



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CAIO FROSSARD DE ANDRADE

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA DA ARIE
FLORESTA DA CICUTA E ENTORNO, RIO DE JANEIRO, BRASIL**

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CAIO FROSSARD DE ANDRADE

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA DA ARIE
FLORESTA DA CICUTA E ENTORNO, RIO DE JANEIRO, BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE EMNDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA - RJ
JUNHO – 2017

ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA DA ARIE
FLORESTA DA CICUTA E ENTORNO, RIO DE JANEIRO, BRASIL

CAIO FROSSARD DE ANDRADE

Comissão Examinadora:

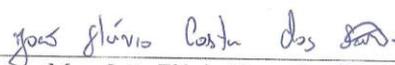
Monografia aprovada em 28 de junho de 2017.



Prof. Dr. Bruno Araujo Furtado de Mendonça
UFRRJ / IF / DS
Orientador



Prof.^a Dr.^a Helena Saraiva Koenow Pinheiro
UFRRJ / IA / DS
Membro



Msc. João Flávio Costa dos Santos
DEF/UFV
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os seres sencientes do cosmos.

Bhavatu sabba mangalam

AGRADECIMENTOS

À inteligência suprema e causa primária de todas as coisas por me fazer presente neste momento e local.

À minha mãe Rosely, meu pai Amarildo, meus irmãos Denis e Eder, minha namorada Estefanie por estarem ao meu lado em todos os estágios da minha vida.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade em concretizar um curso superior de qualidade.

Aos meus conhecidos, colegas e amigos das turmas 2012-2 e 2010-2 de Engenharia Florestal por dividirem comigo os instantes da vida pessoal e acadêmica.

Aos professores que me acolheram, ensinaram e ofereceram oportunidades de crescimento pessoal e intelectual.

RESUMO

O Médio Vale do Paraíba do Sul (Rio de Janeiro, Brasil) apresenta histórico de desflorestamento intensificado a partir do século XIX e relacionado, principalmente, à introdução da cultura do café. Entre os diminutos fragmentos da Mata Atlântica na região, se faz presente em Barra Mansa e Volta Redonda a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta. O remanescente florestal sofre com a pressão antrópica pelo seu tamanho reduzido e por estar intimamente próximo às áreas urbanizadas dos municípios em questão. Dessa forma, o estudo teve como objetivo geral acompanhar a dinâmica do uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km em 30 anos a partir de sua criação (1985). Como objetivo específico, a pesquisa avaliou o efeito da utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*NDVI*) em combinação à Imagem Multiespectral dos sensores TM e OLI na acurácia de classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança. Os índices Kappa, Exatidão Global e Desacordo (Quantidade, Alocação e Total) foram utilizados para avaliar as acurácias dos métodos em estudo. O trabalho apontou o crescimento urbano no entorno da unidade de conservação e a oscilação, com tendência de crescimento, da cobertura florestal na ARIE e seu entorno. O estudo evidenciou que não há diferença estatística entre a acurácia dos métodos utilizados para a classificação.

Palavras chave: ARIE Floresta da Cicuta, Máxima Verossimilhança, *NDVI*.

ABSTRACT

The *Médio Vale do Paraíba do Sul* (Rio de Janeiro, Brazil) presents a history of intensified deforestation beginning in the 19th century and related mainly to the introduction of coffee culture. Among the small fragments of the Atlantic Forest in the region, the *Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta* is present in *Barra Mansa* and *Volta Redonda*. The forest remnant suffers from anthropogenic pressure due to its small size and being closely related to the urbanized areas of the municipalities in question. Thus, the main objective of the study was to monitor the dynamics of land use and coverage of *ARIE Floresta da Cicuta* and around 4 km in 30 years from its creation (1985). As a specific objective, the research evaluated the effect of the use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in combination with the Multispectral Image of TM and OLI sensors in the accuracy of supervised classification by Maximum Likelihood. The Kappa, Global Accuracy and Disagreement (Quantity, Allocation and Total) indices were used to evaluate the accuracy of the methods under study. The study pointed to the urban growth around the Conservation Unit and the growing trend of forest cover in *ARIE* and its surroundings. The study showed that there is no statistical difference between the accuracy of the methods used for classification.

Key words: *ARIE Floresta da Cicuta*, Maximum Likelihood, NDVI.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	1
2.1. Unidades de Conservação (ucs).....	1
2.2. Histórico da Região do Médio Paraíba do Sul	4
2.3. Área de Relevante Interesse Ecológico Floresta da Cicuta	4
2.4. Classificação Supervisionada	5
2.5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Área de estudo	8
3.2. Software.....	10
3.3. Base de dados	10
3.4. Pré-processamento de imagens.....	11
3.5. Processamento de imagens	11
3.5.1. Índice de vegetação e Composição de bandas	11
3.5.2. Classificação supervisionada	12
3.6. Pós-processamento	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (<i>NDVI</i>).....	15
4.2. Classificação supervisionada.....	16
4.2.1. Acurácia	16
4.2.2. Alterações no uso e cobertura da terra	23
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dispositivos legais que antecederam e que consolidaram a criação da ARIE Floresta da Cicuta.....	5
Figura 2: Distribuição de probabilidade de duas classes. Um pixel que pertence à classe 2, localizado na área sombreada, será classificado como classe 1.....	6
Figura 3: Localização da área de estudo – Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta e seu entorno de 4 km, Rio de Janeiro, Brasil.....	8
Figura 4: Climograma da região (1985 a 2015).....	9
Figura 5: Demonstrativo de padrões dos pixels das classes de uso e cobertura do solo (Sensor OLI, R6G5B4): A – Área Urbanizada; B – Solo Exposto; C – Sombra; D – Nuvem; E – Floresta; F – Pastagem; G – Pastagem Queimada.....	12
Figura 6: Métodos analisados na classificação por Máxima Verossimilhança.....	13
Figura 7: Variação das médias do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para a área de estudo conforme os anos.....	16
Figura 8: Alterações no uso e cobertura da terra na ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km ao decorrer de três décadas.....	27
Figura 9: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 1985 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).....	28
Figura 10: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 1990 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).....	29
Figura 11: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 1995 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).....	30
Figura 12: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2000 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).....	31
Figura 13: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2005 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).....	32
Figura 14: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2010 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).....	33

Figura 15: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2015 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).	34
Figura 16: Alterações nas classes Floresta, Pastagem e Pastagem Queimada nos limites da zona de amortecimento proposta para a ARIE Floresta da Cicuta (Rio de Janeiro, Brasil) em um período de 30 anos (1985 à 2015).	36
Figura 17: Alterações nas classes Floresta, Pastagem e Pastagem Queimada no interior da ARIE Floresta da Cicuta (RJ, Brasil) em um período de 30 anos.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades de conservação do Brasil de acordo com a sua categoria de uso e esfera administrativa	2
Tabela 2 – Área total e censo populacional em 2010 para os municípios parcialmente inseridos na área de estudo.....	9
Tabela 3 – Especificações técnicas do sensor TM a bordo do satélite <i>Landsat 5</i>	10
Tabela 4 – Especificações técnicas do sensor OLI a bordo do satélite <i>Landsat 8</i>	10
Tabela 5 – Especificações das cenas utilizadas no estudo	11
Tabela 6 – Número de pixels coletados por classe, de acordo com o ano, para a formação de amostras de treinamento.....	13
Tabela 7 – Número de pixels coletados por classe, de acordo com o ano, para a validação da classificação supervisionada por máxima verossimilhança	14
Tabela 8 – Interpretação do índice Kappa.....	14
Tabela 9 – Valores de <i>NDVI</i> de acordo com as ocasiões do estudo	15
Tabela 10 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1985 com utilização de Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	16
Tabela 11 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1985 com utilização de Imagem Multiespectral	17
Tabela 12 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1990 com utilização de imagem multiespectral e <i>NDVI</i>	17
Tabela 13 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1990 com utilização de imagem multiespectral	17
Tabela 14 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1995 com utilização de imagem multiespectral e <i>NDVI</i>	18
Tabela 15 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1995 com utilização de imagem multiespectral	18
Tabela 16 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2000 com utilização de Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	18
Tabela 17 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2000 com utilização de Imagem Multiespectral	19
Tabela 18 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2005 com utilização de imagem multiespectral e <i>NDVI</i>	19

Tabela 19 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2005 com utilização de imagem multiespectral	19
Tabela 20 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2010 com utilização de imagem multiespectral e <i>NDVI</i>	20
Tabela 21 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2010 com utilização de imagem multiespectral	20
Tabela 22 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2015 com utilização de imagem multiespectral e <i>NDVI</i>	20
Tabela 23 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2015 com utilização de imagem multiespectral	21
Tabela 24 – Valores do teste Z de acordo com o ano do estudo	22
Tabela 25 – Desacordos de Quantidade, Alocação e Total para os diferentes métodos de classificação por Máxima Verossimilhança utilizados no estudo.	23
Tabela 26 – Kappa e Variância Kappa de 1985 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	23
Tabela 27 – Kappa e Variância Kappa de 1990 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	24
Tabela 28 – Kappa e Variância Kappa de 1995 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	24
Tabela 29 – Kappa e Variância Kappa de 2000 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	24
Tabela 30 – Kappa e Variância Kappa de 2005 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	25
Tabela 31 – Kappa e Variância Kappa de 2010 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	25
Tabela 32 – Kappa e Variância Kappa de 2015 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral	25
Tabela 33 – Desacordos de Quantidade, Alocação e Total para as classificações por Máxima Verossimilhança com utilização de Imagem Multiespectral e removedor de ruídos	26

1. INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada de bacias hidrográficas representa um dos fatores que exercem pressão excessiva sobre os ecossistemas, em que o homem dificilmente submete o ambiente à perturbação limitada que o permita se recuperar (FERREIRA et al., 2012). A pressão pela qual os fragmentos florestais estão submetidos é intensificada pela expansão de áreas urbanizadas em suas periferias (WERNECK et al., 2010). Existem lacunas de informações dos fragmentos florestais urbanos e periurbanos no Brasil, o que pode limitar as ações que visam a recuperação e conservação da biota nativa desses ambientes (BASTOS NETO et al., 2009; FONSECA e CARVALHO, 2012).

A fragmentação do bioma Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ) teve origem na ocupação do local pela introdução da cultura do café (século XIX) e posteriormente pela pecuária (SILVA, 2002). Atualmente a região possui 38 unidades de conservação (UCs) que zelam pela manutenção dos remanescentes do bioma (MMA, 2017b). Sobre o domínio da esfera administrativa federal se encontra a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta.

A ARIE Floresta da Cicuta é um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica) localizado entre os municípios de Volta Redonda e Barra Mansa (ICMBIO, 2016). Desde a sua criação em 1985, a unidade tem se mostrado campo fértil para o desenvolvimento de pesquisas científicas (ALVES e ZAÚ, 2005; FARIA et al., 2005; PEREIRA et al., 2013; CARVALHO et al., 2014; BARBOSA, 2015). Contudo, se mostra inexistente a condução de estudos que possibilitem identificar e diagnosticar as alterações da paisagem na unidade de conservação e seu entorno.

A classificação de dados de sensoriamento remoto é fundamental como fonte de informação para ações ambientais e socioeconômicas (LU et al., 2011). Desse modo, a aplicação de geotecnologias vem permitindo análises do uso e cobertura da terra através de períodos delimitados no tempo, o que possibilita constatar alterações as quais foram submetidas as paisagens (MARTINS e WANDERLEY, 2009; SILVA et al., 2015; SAITO et al., 2016). O sensoriamento remoto junto às ferramentas de geoprocessamento permite obter resultados que apontam problemas de uso irrestrito da terra e a consequente redução da cobertura florestal (SILVA et al., 2017).

O presente estudo possui como objetivo geral evidenciar as alterações do uso e cobertura da terra na ARIE Floresta da Cicuta e seu entorno de 4 km no período compreendido entre 1985 e 2015, em intervalos de cinco anos. Como objetivo específico, é analisado o efeito da utilização de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em conjunto com Imagem Multiespectral de sensores TM e OLI na acurácia de classificações obtidas por Máxima Verossimilhança.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Unidades de Conservação (ucs)

A *Internation Union for Conservation of Nature* define área protegida como “um espaço geográfico claramente definido, reconhecido, dedicado e gerido, através de meios legais ou outros meios eficazes para alcançar a conservação a longo prazo dos serviços dos ecossistemas naturais e associado com os valores culturais” (IUCN, 2016, p. 2). No Brasil, as áreas protegidas incluem os mosaicos florestais, corredores ecológicos e Unidades de Conservação (MMA, 2017a).

Conforme a Lei 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (BRASIL, 2000), a unidade de conservação (UC) e sua zona de amortecimento (za) são definidos, respectivamente, como:

[...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

[...] o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

As UCs do país são classificadas pelo SNUC em *Proteção Integral* e *Uso Sustentável*, onde a primeira permite somente o uso indireto de seus recursos naturais. Enquanto que as unidades de uso sustentável têm como princípio compatibilizar o uso racional de seus recursos com a conservação do ambiente (MMA, 2017b). Atualmente existem 2.078 UCs no Brasil, distribuídas nas três esferas administrativas (Tabela 1).

Tabela 1 – Unidades de conservação do Brasil de acordo com a sua categoria de uso e esfera administrativa

unidade de conservação	Esfera Administrativa			Total
	Federal	Estadual	Municipal	
Proteção Integral				
Estação Ecológica (ESEC)	32	61	4	97
Reserva Biológica (REBIO)	31	23	8	62
Parque (PARNA)	72	205	122	399
Monumento Natural (MONA)	3	28	14	45
Refúgio de Vida Silvestre (REVIS)	8	40	3	51
Uso Sustentável				
Área de Proteção Ambiental (APA)	34	187	84	305
Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	16	26	9	51
Floresta (FLONA, FES, FMUN)	67	39	0	106
Reserva Extrativista (RESEX)	62	28	0	90
Reserva da Fauna (REFAU)	0	0	0	0
Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	2	32	5	39
Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	634	198	1	833
Total	961	867	250	2078

Fonte: adaptado de MMA (2017c)

O Uso Sustentável representa cerca de 68% do número total de unidades instituídas no Brasil (Tabela 1). Conforme as definições das categorias de unidades de uso sustentável presentes no SNUC (BRASIL, 2000), as principais características das UCs componentes desse grupo são:

- a) APA – Está localizada em uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação pelo ser humano e que possui atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais de especial importância para qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas;

- b) FLONA, FES – Apresenta cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e possui como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica. Essa UC é de domínio público, não sendo permitida a permanência de ocupação humana, exceto por populações comprovadamente tradicionais da região;
- c) RESEX – É utilizada por populações tradicionais do local em que foi inserida e que praticam o extrativismo e, complementarmente, a agricultura de subsistência e a criação de animais de pequeno porte. Não é permitida área particular em seus limites, sendo o seu território de domínio público;
- d) REFAU – Área em sua forma natural com populações de animais nativos, terrestres ou aquáticos, residentes ou migratório, que são adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo sustentável de recursos da fauna;
- e) RDS – Área natural onde se abrigam populações tradicionais que utilizam de sistemas sustentáveis de exploração de recursos naturais, desenvolvidos por gerações, que foram adaptados às condições ecológicas dos locais e que desempenham papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica;
- f) RPPN – Essas Unidades de Conservação são estabelecidas pela iniciativa privada em áreas particulares que gravam em sua perpetuidade o objetivo de conservar a diversidade biológica;
- g) ARIE – Em geral se encontra em uma porção territorial de tamanho reduzido, em que há pouca ou nenhuma ocupação antrópica e o ecossistema protegido pela categoria apresenta características naturais extraordinárias ou abriga indivíduos raros da biota regional. A UC poderá ser estabelecida em terra pública ou privada.

Para que sejam indicadas propostas de criação e gestão de áreas protegidas e seus entornos, se faz necessária a obtenção de informações por meio do desenvolvimento de pesquisas científicas. Dessa forma, estudos vem sendo implementados abrangendo diferentes categorias de UCs no país. Para Medeiros et al. (2006), as unidades são de grande importância para manutenção dos recursos naturais, entretanto as mesmas precisam ser pensadas de forma mais conexa, por meio de mosaicos e corredores ecológicos. Em estudo desenvolvido em uma área de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, Mello et al. (2016) recomendou a criação de áreas protegidas e programas de restauração ecológica para o aumento da conectividade da paisagem.

Outros estudos, realizados após a criação das UCs, demonstram ainda a importância ambiental dessas áreas protegidas, como Bacani (2016) analisando o risco de incêndios florestais em uma cidade do Mato Grosso do Sul pôde concluir que o município apresenta alto risco em áreas de rica biodiversidade, especialmente ao redor do PARNA da Serra da Bodoquema. Oliveira et al. (2016), realizando levantamento florístico em um REVIS, registraram novas ocorrências de espécies da flora para o bioma local (Mata Atlântica no estado de Sergipe). Em uma ARIE no sul do país, Bertoldo et al. (2014) estudaram, por meio da palinologia, o surgimento da Floresta Ombrófila Mista no sudoeste e sul do estado do Paraná. Enquanto que Sperandio et al. (2012) utilizaram uma ARIE para condução de experimento que avaliou a eficácia de sistemas de restauração por meio da análise de serapilheira acumulada no solo da UC.

Estudos conduzidos em Zonas de Amortecimento de unidades de conservação demonstram a importância dessa unidade territorial nos hábitos de populações animais que tem como habitat o interior das UCs e seus entornos (Cáceres-Martínez, 2016; Paolino et al. (2016).

2.2. Histórico da Região do Médio Paraíba do Sul

O estado do Rio de Janeiro está inteiramente localizado no Bioma Mata Atlântica. Para Myers et al. (2000), o bioma é um *Hotspot* por apresentar alta taxa de endemismo de espécies e grande perda de habitats naturais. De acordo com Ribeiro et al. (2009), mais de 88% da cobertura original de toda a Mata Atlântica foi perdida. Para o autor, o setor mais preservado e que possui o maior fragmento de mata encontra-se na Serra do Mar, estendendo-se das montanhas costeiras de São Paulo ao sul do estado do Rio de Janeiro.

De acordo com Colombo e Joly (2010), o bioma vem sendo explorado e destruído nos últimos 500 anos. Em primeiro momento, o ciclo da cana de açúcar atingiu o norte do bioma e depois o ciclo econômico baseado na cultura do café, nos séculos XVIII e XIX, modificou a cobertura vegetal nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Os ciclos do ouro e café foram de suma importância na ocupação territorial do Vale do Paraíba, sendo que o segundo foi responsável por grande modificação na paisagem da região (SILVA, 2002). Segundo Carrilho et al. (2006), uma das regiões pioneiras da produção de café no século XIX foi conhecida como “o fundo do vale”, que presenciou um vertiginoso processo de desenvolvimento e agregava o município de Rio Claro, divisa com Barra Mansa, na região do Médio Paraíba do Sul (RJ).

O território pertencente ao município de Barra Mansa começou a ser povoado por volta do século XVIII, sendo observado estabelecimento da cultura do café no início do século XIX. Após o declínio deste ciclo econômico, houve o desenvolvimento da atividade ligada à pecuária de corte extensiva e, por fim, à pecuária leiteira (IBGE, 2017a).

Conforme Santana e Mollona (2013), a cidade de Volta Redonda foi povoada por garimpeiros em busca de ouro e pedras preciosas no século XVIII. De acordo com os autores, no início do século XIX foram instaladas grandes fazendas de café no município e o ano de 1871 foi marcado pela chegada da linha férrea e a consequente criação de núcleos urbanos. Após mudanças na estrutura econômica, ocorre a instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) na cidade, desse modo é verificado o aumento da densidade populacional no município e cidades vizinhas.

De acordo com Campanili e Prochnow (2006), atualmente existem diversos fragmentos da mata atlântica no estado do Rio de Janeiro que estão em áreas particulares, e até mesmo em zonas urbanas, onde estão sujeitos a perturbações de diversas naturezas. Para Silva (2002), os fragmentos em alguns municípios do Médio Paraíba do Sul são os principais registros da vegetação local, porém estão sob o domínio de áreas particulares e não se encontram em Unidades de Conservação.

2.3. Área de Relevante Interesse Ecológico Floresta da Cicuta

A ARIE Floresta da Cicuta está localizada nos domínios do bioma Mata Atlântica. Foi solicitada pela resolução CONAMA n° 5, de Junho de 1984 e consolidada pelo decreto n° 90.972, de janeiro de 1985, o qual diz que a unidade é destinada a proteger e preservar espécies raras da biota local. De acordo com o Plano de Manejo da UC (ICMBio, 2016), a ARIE foi formada a partir de um processo de regeneração após o abandono do local e, atualmente, é um dos raros fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do entorno de Volta Redonda.

Conforme o referido Plano de Manejo, as primeiras expedições para pesquisa científica na Floresta da Cicuta são datadas entre 1982 e 1983, em que foi relatada a necessidade de monitoramento da espécie *Phrynosoma macleayi*, o Cágado de Hoge,

endêmico da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e declarado animal raro pelo *red data book* (ICMBio, 2016). Por fim, a ARIE é criada em 1985 para a proteção da espécie. A Figura 1 sintetiza os dispositivos legais para a criação da UC.

À época do estabelecimento da UC, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) era uma empresa do estado brasileiro e as terras da ARIE pertenciam à instituição. Dessa forma, os limites da Cicuta estavam sob o domínio da União e, pela privatização da indústria no ano de 1993, a UC passou a ser de domínio particular, sendo gerida desde então pela iniciativa privada em comunhão com o órgão ambiental competente (ICMBio, 2016). Após a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela lei 11.516, de 28 de agosto de 2007 (BRASIL, 2007) a ARIE Floresta da Cicuta passou a ser gerida pelo órgão em conjunto à CSN.

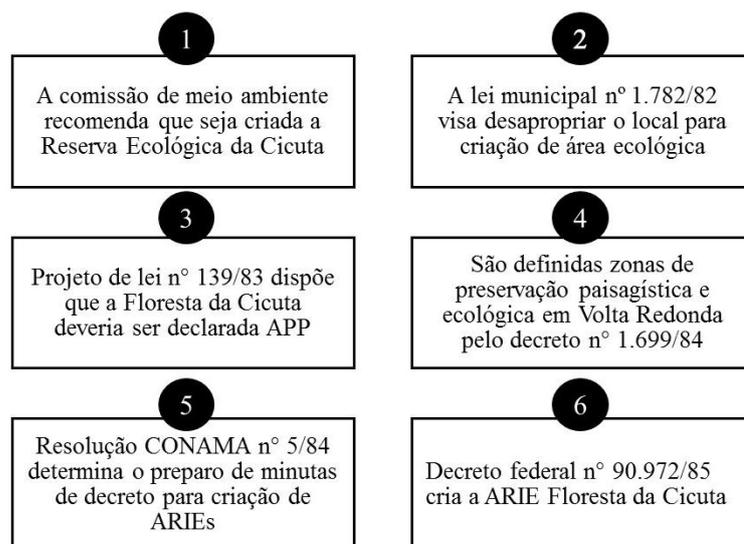


Figura 1: Dispositivos legais que antecederam e que consolidaram a criação da ARIE Floresta da Cicuta. Fonte: adaptado do Plano de Manejo ARIE Floresta da Cicuta (ICMBio, 2016).

2.4. Classificação Supervisionada

O pesquisador que deseja realizar um mapeamento deve possuir conhecimento das técnicas que tornam mais eficientes a distinção dos alvos a serem identificados, dessa forma o mesmo poderá utilizar métodos de realce para melhorar a qualidade visual da imagem e técnicas de classificação digital para a obtenção de um mapa temático (PONZONI et al., 2012). Conforme Liu e Mason (2009), os pixels podem ser submetidos a classificações estatísticas, que se dividem em dois principais grupos: classificação não supervisionada e supervisionada.

Basicamente, a classificação não supervisionada não utiliza amostras de treinamento para a classificação da imagem. Os classificadores envolvem algoritmos que agrupam os pixels desconhecidos em grupos naturais baseados em suas informações espectrais (LILLESAND et al., 2004). Segundo Ponzoni et al. (2012), os pixels da imagem são analisados por algoritmo de agrupamento (*clustering*), que fará com que os mesmos sejam distribuídos de acordo com as suas classes.

A classificação supervisionada, em geral, é realizada conforme três passos: treinamento, classificação e saída. Desse modo, na etapa do treinamento é necessário que o usuário do Sistema de Informação Geográfica (SIG) colete amostras de treinamento que representarão as classes de cobertura da terra de acordo com suas características espectrais, sendo que a etapa é determinante no sucesso da classificação.

Na classificação são identificados os padrões de resposta espectral dos pixels de cada classe previamente definida e coletada nas amostras. Por fim, será gerado o produto de interesse, podendo ser mapas, tabelas de dados de área, arquivos de dados de SIG (LILLESAND, 2004).

Conforme Meneses e Almeida (2012) existem diversos métodos para a classificação supervisionada, tal como: paralelepípedo, distância mínima, distância de Mahalanobis e máxima verossimilhança. O último método citado considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

A máxima verossimilhança (MaxVer) é uma das técnicas mais utilizadas de classificação supervisionada, em que o algoritmo considera distribuição normal para cada classe de treinamento sendo que, dependendo da posição do pixel, ele poderá pertencer tanto a uma classe quanto a outra, se fazendo necessária a definição de um limiar de aceitação pelo algoritmo; desse modo, existe uma tolerância da classificação (Figura 2) em que um pixel pertencente à uma classe pode ser classificado como de outra classe (INPE, 2009).

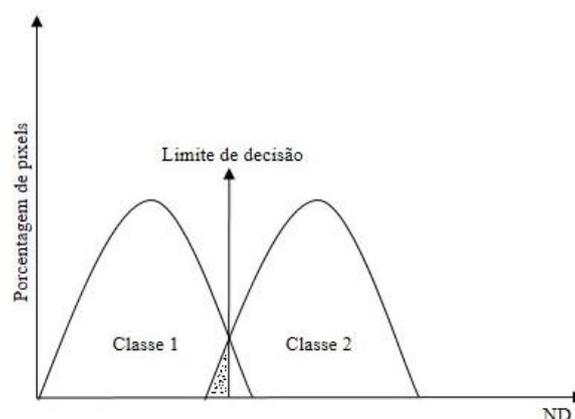


Figura 2: Distribuição de probabilidade de duas classes. Um pixel que pertence à classe 2, localizado na área sombreada, será classificado como classe 1. Fonte: adaptado de INPE (2009).

Desse modo, a classificação por MaxVer tem sido utilizada em estudos para o mapeamento temático de cobertura da terra, seja em análises pontuais ou multitemporais. Para Costa et al. (2016), a classificação supervisionada por máxima verossimilhança possibilita, de forma consistente, a quantificação das áreas e a percentagem de cada classe de uso da terra.

Nunes et al. (2015) utilizaram o algoritmo classificador no mapeamento do município de Alta Floresta (MT) para indicar os conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente. Em estudo da dinâmica de alterações de uma paisagem no semiárido do Sergipe, Fernandes et al. (2015) utilizaram-se da classificação por MaxVer para elaborar três mapeamentos ao decorrer de 21 anos.

2.5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

As geotecnologias podem ser delimitadas de acordo com variadas definições e, para Macedo et al. (2016), essa é uma área tecnológica que pode ser entendida por um conjunto de produtos e processos que são relacionados à obtenção, manipulação e aplicação de dados geográficos. De acordo com os autores, as geotecnologias envolvem a fotogrametria, sensoriamento remoto, sistemas de posicionamento por satélites, geodésia, desenho assistido por computador, cartografia digital, sistema de informações

geográficas, processamento digital de imagens, geoprocessamento, banco de dados espaciais, análise espacial, geoestatística e modelagem espacial.

De acordo com Moraes Novo (2010), o sensoriamento remoto faz o uso em conjunto de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados dispostos em aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas que possibilitem analisar a interação entre os alvos observados e a radiação eletromagnética (REM). A REM proveniente do Sol passa basicamente por três processos físicos ao incidir sobre a atmosfera e a superfície terrestre: reflexão, absorção e transmissão; desse modo, ela pode ser refletida de volta, transmitida através de um material ou absorvida e, conseqüentemente, transformada em alguma outra forma de energia no interior dos componentes do terreno (JENSEN, 2009).

Segundo Moreira (2011), a fração da REM refletida pelos alvos é de suma importância para o sensoriamento remoto, pois grande parte dos resultados provém da coleta, processamento e análise da radiação refletida pelas superfícies. De acordo com o autor, a reflectância (ρ) é uma grandeza obtida pelo quociente entre a radiação incidente na superfície de um material e a radiação refletida por este e, sendo adimensional, pode ser representada por meio de porcentagem.

Em análise da assinatura espectral da vegetação fotossinteticamente ativa, a reflectância pode ser subdividida em três regiões espectrais, em que até $0,7 \mu\text{m}$ a grandeza é baixa ($< 20\%$), de $0,7 - 1,3 \mu\text{m}$ é alta ($30\% < \rho < 40\%$) e de $1,3 - 2,5 \mu\text{m}$ a possui grandes variações, ocorrendo picos de absorção pela água em certos comprimentos (MORAES NOVO, 2010). Segundo Ponzoni et al. (2012), a reflectância de superfície em formações vegetais é menor na região do visível (principalmente na faixa espectral do vermelho) e apresenta maiores valores na região do infravermelho próximo.

Diversos índices de vegetação foram propostos na literatura baseando-se, principalmente, no antagonismo da reflectância entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo (PONZONI et al., 2012). Para Liu e Mason (2009), a diferença entre absorção e reflectância entre estas bandas espectrais é uma propriedade única, que torna capaz a diferenciação da vegetação em relação a qualquer outro alvo.

Várias combinações matemáticas entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo podem gerar esses índices, que indicam a presença e as condições da vegetação verde, sendo de comum utilização o *Simple Vegetation Index* (VI), o *Ratio Vegetation Index* (RVI) e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (LILLESAND et al., 2004; MENESES e ALMEIDA, 2012).

De acordo com Liu e Mason (2009), o NDVI pode auxiliar na interpretação da vegetação em um mapeamento de uso e cobertura da terra, sendo o índice baseado em uma relação matemática em que a soma dos valores das bandas no denominador é um fator que o torna normalizado (-1, 1).

O índice tem sido utilizado para obtenção de resultados e subsidio de pesquisas em fluxo de calor do solo, variação temporal de cobertura da terra, delimitação de corredores ecológicos, intensidade de pastejo, índice de colheita, estimativa de concentração de nitrogênio, diferenciação de espécie e idades em plantios de eucalipto, e processos de desflorestamento (DANELICHEN et al, 2014; PARANHOS FILHO et al, 2014; SANTOS et al. 2016; JUNGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; GOERGEN et al., 2016; ESPAÑA-BOQUERA e CHAMPO-JIMÉNEZ, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no interior da ARIE Floresta da Cicuta e em um *buffer* de 4 km ao seu entorno, no Médio Vale do Paraíba do Sul, RJ, Brasil (Figura 3). As medidas do *buffer* englobam e possibilitam analisar as alterações ocorridas nos limites da proposta de zona de amortecimento da unidade de conservação (ICMBIO, 2016). O acesso ao local pode ser através de três rodovias federais que passam no interior da área de estudo: BR-116 (Rodovia Presidente Dutra), BR-393 e BR-494.

A ARIE é uma UC federal, criada em 1985 e administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) em conjunto com a CSN. A unidade está localizada entre os municípios de Volta Redonda e Barra Mansa, possui perímetro de 5.219 m e área total de 125 ha. O raio de 4 km ao entorno foi definido em um momento que não havia disponibilidade do arquivo shapefile da proposta de ZA. Desse modo a região foi definida para garantir a inclusão da ZA, tendo em vista a observação de seus limites assinalados em mapa disposto no Plano de Manejo da UC (ICMBio, 2016). O *buffer* apresenta perímetro de 30.074 m e área de cerca de 7.133 ha, interceptando parcialmente os municípios de Barra Mansa, Pinheiral e Volta Redonda.

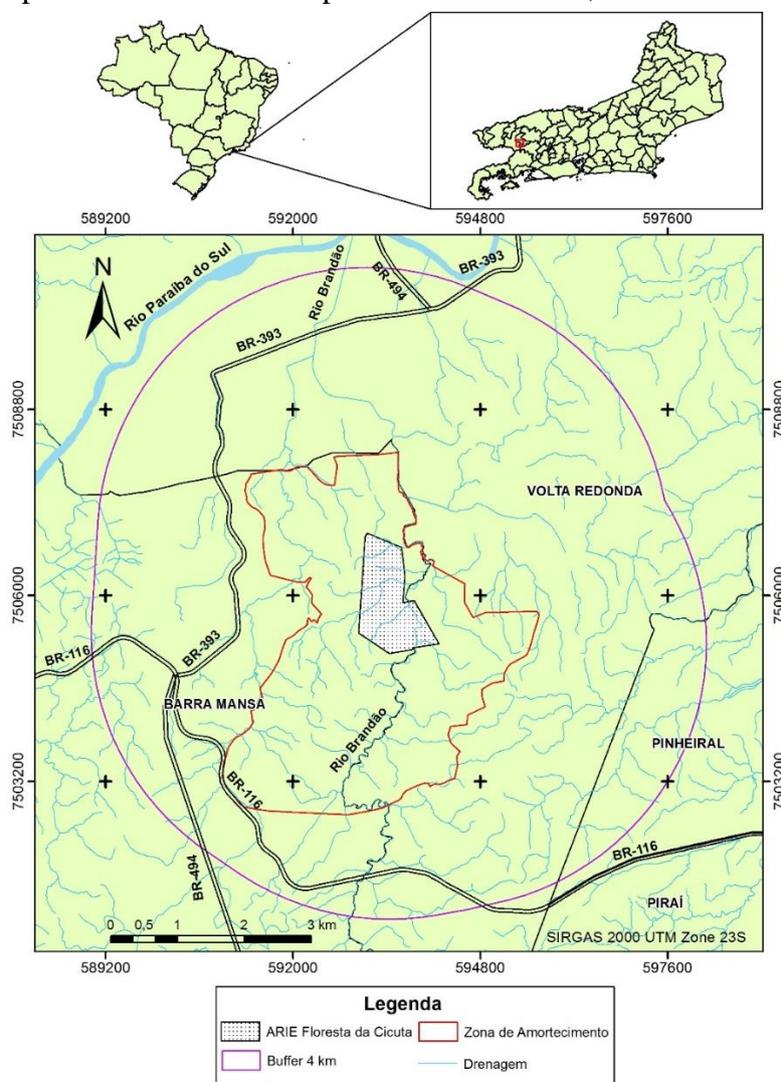


Figura 3: Localização da área de estudo – Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta e seu entorno de 4 km, Rio de Janeiro, Brasil.

Segundo o Relatório de Gestão da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2016), os municípios de Barra Mansa, Pinheiral e Volta Redonda estão integralmente localizados na Região Hidrográfica III do estado do Rio de Janeiro. Conforme o documento, a região detém os melhores percentuais de cobertura florestal da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e as principais atividades econômicas são a indústria, turismo e agropecuária. A Tabela 2 caracteriza os três municípios em questão.

Tabela 2 – Área total e censo populacional em 2010 para os municípios parcialmente inseridos na área de estudo

Município	Área (km ²)	Pop. Total	Pop. Urbana (%)	Pop. Rural (%)
Barra Mansa	547,196	177.813	99,09	0,91
Pinheiral	76,53	22.719	89,84	10,16
Volta Redonda	182,483	257.803	99,95	0,05

Fonte: adaptado de IBGE (2010) e IBGE (2017b)

O bioma original da região de estudo é a Mata Atlântica, na fitofisionomia da Floresta Estacional Semidecidual, entretanto a cobertura vegetal atual é caracterizada por vegetação secundária e atividades agrárias. O clima é subquente úmido, em que pelo menos 3 meses do ano são secos (IBGE, 2002; IBGE, 2004).

Uma série climatológica entre os anos 1985 e 2015 (Figura 4) demonstra que, ao longo do ano, a temperatura média compensada da região varia entre 17 e 24°C, a temperatura mínima média entre 12 e 20°C, a temperatura máxima média entre 24 e 30°C e a precipitação total média oscila entre 20 e 276 mm (INMET, 2017).

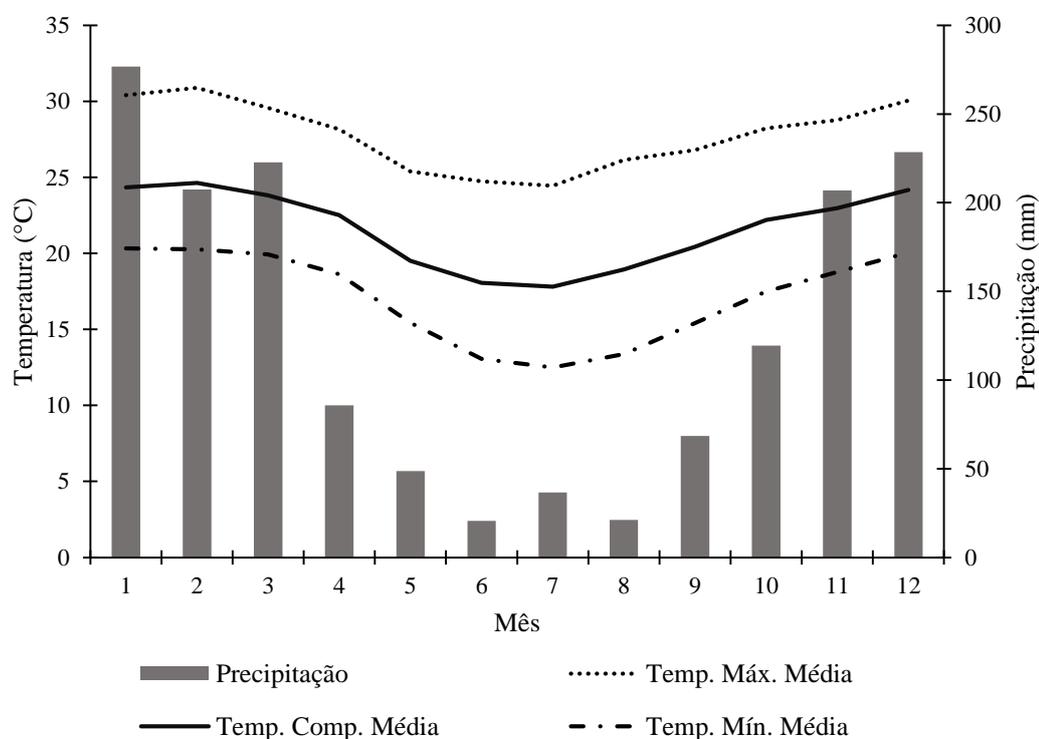


Figura 4: Climograma da região (1985 a 2015). Fonte: adaptado de INMET (2017).

3.2. Software

O software utilizado para as etapas do estudo (pré-processamento, processamento e pós-processamento) foi o Arcgis v10.1, desenvolvido pela ESRI.

3.3. Base de dados

O limite cartográfico da ARIE Floresta da Cicuta foi extraído do arquivo vetorial das unidades de conservação federais do Brasil (ICMBIO, 2016). O vetor da proposta de zona de amortecimento foi disponibilizado pela equipe da ARIE Floresta da Cicuta. As unidades da federação foram provenientes de arquivo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2016). O arquivo em vetor de trecho do Rio Paraíba do Sul foi disponibilizado pela prefeitura municipal de Volta Redonda através do sítio virtual da Secretaria Municipal de Planejamento (SMP, 2017). O arquivo em vetor das áreas de drenagem do estado do Rio de Janeiro foi realizado em escala 1:25.000 e se encontra disponível no domínio digital do IBGE.

As cenas foram obtidas pelos sensores TM e OLI (*Landsat 5* e 8) e adquiridas através da plataforma *Earth Explorer* da *United State Geological Survey (USGS, 2016a)*. As Tabelas 3 e 4 demonstram as especificações técnicas de ambos satélites. Foram utilizadas cenas com correção atmosférica em valores de reflectância de superfície, previamente processadas pela *USGS* e validadas por Vuolo et al. (2015). A Tabela 5 indica as especificações das imagens temporais utilizadas no estudo, tais como: satélite, sensor, órbita/ponto, data de aquisição e elevação solar/azimute. Deve ser destacado que todas as imagens foram obtidas no mesmo mês do período seco.

Tabela 3 – Especificações técnicas do sensor TM a bordo do satélite *Landsat 5*

Banda	Nome	Comprimento de Onda (μm)	Resolução (m)
1	Azul	0,45 - 0,52	30
2	Verde	0,52 - 0,60	30
3	Vermelho	0,63 - 0,69	30
4	Infravermelho Próximo	0,76 - 0,90	30
5	Infravermelho Próximo	1,55 - 1,75	30
6	Termal	10,40 - 12,50	120
7	Infravermelho Médio	2,08 - 2,35	30

Fonte: USGS (2016b)

Tabela 4 – Especificações técnicas do sensor OLI a bordo do satélite *Landsat 8*

Banda	Nome	Comprimento de Onda (μm)	Resolução (m)
1	Ultra Azul	0,43 - 0,45	30
2	Azul	0,45 - 0,51	30
3	Verde	0,53 - 0,59	30
4	Vermelho	0,64 - 0,67	30
5	Infravermelho Próximo	0,85 - 0,88	30
6	Infravermelho de Ondas Curtas 1	1,57 - 1,65	30
7	Infravermelho de Ondas Curtas 2	2,11 - 2,29	30
8	Pancromático	0,50 - 0,68	15
9	Nuvens	1,36 - 1,38	30

Fonte: USGS (2016c).

Tabela 5 – Especificações das cenas utilizadas no estudo

Produto	Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data de aquisição	Elevação/Azimute (°)
1	<i>Landsat 5</i>	<i>TM</i>	217/076	05/08/1985	34,40/47,51
2	<i>Landsat 5</i>	<i>TM</i>	218/076	26/08/1990	37,78/54,60
3	<i>Landsat 5</i>	<i>TM</i>	218/076	24/08/1995	33,96/57,22
4	<i>Landsat 5</i>	<i>TM</i>	217/076	14/08/2000	37,91/47,96
5	<i>Landsat 5</i>	<i>TM</i>	217/076	28/08/2005	43,57/49,05
6	<i>Landsat 5</i>	<i>TM</i>	217/076	26/08/2010	43,29/47,92
7	<i>Landsat 8</i>	<i>OLI</i>	217/076	08/08/2015	39,86/41,41

Fonte: adaptado de USGS (2017c).

3.4. Pré-processamento de imagens

As bandas espectrais foram submetidas, através da ferramenta *raster calculator*, a duas equações para correção de valores de pixel abaixo e/ou acima do intervalo válido de reflectância (0-10000) (USGS, 2017a; 2017b;). Em que, a equação 1 e 2, respectivamente, faz com que todos os pixels com valores abaixo e acima do intervalo válido tornem-se nulas. Em sequência, a equação 3, condiciona que os pixels “no data” sejam preenchidos com a média dos valores de reflectância das 3 células mais próximas.

Eq (1)

$$\text{datanull} = \text{SetNull}(\text{"band"} \leq 0, \text{"band"})$$

Em que “band” é a banda espectral a ser corrigida e “datanull” é o arquivo gerado.

Eq (2)

$$\text{datanull} = \text{SetNull}(\text{"band"} > 10000, \text{"band"})$$

Em que “band” é a banda espectral a ser corrigida e “datanull” é o arquivo gerado.

Eq (3)

$$\text{preench01} = \text{Con}(\text{IsNull}(\text{"datanull"}), \text{FocalStatistics}(\text{Raster}(\text{r"datanull"}), \text{NbrCircle}(3, \text{"CELL"}), \text{"MEAN"}, \text{""}, \text{"datanull"}))$$

Em que “datanull” é a banda com pixels “no data” e “preench01” é o arquivo gerado.

3.5. Processamento de imagens

3.5.1. Índice de vegetação e Composição de bandas

Após a correção das bandas espectrais, o índice de vegetação foi calculado por meio da ferramenta *raster calculator*. Desse modo, foi aplicada a equação proposta por Rouse et al. (1974):

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + \rho_V)$$

Em que: ρ_{IVP} é a reflectância na banda referente ao infravermelho próximo e ρ_V é a reflectância na banda do vermelho.

As Imagens Multiespectrais (IM) utilizadas para as classificações foram geradas a partir da composição, através da ferramenta *composite bands*, de todas as bandas disponibilizadas pela USGS em reflectância de superfície. Desse modo, para as cenas do sensor TM foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e nas imagens do sensor OLI foram utilizadas as bandas de 1 à 7.

3.5.2. Classificação supervisionada

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas em observação dos padrões das imagens *Landsat* dos anos de 2005, 2010 e 2015 em comparação com imagens de alta resolução visualizadas através do *Google Earth*. Para os demais anos em que não há disponibilidade de imagens de alta resolução (1985, 1990, 1995 e 2000), foi realizada a interpretação dos padrões visuais. Desse modo, foram definidas conforme as cenas utilizadas, o total de sete classes de uso e cobertura da terra (Figura 5).

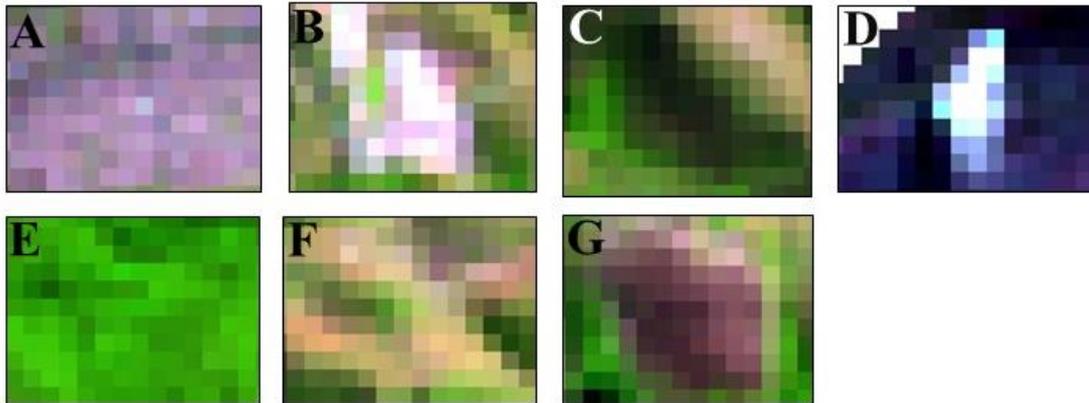


Figura 5: Demonstrativo de padrões dos pixels das classes de uso e cobertura do solo (Sensor OLI, R6G5B4): A – Área Urbanizada; B – Solo Exposto; C – Sombra; D – Nuvem; E – Floresta; F – Pastagem; G – Pastagem Queimada.

A classe floresta pode ser composta por áreas de vegetação herbácea/arbustiva, arbustiva/arbórea e arbórea, primária ou secundária, nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração. Pastagem são áreas de vegetação herbácea de uso agropecuário. Pastagem Queimada é semelhante à classe anterior, porém submetida ao fogo de forma acidental ou proposital. Área urbanizada é a tipologia composta por rodovias, casas, prédios, indústrias e outras construções desenvolvidas pelo ser humano.

O Solo Exposto é uma formação em que a camada superficial do solo foi perdida e não apresenta, portanto, nenhum tipo de cobertura. A classe Sombra é oriunda de qualquer formação que possa interceptar significativamente a radiação solar, formando região escura em que é dificultada a interpretação do que está oculto, sendo geralmente produzida por morros e nuvens. A Nuvem é formação de vapor de água na atmosfera, que pode se apresentar sobre qualquer outra tipologia aqui definida.

As classificações supervisionadas foram realizadas pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança de acordo com dois métodos (Figura 5), que são basicamente diferenciados pelos dados fornecidos ao classificador. No primeiro método foram utilizados como entrada a Imagem Multiespectral (IM) em combinação com o *NDVI*. No segundo foi utilizado apenas a Imagem Multiespectral. Foram procedidas coletas de amostras de treinamento para a obtenção dos arquivos de assinatura espectral para cada método.

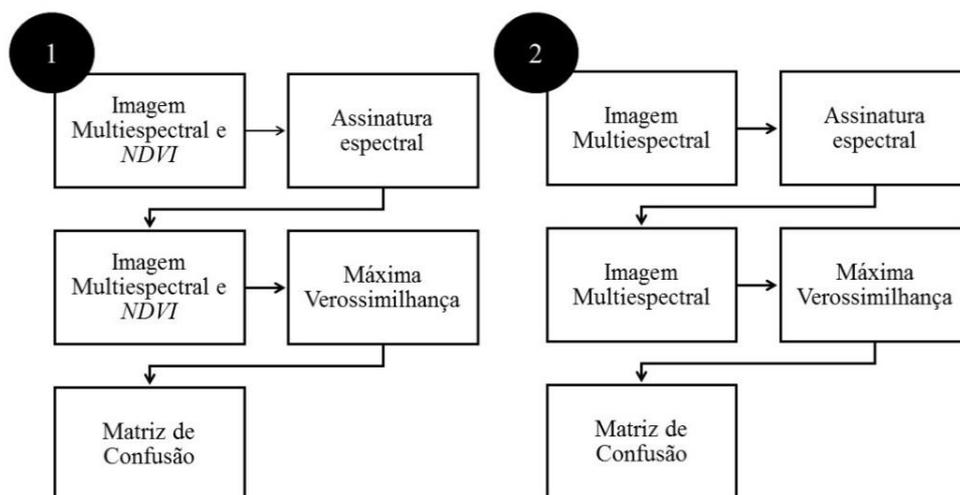


Figura 6: Métodos analisados na classificação por Máxima Verossimilhança.

Em primeiro momento foram coletadas amostras de treinamento em formato retangular de 4x4 ou 2x2 pixels por amostras, buscando representatividade de todas as classes identificadas nas ocasiões do estudo. Dessa forma, foram coletados os números de pixels por classe para cada ano assinalados na Tabela 6.

Tabela 6 – Número de pixels coletados por classe, de acordo com o ano, para a formação de amostras de treinamento

Classe	Número de Pixels/Ano						
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
FL	560	560	560	560	560	560	560
PA	560	560	560	560	560	560	560
PQ	240	144	160	128	128	192	80
AU	1120	1120	1120	1120	880	1120	1120
SE	40	40	40	20	20	20	16
SO	48	48	48	68	24	24	24
NU	0	40	16	40	0	0	0
Total	2568	2512	2504	2496	2172	2476	2360

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; NU – Nuvem

A partir da amostra de treinamento de cada ocasião foram geradas duas assinaturas espectrais distintas: a primeira obtida com a utilização da IM e NDVI e a segunda utilizando somente a IM. Portanto, para cada ano foram realizadas duas classificações conforme os métodos citados, em que foram utilizados seus respectivos arquivos de assinatura.

Em segundo momento foram definidas, de forma não aleatória, amostras para validação da classificação supervisionada em cada ocasião. Essas unidades foram independentes das utilizadas para o treinamento. Foi buscada as mesmas medidas das amostras de treinamento e cerca de 40% do número de pixels destas para cada classe de uso e cobertura da terra. Desse modo, a Tabela 7 demonstra o número de pixels das amostras de validação em cada ano do estudo.

Tabela 7 – Número de pixels coletados por classe, de acordo com o ano, para a validação da classificação supervisionada por máxima verossimilhança

Classe	Número de Pixels/Ano						
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
FL	224	224	224	224	224	208	224
PA	224	224	224	224	224	224	224
PQ	96	64	64	64	64	80	32
AU	432	448	448	448	448	448	448
SE	16	16	16	8	8	8	8
SO	20	20	20	28	12	12	12
NU	0	12	8	16	0	0	0
Total	1012	1008	1004	1012	980	980	948

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra;

A partir do arquivo de validação foram procedidas as tabulações de área para obtenção das matrizes de confusão da classificação para cada método e ano do estudo. As matrizes foram utilizadas para obtenção dos índices Kappa e Exatidão Global, que foram calculados de acordo com Congalton e Green (2009):

$$\text{Kappa} = \frac{N \sum x_{ii} - \sum (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum (x_{i+} x_{+i})}$$

Em que N é o total de observações, x_{ii} são as células diagonais principais, x_{i+} são os somatórios das colunas e x_{+i} são os somatórios das linhas.

$$\text{Exatidão Global} = \frac{\sum x_{ii}}{n}$$

Em que $\sum x_{ii}$ é o somatório das células da diagonal principal e n representa a soma do total da matriz de confusão.

As interpretações dos valores de Kappa foram realizadas conforme exposto por Landis e Koch (1977) (Tabela 8).

Tabela 8 – Interpretação do índice Kappa

Estatística	Interpretação
< 0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: adaptado de Landis e Koch (1977)

Para análise dos Kappas entre as metodologias no mesmo ano, foi utilizada fórmula descrita por Congalton e Green (2009):

$$Z = \frac{|K_1 - K_2|}{\sqrt{\text{Var}(K_1) + \text{Var}(K_2)}}$$

Em que Z é o valor do teste, dada as hipóteses $H_0: (K_1 - K_2) = 0$, e $H_1: (K_1 - K_2) \neq 0$. A hipótese H_1 é rejeitada quando $Z \geq Z_{\alpha/2}$.

Foi calculado índices de desacordo proposto por Pontius e Millones (2011). Conforme os autores, o índice é mais confiável que o Kappa, sendo indicado o abandono da segunda medida de acurácia por motivos de redundância ou enganos nas informações obtidas por meio do parâmetro. Os desacordos (quantidade, alocação e total) foram obtidos com a utilização da planilha em formato *.xlsx* designada como *PontiusMatrix41* e disponibilizada para download no domínio digital da *Clark University* (<http://www2.clarku.edu/~rpontius/>).

O desacordo de quantidade é definido como o erro quantitativo no número total de pixels que compõe uma tipologia na classificação digital em relação à validação de campo, enquanto que o desacordo de alocação é o equívoco na disposição espacial do pixel pertencente à uma dada classe (PONTIUS e MILLONES, 2011). Dessa forma, o desacordo total é a soma desses desacordos.

3.6. Pós-processamento

As classificações supervisionadas por MaxVer do método escolhido para indicar definitivamente as alterações do uso e cobertura da terra na área de estudo foram submetidas a pós-processamento para eliminação de ruídos na classificação. O processo consiste na utilização de uma toolbox que remove ruídos, reclassificando os conjuntos isolados de 10 pixels. Na caixa de ferramentas adicionada ao software, o raster de classificação é modificado por meio dos seguintes caminhos: maxver → region group → region → extract by attributes 10 → extract_reg10 → nibble 40 → filtro 10.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Os valores mínimos, máximos e médios do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores de NDVI de acordo com as ocasiões do estudo

Ano	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)
1985	-0,1581	0,8514	0,4151	0,1721	41,46
1990	-0,2212	0,8288	0,4522	0,1600	35,38
1995	-0,2554	0,8281	0,4337	0,1657	38,20
2000	-0,4580	0,8677	0,4425	0,1851	41,83
2005	-0,3059	0,8163	0,4536	0,1560	34,40
2010	-0,2310	0,8484	0,4543	0,1759	38,73
2015	-0,2151	0,8945	0,4969	0,1967	39,58

Os coeficientes de variação associados às médias do índice de vegetação indicam alta variação para a área quando comparados com as amplitudes de valor encontradas por Danelichen et al. (2014). No estudo em questão os autores avaliaram o parâmetro biofísico em três diferentes locais, porém que apresentavam homogeneidade de cobertura da terra. Portanto, os altos desvios nas médias do NDVI neste estudo são explicados pela variação de diferentes tipologias de uso e cobertura da terra na área analisada, as quais apresentam valores baixos do índice em alguns alvos (solo exposto, área urbanizada) e mais elevados em outros (floresta, pastagem vigorosa).

Pode ser observado que os valores das médias do índice de vegetação se elevam com o avanço dos anos, exceto em 1995, em que se observa o valor médio menor que o

ano anterior (1990). A Figura 7 evidencia de melhor forma as variações nas médias de *NDVI* para cada ano.

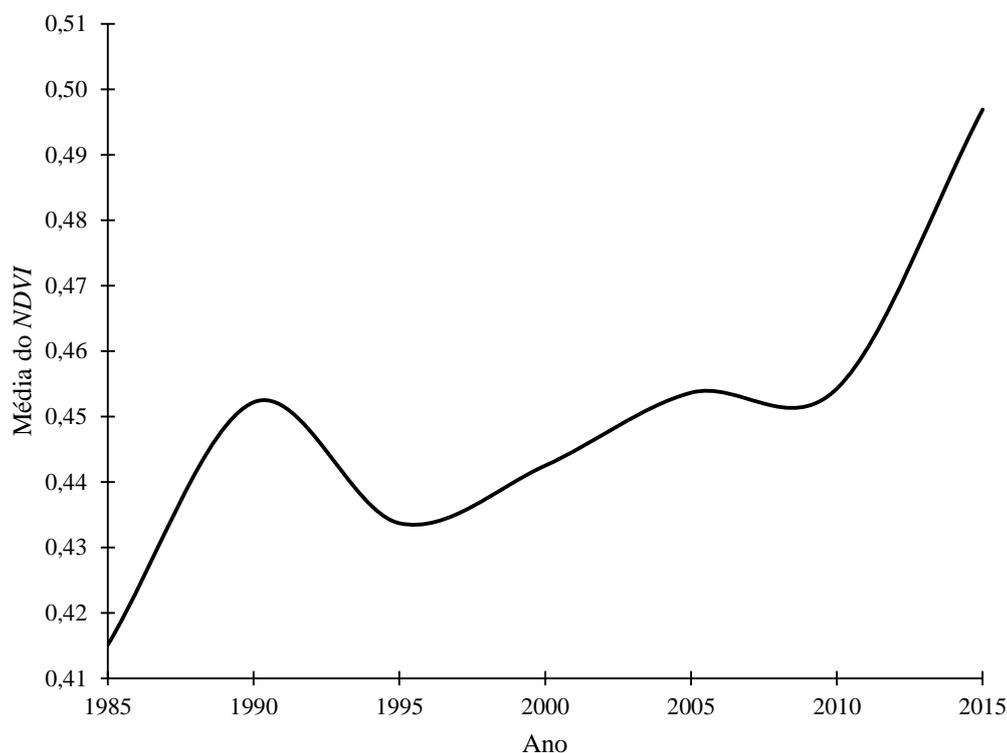


Figura 7: Variação das médias do índice de vegetação por diferença normalizada (*NDVI*) para a área de estudo conforme os anos.

Não foi encontrada correlação significativa entre o aumento das médias de *NDVI* ao decorrer do período de tempo analisado e a variação dos índices pluviométricos nos anos de aquisição das imagens. Foram analisadas as precipitações acumuladas de quatro meses antes, um mês antes e até de uma semana antes da aquisição das imagens, entretanto a elevação ou redução de precipitação não estão necessariamente relacionados com a elevação ou redução das médias de *NDVI* da área. Porém, as tipologias de formação vegetal provavelmente se tornaram mais vigorosas, elevando a atividade fotossintética e as médias do índice na área ao decorrer do período.

4.2. Classificação supervisionada

4.2.1. Acurácia

Foram obtidas as matrizes de confusão das classificações por Máxima Verossimilhança realizadas de acordo com as sete ocasiões do estudo. Através destas, se torna possível indicar os erros do algoritmo conforme cada classe de uso e cobertura da terra para cada ocasião e método utilizado. As matrizes de confusão possibilitaram a obtenção das estatísticas Kappa, Exatidão Global e Desacordos (Quantidade, Alocação e Total) das classificações. Portanto, as Tabelas de 10 à 23 representam as matrizes de erro, em número de pixels, junto ao índice Kappa obtidos após a classificação.

Tabela 10 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1985 com utilização de Imagem Multiespectral e *NDVI*

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	222	1	0	0	0	1	224	0,9886	6,44E-05
PA	0	224	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PQ	0	7	88	1	0	0	96	0,9085	9,44E-04
AU	0	0	2	434	0	0	436	0,9920	3,19E-05
SE	0	0	0	0	16	0	16	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	1	0	0	19	20	0,9490	2,47E-03
Total	222	232	91	435	16	20	1016	0,9819**	2,46E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 11 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1985 com utilização de Imagem Multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	224	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PQ	0	7	89	0	0	0	96	0,9199	8,37E-04
AU	0	0	1	434	1	0	436	0,9920	3,17E-05
SE	0	0	0	0	16	0	16	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	1	0	0	19	20	0,9490	2,46E-03
Total	224	231	91	434	17	19	1016	0,9861**	1,90E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 12 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1990 com utilização de imagem multiespectral e NDVI

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	NU	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PQ	0	2	60	1	0	1	0	64	0,9330	1,04E-03
AU	0	3	6	433	3	1	2	448	0,9411	2,14E-04
SE	0	0	0	1	15	0	0	16	0,9364	3,79E-03
SO	0	0	1	0	0	19	0	20	0,9489	2,47E-03
NU	0	0	0	0	0	0	12	12	1,0000	0,00E+00
Total	224	229	67	435	18	21	14	1008	0,9704**	4,07E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; NU – Nuvem; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 13 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1990 com utilização de imagem multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	NU	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PQ	0	1	61	2	0	0	0	64	0,9499	7,93E-04
AU	0	1	3	441	1	0	2	448	0,9721	1,07E-04
SE	0	0	0	0	16	0	0	16	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	1	0	0	19	0	20	0,9490	2,46E-03
NU	0	0	0	0	0	0	12	12	1,0000	0,00E+00
Total	224	226	65	443	17	19	14	1008	0,9844**	2,17E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; NU – Nuvem; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 14 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1995 com utilização de imagem multiespectral e *NDVI*

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	NU	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	223	0	0	1	0	0	224	0,9943	3,27E-05
PQ	0	0	62	1	0	1	0	64	0,9665	5,42E-04
AU	0	0	0	447	0	0	1	448	0,9960	1,62E-05
SE	0	0	0	0	16	0	0	16	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	6	0	0	14	0	20	0,6954	1,07E-02
NU	0	0	0	0	0	0	8	8	1,0000	0,00E+00
Total	224	223	68	448	17	15	9	1004	0,9857**	2,00E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; NU – Nuvem; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 15 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 1995 com utilização de imagem multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	NU	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PQ	0	0	62	1	0	1	0	64	0,9666	5,40E-04
AU	0	0	0	443	0	0	5	448	0,9800	7,84E-05
SE	0	0	0	0	16	0	0	16	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	4	1	0	15	0	20	0,7460	9,58E-03
NU	0	0	0	0	0	0	8	8	1,0000	0,00E+00
Total	224	224	66	445	16	16	13	1004	0,9829**	2,39E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; NU – Nuvem; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 16 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2000 com utilização de Imagem Multiespectral e *NDVI*

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	NU	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	220	4	0	0	0	0	224	0,9764	1,35E-04
PQ	0	5	55	4	0	0	0	64	0,8500	2,11E-03
AU	0	20	4	423	1	0	0	448	0,9028	3,33E-04
SE	0	0	0	2	6	0	0	8	0,7483	2,37E-02
SO	1	0	0	2	0	25	0	28	0,8901	3,57E-03
NU	0	0	0	0	0	0	16	16	1,0000	0,00E+00
Total	225	245	63	431	7	25	16	1012	0,9396**	8,09E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; NU – Nuvem; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 17 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2000 com utilização de Imagem Multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	NU	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	217	4	1	2	0	0	224	0,9592	2,26E-04
PQ	0	1	58	5	0	0	0	64	0,8998	1,50E-03
AU	0	18	3	423	2	1	1	448	0,9025	3,35E-04
SE	0	0	0	2	5	0	1	8	0,6216	2,96E-02
SO	2	0	0	2	0	24	0	28	0,8535	4,56E-03
NU	0	0	0	0	0	0	16	16	1,0000	0,00E+00
Total	226	236	65	433	9	25	18	1012	0,9369**	8,41E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; NU – Nuvem **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 18 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2005 com utilização de imagem multiespectral e NDVI

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	223	0	1	0	0	224	0,9942	3,33E-05
PQ	0	0	61	3	0	0	64	0,9498	7,96E-04
AU	0	1	4	441	2	0	448	0,9713	1,13E-04
SE	0	0	0	1	7	0	8	0,8738	1,39E-02
SO	0	0	0	0	0	12	12	1,0000	0,00E+00
Total	224	224	65	446	9	12	980	0,9821**	2,64E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 19 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2005 com utilização de imagem multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	222	2	0	0	0	224	0,9884	6,59E-05
PQ	0	0	60	4	0	0	64	0,9331	1,04E-03
AU	0	0	2	446	0	0	448	0,9917	3,37E-05
SE	0	1	0	0	7	0	8	0,8741	1,38E-02
SO	0	0	1	0	0	11	12	0,9157	6,50E-03
Total	224	223	65	450	7	11	980	0,9850**	2,21E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 20 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2010 com utilização de imagem multiespectral e *NDVI*

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	208	0	0	0	0	0	208	1,0000	0,00E+00
PA	0	220	0	4	0	0	224	0,9769	1,30E-04
PQ	0	0	75	5	0	0	80	0,9308	8,88E-04
AU	0	4	18	424	2	0	448	0,9040	3,39E-04
SE	0	0	0	0	8	0	8	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	2	0	0	10	12	0,8316	1,18E-02
Total	208	224	95	433	10	10	980	0,9484**	7,30E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 21 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2010 com utilização de imagem multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	208	0	0	0	0	0	208	1,0000	0,00E+00
PA	0	219	0	3	2	0	224	0,9712	1,61E-04
PQ	0	0	77	3	0	0	80	0,9586	5,46E-04
AU	0	2	13	432	0	1	448	0,9354	2,40E-04
SE	0	0	0	0	8	0	8	1,0000	0,00E+00
SO	0	0	2	0	0	10	12	0,8314	1,18E-02
Total	208	221	92	438	10	11	980	0,9616**	5,49E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 22 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2015 com utilização de imagem multiespectral e *NDVI*

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	215	0	9	0	0	224	0,9480	2,82E-04
PQ	0	0	29	3	0	0	32	0,9025	2,85E-03
AU	0	0	7	440	0	1	448	0,9655	1,43E-04
SE	0	0	0	6	2	0	8	0,2484	2,32E-02
SO	0	0	0	0	0	12	12	1,0000	0,00E+00
Total	224	215	36	458	2	13	948	0,9585**	6,41E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Tabela 23 – Matriz de confusão e Kappas da classificação por Máxima Verossimilhança do ano de 2015 com utilização de imagem multiespectral

Classe*	FL	PA	PQ	AU	SE	SO	Total	Kappa	Var. Kappa
FL	224	0	0	0	0	0	224	1,0000	0,00E+00
PA	0	220	0	4	0	0	224	0,9767	1,32E-04
PQ	0	0	28	4	0	0	32	0,8706	3,63E-03
AU	0	1	4	443	0	0	448	0,9785	9,04E-05
SE	0	0	0	5	3	0	8	0,3730	2,92E-02
SO	0	0	0	1	0	11	12	0,9157	6,50E-03
Total	224	221	32	457	3	11	948	0,9696**	4,74E-05

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; Nota: Validação nas linhas da matriz e classificação nas colunas

Pode ser observado pelo exposto nas matrizes de confusão acima que, geralmente, as classes de uso e cobertura da terra apresentam os menores erros na metodologia em que foi utilizado somente a IM para a classificação supervisionada. A classe Floresta, que o *NDVI* evidencia de melhor forma, apresentou confusão equivalente para a maior parte dos anos, sendo observado superioridade do segundo método apenas em 1985.

Somente na classe Sombra que o método IM e *NDVI* se sobressaiu, em quantidade de pixels classificados corretamente, em mais da metade das ocasiões de estudo. A classe Pastagem Queimada em cinco das sete ocasiões apresentou menores acertos para o método IM e *NDVI* e, em geral, a classe é confundida com Área Urbanizada para ambos os métodos, provavelmente devido a reflectância semelhante entre as tipologias. A classe Área Urbanizada somente foi superior em acertos para uma ocasião utilizando-se IM e *NDVI*, enquanto que em quatro ocasiões IM foi superior e nos outros dois anos, os métodos foram equivalentes em acertos.

Os valores de exatidão global corroboram os valores de Kappa e foram, para o método que utiliza IM e *NDVI*, entre 1985 e 2015, respectivamente: 0,9872; 0,9792; 0,9900; 0,9575; 0,9878 e 0,9643; 0,9726. Enquanto que para o método em que foi utilizado somente a IM foram, respectivamente: 0,9902; 0,9891; 0,9880; 0,9555; 0,9898; 0,9735 e 0,9800.

Pode ser observado através das tabelas que, em geral, os índices Kappa Global são extremamente próximos quando comparados os dois diferentes métodos para o mesmo ano. Conforme Landis e Koch (1977), o índice global de todas as ocasiões de estudo

pode ser interpretado como excelente ($Kappa > 0,81$), apontando que ambos os métodos obtiveram, em geral, classificações apuradas.

O índice Kappa relacionado às categorias individualmente também apresentou, na maioria dos casos, comportamento excelente. Somente as classes Sombra e Solo Exposto apresentaram classificação diferente em poucas ocasiões. Em 1995, a classe Sombra de ambos os métodos apresentou classificação muito boa (Kappa entre 0,61 e 0,80). No ano de 2000, apenas Solo Exposto dos métodos analisados indicou classificação muito boa. A classe Solo Exposto indicou classificação razoável (Kappa entre 0,21 e 0,40) para ambos os métodos em 2015.

Os valores gerais de Kappa em todas as classificações realizadas com introdução do *NDVI* foram mais elevados que o encontrado por Santos et al. (2016) em mapeamento realizado no município de Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). Em seu estudo, os autores utilizaram o índice de vegetação e imagem orbital do sensor OLI (composta pelas bandas de 1 à 9) para a classificação por MaxVer. As estatísticas Exatidão Global e Kappa obtidos pelas classificações com utilização somente da Imagem Multiespectral indicam maior acurácia nos mapeamentos que o observado por Fernandes et al. (2015) em análise das mudanças do uso e cobertura de uma região localizada no Sergipe.

Os baixos valores encontrados para desacordo de quantidade e de alocação para ambos os métodos culminam em baixos índices de desacordo total (Tabela 25). Os resultados para essa medida de acurácia corroboram, assim como observado por Saito et al. (2016), o que foi demonstrado pelo índice Kappa. Desse modo, apenas os anos de 1995 e 2000 foram ligeiramente superiores quando utilizada a Imagem Multiespectral em combinação do índice de vegetação.

A comparação entre os Kappas Globais deste estudo evidencia que em duas ocasiões (1995 e 2000) o método que utiliza IM e *NDVI* foi ligeiramente superior ao segundo, enquanto que em quatro anos o Kappa Global do segundo método foi mais elevado. Todavia, conforme os resultados do teste Z, os diferentes métodos utilizados para a classificação supervisionada não apresentaram diferença estatística à 95% de probabilidade ($Z_{\alpha/2} = 1,96$). A tabela 24 evidencia os valores de Z de acordo com os anos do estudo.

Tabela 24 – Valores do teste Z de acordo com o ano do estudo

Ano	IM e <i>NDVI</i> *	Var. Kappa**	IM	Var. Kappa	Z***
1985	0,9819	$2,46 \times 10^{-5}$	0,9861	1,90E-05	0,6319
1990	0,9704	$4,07 \times 10^{-5}$	0,9844	2,17E-05	1,7779
1995	0,9857	$2,00 \times 10^{-5}$	0,9829	2,39E-05	0,4268
2000	0,9396	$8,09 \times 10^{-5}$	0,9369	8,41E-05	0,2137
2005	0,9821	$2,64 \times 10^{-5}$	0,9850	2,21E-05	0,4241
2010	0,9484	$7,30 \times 10^{-5}$	0,9616	5,49E-05	1,1656
2015	0,9585	$6,41 \times 10^{-5}$	0,9696	4,74E-05	1,05460

*IM = Imagem Multiespectral; *NDVI* = Normalized Difference Vegetation Index; **Variância Kappa;

***Valor crítico = 1,96 a 95% de probabilidade

Desse modo, é possível observar que a informação do índice de vegetação não causou alterações positivas ou negativas na classificação supervisionada por máxima verossimilhança na área de estudo, apesar do índice conter informações importantes relacionadas às formações florestais.

Tabela 25 – Desacordos de Quantidade, Alocação e Total para os diferentes métodos de classificação por Máxima Verossimilhança utilizados no estudo.

Método	Desacordo (%)		
	Quantidade	Alocação	Total
1985			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	0,7874	0,4921	1,2795
Imagem Multiespectral	0,7874	0,1969	0,9843
1990			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	1,2897	0,7937	2,0833
Imagem Multiespectral	0,5952	0,4960	1,0913
1995			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	0,5976	0,3984	0,9960
Imagem Multiespectral	0,6972	0,4980	1,1952
2000			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	2,1739	2,0751	4,2490
Imagem Multiespectral	1,7787	2,6680	4,4466
2005			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	0,2041	1,0204	1,2245
Imagem Multiespectral	0,3061	0,7143	1,0204
2010			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	1,7347	1,8367	3,5714
Imagem Multiespectral	1,4286	1,2245	2,6531
2015			
Imagem Multiespectral e <i>NDVI</i>	1,5823	1,1603	2,7426
Imagem Multiespectral	0,9494	1,0549	2,0042

4.2.2. Alterações no uso e cobertura da terra

Como visto anteriormente, não há diferença estatística entre a acurácia dos métodos utilizados para a classificação por Máxima Verossimilhança. Desse modo, foi escolhido o método mais convencional, em que é utilizada somente a Imagem Multiespectral para obtenção de mapeamento de uso e cobertura da terra.

As classificações foram submetidas ao removedor de ruídos para a eliminação de erros e conseqüente melhoria visual dos mapas. Portanto, os pixels isolados que não representam corretamente as tipologias foram reclassificados. Os valores de Exatidão Global para o método foram elevados após o processo sendo, respectivamente, de 1985 a 2015: 1; 0,9990; 0,9871; 0,9713; 0,9918; 0,9867; 0,9821. As tabelas a seguir indicam os valores de Kappa e Variância Kappa das classificações submetidas a removedor.

Tabela 26 – Kappa e Variância Kappa de 1985 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
FL	1,0000	0,00E+00	Excelente
PA	1,0000	0,00E+00	Excelente

PQ	1,0000	0,00E+00	Excelente
AU	1,0000	0,00E+00	Excelente
SE	1,0000	0,00E+00	Excelente
SO	1,0000	0,00E+00	Excelente
Geral	1,0000**	0,00E+00	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

Tabela 27 – Kappa e Variância Kappa de 1990 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe*	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
FL	1,0000	0,00E+00	Excelente
PA	1,0000	0,00E+00	Excelente
PQ	1,0000	0,00E+00	Excelente
AU	1,0000	0,00E+00	Excelente
SE	1,0000	0,00E+00	Excelente
SO	0,9490	2,46E-03	Excelente
NU	1,0000	0,00E+00	Excelente
Geral	0,9986**	2,01E-06	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; NU – Nuvem; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

Tabela 28 – Kappa e Variância Kappa de 1995 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe*	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
FL	1,0000	0,00E+00	Excelente
PA	1,0000	0,00E+00	Excelente
PQ	1,0000	0,00E+00	Excelente
AU	1,0000	0,00E+00	Excelente
SE	1,0000	0,00E+00	Excelente
SO	0,5450	1,24E-02	Boa
NU	0,4980	3,12E-02	Boa
Geral	0,9813**	2,61E-05	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; NU – Nuvem; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

Tabela 29 – Kappa e Variância Kappa de 2000 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe*	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
FL	1,0000	0,00E+00	Excelente

PA	0,9769	1,30E-04	Excelente
PQ	0,9333	1,03E-03	Excelente
AU	0,9640	1,37E-04	Excelente
SE	0,2485	2,33E-02	Razoável
SO	0,7810	6,21E-03	Muito boa
NU	1,0000	0,00E+00	Excelente
Geral	0,9590**	5,58E-05	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; NU – Nuvem; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

Tabela 30 – Kappa e Variância Kappa de 2005 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe*	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
FL	1,0000	0,00E+00	Excelente
PA	1,0000	0,00E+00	Excelente
PQ	0,9500	7,89E-04	Excelente
AU	1,0000	0,00E+00	Excelente
SE	0,8741	1,38E-02	Excelente
SO	0,6639	1,87E-02	Muito boa
Geral	0,9880**	1,78E-05	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

Tabela 31 – Kappa e Variância Kappa de 2010 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe*	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
FL	1,0000	0,00E+00	Excelente
PA	1,0000	0,00E+00	Excelente
PQ	1,0000	0,00E+00	Excelente
AU	0,9476	1,97E-04	Excelente
SE	1,0000	0,00E+00	Excelente
SO	1,0000	0,00E+00	Excelente
Geral	0,9807**	2,83x10 ⁻⁵	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

Tabela 32 – Kappa e Variância Kappa de 2015 após aplicação de removedor de ruídos em classificação por Máxima Verossimilhança com Imagem Multiespectral

Classe*	Kappa	Variância Kappa	Interpretação***
---------	-------	-----------------	------------------

FL	1,0000	0,00E+00	Excelente
PA	0,9883	6,70E-05	Excelente
PQ	0,8706	3,63E-03	Excelente
AU	0,9828	7,27E-05	Excelente
SE	0,2484	2,32E-02	Razoável
SO	0,9157	6,50E-03	Excelente
Geral	0,9728**	4,24E-05	Excelente

*FL – Floresta; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada; AU – Área Urbanizada; SE – Solo Exposto; SO – Sombra; **Kappa Global; ***Interpretação conforme Landis e Koch (1977)

O processo de filtragem dos mapeamentos elevou, como observado nas tabelas de 26 à 32, os índices globais de todas as classificações de uso e cobertura da terra. Desse modo, os resultados tornam-se mais precisos e confiáveis. Somente foi observado a piora do Kappa nas Classes Solo Exposto e Sombra do ano de 2000 e Solo Exposto de 2015. A filtragem teve efeito negativo nas classes pelo fato de seus tamanhos reduzidos, sendo que o removedor de ruídos possivelmente interpretou alguns pixels como casos isolados e os reclassificou. Apesar disso, as classificações das tipologias continuaram satisfatórias.

A Tabela 33, a seguir, demonstra assim como o índice Kappa, que o removedor de ruídos utilizado nas classificações reduziu a quantidade de erro. Apenas foi observado o aumento de desacordo total para a classificação de 1995, em que foi elevado o desacordo de quantidade e conseqüentemente o valor total. O desacordo de quantidade aumentou, pois algumas classes foram superestimadas pelo mapa de comparação em relação ao mapa de referência (validação). Possivelmente o fato ocorre pela redução, por meio da remoção de ruídos, de área de classes com dimensões reduzidas no mapa como Sombra e Nuvem e a conseqüente reclassificação indevida das mesmas e o aumento de outras classes.

Tabela 33 – Desacordos de Quantidade, Alocação e Total para as classificações por Máxima Verossimilhança com utilização de Imagem Multiespectral e removedor de ruídos

Ano	Desacordo (%)		
	Quantidade	Alocação	Total
1985	0,0000	0,0000	0,0000
1990	0,0992	0,0000	0,0992
1995	1,2948	0,0000	1,2948
2000	1,2846	1,5810	2,8656
2005	0,8163	0,0000	0,8163
2010	1,3320	0,0000	1,3320
2015	0,9494	0,8439	1,7932

A Figura 8 demonstra as flutuações das áreas de cada classe de uso e cobertura da terra, obtidas pelos mapas submetidos ao removedor de ruídos. No ano de 2000 pode ser observado decréscimo de Área Urbanizada, que pode ser explicado pela confusão entre a classe e Pastagem, o que superestimou a segunda subestimou a primeira. Além disso, houve aumento das tipologias Sombra e Nuvem para o ano, as quais estão localizadas principalmente sobre Área Urbanizada, reduzindo a sua representatividade

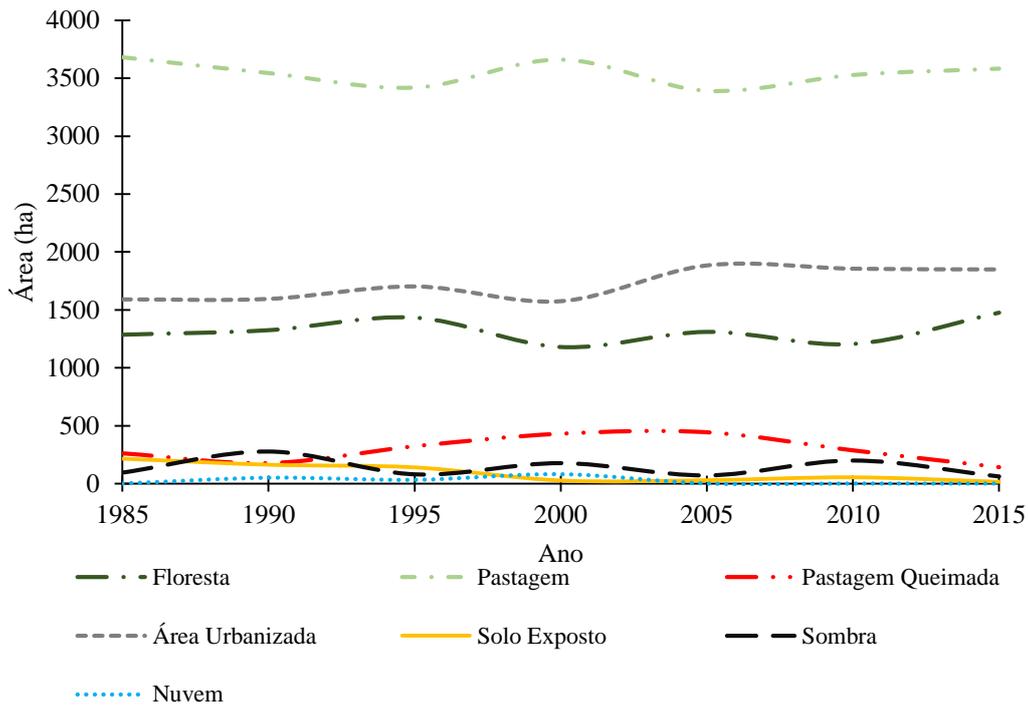


Figura 8: Alterações no uso e cobertura da terra na ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km ao decorrer de três décadas.

Foi registrado aumento da área ocupada por Florestas entre 1985 e 1995 com o conseqüente decréscimo de Pastagem no local. Entretanto, no período compreendido entre 1995 e 2000 é observado um decréscimo de aproximadamente 250 ha de Floresta, que foi substituído principalmente por Pastagem e Pastagem Queimada.

A partir de 2000 até 2005 é observado novamente o acréscimo de Floresta, que pode ser explicado pelo surgimento de novos fragmentos e regeneração natural das bordas de fragmentos existentes e corrobora com o aumento das médias do *NDVI* (Tabela 10). Entre 2005 e 2010 é indicado outro grande desflorestamento da área, sendo perdidos aproximadamente 100 ha do ano de 2005. De 2010 para 2015 é observado o surgimento de pequenas áreas de Floresta, provavelmente no estágio inicial de desenvolvimento.

Para que seja possível entender melhor as alterações do uso e cobertura da terra, se faz necessário observar a distribuição espacial das classes, dessa forma seguem as figuras das cenas de 1985 à 2015 (Figuras 9 à 15).

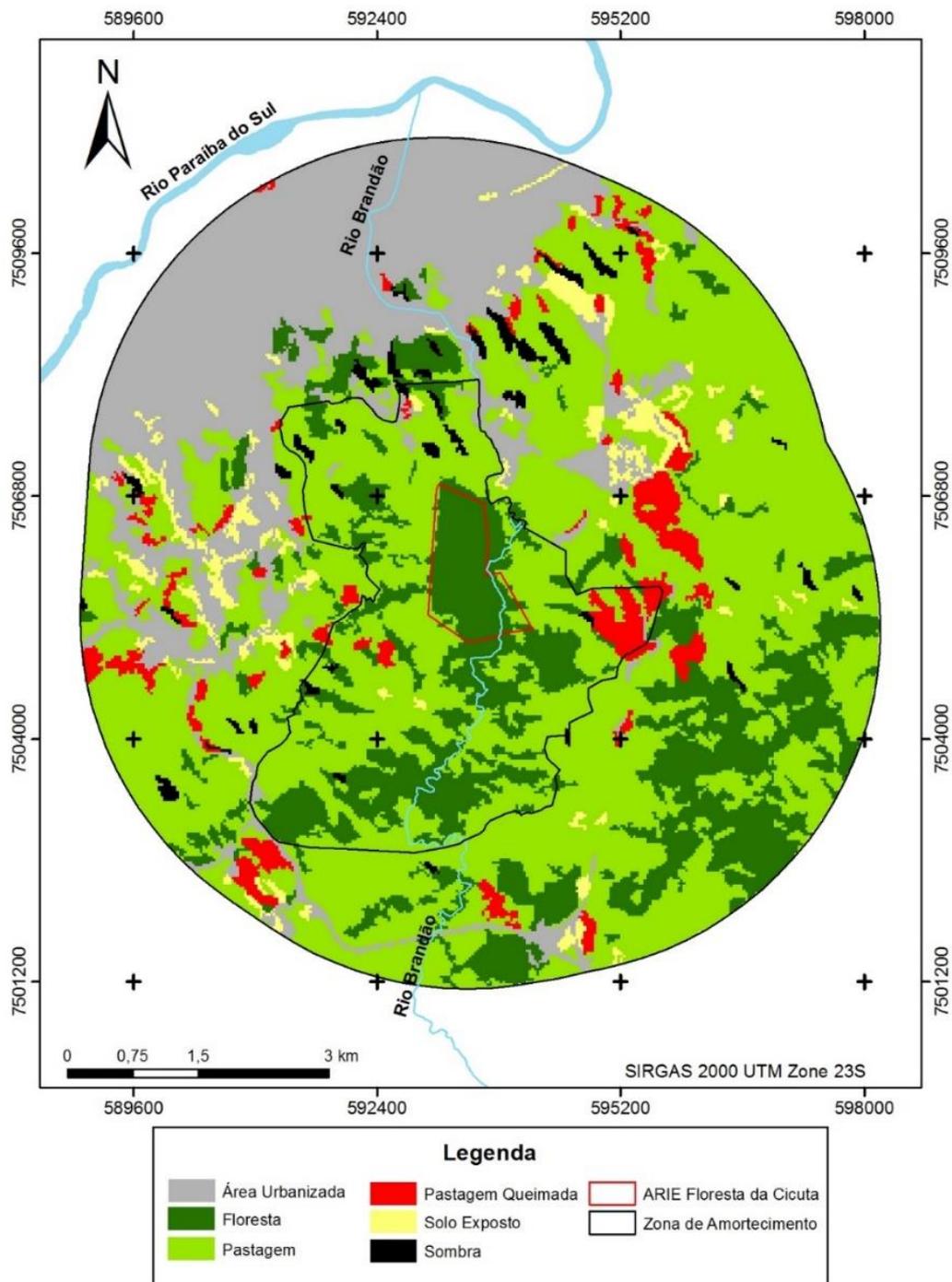


Figura 9: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 1985 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

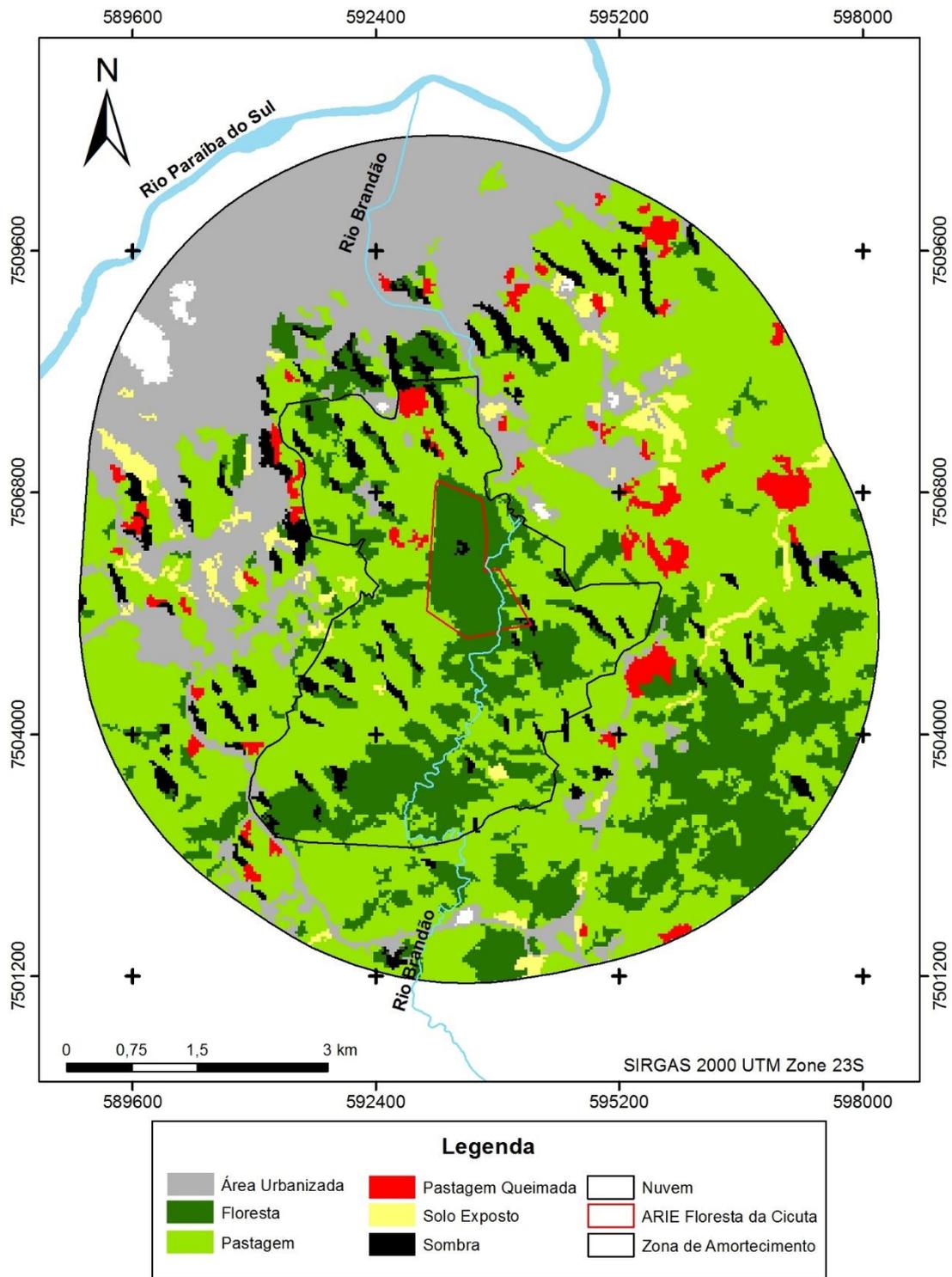


Figura 10: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 1990 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

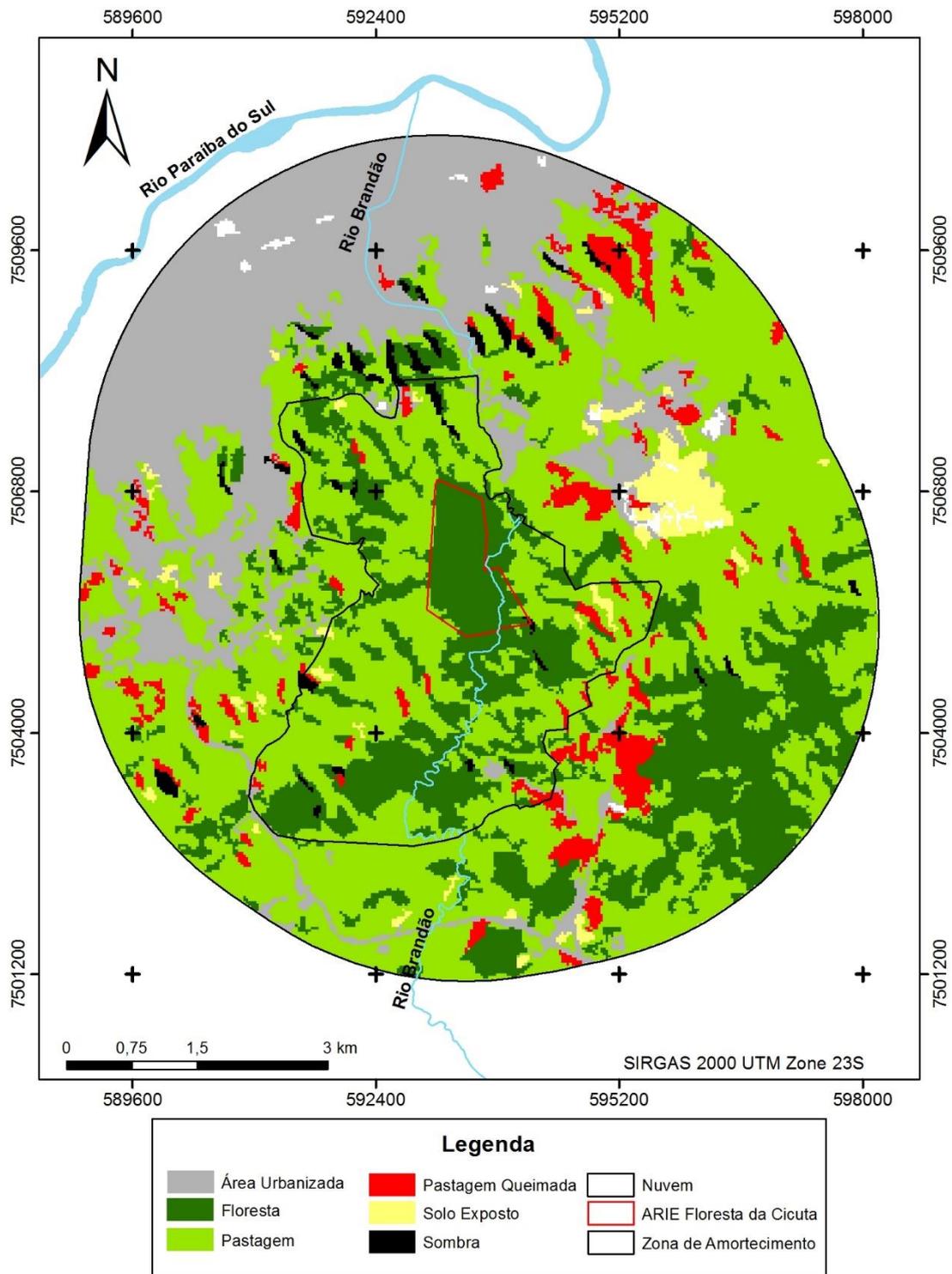


Figura 11: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 1995 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

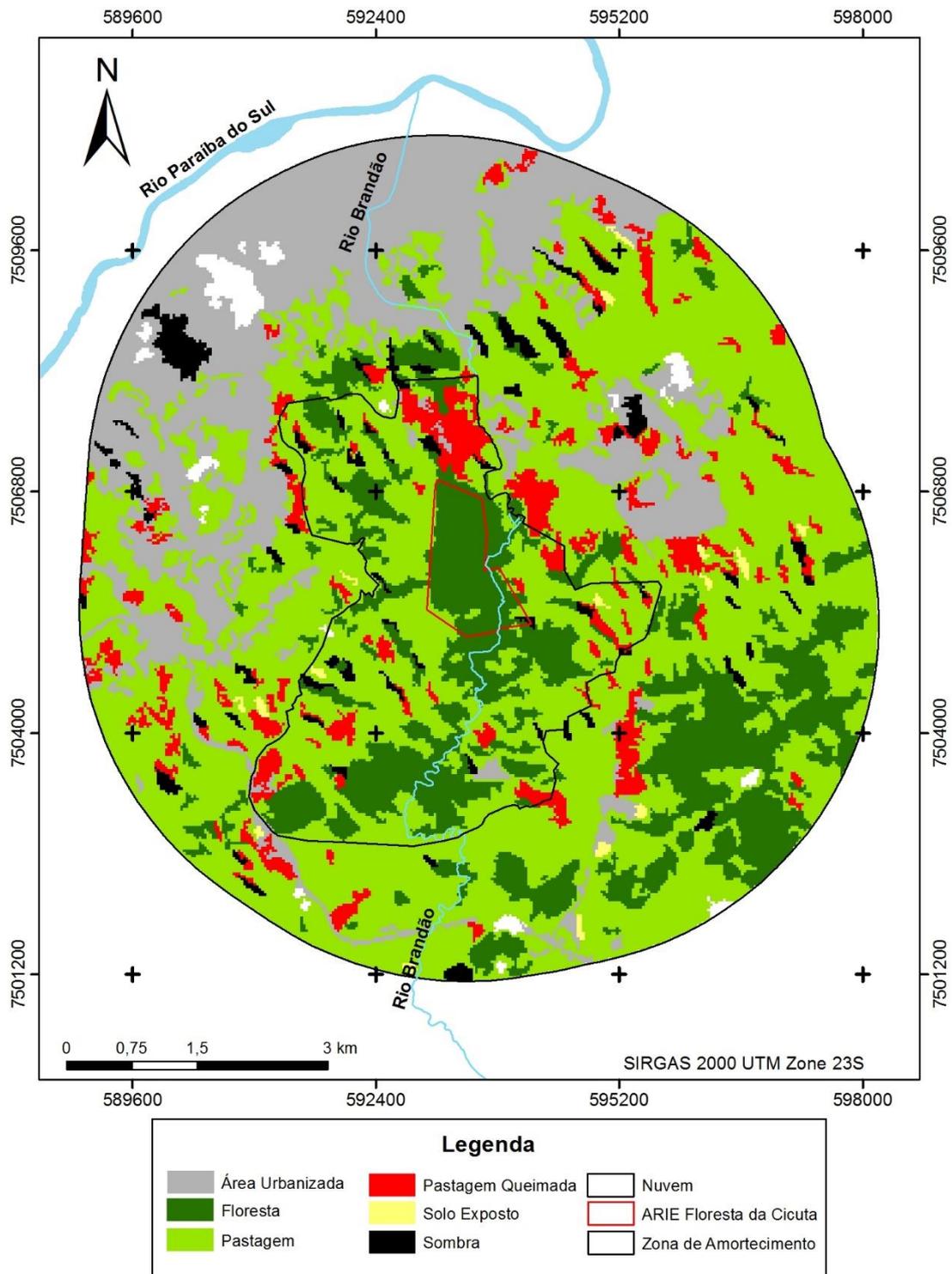


Figura 12: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2000 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

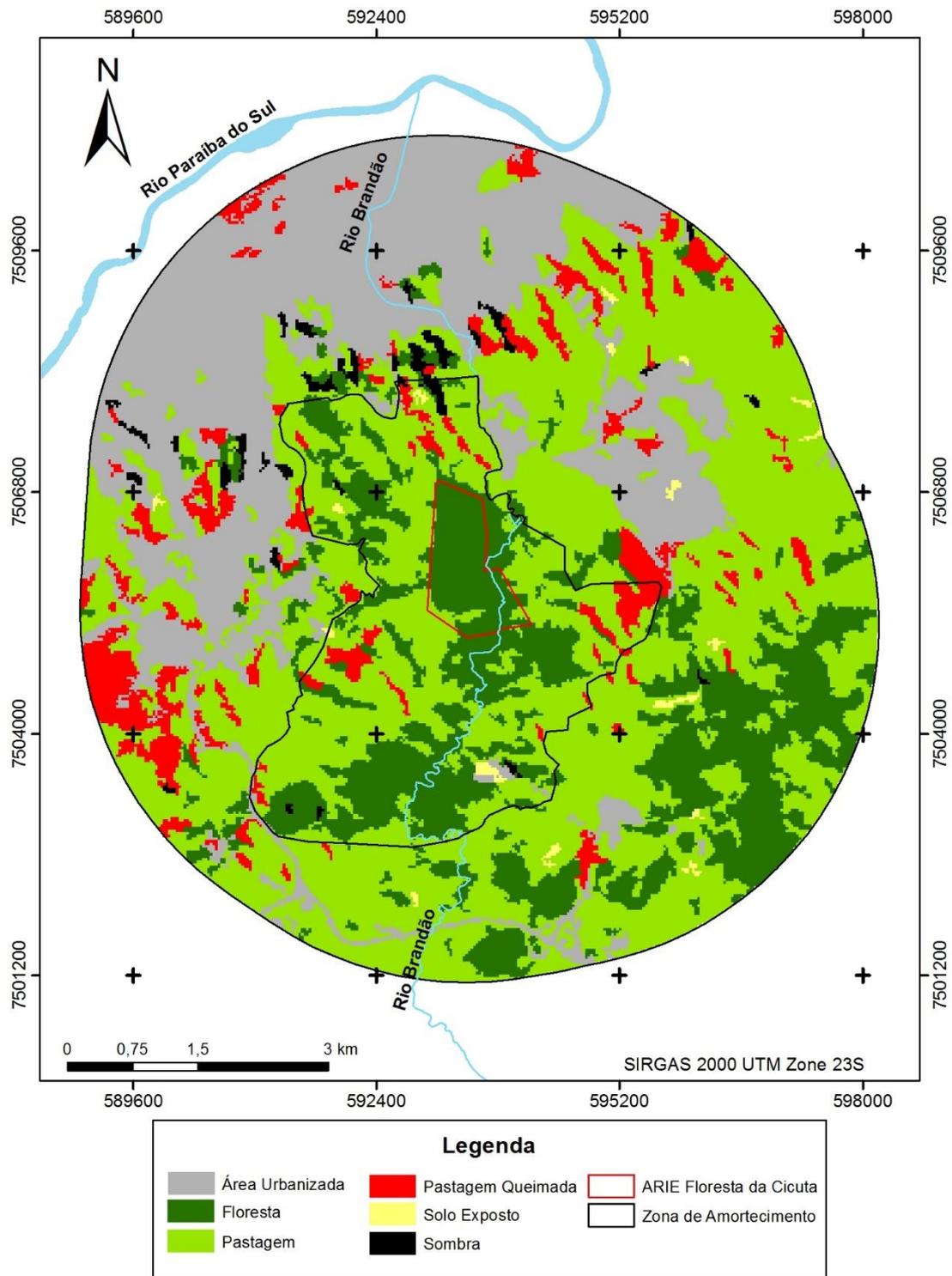


Figura 13: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2005 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

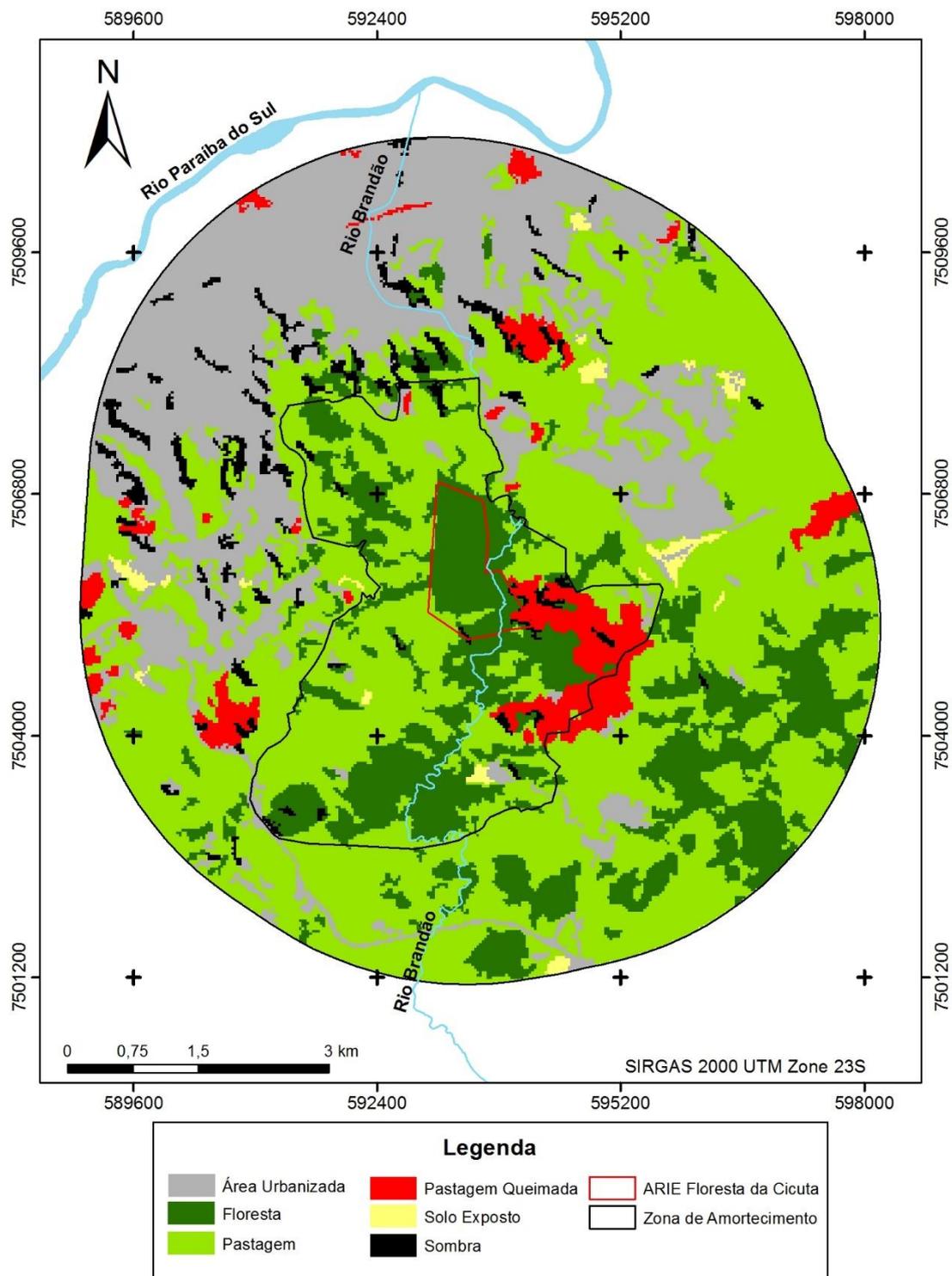


Figura 14: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2010 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

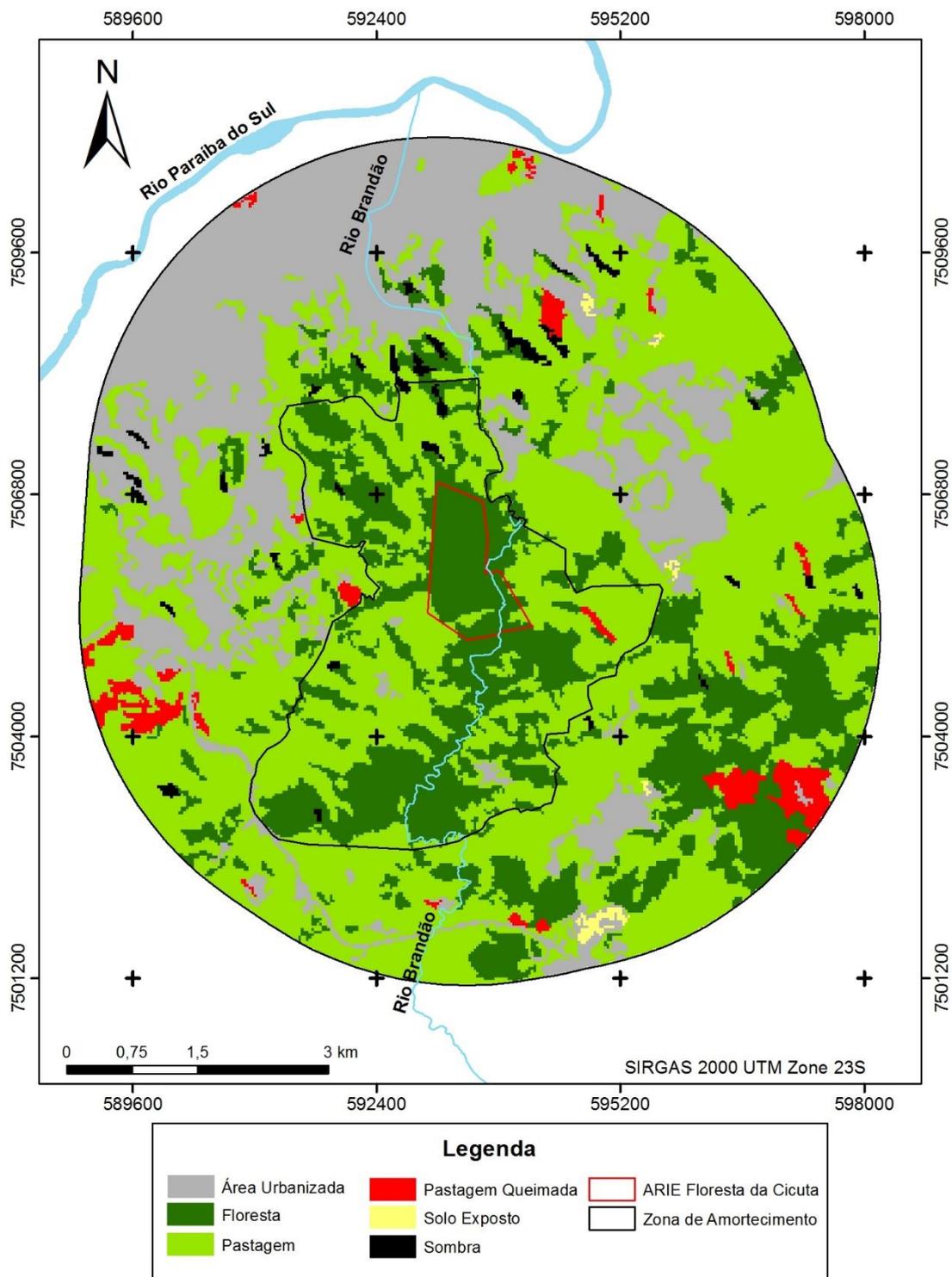


Figura 15: Uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno de 4 km no ano de 2015 (zona de amortecimento proposta em 2016 pelo Plano de Manejo da unidade de conservação).

A partir dos mapeamentos se torna possível observar a ocorrência espacial de cada classe. Foi inserida nos mapeamentos a proposta de Zona de Amortecimento dada pela equipe da unidade de conservação em 2016, a fim de se observar o desenvolvimento da área de acordo com as suas alterações de uso e cobertura.

Entre os anos de 1985 e 1995 (Figuras 9, 10 e 11) é observado indicativo de expansão da Área Urbanizada pelo surgimento, tanto em Barra Mansa quanto em Volta Redonda, de áreas de Solo Exposto próximas às regiões urbanas. Entre 1990 e 1995 pode ser observado o surgimento, onde antes era Pastagem, de cerca de 90 ha de Solo Exposto, que dista cerca de 1,5 km ao leste dos limites da ARIE. A área foi destinada à expansão do bairro Casa de Pedra no município de Volta Redonda, e o mapa de 2000 demonstra que a mesma já se encontrava consolidada nesse ano.

Entre os anos de 2000 e 2015 (Figuras 12, 13, 14 e 15) não são observadas grandes alterações espaciais de áreas urbanizadas no local de estudo. A urbanização se desenvolveu de forma bem distribuída por toda região, havendo expansão dos núcleos urbanos já existentes.

As classes Pastagem e Floresta estão intimamente ligadas e pode ser observado pelos mapeamentos que, geralmente, quando há desflorestamento a área de Floresta é alterada por Pastagem. Existe um grande fragmento ao sudeste da ARIE Floresta da Cicuta e fora dos limites da proposta da zona de amortecimento que, assim como o restante da área estudo, está submetido a alterações em suas medidas. Desse modo, é observado que de 1985 à 1995 o fragmento é expandido e, a partir de 2005, há decréscimo em seus limites. Pode ser observado claramente pelos mapas que ocorre desflorestamento de grande parte de sua vegetação, sendo que em 2015 a área que foi transformada em Pastagem é submetida ao fogo.

Conforme indicado por Bacani (2016), em Bodoquena (MS), os locais próximos a assentamentos rurais e rodovias estavam associados às maiores densidades de focos de calor. Segundo Gobbo et al. (2016), os focos na zona de amortecimento do Parque Nacional do Caparaó (ES) foram mais presentes em beiras de estradas, pastagens, capoeiras e próximo a fragmentos florestais. Dessa forma, é possível inferir que, além das condições naturais, uma das principais causas de incêndios está vinculada à presença antrópica. Como a ARIE está intimamente ligada a atividade antrópica, podem ser observados casos de incêndios distribuídos em todos os mapeamentos.

As áreas de Pastagem Queimada são significativas e observadas em todas as sete ocasiões entre 1985 e 2015. Em 2000 e 2005 podem ser observadas as maiores extensões da classe (>400 ha), em que muitas pastagens submetidas ao fogo se encontram muito próximas da área de conservação. No ano de 2000 existem grandes Pastagens Queimadas que distam menos de 200 m da ARIE.

Em 2010 a situação de queimadas é ainda mais alarmante em relação à ARIE, pois, apesar das pastagens queimadas serem reduzidas em aproximadamente 150 ha (em comparação com 2005) é registrada ocorrência de fogo em uma área de cerca de 148 ha ao leste da unidade, no município de Volta Redonda. A Figura 14 evidencia que parte da ocorrência do fogo adentrou os limites da Floresta da Cicuta, promovendo a queima de pastagem presente nas bordas do fragmento florestal.

Os danos provocados pelo fogo em uma floresta localizada na Amazônia brasileira demonstram que quanto menor a classe diamétrica dos indivíduos vegetais, maiores os impactos e taxas de mortalidade (ARAUJO et al., 2013). Portanto, os incêndios associados à Floresta da Cicuta e seu entorno podem interferir principalmente no estabelecimento de áreas em estágio inicial de regeneração, em que os indivíduos apresentam menores diâmetros, impedindo o desenvolvimento desses ambientes e prejudicando o estabelecimento de florestas na UC e seu entorno.

As Figuras 16 e 17 assinalam, respectivamente, as alterações do uso e cobertura da terra na área para a qual foi proposta a zona de amortecimento e somente para a área interna oficial da ARIE.

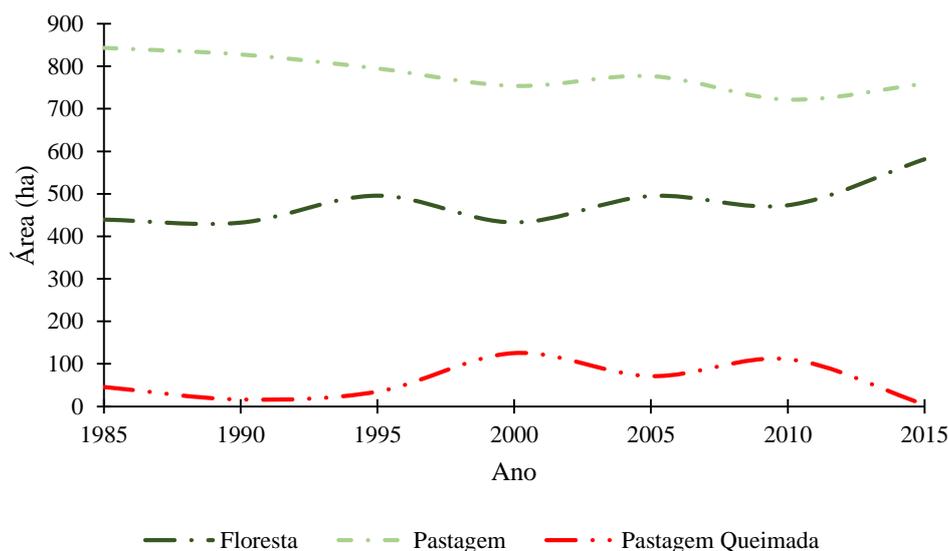


Figura 16: Alterações nas classes Floresta, Pastagem e Pastagem Queimada nos limites da zona de amortecimento proposta para a ARIE Floresta da Cicuta (Rio de Janeiro, Brasil) em um período de 30 anos (1985 à 2015).

A figura 16 demonstra a tendência geral de decréscimo das áreas de Pastagem e acréscimo das áreas de Floresta para a região proposta como zona de amortecimento. Sendo que no ano de 1985 a segunda classe ocupava cerca de 440 ha, chegando a ocupar em 2015 aproximadamente 580 ha. A tipologia Pastagem Queimada apresenta em 2000 e 2010 as suas maiores ocupações de área no local, sendo que no primeiro ano as pastagens submetidas ao fogo se encontram mais distribuídas. Em 2010 é verificada a ocorrência do incêndio concentrado que adentrou os limites da UC.

Caso seja aprovada a zona de amortecimento proposta para a ARIE Floresta da Cicuta, as propriedades localizadas em seus limites deverão se adequar às normas dispostas conforme o Plano de Manejo (PM) da unidade (ICMBio, 2016). Segundo o plano, para minimizar a ocorrência de fogo será proposta a manutenção de aceiros por parte dos proprietários que se encontram nos limites da Cicuta.

De acordo com o PM, a vegetação nativa que ocorra em Áreas de Preservação Permanente (APPs) deverá ser mantida e, quando necessário, recuperada. Os fragmentos florestais deverão ser recuperados para o aumento de suas conectividades. É necessário o estabelecimento de reserva legal nas propriedades que não estejam regularizadas, sendo que a mesma deverá ser alocada preferencialmente nos limites da ARIE, para que seja estabelecida conectividade com a unidade de conservação.

O Plano Diretor da cidade de Volta Redonda (Volta Redonda, 2008) define a ARIE Floresta da Cicuta como pertencente à Zona de Preservação Ambiental, junto ao Parque Natural Municipal Fazenda Santa Cecília do Ingá, que fica aproximadamente 12 km ao norte da Cicuta. O Plano em questão não dispõe sobre possível definição de zona de amortecimento para a unidade de conservação. De acordo com o documento, a unidade está localizada próxima da Zona de Expansão Urbana, Zona Urbana Consolidada e Zona de Conservação do Verde da cidade.

Segundo o Plano Diretor do município de Barra Mansa (Barra Mansa, 2006a, 2006b, 2006c, 2006d) a ARIE está em área prioritária de preservação. Além disso, o documento define que seria estabelecido Setor Especial do Entorno da Cicuta, que deveria ser objeto de planejamento urbanístico específico em acordo entre a prefeitura

e os proprietários das áreas. Desse modo, deveria ter sido definida zona de amortecimento na época, em que seriam propostos mecanismos de reflorestamento e salvaguardaria a continuidade dos fragmentos florestais em seus limites.

Paolino et al. (2016) apontaram a utilização da zona de amortecimento de uma ESEC por espécies de mamíferos, incluindo espécies consideradas prioritárias para conservação. De acordo com os autores, a pesquisa demonstra a necessidade de estratégias de gestão que sejam aplicadas nas zonas de amortecimento de UCs. Avaliando também a utilização de ZA de um PARNA da Colômbia por mamíferos, Cáceres-Martínez et al. (2016), registraram número significativo de espécies e indicaram a alteração do uso da terra como uma das principais ameaças aos animais.

De acordo com o PM da ARIE, projetos de recuperação florestal foram implementados no entorno da Floresta da Cicuta, como um projeto de 40 ha (iniciado em 2010) ao sul da UC e nos limites da proposta da zona de amortecimento para a recuperação de áreas degradadas, podendo garantir o fluxo gênico entre a unidade e fragmentos de vegetação ao entorno. Entretanto, segundo o documento, as vistorias realizadas na área demonstraram que a execução do projeto foi aquém do esperado. Apesar de não apresentar a eficácia almejada, uma análise da região onde foi implantado o projeto evidencia que, de 2010 à 2015, a classe Floresta na classificação aumentou em cerca de 13 ha. Desse modo o reflorestamento contribuiu ligeiramente para o aumento de floresta na área de estudo.

Conforme o Plano de Manejo (ICMBio, 2016) foi realizado mapeamento de Área de Preservação Permanente (APP), a pedido do Ministério Público Federal, do rio Brandão – que cruza os limites da unidade - em que a área total possível de ser reflorestada pelos proprietários das terras é equivalente a 196 hectares ao longo do curso do rio.

Após analisar as alterações de uso e cobertura da terra somente ao entorno da Floresta da Cicuta, se faz necessária a apresentação das variações observadas para o interior da unidade de conservação. Portanto, a Figura 17 dispõe sobre a flutuação, em 30 anos, das tipologias presentes na área de cerca de 125 ha da ARIE.

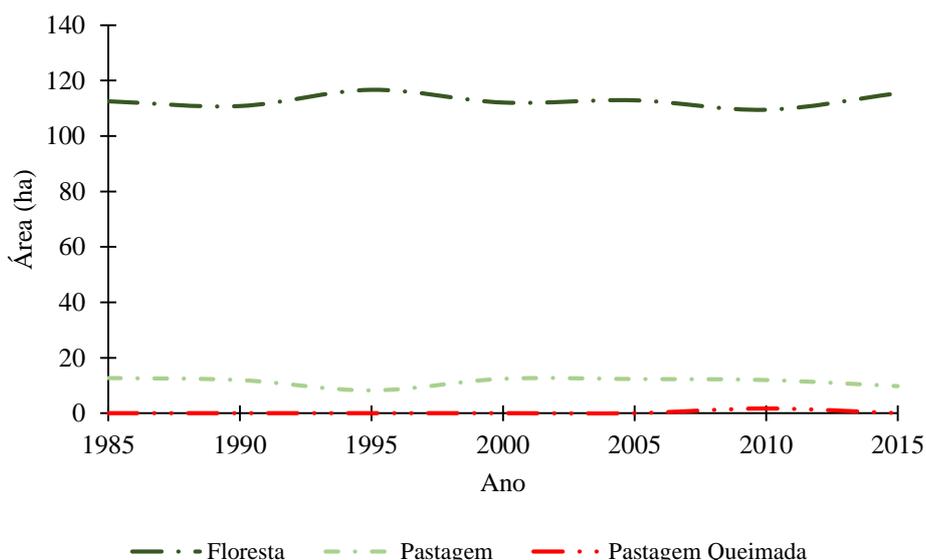


Figura 17: Alterações nas classes Floresta, Pastagem e Pastagem Queimada no interior da ARIE Floresta da Cicuta (RJ, Brasil) em um período de 30 anos.

Entre os anos de 1985 e 1990 pode ser observado uma pequena redução na área de Floresta, entretanto o fato pode ser explicado pela presença de cerca de 2,5 ha de sombra de nuvem sobre a formação, enquanto que a área de Pastagem se mantém praticamente estável. Em 1995 pode ser observado o acréscimo de cerca de quatro hectares de Floresta em comparação ao ano de 1985, e a redução de pastagem é evidente. Através da Figura 11 pode ser observada ligeira expansão das bordas do fragmento.

Em 2000 o fragmento florestal reduz novamente em cerca de dois hectares e pode ser observado pela Figura 12 o surgimento de uma clareira de cerca de 1,2 ha ao sul da UC. A área do fragmento é praticamente mantida em 2005 (aproximadamente 112 ha), porém pode ser notada a evolução da clareira de cerca de 1,2 ha para aproximadamente 2,6 ha. No ano de 2010 há redução de Floresta, que pode ser explicada pela presença de dois hectares de sombra, algum avanço em Pastagem e pelo surgimento de 1,7 ha de Pastagem Queimada no interior da ARIE que, atingindo as bordas do fragmento, exerceu influência em algumas áreas provavelmente em regeneração (Figura 14).

Por fim, em 2015 a ARIE Floresta da Cicuta apresentava, em seus 125 ha, cerca de 115 ha de floresta e 10 ha de Pastagem. As áreas antropizadas com vegetação herbácea, no ano referido, se apresentavam ao sul dos limites da unidade de conservação. As áreas que apresentavam cobertura de Pastagem em 2015 estão nos limites da Zona de Recuperação definida pelo zoneamento da ARIE (ICMBIO, 2016).

Conforme o Plano de Manejo da Cicuta, existem áreas no interior e entorno da ARIE a serem reflorestadas por um acordo firmado em um termo de compromisso referente ao ano de 2008. As áreas intercedem a tipologia Pastagem, ao leste do limite inferior, que pode ser observada através dos mapeamentos.

5. CONCLUSÕES

O entorno da ARIE Floresta da Cicuta esteve submetido ao crescimento urbano desde a criação da unidade até o ano de 2005, a partir do qual foi constatada tendência de estabilização da classe. Entre os anos de 1995 e 2000 foi registrado o maior desenvolvimento concentrado de área urbanizada próxima à ARIE, em que foi verificado o estabelecimento de aproximadamente 90 hectares de um bairro, em cerca de 1,5 km de distância do seu limite oficial.

Os mapas apontam que a UC esteve submetida à pressão por incêndios em Pastagem, provavelmente de origem antrópica, em todas as ocasiões do estudo. Os incêndios podem exercer influência negativa no estabelecimento de áreas em regeneração natural na Floresta da Cicuta e seu entorno, o que pode indicar a importância de ser instituída a zona de amortecimento para a unidade.

A cobertura florestal da UC e seu entorno sofreu com oscilações durante o período de tempo avaliado, contudo pode ser observado acréscimo de cerca de 200 ha na área em geral, quando são comparados os anos de 1985 e 2015. Há tendência de crescimento de floresta na proposta de zona de amortecimento (ICMBIO, 2016), outro indicativo para o estabelecimento dessa unidade territorial nos limites da Floresta da Cicuta. O estudo demonstra que a cobertura florestal no interior da UC não sofreu grandes alterações em três décadas, se mantendo por volta de 112 ha de extensão.

O presente trabalho evidencia que a utilização de Imagem Multiespectral dos sensores TM e OLI em combinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) não exerce influência na acurácia de classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança. Portanto, podem ser utilizados ambos os métodos para a avaliação do uso e cobertura da terra de uma região em estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEVAP – ASSOCIAÇÃO PRÓ GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Relatório de Gestão da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul**. Resende, 2016, 67p.

ALVES, S. L.; ZAU, A. S. A importância da área de relevante interesse ecológico floresta da cicuta (RJ) na conservação do Bugio-Ruivo (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940). **Revista Universidade Rural**, série ciências da vida, Seropédica, v.25, n.1, p.41-48, 2005.

ARAUJO, H. J. B.; OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, S. S.; CORREIA M. F. Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em uma floresta primária no estado do Acre, Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.297-308, 2013.

BACANI, M.V. Geoprocessing applied to risk assessment of forest fires in the municipality of bodoquena, mato grosso do sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v.40, n.6, p.1003-1011, 2016.

BASTOS NETO, O. J.; OLIVEIRA, E. G. R.; SOUZA, D. P.; MELLO, B. F.; AMORIM, T. O. S.; GOMES, K. C. P.; ANDRIOLO, A. Mamíferos de um fragmento florestal particular periurbano de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**, v.11, n.3, p.269-276, 2009.

BARBOSA, D. R. **Diagnóstico do solo de fragmento de Mata Atlântica em área urbana**. 2015. 123f. Dissertação (Pós-graduação em Tecnologia Ambiental). Polo universitário de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda. 2015.

BARRA MANSA. Lei complementar nº 48, de 06 de dezembro 2006. **Boletim Informativo Oficial da Prefeitura Municipal de Barra Mansa**, Barra Mansa, ano VI, nº 293, 2006a.

BARRA MANSA. Lei complementar nº 49, de 06 de dezembro 2006. **Boletim Informativo Oficial da Prefeitura Municipal de Barra Mansa**, Barra Mansa, ano VI, nº 293, 2006b.

BARRA MANSA. Lei complementar nº 50, de 06 de dezembro 2006. **Boletim Informativo Oficial da Prefeitura Municipal de Barra Mansa**, Barra Mansa, ano VI, nº 293, 2006c.

BARRA MANSA. Lei complementar nº 51, de 06 de dezembro 2006. **Boletim Informativo Oficial da Prefeitura Municipal de Barra Mansa**, Barra Mansa, ano VI, nº 293, 2006d.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Casa Civil, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Lei nº 11.516, de 28 agosto de 2007. **Diário Oficial da União**, Casa Civil, Brasília, DF, 18 jul. 2007.

- CÁCERES-MARTINEZ, C. H.; RINCÓN, A. A.; GONGÁLEZ-MAYA, J. F. Terrestrial medium and large-sized mammal's diversity and activity patterns from Tamá National Natural Park and buffer zone, Colombia. **Therya**, México, v.7, n.2, p.285-298, 2016.
- CAMPALINI, M.; PROCHNOW, M. 2006. Mata Atlântica - uma rede pela floresta. **RMA**: Brasília, 334p.
- CARVALHO, W. D.; PEDROZO, A. R.; BIAVATTI, T.; COSTA, L. M.; ESBERÁRD, C. E. L. Predação ou necrofagia de *Alouatta guariba clamitans* por *Leopardus pardalis*? **Neotropical Primates**, v.21, n.2, p.211-213, 2014.
- COELHO, M. A. N.; BAUMGRATZ, J. F. A.; LOBÃO, A. Q.; SYLVESTRE, L. S.; TROVÓ, M.; SILVA, L. A. E. Flora do estado do Rio de Janeiro: avanços no conhecimento da diversidade. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.68, n.1, p.1-11, 2017.
- COLOMBO, A. F.; JOLY, C.A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.3, p.697-708, 2010.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data**: Principles and Practices. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2009.
- CARRILHO, M. J. Fazendas de café oitocentistas no Vale do Paraíba. **Anais do Museu Paulista**: São Paulo, v.14, n.1, p.59-80, 2006.
- COSTA, E. M.; ANTUNES, M. A. H.; DEBIASI, P.; ANJOS, L. H. C. Processamento de imagens RapidEye no mapeamento de uso do solo em ambiente de Mar de Morros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1417-1427, 2016.
- DANELICHEN, V. H. M.; BIUDES, M.S.; SOUZA, M.C.; MACHADO, N. G.; SILVA, B. B.; NOGUEIRA, J. S. Estimation of soil heat flux in a neotropical wetland region using remote sensing techniques. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.4, p.469-48, 2014.
- ESPAÑA-BOQUERA, M. S.; CHAMPO-JIMÉNEZ, O. Proceso de deforestación en el municipio de Cherán, Michoacán, México (2006-2012). **Madera y Bosques**, México, vol.22, n.1, p.141-153, 2016.
- FARIA, M. J. B.; ZAUÍ, A. S.; SOUZA, G. R.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, S. P.; ALVES, S. L. Efeitos de borda na ARIE Floresta da Cicuta, um fragmento de floresta atlântica do município de Volta Redonda/RJ. In: XI Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ. **Anais**. Seropédica: UFRRJ, 2005, p.107-112.
- FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.4, p.472-482, 2015.

FERREIRA, S. J. F.; MIRANDA, S. A. F.; MARQUES FILHO, A. O.; SILVA, C. C. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.42, n.4, p.533-540, 2012.

FONSECA, C. R.; CARVALHO, F. A. Aspectos florísticos e fitossociológicos da comunidade arbórea de um fragmento urbano de Floresta Atlântica (Juiz de Fora, MG, Brasil). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.5, p.820-832, 2012.

GOBBO, S. D. A.; GARCIA, R. F.; AMARAL, A. A.; EUGENIO, F. C.; ALVAREZ, C. R. S.; LUPPI, A. S. L. Uso da Terra no Entorno do PARNA-Caparaó: Preocupação com Incêndios Florestais. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.3, p.350-361, 2016.

GOERGEN, L. C. G.; KILCA, R. V.; NARVAES, I. S.; SILVA, M. N.; SILVA, E. A.; PEREIRA, R. S.; ADAMI, M. Distinção de espécies de eucalipto de diferentes idades por meio de imagens TM/Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.1, p.53-60, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas:** malhas digitais. Brasil, 2016. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 05 set. 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010:** Resultados gerais da amostra. Brasil, 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_gerais_amostra/resultados_gerais_amostra_tab_uf_xls.shtm. Acesso em: 30 jan. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades.** Brasil, 2017a. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=330040&search=||info%gr%Elficos:-hist%F3rico>. Acesso em 20 fev. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades.** Brasil, 2017b. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330395>. Acesso em 20 fev. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de população para 1º de julho de 2015.** Brasil, 2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm. Acesso em: 18 jan. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Clima do Brasil.** Brasil, 2002. 1 mapa. Escala: 1: 5.000.000. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf. Acesso em: 03 jan. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Vegetação do Brasil.** Brasil, 2004. 1 mapa. Escala: 1: 5.000.000. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf. Acesso em: 03 jan. 2017.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das Unidades de Conservação Federais.** Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>. Acesso em: 09 set. 2016.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** Brasil, 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 02 jan. 2017.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manuais:** tutorial de geoprocessamento. Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>. Acesso em: 17 fev. 2017.

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION NATURE. **Wilderners Protected Areas:** Management guidelines for IUCN Category 1b protected areas. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. 92 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. 2ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598p

JUNGES, A. H.; BREMM, C. FONTANA, D. C.; OLIVEIRA, C. A. O.; SCHAPARINI, L. P. S.; CARVALHO, P. C. F. Temporal profiles of vegetation indices for characterizing grazing intensity on natural grasslands in Pampa biome. **Scientia Agricola**, Brasil, v.73, n.4, p.332-337, 2016.

LANDIS, J.R., KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**. V. 33, p.159–174, 1977. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2529310?seq=5#page_scan_tab_contents. Acesso em: 28 mar. 2017.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation.** United States of America: Willey, 2004.

LIU, J. G.; MASON, P. J. **Essential image processing and GIS for remote sensing.** Chinchester: Willey-Blackwell, 2009.

LU, D.; WENG, Q.; MORAN, E.; LI, G.; HETRICK, S. Remote Sensing Image Classification. In: Weng, Q. (editor). **Advanced in Environmental Remote Sensing: Sensors, Algorithms, and Applications.** Boca Raton, FL: CRC Press, 2011, p.220-234.

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R. Valorização ambiental e geotecnologias: integração entre ciências sociais e geociências. **Revista Brasileira de Cartografia**, e.e., n.68, p.253-262, 2016.

MARTINS, P. T. A.; WANDERLEY, L. L. Dinâmica de ocupação espacial de áreas contíguas (período 1987-2008) e sua relação com tensores de origem antrópica no

manguezal do rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.21, n.2, p.77-89, 2009.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de Áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v.9, n.1, p.41-64, 2006.

MELLO, K; TOPPA, R. H.; CARDOSO-LEITE, E. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between Atlantic forest and cerrado. **Cerne**, Sorocaba, v.22, n.3, p.277-288, 2016.

MENESES, P. R., ALMEIDA, T. **Processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: 2012.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Protegidas**. Brasil, 2017a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas>. Acesso em: 30 jan. 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Glossário**. Brasil, 2017b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-por-uc>. Acesso em: 30 jan. 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Glossário**. Brasil, 2017c. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/glossario>. Acesso em: 30 jan. 2017.

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

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 422p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.

NUNES, E. J. S.; SILVA, E. P.; SOUZA, E.; ROCHA FILHO, J. A.; SILVA, D. S. N. Geotecnologias no diagnóstico de conflitos de uso do solo de uma microbacia do município de Alta Floresta – MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.3, p.689-697, 2015.

OLIVEIRA, E. V. S.; GOMES, L. A.; DÉDA, R. M.; MELO, L. M. S.; SILVA, A. C. C.; FARIAS, M. C. V.; PRATA, A. P. N. Floristic survey of the Mata do Junco Wildlife Refuge, Capela, Sergipe State, Brazil. **Hoehnea**, v.43, n.4, p.645-667, 2016.

OLIVEIRA, L. F. P.; OLIVEIRA, M. L. R.; GOMES, F. S.; SANTANA, R. C. Estimating foliar nitrogen in *Eucalyptus* using vegetation indexes. **Scientia Agricola**, v.74, n.2, p.142-147, 2017.

PAOLINO, R. M.; VERSIANI, N. F.; PASQUALOTTO, N.; RODRIGUES, T. F.; KREPSCHI, V. G.; CHIARELLO, A. G. Buffer zone use by mammals in a Cerrado protected area. **Biota Neotropica**, v.16, n.2, 2016.

PARANHOS FILHO, A. C.; MOREIRA, E. S.; OLIVEIRA, A. K. M.; PAGOTTO, T. C. S.; MIOTO, C. L. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p.69-76, 2014. Edição especial.

PEREIRA, S. N.; DIAS, D.; LIMA, I. P.; MAAS, A. C. S.; MARTINS, M. A.; BOLZAN, D. P.; FRANÇA, D. S.; OLIVEIRA, M. B.; PERACCHI, A. L.; FERREIRA, M. F. S. Mamíferos de um fragmento florestal em Volta Redonda, estado do Rio de Janeiro. **Bioscience Journal**, v.29, n. 4, p.1017-1027, 2013.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 160p.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p. 1141-1153, 2009.

SAITO, N. S.; ARGUELLO, F. V. P.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FIGUEIREDO, A. C. Uso de geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal. **Cerne**, v.22, n.1, p.11-18, 2016.

SANTANA, M. A.; MOLLONA, M. Trabalho e ação coletiva: memória, espaço e identidades sociais na cidade do aço. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, n.39, p.125-148, 2013.

SILVA, E. A.; TRAMONTINA, J.; ALBA, E.; GOERGEN, L. C. G.; FINGER, A. P.; PEREIRA, R. S. Forest cover analysis through the weights of evidence method in the Campanha Ocidental region - RS (Brazil). **Revista Árvore**, v.41, n.1, p.03-07, 2017.

SILVA, K. G.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G.; PELUZIO, J. B. E.; FIELDLER, N. C.; ZANETTI, S. S. Análise da dinâmica espaço-temporal dos fragmentos florestais da sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, ES. **Cerne**, v.21, n.2, p.311-318, 2015.

SILVA, V. V. **Médio Vale do Paraíba do Sul: Fragmentação e Vulnerabilidade dos Remanescentes de Mata Atlântica**. 2002. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, V. H.; LEAL, G. F.; BRINATE, I. G.; CALDEIRA, M. V. W. Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre, ES. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.4, p.460-467, 2012.

SMP – SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO. **Arquivos Shapefile**. Volta Redonda, 2017. Disponível em: <http://voltaredonda.rj.gov.br/smp/component/content/article/10-interno/15-shapefile>. Acesso em: 03 mar. 2017.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. **Earth Explorer**. United States of America, 2016a. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 20 out. 2016.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. **Product guide**: Landsat 4-7 climate data record (cdr) surface reflectance. United States of America, 2017a. Disponível em: https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/ledaps_product_guide.pdf. Acesso em: 01 mar. 2017.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. **Product guide**: landsat 8 surface reflectance code (lasrc) product. United States of America, 2017b. Disponível em: https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/lasrc_product_guide.pdf. Acesso em: 01 mar. 2017.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. **Landsat 5 History**. United States of America, 2016b. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/landsat-5-history>. Acesso em: 12 dez. 2016.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. **Landsat 8 Data Users Handbook**. Sioux Falls, 2016c. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>. Acesso: 13 nov. 2016.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; DEERING, D.W.; SCHELL, J.A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. College Station: Texas A&M University, 1974. 87p. (Progress Report RSC 1978-2). Disponível em: https://archive.org/details/nasa_techdoc_19740022555. Acesso em: 22 dez. 2016.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; DELGADO, R. C.; GLERIANI, J. M. Potential areas for the formation of ecological corridors between remnants of atlantic forest. **Revista Árvore**, Viçosa, v.40, n.5, p.803-213, 2016.

VOLTA REDONDA. Lei municipal nº 4.441, de 2008. **Câmara Municipal de Volta Redonda**, Volta Redonda, 2008.

VUOLO, F.; MATTIUZZI, M.; ATZBERGER, C. Comparison of the Landsat Surface Reflectance Climate Data Record (CDR) and manually atmospherically corrected data in a semi-arid European study area. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.42, n.1, p.1-10, 2015.

WERNECK, M. S.; REZENDE, S. G.; BRINA, A. E.; FRANCESCHINELLI, E. V. Composição florística do componente arbóreo e afinidade fitogeográfica de uma floresta semidecídua em Nova Lima, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, V.33, n.4, p.547-561, 2010.