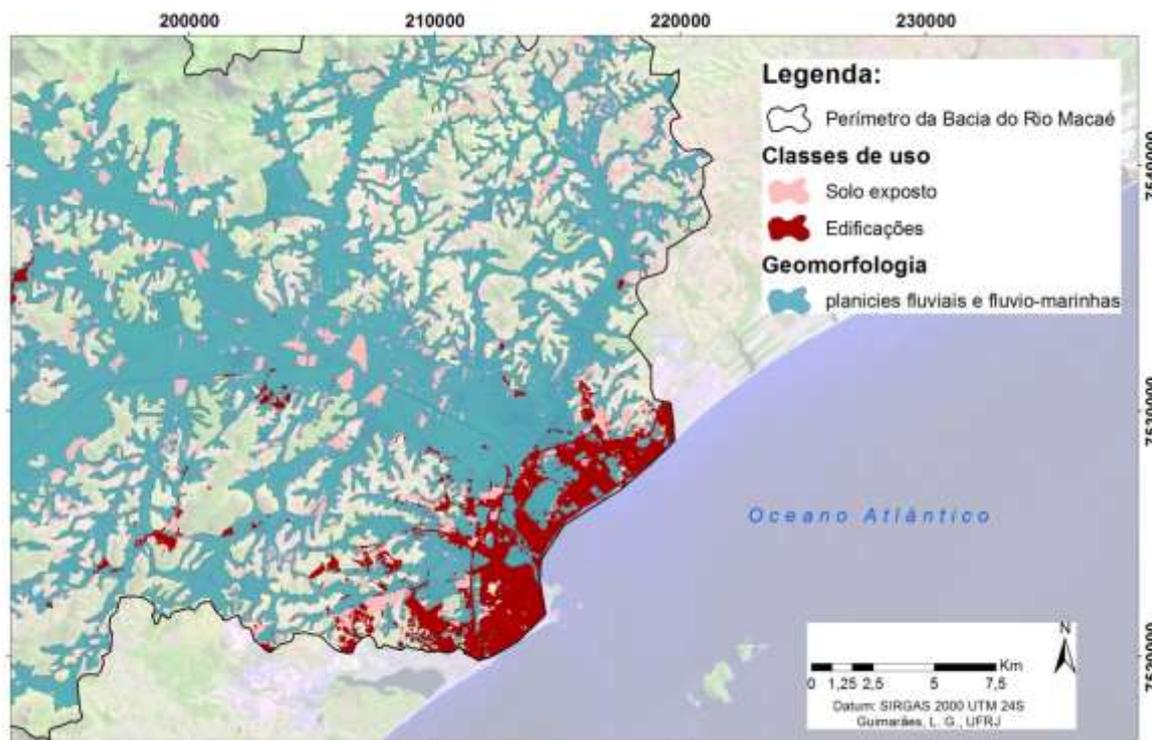


Figura 17: Geomorfologia e edificações e solo exposto próximo à área urbana do município de Macaé. Fonte: IBGE e Guimarães, L. G. (2017).

Com a inspeção realizada em campo, foi possível classificar as áreas úmidas (Figura 18) de acordo com características da chave de identificação de Junk et al.(2013) (Anexo 5). As AUs demarcadas sofreram poucas alterações durante os períodos estudados, mas por estarem concentradas na região urbana, algumas modificações podem ter sido mascaradas pela existência das edificações, que é uma classe de elementos muito heterogêneos, não possibilitando a visão da reflectância específica da água. Apesar da classificação dessa classe no ano de 2015, assemelhar-se bastante com a última classificação de uso e cobertura da terra feita pelo INEA também para ano de 2015 (INEA, 2016), outras combinações de dados geográficos, juntamente com monitoramento em épocas de chuvas e estiagens seriam necessários para definir a área total de AUs na bacia hidrográfica com maior nível de detalhamento. Ainda assim, as influências sobre as AUs podem ser observadas. As AUs estão sob a influência de construções civis, pastagem, mineração, terraplanagem, solos expostos, aterros clandestinos, entre outros. (Tabela 10).

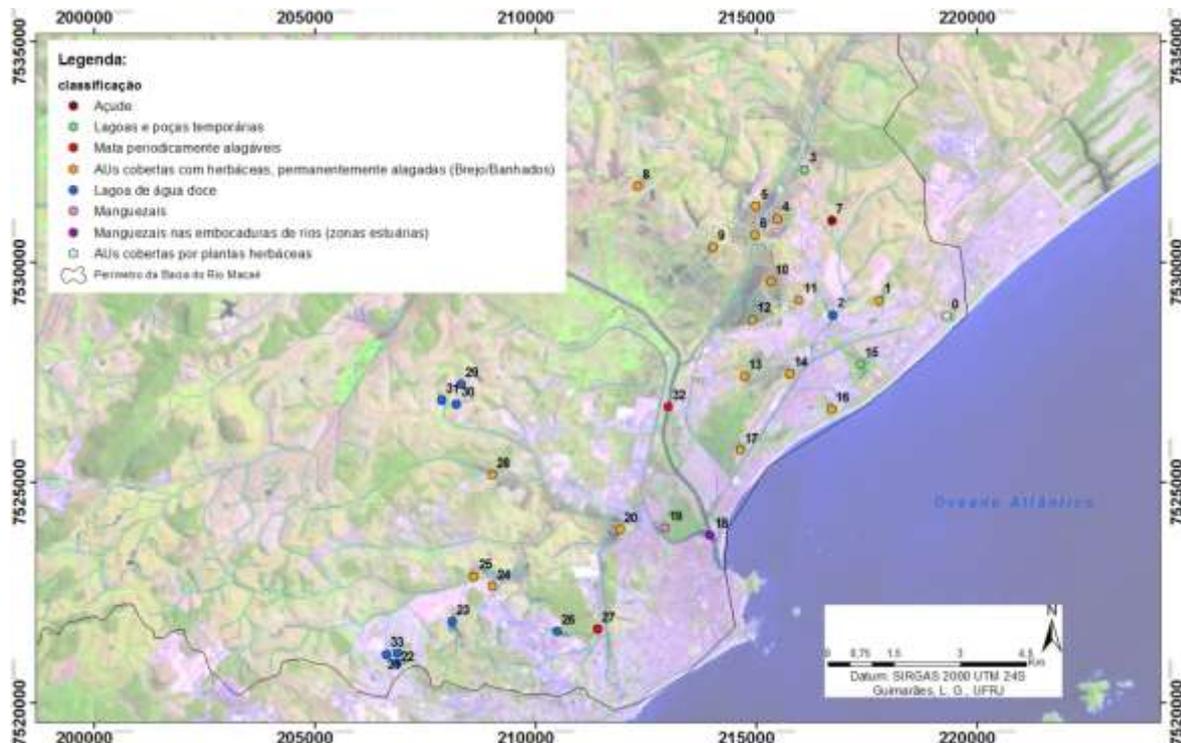


Figura 18: Locais visitados em campo para caracterização de Áreas Úmidas (AUs). Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

O pasto e a construção civil são as principais atividades encontradas próximo às áreas úmidas visitadas em campo. Isso indica um potencial comprometimento de disposições e qualidade das águas armazenadas nestas áreas. Estas áreas, em principal os solos encharcados, têm a característica de lençóis freáticos superficiais, mais suscetíveis à contaminação. O gado, além de compactar a terra e causar erosões laminares, contamina a água com seus dejetos, podendo assim, estar contaminando lençóis freáticos do município de Macaé. A construção civil já mostra que a expansão urbana continua e segue em direção ao interior do município, como descrito por Baruqui (2004), o que poderá gerar ainda mais impactos sobre as AUs.

A ocupação de novas áreas indica um crescimento populacional. Entretanto, como visto anteriormente pelos mapas de uso e cobertura da terra, o crescimento em área da classe de edificações não foi tão grande. Isto quer dizer que, a percepção de aumento da densidade demográfica urbana é atrelada mais ao crescimento vertical da área urbana (prédios cada vez mais altos) que ao crescimento horizontal (RAMIRES, 1998).

A expansão territorial pode comprometer seriamente as AUs da localidade que atuam como reservatórios de água doce, auxiliando na quantidade e qualidade de água no sistema. Por isso, é importante diagnosticar quais são as localidades que precisam de mais atenção e quais as influências que elas sofrem, para que o manejo delas seja adequado para

cada uma individualmente e em conjunto. Pois, sem uma legislação específica ainda, estas áreas sofrem alterações constantes.

Tabela 7: Check List de campo para a caracterização das AUs e da área de influência no seu entorno.

Pontos	Tipo	Vegetação	Influências
Ponto 1	Solo Encharcado	Herbáceas	Construção civil
Ponto 2	Lago	-	Mineração; pasto
Ponto 3	Lago	-	Construção civil; pasto
Ponto 4	Lago	-	Pasto; Retirada de terra do terreno
Ponto 5	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 6	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 7	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 8	Lago	-	Lago particular recreativo
Ponto 9	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto; Aterro para estrada
Ponto 10	Solo Encharcado	Herbáceas	Construção civil; Pasto
Ponto 11	Solo Encharcado	Herbáceas	Carvoaria; Pasto
Ponto 12	Solo Encharcado	Herbáceas	Construção civil
Ponto 13	Solo Encharcado	Herbáceas	Construção civil; Pasto; Terraplanagem
Ponto 14	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 15	Solo Encharcado	Herbáceas	Construção civil; Pasto; Aeroporto
Ponto 16	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 17	Solo Encharcado	Herbáceas	Construção civil; Pasto
Ponto 18	Solo Encharcado	Herbáceas- Mangue - Samambaias	Construção civil; Solo Exposto
Ponto 19	Foz	Mangue	Construção civil; Pesca
Ponto 20	Manquezal	Mangue	Construção civil
Ponto 21	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 22	Lago	-	Pasto

Ponto 23	Lago	-	Pasto
Ponto 24	Lago	-	Pasto
Ponto 25	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 26	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 27	Lago	-	Construção Civil; Solo exposto; aterro clandestino
Ponto 28	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 29	Solo Encharcado	Herbáceas	Pasto
Ponto 30	Lago	-	Pasto
Ponto 31	Lago	-	Pasto
Ponto 32	Lago	-	Pasto
Ponto 33	Rio Macaé	-	Construção civil; Pasto; Pesca
Ponto 34	Lago	-	Construção civil; Solo Exposto

Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

4.1.4 Mudanças encontradas no uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé

Em conformidade com os mapas produzidos foi encontrada maior predominância de vegetação natural em terrenos de altas altitudes e relevo acidentado, prova disto que as classes de afloramentos rochosos, que indicam relevo acidentado, e a classe de sombras que foi adicionada a classe de vegetação natural após validação e correção de polígonos, também se encontram nestas faixas de relevo. As sombras são resultado do relevo íngreme que cobrem parte de suas próprias montanhas de acordo com a posição do sol. Já em terrenos menos acidentados e de baixa ou média altitude, predominam as classes de campo agropastoril, solo exposto, edificações, solo encharcado e corpos d'água. Isso caracteriza as áreas de menor declividade como mais afetadas pelas atividades humanas, e as de alta declividade as menos afetadas. Estes resultados se assemelham aos que ALVES (2004) descreve: as relações positivas entre baixas declividades, altas densidades populacionais e rendas com o nível de conservação para a Bacia do Vale do Ribeira. Avaliando de acordo com dados de Geist e Lambin (2001), se confirma altos níveis de desflorestamento em regiões tropicais com estes parâmetros atuando em conjunto.

O aumento do campo agropastoril de 1986 para 2003 no alto, médio e baixo curso, vai de encontro com o crescimento econômico da região relacionado à Economia do Petróleo. Para basear a tendência de crescimento estão os dados de IDH, PIB, dos *royalties* e populacionais, que caracterizam um crescimento de acordo com a economia crescente nos municípios, em principal em Macaé. De acordo com Geist e Lambin (2001), uma das forças subjacentes das mudanças no uso e cobertura da terra é justamente o crescimento econômico que possibilita: 1. Aquisição de novas tecnologias de extração de recursos; 2. Aumento da infraestrutura local para facilitar o acesso às áreas de extração ou produção; 3. Atração de mais pessoas que desejam aumentar suas qualidades de vida com melhores trabalhos; 4. Aumento das demandas sobre os recursos naturais como os recursos hídricos da bacia hidrográfica para a manutenção de suas atividades e da população que se sustenta delas; entre outros.

De 2003 para 2015, o crescimento da vegetação natural supera as áreas de campo agropastoril que diminuíram em todos os compartimentos topográficos também. Uma das explicações para essas mudanças é a recente criação da maioria das UCs da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé (Tabela 11), e adicionado o fato do alto esforço para conservação do que restou do bioma Mata Atlântica, exercido em principal pela Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o INPE. Cronologicamente, o ano de 1986, é o ano de criação da Fundação; em 2003, foi aprovada a Lei da Mata Atlântica e Lançado o Atlas dos Municípios da Mata Atlântica; e 2015, foi celebrado 15 anos de Restauração Florestal. Por fim, através de uma análise preliminar dos dados do monitoramento dos Atlas da Mata Atlântica, a Fundação SOS Mata Atlântica divulgou que nove estados brasileiros regeneraram remanescentes deste bioma entre 1985 e 2015, incluso o Rio de Janeiro, com 4.092 hectares recuperados.

Tabela 8: Leis e decretos de criação das Unidades de Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

Leis e Decretos de criação	Unidades de Conservação
Lei nº 1595/1995	Parque Municipal do Atalaia
Decreto s/nº de 22 de abril de 1998	Reserva Biológica da União
Decreto estadual nº 31343 de junho de 2002, ampliado no Decreto Estadual nº 41990 de 12 de agosto de 2009	Parque Estadual dos Três Picos
Lei Municipal nº 2172/2001	APA Sana

Decreto nº 29205/2001	APA Macaé de Cima
Lei nº 3146/2008	Parque Natural Municipal do Estuário do Rio Macaé
Decreto Municipal nº 139/2016	Parque Natural Municipal da Restinga do Barreto

Fonte: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), elaboração de Guimarães, L. G. (2017).

Estas mudanças na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé encontradas por meio de análise temporal dos anos de 1986, 2003 e 2015, se assemelham à análise de SOUZA et al. (2009), que compara as áreas de florestas, pastagens e agrícolas dos anos 1979, 1999, 2005 e 2008 (Tabela, 12). Comparando desde 1979 a 2008, a retração de áreas florestais descritas por SOUZA et al. (2009) é bem expressiva (-27,73%), o que indica que a expansão destas áreas de 1986 para 2015 descrita no atual trabalho (5,11%) pode ser uma pequena porcentagem de recuperação da grande parcela perdida entre os resultados da classificação de 1979 de SOUZA et al. (2009) e da classificação deste trabalho para 1986. Porém, o ganho na vegetação entre 1999 e 2008 (5,27%) foi quase igual ao ganho já descrito de 1986 para 2015.

Tabela 9: Evolução referente aos resultados de uso e cobertura da terra de três classes de Souza et al. (2009):

Uso e cobertura da terra	% de 1979	% de 1999	% de 2005	% de 2008	Taxa de crescimento final (%)
Áreas de Floresta	73,24	40,23	39,28	45,5	-27,73
Áreas de Pastagem	14,4	33,85	34,13	40,98	26,58
Áreas Agrícolas	8,29	20,9	21,5	6,64	1,65

Fonte: Souza, et al., 2009. Guimarães, L. G. (2017).

A perda de áreas florestais anteriormente a 1986, pode ser explicada pelas atividades econômicas do predomínio do século XIX e parte do século XX, as quais utilizaram a exploração da madeira da Mata Atlântica para uso na indústria naval, construção civil, atividades de engenho, ou mesmo para abertura de áreas para a pecuária e cultivos de cana-de-açúcar, café, etc. A indústria madeireira no Brasil ganhou um impulso maior em 1920 com a construção de estradas e instalação de melhores equipamentos industriais e meios de transportes (CABRAL; CESCO, 2008). Assim, anteriormente a este período, estas atividades tinham influências bem mais locais e posteriormente a este

período foi possível expandir suas influências para a escala regional, ao melhorar as condições de exploração e transporte de suas produções (madeira, cultivos, ou advindas das criações de animais).

4.1.5.1 Diferenças por compartimentos topográficos

No alto curso do Rio Macaé, o relevo é de Maciços Costeiros Florestados e Escarpas Serranas, e ainda, esta área é tomada totalmente por unidades de conservação que protegem nascentes que dão origem ao Rio Macaé: Parque Estadual dos Três Picos e APA Macaé de Cima. As atividades econômicas no alto curso se moldaram diante da existência de proteção ambiental no território e da geomorfologia que dificulta a ocupação. Nova Friburgo ocupa esta divisão toda dentro da bacia. O médio curso com relevo semelhante ao do alto curso, também tem grande área protegida pela APA do Sana, e tem seu território dividido entre Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé. As semelhanças de relevo e grande área protegida nestes compartimentos podem ser fatores importantes que ajudam a caracterizá-los como zonas de poucas alterações de uso e cobertura da terra, mantendo sua vegetação natural em maiores proporções que o campo agropastoril também. Já o baixo curso, tem seu relevo pautado em maior parte por planícies fluviais e fluvio-marinhas e tem seu território dividido entre Conceição de Macabu, Rio das Ostras e Macaé. Este é o compartimento onde se inserem as atividades econômicas mais intensas, no sentido de utilizarem muitos recursos para a produção de seus produtos finais, e tudo isso está em grande parte dentro do território macaense. A existência de grandes usuários das águas do Rio Macaé como, Petrobrás (UTE Mario Lagos), CEDAE e a usina termoelétrica EDF Norte Fluminense, comprovam a alta demanda de água que o município possui para abastecimento industrial e domiciliar, sendo que o abastecimento público é responsável por pelo uso consultivo de vazão média anual dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé de 100.483.200 m³/ano (74,01%) e as termoelétricas juntas são responsáveis por 12.010.107 m³/ano (8,85%) (PRH MACAÉ/OSTRAS RD-05, 2012). O Plano de Recursos Hídricos da bacia Macaé/Ostras (2014), já tem até alguns cenários de balanço hídrico até 2032, aos quais mostra que mesmo num cenário mais positivo em relação ao uso, as captações de água vão ter que passar por uma gestão mais rígida, podendo não permitir novas outorgas de uso e otimizando ao máximo para que não haja desperdícios, de modo que supra a demanda hídrica da região sem comprometer os recursos hídricos para o ambiente e para as próximas gerações. Estas medidas querem dizer que, as alterações no uso e cobertura da terra que a bacia hidrográfica sofre, juntamente com as atividades humanas que demandam

dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé estão além de sua capacidade suporte para manter a disponibilidade de seus recursos naturais em compatibilidade com a ocupação e demanda humana. Por mais que a vegetação natural tenha aumentado na bacia como um todo, a maior parte se concentra no alto e médio cursos.

Segundo Pinheiro et al. (2008), utilizando os parâmetros do IQA, a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé é boa no geral, sendo que em alguns trechos a qualidade é considerada média e somente na foz do rio a qualidade é considerada ruim. Esta avaliação indicou que o esgoto doméstico é a maior fonte poluidora da bacia. Estes resultados mostram que apesar das mudanças no uso e cobertura da terra que ocorreram na bacia durante as últimas décadas, a qualidade geral de suas águas não se alterou muito. As menores concentrações de fosfato e amônia na porção superior do rio e os menores rendimentos podem demonstrar como a preservação da floresta reduz a emissão de espécies químicas relacionadas a fontes antrópicas, do mesmo modo que reduzem os fluxos de matérias no rio prevenindo o assoreamento deste por exemplo (MOLISANI et al., 2016). Porém, para a população a jusante, encontrada na foz do Rio Macaé, a qualidade de suas águas já está muito comprometida, aumentando os custos para conservação deste recurso cada vez mais, dificultando o enquadramento dos cursos d'água nas classes de uso as quais se deseja.

Segundo Molisani et al. (2016), além da conservação da bacia pela manutenção das florestas, em principal no alto e médio curso por serem as zonas produtora e de transporte de sedimentos, o tratamento de efluentes domésticos e industriais, e o manejo da pecuária nestas áreas e no baixo curso são imprescindíveis para que diminua o aporte de nutrientes nas águas e os materiais carreados por elas. Assim, estas medidas podem ajudar a preservar o estuário da bacia que se caracteriza como a área de deposição dos sedimentos produzidos e transportados por toda bacia.

4.1.5.2 Macaé: espaço urbano

De acordo com os resultados obtidos até o momento, Macaé é visto como o município que mais depende dos recursos hídricos da bacia e o que mais a degrada. Comprovando isto, estão as porções de solos expostos se aumentaram ao redor de toda mancha urbana e nos campos agropastoris do baixo curso.

O município de Macaé é o melhor exemplo dentre os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé com fenômeno de crescimento acelerado sem infraestrutura preparada para as empresas e população que imigraram para o município. Cada vez mais empresas se consolidaram em terrenos de pouca infraestrutura. Uma parcela considerável da nova população em busca de oportunidades nestas empresas, por várias ocasiões, se submeteu a ocupações ilegais e a precariedade de condições de vida (DIAS; NETO; RANGEL, 2014).

A segregação socioespacial por muitas vezes leva à degradação ambiental mais rápida. As alterações na paisagem, forçados pelos interesses globalizados de consumo dos recursos minerais, afeta mais que a área de exploração em que se insere. Porém, é no endereço local que as consequências das atividades são mais perceptíveis.

Desta maneira, a ocupação de novas áreas de maneira desordenada faz surgir consequências como, erosões, compactação do solo, fragmentação da floresta e assoreamento de rios (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2009; GOMES et al., 2007), que são somente alguns processos que atuam, em principal, no baixo curso, mas são de preocupação entre todos os compartimentos. Por exemplo, erosões no alto curso e médio podem acarretar maiores consequências para a bacia, por serem os compartimentos de zonas produtora e transportadora de sedimentos (SCHUMM, 1977). As erosões estão diretamente ligadas às classes de áreas antrópicas (SOKOLONSKI, 1999). Agricultáveis ou não, essas áreas são influenciadas pela ocupação humana e são os locais onde se dá maiores incidências de áreas desmatadas para pastagem (CASTRO et al., 2011).

Destacando as Áreas Úmidas, que são consideradas um dos ecossistemas mais afetados e ameaçados de destruição pelo homem (JUNK et al., 2013), sendo que têm grande importância para a manutenção das águas em reservatórios naturais e artificiais. Juntamente com esse ecossistema as Áreas de Preservação Permanente (APP) também são amplamente suprimidas diante das atividades antrópicas. As AUs sendo naturais da zona de deposição de uma bacia, encontram-se quase que 100% no baixo curso. As atuais coberturas da terra nestas áreas são influenciados diretamente pela disposição paisagística pelas atividades humanas que geram os conflitos ambientais entre grupos que defendem interesses econômicos e de conservação. Segundo os mapas gerados, as Áreas Úmidas estão próximas a classes antrópicas como o campo agropastoril e a área urbana que tem baixas altitudes. Isso evidencia que essas áreas são de fácil acesso humano e podem sofrer alterações em sua morfologia sem muito esforço. As drenagens que as alimentam se ligam ao Rio Macaé, próximo ao seu estuário, passando por vários bairros que adicionam esgoto, entulhos (restos de construções), e outros resíduos antes que cheguem à foz (Figura 19).



Figura 19: Fotos de exemplos de influências nas AUs: 1. Entulhos nas margens de um lago; 2. AUs feitas de pastagem, carvoaria ativa e construções civis nas margens; 3. AUs feitas de pastagem; 4. Canalização de esgoto doméstico e escoamento de águas pluviais no corpo d'água. Fonte: Fotos de Guimarães, L. G. (2017).

Além destas atividades descritas, o gado também está influenciando na qualidade das águas, estão os córregos Jurumirim e o do Morro, que em seus percursos têm grandes porções de AUs interagindo com suas drenagens (Figura 20). Estes córregos foram classificados quanto a sua qualidade de acordo com os critérios do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), diante da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, alterada parcialmente pela Resolução 410/2009 e 430/2011. O que quer dizer que, a qualidade das águas desses córregos está comprometida em relação ao uso que se deseja fazer destes corpos d'água, especificamente porque apresentam limites de Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Fósforo Total e Coliformes Totais altos para os padrões avaliados pelo Índice de qualidade de água (IQA), que acabam por caracterizá-los nas classes 3 e 4 (PRH-MACAÉ/OSTRAS, RPRH, 2014). Estes parâmetros indicam que, a qualidade das águas superficiais está sendo afetada pelas atividades exercidas sobre as áreas dos percursos das drenagens, indicando que os aquíferos podem estar contaminados também, pois as AUs destas áreas estão estreitamente ligadas com abastecimento destes aquíferos.

As atividades humanas exercidas sobre as AUs dentro da área urbana de Macaé estão alterando a capacidade destas áreas de regular o ciclo hidrológico da região. Porque, estas atividades estão assoreando as AUs para construções, colocando animais que compactam e contaminam os solos encharcados com seus dejetos e poluindo os corpos d'água com resíduos sólidos e líquidos. Alterando assim, a capacidade de prestar serviços ambientais que estas áreas podem oferecer (JUNK et al., 2013; DAILY, 1997), como:

- Proteção de áreas costeiras, serviços e bens ambientais (Clima, acumulação de carbono, áreas de recreação);
- Armazenar água;
- Proteção da biodiversidade ecossistêmica (animais e plantas);
- Manutenção da qualidade e quantidade de águas superficiais e subterrâneas;

A não prestação de serviços ambientais destes ecossistemas de transição podem alterar condições climáticas locais e regionais que afetam o microclima da região e dificultam a manutenção do equilíbrio do ambiente que dá suporte também à regeneração dos sistemas terrestres e aquáticos.

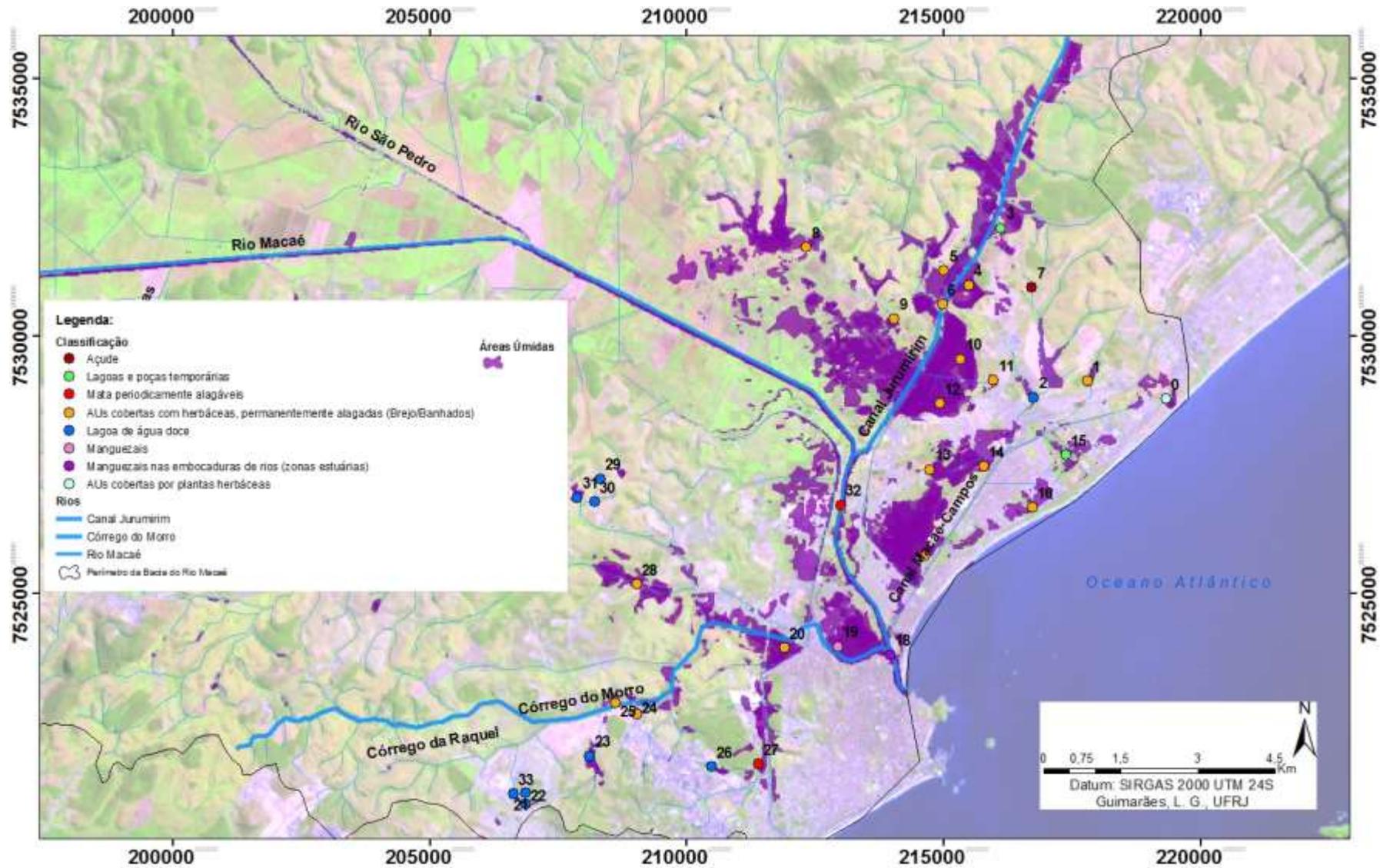


Figura 20: Mapa com AUs dos anos de 1986, 2003 e 2015 com destaque ao córrego de Jurumirim, córrego do Morro e Rio Macaé. Fonte: Guimarães, L. G. (2017).

4.1.5.3 Leis dos municípios

Todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé possuem suas próprias Leis Orgânicas, que relativas à parte de meio ambiente e zoneamento ecológico econômico têm quase as mesmas premissas: preservar e conservar floresta, fauna e flora; fiscalizar e manter áreas de interesse municipal: APP e UC; disponibilizar informações sobre poluição; promover o saneamento básico; exigir licenciamento para empreendimentos, entre outros. Porém, Nova Friburgo e Macaé, em comparação com os outros municípios, se estendem mais na descrição de suas diretrizes e instrumentos para auxiliar cada localidade. Rio das Ostras, Nova Friburgo e Macaé também definem um Fundo Municipal Ambiental, uma das prerrogativas legais para autorizar os municípios a implementarem o licenciamento ambiental. Como destaque de medidas inovadoras para o tamanho de seu território, Carapebus especifica incentivos fiscais e tributários para empreendimentos que adotarem tecnologias que ajudem a emitir menos poluentes ou que utilizem de fontes alternativas de energia menos poluentes. Juntamente com Nova Friburgo, Carapebus também define a busca de integração com as universidades para solucionar problemas ambientais e promover pesquisas de conservação. Porém, Carapebus e Conceição de Macabu ainda não têm seus Planos Diretores finalizados, mas considerando que somente municípios com mais de 100.000 habitantes são obrigadas a terem um plano diretor, estes municípios estão buscando por conta própria se adequarem para que no futuro não encontrem muitas dificuldades de gestão. Esses planos são imprescindíveis para aplicação das leis orgânicas, pois são instrumentos de grande importância na gestão de territórios.

Visto que o município de Macaé é o mais afetado ambientalmente, não se pode afirmar que seja por falta de boas leis e bons instrumentos, pois Nova Friburgo, que se encontra com áreas mais preservadas, tem características semelhantes de legislação e política e ao mesmo tempo não deixou de evoluir economicamente e socialmente.

4.2 GESTÃO E PROPOSTAS

É possível relacionar que tanto a parte física da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, quanto o desenvolvimento da Economia do Petróleo, direcionaram os caminhos da ocupação humana e suas atividades. O que faz a urbanização ainda ser grande determinante, especialmente no baixo curso, das maiores mudanças de uso e cobertura

da terra deste compartimento. No entanto, o campo agropastoril, em principal com a pecuária é um forte vetor de transformações em todos os compartimentos, e apesar da vegetação natural ter aumentado nos últimos anos, a demanda hídrica da bacia aumentou mais, e para conciliar as atividades humanas com a qualidade ambiental da bacia, medidas de gestão específicas para cada compartimento desta são necessárias.

O alto e médio cursos, por exemplo, têm que pautar sua gestão bem ligada à gestão ambiental das UCs que protegem suas áreas. Devem ter em conta ações preventivas a erosões já que o relevo destas áreas tem vários pontos bem íngremes e as atividades de agropecuária e ocupação humana deixam o solo mais exposto facilitando o processo erosivo. Além, da necessidade de estruturar melhor o saneamento básico das áreas rurais para evitar mais contaminação das águas. A qualidade ambiental destas áreas é imprescindível para manter a qualidade das águas da bacia.

O baixo curso tem que levar em conta uma gestão integrada com as atividades econômicas que regem a ocupação da maior parte da população que ocupa este compartimento com o ecossistema de AUs, ao qual o município de Macaé compartilha espaço dentro da zona de deposição de sedimentos de sua bacia hidrográfica. Mesmo tendo em vista que as águas da bacia perdem a qualidade e são utilizadas em quantidade maior mais ao baixo curso, tem-se que medir mais esforços para garantir a preservação das florestas por toda bacia. Procurando assim, melhorar as estruturas de saneamento básico para poluir menos os afluentes do Rio Macaé, fazer um manejo das áreas de pastagem, planejamento urbano ambiental incluindo o manejo das AUs, retirar os resíduos dos aterros clandestinos, e buscar novas alternativas de uso energético para a cidade de Macaé preservar melhor os serviços ambientais que a bacia proporciona, em principal com seus recursos hídricos.

Uma atividade que pode auxiliar todas as outras recomendações para os três compartimentos é a Educação Ambiental Participativa. Esta atividade bem coordenada pode integrar a sociedade civil com a gestão pública e privada em prol de mudanças de hábitos lesivos ao meio ambiente e fixação de conhecimentos que podem auxiliar no desenvolvimento de atividades que aumentem a qualidade de vida de todos sem comprometer os recursos naturais para as próximas gerações.

Após as análises das mudanças de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, e seguindo alguns objetivos dos estudos do *LUCC*, este projeto visa deixar algumas recomendações para que a gestão pública, juntamente com a iniciativa privada,

possam utilizar em benefícios coletivos para a população da bacia, mitigando e prevenindo problemas socioambientais. Estas análises e recomendações visam diminuir os custos de combate à poluição; fornecer subsídios para elaboração de planejamentos urbano ambiental como os Planos Diretores dos municípios, e promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. Portanto, para expor melhor as recomendações, elas foram organizadas na Tabela 13.

Tabela 10: Fatores de mudanças de uso e cobertura da terra, problemas e recomendações sugeridas.

Compartimentos	Fatores de mudanças de uso e cobertura da terra	Problemas	Recomendações
Alto e Médio curso	<ul style="list-style-type: none"> • Relevo • Densidade populacional • UCs • Atividades Agropecuárias • Disponibilidade de recursos naturais 	<ul style="list-style-type: none"> • Erosões • Solo Exposto • Pastagens em áreas inadequadas • Poluição por efluentes domésticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiscalização de atividades dentro das UCs; • Recuperação de vegetação de APPs em principal nos topos de Morro e encostas; • Manejo de pastagens • Benefícios fiscais a ações de preservação • Utilização de passivos ambientais de empresas para projetos de preservação • Educação Ambiental participativa • Melhorar o alcance do saneamento básico e interromper o lançamento de esgoto

Baixo curso

- Relevo
- Densidade populacional
- Atividades Agropecuárias
- Incentivo econômico pela Economia do Petróleo
- Disponibilidade de Recursos Naturais
- Assoreamento de Rios
- Solo Exposto
- Poluição por efluentes domésticos/ Industriais
- Contaminação de AUs
- Pontos de Inundações
- Pastagens em áreas inadequadas
- Urbanização desordenada
- Manejo de pastagens
- Utilização de passivos ambientais de empresas para projetos de preservação
- Recuperação de vegetação de APPs
- Planejamento urbano integrando as AUs
- Benefícios fiscais a ações de preservação
- Educação Ambiental participativa
- Melhorar o alcance do saneamento básico e interromper o lançamento de esgoto
- Benefícios fiscais a ações de preservação
- Retirada de aterros clandestinos
- Ampliação das UCs

5. CONCLUSÃO

Dentre as maiores mudanças de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé de 1986 a 2015, está o aumento da vegetação natural e o decréscimo do campo agropastoril, que têm suas tendências mais estreitamente interligadas do que às outras classes de uso e cobertura da terra. Estas tendências são perceptíveis em maiores proporções de 2003 a 2015. Por compartimentos, somente o médio curso obteve um aumento no campo agropastoril, mas sua maior modificação foi o aumento da vegetação natural. No alto e no baixo curso a maior porcentagem de perda de áreas foi do campo agropastoril que deixou espaço para o crescimento em principal da vegetação natural, seguida do solo exposto e edificações.

O baixo curso se destaca dentre os outros compartimentos por suas transformações dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, perdendo a maior porcentagem de campo agropastoril para vegetação natural, edificações e solo exposto em principal. Sendo que estas mudanças no uso e cobertura da terra estão espalhadas por todo o compartimento e não tão localizadas quanto nos outros compartimentos. As AUs que estão quase que em sua totalidade no baixo curso, sofrem forte influência das classes de campo agropastoril, solos expostos e edificações.

Portanto, de 1986 para 2003 o campo agropastoril foi o maior modificador da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé. Já de 2003 para 2015 o aumento da vegetal natural da bacia é o maior responsável pelas mudanças de uso e cobertura da terra desta. Sendo que, a expansão urbana contínua teve alta influência sobre as mudanças na região da foz do rio em especial sobre o ecossistema de AUs que se encontram compartilhando territórios com a ocupação humana sem proteção da legislação bem determinada para coexistirem sem criar problemas socioambientais. Observa-se também que os fatores aos quais as mudanças destas classes são atribuídas diferem-se um pouco em cada compartimento. Por exemplo, no alto e médio curso, o relevo, disponibilidade de recursos naturais, as áreas de UCs, o ritmo de crescimento populacional lento e suas principais atividades econômicas (agropecuária e turismo) são os responsáveis pelo ritmo das mudanças que são em menor escala que no baixo curso. Já no baixo curso, o relevo, disponibilidade de recursos naturais, o crescimento populacional intenso, altos incentivos

econômicos da Economia do Petróleo e as atividades agropecuárias, são fatores determinantes nas mudanças de uso e cobertura da terra neste compartimento.

Assim, a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode ser afirmado que apesar dos maiores desmatamentos de áreas terem ocorrido em um período anterior a 1986, os esforços de conservar e aumentar as áreas de vegetação natural da Mata Atlântica dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé depois deste período, ainda não são suficientes para disponibilizar no futuro um de seus recursos mais importantes, a água, em quantidade e qualidade desejadas à sociedade. Mesmo que as maiores mudanças devido ao alto crescimento populacional esteja no baixo curso em especial na área urbana de Macaé, sem o planejamento a longo prazo integrando, o planejamento urbano ambiental dos municípios com a gestão ambiental de toda Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, as previsões descartam a possibilidade de haver desenvolvimento econômico e social da região sem que ocorram ao mesmo tempo problemas socioambientais graves.

6. BIBLIOGRAFIA

ABELL, R. et al. **Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation.** *BioScience*. 58, 403–414, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Hidroweb. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>>. Acesso em : 20 de julho de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Disponível em <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2016.

ALLEN, Julia C.; BARNES, Douglas F. **The causes of deforestation in developing countries.** *Annals of the association of American Geographers*, v. 75, n. 2, p. 163-184, 1985.

ALVES, H. P. F. **Fatores demográficos e sócio-econômicos associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira: análise integrada de dados censitários e de sensoriamento remoto através de um sistema de informação geográfica.** *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*, p. 117, 2004.

ALVES, Rogério Rozolen; BARDUCO, Guilherme Luís. **Análise da influência da continentalidade e maritimidade em municípios brasileiros localizados em uma mesma latitude.** 2011. Disponível em: <www.researchgate.com>. Acesso em: 15 de janeiro de 2017.

AMARAL, Amara Borges; RIOS, A. de S. **Geoprocessamento: Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo no Alto Curso do Rio Piedade.** *Revista de Geografia/PPGEO, Juiz de Fora, MG*, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2012.

ASSOCIAÇÃO CANDIDO MENDES DE ENSINO E PESQUISA (ACAMEP). **Diagnóstico Sócio Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.** Rio de Janeiro, RJ. p.14-39, 2011.

ASSUMPCÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. **Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé (RJ).** *Revista de Geografia (Recife)*, v. 29, n. 3, p. 18-36, 2012.

ATLAS, DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA: PERÍODO 2012-2013. **Relatório técnico.** São Paulo: SOS Mata Atlântica/INPE, 2014.

ATLAS ESCOLAR DA BACIA DO RIO MACAÉ - ArcGIS. Disponível em: <<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=84b8c6d2dc97400b94d950c4f9ada81f>>. Acessado em: 05 de janeiro de 2016.

BARBOSA, Valter Luís; JÚNIOR, Antônio Fernandes Nascimento. **Paisagem, ecologia urbana e planejamento ambiental**. Geografia (Londrina), v. 18, n. 2, p. 21-36, 2009.

BARUQUI, S.S.C. **A Cidade Formal e a Cidade Informal em Macaé: Uma análise do crescimento habitacional na década de 90**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades) – Universidade Candido Mendes – Campos, 2004.

BRASIL, **Lei federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 de maio de 2012; 191^o da Independência e 124^o da República.

CABRAL, D. de C.; CESCO, S. **Notas para uma história da exploração madeireira na mata atlântica do sul-sudeste**. Ambiente Sociedade XI, p. 33-48, 2008.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2001.

CARVALHO, Thereza Cristina Couto; GUIMARÃES, Wandilson; DELECAVE, Jonas. **Repercussões da Exploração Petrolífera sobre as transformações urbanas de Macaé (RJ)**. Cadernos do Desenvolvimento Fluminense, n. 1, p. 6-22, 2013.

CASTRO, Urubatan Nery et al. **Mapeamento de feições erosivas e cicatrizes de escorregamento por unidades de relevo na sub-bacia do rio sana (macaé-rj)**. Revista de Geografia (Recife), v. 27, n. 3. Esp, p. 19-33, 2011.

CORREIA, Virginia Ragoni de Moraes et al. **Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas**. Cad. saúde pública, v. 23, n. 5, p. 1015-1028, 2007.

CÔRTEZ, Julia Corrêa; D'ANTONA, Álvaro de Oliveira. **Land use and land cover dynamics: prospects and challenges for demography**. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 31, n. 1, p. 191-210, 2014.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Routledge, 2007.

CHRYSOSTOMO, M. I. J. **Uma Veneza no sertão fluminense: os rios e os canais em Campos dos Goitacazes**. História Revista, v. 14, n. 2, 2010.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP, UNICAMP, ed. Rev., 1993.

DAILY, Gretchen. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Island Press, 1997.

DIAMOND, Jared M. **Colapso como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. Editora Record, 2005.

DIAS, R. S.; NETO, J. B.; RANGEL, L. C. **Desafios para o desenvolvimento sustentável no Município de Macaé-RJ**. Perspectivas On Line 2007-2010, v. 1, n. 3, 2014.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Do Índio Goitacá à Economia do Petróleo: Uma Viagem pela História e Ecologia da Maior Restinga Protegida do Brasil**. Ed. Essentia, Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

FARIA, Teresa de Jesus Peixoto. **Gênese da rede urbana das regiões norte e noroeste fluminense à luz do relatório do engenheiro Henrique Luiz de Niemeyer Bellegarde**. Encruzilhadas do Planejamento, X ENA, Anais, v. 1, 2013.

FERNANDES, R. R. **Uso De Geotecnologias No Mapeamento Do Uso Da Terra E Estudo De Fitofisionomias Em Áreas Úmidas Na Região Do Médio Araguaia**. Dissertação de mestrado da Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Mato Grosso, 2012.

FERREIRA, Antonio Geraldo; DA SILVA MELLO, Namir Giovanni. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, n. 1, 2005.

FOLHARINI, S. O.; OLIVEIRA, R. C.; SANTOS, A. L. F. **Metodologia para conversão de Modelo Digital de Elevação em Modelo Digital do Terreno**. INPE, 2015.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 105p. 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT data. FAO, Rome. Disponível em: <http://apps.fao.org>, 2004. Acesso em: 10 de janeiro de 2017.

FREITAS, Leonardo Nascimento et al. **Barragem e transposição do Rio Macabu: conflitos gerados pelo uso da água e a integração de bacias hidrográficas no gerenciamento de recursos hídricos**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 8, n. 2, p. 57-75, 2015.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; AGUIAR, Ananda Virgínia. **Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná**. Revista de Estudos Ambientais, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 2013-2014. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo, 2015.

GEIST, Helmut J.; LAMBIN, Eric F. **What drives tropical deforestation?** LUCR Report series, v. 4, p. 116, 2001.

GEIST, Helmut J.; LAMBIN, Eric F. **Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations.** *BioScience*, v. 52, n. 2, p. 143-150, 2002.

GOLDEWIJK, K. K. **Estimating Global Land Use Change over the Past 300 Years: The HYDE Database.** *Global Biogeochemical Cycles*, **15**(2): 417-433. [Geo-referenced global population and land use tables and maps over the last three centuries, see also <<http://www.rivm.nl/env/int/hyde>>].2001.

GOMES, N. M.; FARIA, M. A. de; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; VIOLA, M. R. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

GUIMARÃES, L. G.; SANTOS, C. A. **Análise ambiental como subsídio ao planejamento urbano: o caso de Boa Esperança (MG).** *Paisagem e Ambiente*, São Paulo, n. 36, p. 69-90, 2016. ISSN 2359-5361. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/96966>>. Acesso em: 19 março de 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i36p69-90>.

HIRAGA, Alan Kazuo; LEVADA, Alexandre Luís Magalhães. **Método para classificação supervisionada utilizando caminhos de mínima informação em grafos.** *Symposium on Knowledge Discovery, Mining and Learning – KDMiLe*, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/233XO>>. Acesso em: 08 de dezembro de 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Base temática. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/EstudosePublicacoes/EstadodoAmbiente/index.htm&lang=>>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Mapa de Estações. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>>. Acesso em: 05 de julho de 2016.

JANSEN, L. J. M.; di GREGORIO, A. **Parametric land cover and land-use classification as tools for environmental change detection.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.91, p.89-100, 2002.

JENKINS, C.N.; PIMM, S.L.; ALVES, M.A. DOS S. (2011) **How conservation GIS leads to Rio de Janeiro, Brazil.** *Natureza a Conservacao* 9, 152–159.

JUNK, W.J. et al. **Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AU's) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável .** INAU, 2013.

JUNK, Wolfgang J. (Ed.). **The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system**. Springer Science & Business Media, 2013.

KATES, R.W. et al. **Sustainability science**. Science 292, 641–642. 2001

KIEL, Roberto. **Deteção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da Região da Campanha do Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LAGOS, Adriano Rodrigues; MULLER, Beatriz L. Alessio. **Hotspot Brasileiro Mata Atlântica**. Saúde & Ambiente em Revista, Duque de Caxias, v. 2, n. 2, p. 35-45, 2007.

LAMBIN, Eric F. et al. **The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths**. *Global environmental change*, v. 11, n. 4, p. 261-269, 2001.

LAMBIN, Eric F.; GEIST, Helmut J. **Land-use and land-cover change: local processes and global impacts**. Springer Science & Business Media, 2008.

LAMBIN, Eric F.; GEIST, Helmut J. **Global land-use/land-cover changes: What have we learned so far? IGBP Global Changes**. Newsletter nº46, pp 27-30, June 2001.

LAMEGO, Alberto Ribeiro. **O homem e o brejo**. Conselho nacional de geografia, 1945.

LAURANCE, William F. **Reflections on the tropical deforestation crisis**. *Biological conservation*, v. 91, n. 2, p. 109-117, 1999.

LEITE, A. C. S.; SENA, F. T. N. S.; NETO, B. J. S. **Técnicas de sensoriamento remoto na análise temporal para a gestão territorial do município de Timon-MA**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE p. 002 – 005, 2012.

LOPES, FWA; PEREIRA, JAA; CARVALHO, LMT. **Avaliação da influência de áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 3421-3428, 2007.

LOURENÇO, F. R.; SANCHES, I. D. A.; FURTADO, A. L. S. **Avaliação das técnicas de fusão disponíveis nos softwares ArcGis, Erdas e ENVI**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15.(SBSR), p. 7486-7493, 2011.

MARÇAL, Mônica dos Santos; LUZ, Luziane Mesquita da. **Geomorfologia Aplicada a Classificação de Unidade de Paisagem na Bacia do Rio Macaé-Litoral Norte fluminense**. X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Rio de Janeiro/RJ, 2003.

MENDOZA, Manuel E. et al. **Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975–2003)**. *Applied Geography*, v. 31, n. 1, p. 237-250, 2011.

MENESES, Paulo Roberto et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012.

METZGER, Jean Paul. **O que é ecologia de paisagens?** . *Biota neotropica*, v. 1, n. 1-2, p. 1-9, 2001.

METZGER, Jean Paul. **The vulnerability of ecosystem services to land use change**. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, ELSEVIER. 2006.

MILANESI, Marcos Alexandre; GALVANI, Emerson. **Efeito orográfico na ilha de São Sebastião (Ilhabela-SP)**. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 9, 2011.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*. Island Press, Washington D.C., 245 pp.2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Downloads de dados geográficos. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 02 de março de 2016.

MOLISANI, M. M.; MACHADO, A.; FARIAS, R. N.; ISACKSSON, P. S.; SCHULTS, M. S.; ESTEVES, F. A. **Conservação da Bacia do Rio Macaé segundo a quantidade ea qualidade de suas águas**. V Seminário Regional sobre Gestão de Recursos Hídricos, 2016.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MOTÉ, F.O., MARÇAL, M.S., BONATTO, G. **Uso e cobertura da terra associado às unidades de relevo e problemas ambientais na Bacia Rio Macaé**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional conference on geomorphology, 2006.

NACIONAL OCEANIC AND ATMOSFERIC ADMINISTRATION (NOAA). Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 04 de dezembro de 2015.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ª.ed. São Paulo: Edgard Blücher. p.387, 2010.

OLIVEIRA, B. S. MATAVELI, G. A. V. **Avaliação do desempenho dos classificadores Ioseg e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), p. 0089-0096, 2013.

OLIVEIRA, Felipe Pinho et al. **Mapeamento De Fragmentos Florestais Com Monodominância De Aroeira A Partir Da Classificação Supervisionada De Imagens Rapideye1**. *Revista Árvore*, v. 37, n. 1, p. 151-161, 2013.

OLIVEIRA, Leandro Dias. **Macaé/Rj: uma análise sobre o crescimento econômico e suas repercussões na vida da população local**. Universidade Federal Fluminense - Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional Departamento de Serviço Social de Campos, Campos dos Goytacazes, 2008.

PENHA, A. L. N. **Nas Águas Do Canal: política e poder na construção do canal Campos – Macaé (1835-1875)**. Dissertação de Doutorado na área de História Econômica e Social. Universidade Federal Fluminense- RJ, 2012.

PERROCA, M. G.; GAIDZINSKI, R. R. **Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes - coeficiente Kappa**. Rev. Esc. Enferm. USP; 37 (1): 72-80, 2003.

PINHEIRO, M. R. C. SILVA, F. E. PRIOSTE, M. FERREIRA, M. I. P. **Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e aplicação do índice de qualidade de água**. II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2008.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA MACAÉ/OSTRAS (PRH-MACAÉ/OSTRAS). Relatório de caracterização da região hidrográfica Rios Macaé, Imboassica, Ostras. (RD-01), 2012. Disponível em: <http://www.planomacaeostras.com/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=55>. Acesso em: 10 de outubro 2016.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA MACAÉ/OSTRAS (PRH-MACAÉ/OSTRAS). Relatório de Diagnóstico de Demanda Hídrica, (RD-05), 2012. Disponível em: <http://www.planomacaeostras.com/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=55>. Acesso em: 10 de outubro 2016.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA MACAÉ/OSTRAS (PRH-MACAÉ/OSTRAS). Relatório de Elaboração do Plano (RPRH), versão revisada, 2014. Disponível em: <http://www.planomacaeostras.com/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=55>. Acesso em: 10 de outubro 2016.

RAMIRES, J. C. L. **O processo de verticalização das cidades brasileiras**. Boletim de Geografia, v. 16, n. 1, p. 97-105, 1998.

RIBEIRO, RJ da C.; BAPTISTA, GM de M.; BIAS, E. de S. **Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, v. 13, p. 5471-5478, 2007.

RICHARDS, J.F. Land Transformation. In: TURNER, B.L.II., W.C. CLARK, R.W. KATES, J.F. RICHARDS, J.T. MATHEWS, and W.B. MEYER, eds.: **The Earth as Transformed by Human Action**. Cambridge Univ. Press, New York, pp. 163-178. [one of the few sources with a global estimate of land use change for the last three centuries], 1990.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7ª ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

- RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: Um Retrato Atual**. Revista Fator GIS, Ano 1, n.º 2, p. 20-23. Curitiba: Sagres, 1993.
- ROSAN, Thais Michele; RUANO, Talita Lopes; ALCÂNTARA, Enner Herenio. **Mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari-SP**. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, v. 4, n. 2, 2013.
- SAINT-HILAIRE, Auguste de. **Viagem pelo Distrito dos Diamantes e Litoral do Brasil**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp, 1974, p. 185.
- SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem**. São Paulo: Hucitec, p. 68, 1988.
- SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. Caldwell: The Blackburn Press, 1977.
- SILVA, S. R. A.; FARIA, T. J. P. **Migração em Macaé: Impactos da Industrialização no Processo de Urbanização**. VÉRTICES, Campos dos Goytacazes, RJ. V.14, n. Especial 2, p. 111-132, 2012.
- SOARES, R. B. et al. **Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), p. 4836-4843, 2015.
- SOFFIATI, A. A. **Macaé em quatro tempos**. Oficina sobre impactos sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas: o caso de Macaé) Niterói: UFF, p. 130, 2011.
- SOKOLONSKI, Helge Henriette. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.
- SOUZA, P. A. **Dinâmica Hidrossedimentológica e Padrões de Conectividade no Rio Macaé (RJ)**. Dissertação de mestrado em Geografia,- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- SOUZA, P. A. et al. **Caracterização do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé (RJ)**. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada, Viçosa p.80. 2009.
- TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira**. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.
- TERRA, Denise Cunha Tavares; RESSIGUIER, José Henrique. **Mudanças no espaço urbano de Macaé: 1970-2010**. **Herculano S. Impactos sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas: o caso de Macaé [internet]**. Niterói, 2010.
- TRINDADE, C. A.; TRINDADE, B. O.; SANTANA, C. R. **Uso de imagens de satélite para identificação de áreas queimadas**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), p. 2809-2816, 2013.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

TURETTA, Ana Paula D. **Mudanças de uso da terra em bacias hidrográficas**. Disponível em: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/>>. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. Acesso em: 05 de dezembro de 2015.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Disponível em: <earthexplorer.usgs.gov> . Acesso em: 08 de setembro de 2015.

VANZELA, Luiz S.; HERNANDEZ, Fernando BT; FRANCO, Renato AM. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

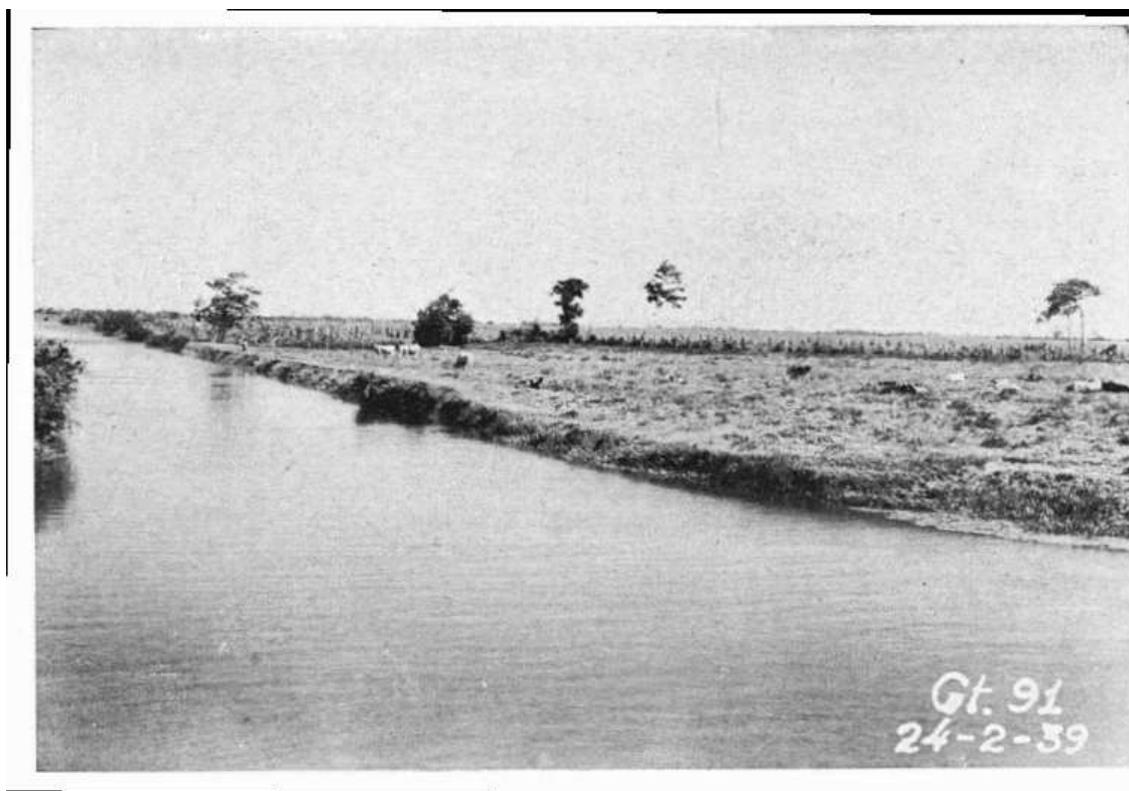
VILANI, R. M. et al. **Boletim de Difusão das Informações e Promoção do Debate sobre a Distribuição dos Royalties do Petróleo, “Crise do petróleo, dependência dos royalties e ajuste fiscal: o caso do município de Campos dos Goytacazes/RJ”**, Campos dos Goytacazes/RJ - Ano XIII, nº 51 – março / 2016. Disponível em: <<http://royaltiesdopetroleo.ucam-campos.br/images/arquivos/boletim/boletim-marco-2016.pdf.pdf>>. Acesso em: 30 de maio de 2015.

WERNECK, B. R. **Avaliação da susceptibilidade à degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé com apoio do Geoprocessamento**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – RJ. Macaé, 2010.

WHATELY, Marussia; HERCOWITZ, Marcelo. **Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo**. 2008.

7. ANEXOS

Anexo 1: O canal Campos-Macaé cortando aluviões da planície e o gado em suas margens.



Fonte: Lamego (1945). Foto do DNOS.

Anexo 2: Uma lagoa de tabuleiro ao norte do Paraíba. No primeiro plano, nota-se a subdivisão da propriedade, com lavouras de cana, típicas da região do Norte Fluminense.



Fonte: Lamego (1945), aerofotografia T e Kafuri, do DNOS.

Anexo 3: Aerofotografias dos anos de 1956,1966,1976 e 1989 respectivamente.



CIDADE DE MACAÉ
AEROFOTOGRAFIA DE 1956
LAMBALDO
FOTOGRAFIA AEREA
MACAÉ RJ

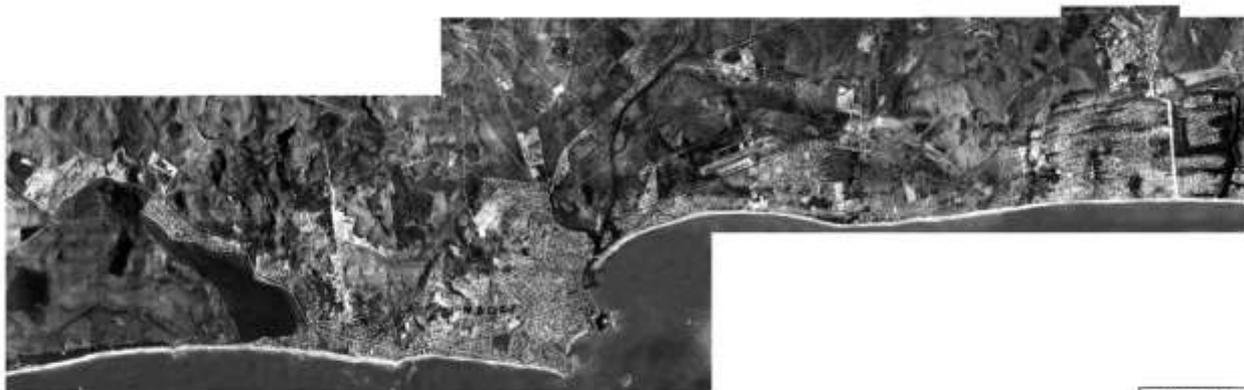


CIDADE DE MACAÉ
AEROFOTOGRAFIA DE 1966
LAMBALDO
FOTOGRAFIA AEREA
MACAÉ RJ



CIDADE DE MACAÉ
AEROFOTOGRAFIA DE 1976

INSTITUTO NACIONAL DE RECONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO	1:25.000 1:10.000
--	----------------------



CIDADE DE MACAÉ
AEROFOTOGRAFIA DE 1989

INSTITUTO NACIONAL DE RECONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO	1:25.000 1:10.000
--	----------------------

Anexo 4. Tabela de Descrição: Episódios Quentes (vermelho) e frios (azul) com base em um limite de +/- 0,5 ° C para o Índice Niño oceânico (ONI) [3 meses média de execução de anomalias de TSM 3.4 ERSST.v3b região Niño (5 on-5oS, 120o-170oW)], com base em períodos de 30 anos centrados atualizado a cada 5 anos. Para fins históricos, os episódios frios e quentes (números coloridos azuis e vermelhas) são definidos quando o limite for atingido por um período mínimo de 5 sobreposições temporadas consecutivas.

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.4	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7
1951	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.4	0.6	1.0	1.1	1.2	1.1	0.9
1952	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1	-0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3
1953	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.7	0.5	0.1	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.6
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
1957	-0.3	0.1	0.4	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.8
1958	1.8	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.0
1960	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1962	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5
1963	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.5	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.7	1.9	1.9	1.7
1966	1.4	1.1	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2
1967	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	1.0
1969	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.5	0.8	0.9	0.9	0.8
1970	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0
1971	-1.2	-1.3	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8
1972	-0.6	-0.3	0.1	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.6	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-2.0
1974	-1.9	-1.6	-1.2	-1.0	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.7
1975	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7
1976	-1.5	-1.1	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1977	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.5	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1
1979	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1
1981	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
1982	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	1.0	1.5	1.9	2.1	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4

1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2
1995	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3
2003	1.1	0.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0
2007	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1.0	0.6	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.3
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4
2014	-0.6	-0.6	-0.5	-0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.5	0.7	0.7
2015	0.6	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.5	

Fonte: Nacional Oceanic and Atmosferic Administration (NOAA)

Anexo 5: Chave de identificação das AU's por JUNK *et al.* (2013).

