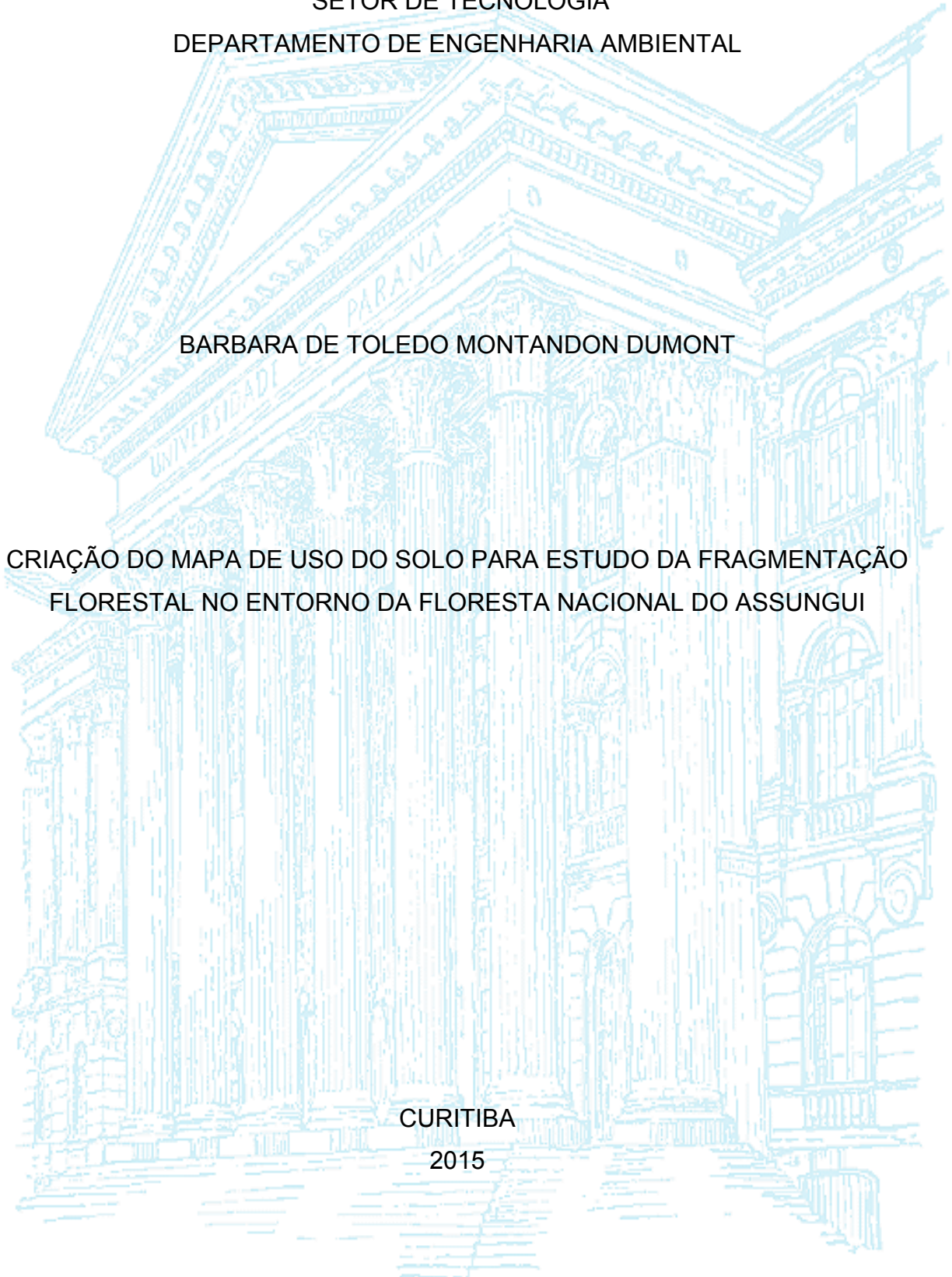


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

BARBARA DE TOLEDO MONTANDON DUMONT

CRIAÇÃO DO MAPA DE USO DO SOLO PARA ESTUDO DA FRAGMENTAÇÃO  
FLORESTAL NO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DO ASSUNGUI

CURITIBA  
2015



BARBARA DE TOLEDO MONTANDON DUMONT

CRIAÇÃO DO MAPA DE USO DO SOLO PARA ESTUDO DA FRAGMENTAÇÃO  
FLORESTAL NO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DO ASSUNGUI

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como Requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Silvana Philippi Camboim.

CURITIBA

2015

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Prof. Silvana Philippi Camboim, pelo acompanhamento, dedicação e paciência.

À Cibele Munhoz, chefia da FLONA Assungui, pelas informações, disponibilidade e ajuda na elaboração do projeto.

Aos meus pais e namorado pelo total apoio e ajuda nas correções.

Aos meus amigos, em especial a Muriel Patrício por todas as vezes que me ajudou com os empecilhos no caminho e por me ajudar durante o trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO ASSUNGUI.....	14
FIGURA 2: ÁREA MÍNIMA ANUALMENTE REFLORESTADA COM ESPÉCIES MADEIRAS NO BRASIL, 1967 A 2004. ....	18
FIGURA 3: ESTRUTURA DA PAISAGEM .....	22
FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM. ....	26
FIGURA 5: EFEITO DA RELAÇÃO BORDA/INTERIOR.....	29
FIGURA 6: EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS .....	31
FIGURA 7: IMAGEM RAPIDEYE FORNECIDA PELO ICMBIO - PARTE NORTE-DATADAS EM 20/10/2011 .....	34
FIGURA 8: IMAGEM RAPIDEYE FORNECIDA PELO ICMBIO - PARTE SUL – DATADAS EM 20/05/2011 .....	35
FIGURA 9: WAYPOINTS COLETADOS NA IDA À CAMPO.....	36
FIGURA 10: COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO.....	38
FIGURA 11: IMAGEM FOTO DO MOSAICO DA PARTE NORTE DA IMAGEM DE SATÉLITE COM AS 25 AMOSTRAS .....	40
FIGURA 12: IMAGEM NORTE COM ÍNDICE NDVI.....	47
FIGURA 13: IMAGEM NORTE COM ÍNDICE NDVI E SUPRESSÃO VEGETAL .....	47
FIGURA 14: IMAGEM NORTE COM ÍNDICE NDVI, SUPRESSÃO VEGETAL E SOFTWARE EDISON.....	48
FIGURA 15: IMAGEM NORTE COM ÍNDICE NDVI, SUPRESSÃO VEGETAL, SOFTWARE EDISON E CLASSIFICADA .....	48
FIGURA16: IMAGEM NORTE COM ÍNDICE NDVI, SUPRESSÃO VEGETAL, SOFTWARE EDISON, CLASSIFICADA E COM OS FILTROS APLICADOS.....	49
FIGURA 17: IMAGEM SUL COM O ÍNDICE NDVI.....	49
FIGURA 18: IMAGEM SUL COM O ÍNDICE NDVI E SUPRESSÃO VEGETAL .....	50
FIGURA 19: IMAGEM SUL COM O ÍNDICE NDVI, SUPRESSÃO VEGETAL E SOFTWARE EDISON.....	50
FIGURA 20: IMAGEM SUL COM O ÍNDICE NDVI, SUPRESSÃO VEGETAL, SOFTWARE EDISON E CLASSIFICADA .....	51
FIGURA 21: IMAGEM SUL COM O ÍNDICE NDVI, SUPRESSÃO VEGETAL, SOFTWARE EDISON, CLASSIFICADA E COM OS FILTROS APLICADOS.....	51
FIGURA 22: MAPA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA .....	56

FIGURA 23: FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO ENTORNO DA FLONA SO ASSUNGUI.....	58
FIGURA 24: IDENTIFICAÇÃO DAS CLASSES MSPA .....	59
FIGURA 25: ENTRADA DA SEDE DA FLONA DO ASSUNGUI .....	62
FIGURA 26: FOTO TIRADA DA ANTIGA TORRE DE INCÊNDIO DA FLONA DO ASSUNGUI.....	62
FIGURA 27: FOTO DE UM DOS CORPOS D'ÁGUA NA FLONA DO ASSUNGUI ..	63
FIGURA 28: ESCOLA SÃO SILVESTRE, LOCALIZADA NO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI.....	63

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: QUADRO DE FLORESTAS.....	10
TABELA 2: MATRIZ DE CONFUSÃO.....	32
TABELA 3: ESCALA <i>KAPPA</i> DE CONCORDÂNCIA.....	33
TABELA 4: DADOS DA CLASSIFICAÇÃO IMAGEM NORTE.....	42
TABELA 5: DADOS DA CLASSIFICAÇÃO IMAGEM SUL.....	42
TABELA 6: MATRIZ CONFUSÃO IMAGEM NORTE.....	52
TABELA 7: MATRIZ CONFUSÃO IMAGEM SUL.....	53
TABELA 8: VALORES DO COEFICIENTE <i>KAPPA</i> .....	53
TABELA 9: DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO DE SOLO (ha).....	54
TABELA 10: PERCENTUAL DA PAISAGEM CALCULADO PARA A IMAGEM CLASSIFICADA.....	59

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>13</b>
2.1.1 LOCALIZAÇÃO .....	13
2.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	15
2.1.3 HISTÓRICO DA COBERTURA VEGETAL DA REGIÃO .....	16
<b>2.2 FLORESTA NACIONAL .....</b>	<b>19</b>
2.2.1. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.....	19
2.2.2 ECOLOGIA DE PAISAGEM.....	21
2.2.2.1 FRAGMENTAÇÃO OU MANCHAS .....	23
2.2.2.2 MATRIZ.....	24
2.2.2.3 CORREDORES .....	25
2.2.3 EFEITO DE BORDA .....	26
2.2.4 GERAÇÃO DE MAPAS DE USO DO SOLO UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO.....	29
2.2.4.1 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA .....	30
2.2.4.2 MATRIZ DE CONFUSÃO .....	32
2.2.4.2.1 ÍNDICE KAPA .....	32
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 BASE DE DADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 COLETA DE AMOSTRAS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 CORREÇÕES DAS IMAGENS .....</b>	<b>37</b>
3.3.1 ANÁLISE SEPARADA DAS IMAGENS .....	37
3.3.2 CORREÇÃO DO RELEVO .....	37
3.3.3 CORREÇÃO DOS RUÍDOS.....	39
<b>3.4 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA .....</b>	<b>41</b>
<b>3.5 PÓS CLASSIFICAÇÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.6 MAPA DE FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL - GUIDOS.....</b>	<b>43</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>62</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>

## RESUMO

Para estudos sobre o uso e cobertura do solo são imprescindíveis análises espaciais e mapeamentos, bem como a utilização do sensoriamento remoto e das ferramentas do SIG. Os resultados destes estudos procuram dar uma contribuição para o conhecimento da área de estudo, além de constituírem uma importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. Neste contexto, esse trabalho tem como objetivo a criação do mapa de uso do solo através do sensoriamento remoto afim de subsidiar o estudo da estrutura da paisagem florestal no entorno da Floresta Nacional do Assungui localizada no município de Campo Largo, distrito de Três Córregos, no estado do Paraná, por meio do software *ENVI 4.7* e do software computacional gratuito *GuidosToolbox2.1*. O ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) forneceu duas imagens da região para o estudo. Primeiramente foi realizado um pré-processamento onde foram corrigidos o relevo e os ruídos presentes nas imagens, utilizando, respectivamente, o software *EDISON* e o software *ENVI 4.7*. Em seguida foi realizada uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo MAXVER, de classificação pixel a pixel, do programa *ENVI 4.7*. O arquivo de saída foi utilizado no software *GuidosToolbox2.1* para um estudo prévio da fragmentação florestal no entorno da FLONA do Assungui. Concluiu-se que ao final deste estudo foi possível gerar o Mapa de uso do solo através da metodologia de classificação, na qual poderá ser utilizado como imagem base para estudos multitemporais, bem como um estudo dos fragmentos ambientais da região do entorno da FLONA do Assungui

**Palavras-chave:** Classificação Supervisionada, MAXVER, Mapa de Uso e Cobertura da Terra, Fragmentação Florestal.

## ABSTRACT

To study the use and coverage of the ground it is necessary spatial analysis and mappings as well as the use of remote sensing of the SIG tools. The results of these studies are very useful to the knowledge of the study's area. In addition, it constitutes

an important tool for planning and guidance in the decision-making. In this context, this study aims the creation of the map of the use of the ground through the remote sensing in order to subsidize the study of the forest landscape structure surrounding the “Floresta Nacional do Assungui” located in Campo Largo, a district of Três Córregos, in the state of Paraná through the use of the softwares *ENVI 4.7* and *GuidosToolbox2.1*, free version. The institute ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) provided two pictures of the area for the study. Firstly, it was realized a preprocessing where the land and the noise were corrected by the softwares *ENVI 4.7* and *EDISON*, respectively. Then, it was realized a supervised classification using the algorithm MAXVER, which classifies pixel by pixel in the software *ENVI 4.7*. The output file was used in the software *GuidosToolbox2.1* for an previous study of the forest fragmentation surrounding the “Floresta Nacional do Assungui”. It was concluded, at the end of this study, that it is possible to create the map of the use of the ground through the classification methodology which can be used as a base image for multitemporal studies as well as a study of the environmental fragments of the area surrounding the “Floresta Nacional do Assungui”.

**Key-words: Supervised Classification, MAXVER, Map of Land Use and Coverage, Forest Fragmentation.**

## **1.INTRODUÇÃO**

O Brasil abriga a maior cobertura florestal do mundo, aproximadamente 516 Mha (13% do território), perdendo apenas para a Rússia, além de possuir a maior extensão de floresta tropical do planeta (MMA,2010). Hoje, apenas 8,5% dos remanescentes florestais acima de 100 hectares permanecem preservados (que são os mais representativos para a biodiversidade, segundo o Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica) e, somente 12,5% dos fragmentos de florestas nativas acima de 3 hectares existem (EBC, 2014). De todas as florestas que cobrem o

território nacional, 56% (290Mha) estão sob domínio do poder público, o que implica que há medidas que podem ser tomadas para diminuir a degradação das florestas, bem como para obter índices positivos em quesitos socioeconômicos e ambientais (MMA,2012).

TABELA 1: QUADRO DE FLORESTAS

TIPO DE FLORESTA	ÁREA TOTAL (ha)	% DE FLORESTA	% DA ÁREA DO BRASIL
Florestas Naturais	509.803.545	98,7	60
Florestas Plantadas	6.973.083	1,3	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>516.776.628</b>	<b>100</b>	<b>60,8</b>

Fonte: MMA (2012); ABRAF (2012)

Desta extensa cobertura vegetal, a Mata Atlântica, que antes ocupava 1,3 milhão de quilômetros quadrados, hoje, devido a vasta exploração predatória, já perdeu cerca de 93% de seu bioma natural (WWF, 2014). Este bioma além de ser considerado um *hotspot* mundial, foi decretado como Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional, na Constituição federal de 1988. Sua composição é caracterizada por um mosaico de diversos tipos de vegetação, entre elas florestas ombrófilas densas, aberta e mista, florestas estacionais decidual e semidecidual, campos de altitude, mangues e restingas.

Dentre os biomas existentes no território brasileiro, a Mata Atlântica é o mais ameaçado atualmente. A ONG S.O.S Mata Atlântica em conjunto com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) realizou um estudo onde evidenciou que, entre os anos de 2011 e 2012, o desmatamento deste bioma atingiu uma área de 235km<sup>2</sup> (INPE, 2012). As maiores prejudicadas foram as florestas, com 219 km<sup>2</sup> de área desmatada, seguida pela vegetação de restinga (15 km<sup>2</sup>) e de mangues (0,17 km<sup>2</sup>). O estudo concluiu que o maior responsável por esses números exorbitantes foram as indústrias de carvão, bem como as licenças irregulares para desmatamento.

De acordo com o censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2010, cerca de 69% da população brasileira reside em áreas originalmente ocupadas pela Mata Atlântica, contemplando 3.284 municípios em sua

totalidade (59% dos municípios brasileiros). Deste total, 2.481 estão totalmente contemplados pelo bioma e 803 possuem parte deste bioma no seu território.

O estado do Paraná é um dos casos em que quase sua totalidade é abrangido pelo bioma da Mata Atlântica. Cerca de 98% do seu território ocorre neste bioma, dos quais permanecem remanescentes florestais 2,43 milhões de hectares em fragmentos acima de 100 hectares, aproximadamente 12,2% deste território, segundo o Serviço Florestal Brasileiro. O estado iniciou, no ano de 2013, a elaboração do Inventário Florestal Nacional (IFN) com o objetivo de quantificar e qualificar as florestas levantadas. Este levantamento será feito em parceria com o governo estadual e o SFB como parte de uma ação nacional para identificar os recursos florestais de todo o país (Serviço Florestal Brasileiro, 2013).

Uma das Florestas Nacionais existentes no estado Paraná é a FLONA do Assungui. Segundo a legislação que regulamenta as unidades de conservação brasileiras, são caracterizadas como áreas com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas, tendo como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (BRASIL,2000). Ela está localizada no Distrito de Três Córregos em Campo Largo, na região Metropolitana de Curitiba e no bioma Mata Atlântica.

O avanço da ocupação do solo para diversas atividades humanas resulta na fragmentação florestal da paisagem. Este fenômeno é descrito pela subdivisão de uma área em pedaços menores podendo ocorrer de forma natural, através de queimadas (Wright, 1974) ou ventanias (Foster, 1980) ou devido a ações antrópicas, como por exemplo a intensificação do uso da terra. Dentre as diversas consequências estão a redução na diversidade biológica, o distúrbio do regime hídrico das bacias hidrográficas, a degradação dos recursos naturais, as mudanças climáticas e a diminuição na qualidade de vida das espécies (MARTINS et al., 2002).

O estudo da Ecologia de Paisagem é uma importante ferramenta para avaliar a interação entre essas fragmentações no interior do mosaico, bem como a forma e o padrão dessas interações em relação ao tempo, além de levar em conta o desenvolvimento e dinâmica espacial e suas consequências nos processos ecológicos(COUTO, 2004).

Estudos de fragmentação assumiram grande importância na tentativa de estabelecer modelos de preservação e conservação da biodiversidade ao tentar

identificar as relações espaciais e dinâmicas da área a ser estudada, devido à fragmentos na área da Floresta Atlântica. Como resultado pode ser evidenciado espaços anteriormente não preservados que devem ser protegidos através de uma Unidade de Conservação para garantir a conservação da área e manter a sua biodiversidade, bem como auxiliar no planejamento de medidas que assegurem a efetiva proteção à Unidades já criadas.

Como a FLONA do Assungui é conhecida como um dos maiores remanescentes florestais em todo o vale do Rio Assungui, é de extrema importância a sua conservação<sup>1</sup>. Nela pode ser aplicada técnicas para o desenvolvimento de produtos florestais, alternativas para o uso do solo com a finalidade da formação de corredores biológicos e até estudos para a conexão das áreas fragmentadas, podendo posteriormente servir de modelo para outras FLONAS.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo a criação do mapa de uso do solo através do sensoriamento remoto afim de subsidiar o estudo da estrutura da paisagem florestal no entorno da Floresta Nacional do Assungui localizada no município de Campo Largo, distrito de Três Córregos, no estado do Paraná.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Pré-processamento das imagens de satélite fornecidas;
- Criar o mapa de uso e ocupação do solo da região através da classificação supervisionada das imagens de satélite disponíveis;
- Elaborar o mapa dos fragmentos florestais da FLONA do Assungui por meio do software Gidos.

---

<sup>1</sup> Informações fornecidas pela chefia da FLONA Assungui

## **2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

#### **2.1.1 LOCALIZAÇÃO**

A Floresta Nacional do Assungui (FLONA do Assungui) se encontra no município de Campo Largo, distrito de Três Córregos, no estado do Paraná. Ela está localizada na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), a aproximadamente 69 quilômetros, e o seu acesso pode ser feito pela estrada de Cerne (km 64). O município faz fronteira ao sul com Araucária e Balsa Nova, a oeste com Palmeira e Ponta Grossa, ao norte com Castro e a leste com os municípios de Itaperuçu, Campo Magro e Curitiba. Segundo o último censo realizado pelo IBGE, em 2010, o município possuía 112.377 habitantes e uma área de 1.249,674 km<sup>2</sup>. O principal bioma é a Mata Atlântica.

# LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DO ASSUNGUI

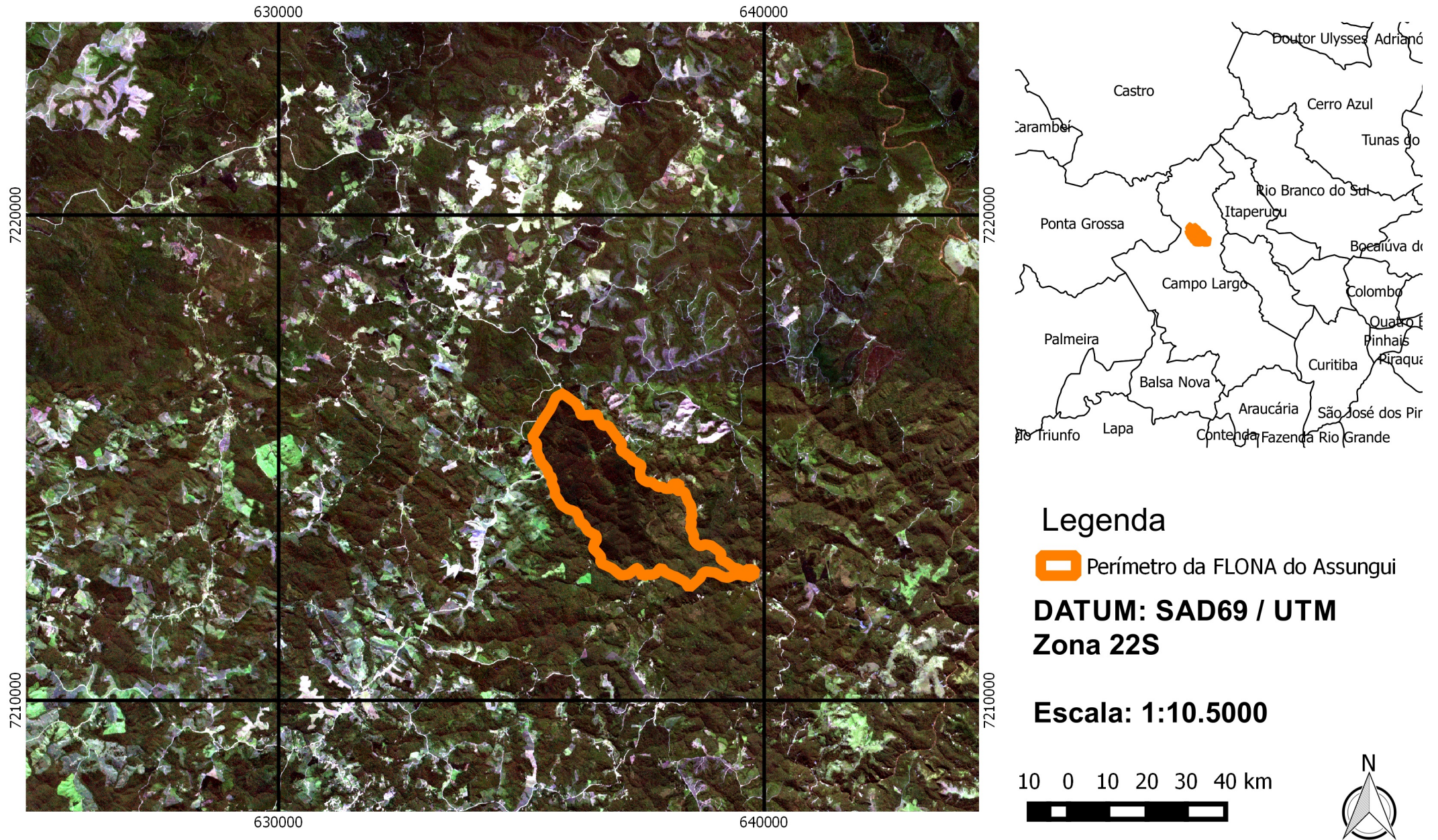


FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO ASSUNGUI

### 2.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A FLONA do Assungui é gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e foi decretada como Unidade de Conservação pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal através da Portaria nº 559 em 25 de outubro de 1968. Esta unidade de conservação tem como objetivo o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.

A FLONA está inserida em área de Floresta Ombrófila Mista e, em função de sua localização, sofre influência da Floresta Ombrófila Densa em sua parte mais baixa. Como esta parte está em contato com outros ecossistemas, ela se caracteriza como uma zona de tensão ecológica. Sua área total é de 561,360 hectares sendo que 50% é ocupada com plantios de araucária, 50% com florestas nativas em diferentes estágios de sucessão e uma parte mínima com plantio de espécies exóticas. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a região conta com um alto índice de diversidade ( $H' = 3,15$ ), com uma equitabilidade ( $J$ ) de 0,77, o que configura uma distribuição homogênea das espécies, e um índice de diversidade de Simpson (1-D) de 0,926, o que aponta uma ausência de dominância de espécies umas sobre as outras. Também não houve registro de espécies invasoras na região (MMA, 2014).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, foram evidenciadas diversas espécies ameaçadas de extinção como a *Roupala brasiliensis* (carvalho brasileiro), *Apuleia leiocarpa* (grápia), *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia), pela Lista de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção no Estado do Paraná, *Dicksonia sellowiana* (xaxim-bugio) e *Araucaria angustifolia* (araucária), da Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção.

Seu relevo apresenta uma forma bastante acidentada, contendo vales profundos e espigões alongados. O alinhamento geral das elevações segue uma orientação estrutural sudeste-nordeste e condiciona a drenagem, que assume um padrão anguloso retangular devido as falhas no terreno. Além disso, há uma predominância de divisores de águas em sua paisagem, resultado dos espigões de quartzito.

A região do Assungui apresenta algumas peculiaridades, uma vez que ela está localizada em uma região de grandes altitudes da vertente leste da Serra do Mar, o que a diferencia da maior parte da Floresta Ombrófila Mista (FOM). Em sua

maioria, a FOM se distribui em planaltos inferiores, tendo como anteparo a altimetria impressa pela Serra do Mar. Isso ocorre devido a influência da Floresta Ombrófila Densa, que como citado anteriormente, influencia nas regiões mais baixas.

O Cambissolo Háplico Distrófico é o solo predominante no local em altitudes variando entre 640 e 905 metros. A temperatura média anual é de 15°C, com possibilidade de geadas no inverno e precipitação média anual de 1250 mm distribuídas de forma uniforme durante todo o ano.

Em relação a hidrografia da região, os rios Ribeirinha e Assungui e seus tributários são os rios que contemplam a região, sendo que o Rio Assungui é alimentado por vários corpos d'água originados na FLONA. Devido a sua importância, foi criado um Decreto Estadual nº 6390, no dia 5 de abril de 2006 que caracterizava a bacia do rio Assungui como “Área de Proteção Especial”, com a finalidade de “controlar o uso e ocupação do solo de forma a garantir condições de qualidade da água compatíveis com o abastecimento público”, já que ele é fonte de água para a Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

### **2.1.3 HISTÓRICO DA COBERTURA VEGETAL DA REGIÃO**

Na Região Sul do país, a Floresta Ombrófila Mista é considerada o bioma característico da Mata Atlântica (IBGE,2004) e também é conhecida como “região das matas de araucária”, “pinheral” ou “floresta com araucária”. Originalmente, 40% da área total do estado do Paraná era composta de Floresta Ombrófila Mista, representando cerca de 73.780 km<sup>2</sup> do território paranaense. Em 1965 esse número foi reduzido a 21,6 % sendo apenas 18,6% considerado como “mata virgem”. Isso pode ser explicado devido à grande intensificação na extração da madeira que se deu durante a 1ª Guerra Mundial, na região, período este onde a exportação da até então usada madeira, “pinho-de-riga”, se tornou limitada nos mercados nacionais e internacionais. Foi aí que a Floresta Ombrófila Mista começou a ser devastada, atingindo o seu auge entre os anos de 1950 e 1970, em busca do “pinheiro brasileiro”. Na época, ela foi o principal produto de exportação do país, correspondendo a 90% das madeiras enviadas ao exterior (SEITZ, 1986). Segundo KOCH & CORRÊA (2002) “a exuberância da Floresta com Araucária era tamanha que os viajantes chegavam a ficar vários dias quase sem ver a luz do sol, encoberta pelas copas entrelaçadas dos pinheiros”.

Em 2002, um estudo revelou que apenas 0,7% do remanescente de Floresta Ombrófila Mista, em estágio primário ou avançado, compunha a área original, o que a caracterizava como um dos biomas mais ameaçados da Mata Atlântica (MMA, 2002). Em alguns estudos mais otimistas, as áreas ainda cobertas por floresta original estaria entre 1 e 2% (KOCH & CORRÊA, 2002). Em relação a fragmentação, um estudo realizado pelo PROBIO Araucária evidenciou que além de existirem apenas 0,8% da Floresta Ombrófila Mista, sendo estes distribuídos em pequenos fragmentos que não ultrapassam 5.000 hectares, não foram registradas áreas intocadas na totalidade da floresta.

Devido a exploração desenfreada da madeira na Região Sul do país, algumas medidas foram tomadas na época. Em 1941 foi criado o Instituto Nacional do Pinho (INP), cujo principal objetivo era o de proteção aos interesses dos produtores e exportadores de pinho, além de tratar do florestamento e do reflorestamento das zonas devastadas (INP, 1948).

Após a criação deste Decreto, o que hoje é denominado de FLONA do Assungui, na época chamado de Parque Florestal de Assungui, ofereceu terras para a instalação da primeira estação para o reflorestamento, segundo consta no registro do Anuário Brasileiro de Economia Florestal: “O Estado do Paraná, interessando-se imediatamente pela questão, ofereceu ao INP uma área de 490ha para a instalação da primeira estação, concretizada em junho de 1943 e que recebeu a denominação de Parque Florestal de Assungui. Aí foram plantados os primeiros pinheiros pelo INP e lançadas as bases para os trabalhos futuros. (INP, 1948, p. 402, grifo do autor)”. Isso a torna uma das áreas da União transformadas em UCs mais antigas, ficando atrás do Parque Nacional de Itatiaia (1937), Parque Nacional do Iguaçu (1939) e Parque Nacional da Serra dos Órgãos (1939).

Além disso, a década de 60 e 70 foi marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento, baseados, em sua maioria, na plantação de espécies exóticas como o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*. Segundo Ziller (2000), o *Pinus* tem facilidade de expansão devido a sua adaptabilidade, e assim torna-se ocupante de espaços livres e propícios à sua regeneração. Com esses incentivos foi possível ampliar consideravelmente o estoque de madeira nesses plantios (Bracelipa, 2009). Esses incentivos vigoraram entre os anos de 1966 e 1986, sendo que o ápice foi entre os anos de 1966 e 1979 onde foram plantados 402 mil hectares de florestas e, logo em seguida, entre os anos de 1980 e 1986 houve uma redução neste número,

conforme mostra a FIGURA 3. Esta redução foi oriunda da queda de incentivos fiscais, visto que começou a ser dado incentivos também a espécies não-madeireira, como as frutíferas, por exemplo.

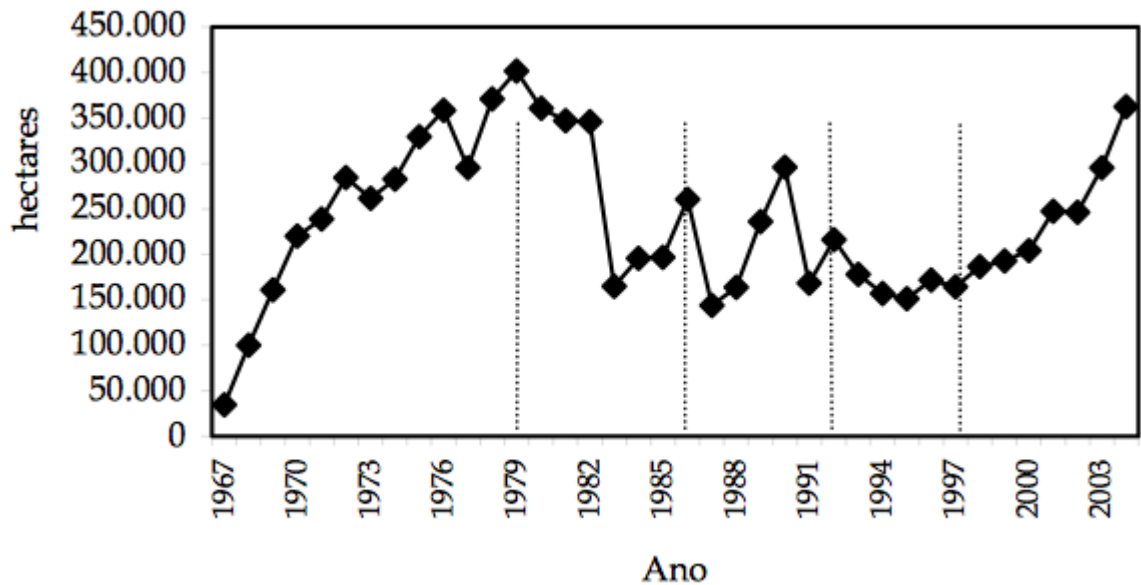


FIGURA 2: ÁREA MÍNIMA ANUALMENTE REFLORESTADA COM ESPÉCIES MADEIRAS NO BRASIL, 1967 A 2004.

FONTE: IBGE E DADOS COMPILADOS POR BACHA, C. J.C.

Os incentivos fiscais foram concebidos em três programas diferentes. O primeiro era o Programa de Incentivos Fiscais ao Florestamento e Reflorestamento (PIFFR) e foi realizado no período de 1965 a 1988. Na segunda metade da década de 1970 foi implementado uma política de incentivo ao reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais (REPREMIR) e por fim, entre os anos de 1985 e 1988 foi implementado o programa de reflorestamento com algarobeira no Nordeste semi-árido (Projeto Algaroba). Os três programas funcionaram como uma forma de subsídio aos produtores, visto que implicaram em doação de dinheiro ou materiais a eles para que fosse possível realizar o reflorestamento.

Em seguida, no ano de 1979, por conveniência, uma área peculiar, adjacente à FLONA do Assungui, de 228 hectares foi adicionado à unidade, sob administração do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Essa nova área era composta por uma vegetação secundária em estágio sucessional avançado e por uma pequena porção de floresta primária alterada.

Em 2002, durante a realização de um estudo para o licenciamento de uma linha de transmissão de energia elétrica, foi encontrada, em uma área próxima a FLONA, a espécie muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*), conhecida como o maior primata das Américas e atualmente ameaçada de extinção. O registro tardio desta espécie evidenciou a deficiência de estudos na região, bem como o descaso com uma região de extrema importância, mantenedora da qualidade da água nas regiões próximas.

Nas últimas intervenções de manejo, que ocorreram a cerca de 30 anos atrás na FLONA, foram plantados talhões de araucária, que atualmente ocupam áreas com sub-bosque significativo e com grande diversidade de espécies. Estas áreas exercem um papel fundamental na preservação de espécies ameaçadas de extinção, como *Dasypus septemcinctus* (tatu-mulita), *Leopardus tigrinus* (gato-domato-pequeno), *Leopardus wiedii* (gato-maracajá), *Pecari tajacu* (cateto), *Mazama americana* (veado-pardo), *Cuniculus paca* (paca) e *Hemitriccus obsoletus* (mosqueteirinho-marrom).

## **2.2 FLORESTA NACIONAL**

### **2.2.1. LEGISLAÇÃO PERTINENTE**

Por ser considerada uma Unidade de Conservação, a FLONA deve estar sempre em conformidade com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). A Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

Segundo o Art. 14, a Floresta Nacional constitui o Grupo das Unidades de Uso Sustentável e é definida no Art. 17 como: “uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas”. Ainda no Art. 17 fica definido que a FLONA é de posse e domínio público e, caso tenha áreas particulares em seus limites, as mesmas deverão ser desapropriadas. Além disso, caso haja populações tradicionais habitando a área, no ato de sua criação, elas poderão permanecer na

FLONA. A visitação pública é permitida, desde que condicionada às normas estabelecidas. As pesquisas, que também são permitidas e incentivadas, estão sujeitas à prévia autorização do órgão responsável pela administração da unidade e às condições e restrições estabelecidas. Caso a unidade desta categoria seja criada pelo Estado ou Município, ela será denominada, respectivamente, Floresta Estadual e Floresta Municipal.

Sobre as Unidades de Conservação, o Art. 25. impõe que as unidades de conservação, exceto Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural, devem possuir uma zona de amortecimento e, quando conveniente, corredores ecológicos. Além disso, o Art. 27 exige que as unidades de conservação disponham de um Plano de Manejo. O Plano tem como objetivo o cumprimento dos objetivos estabelecidos na sua criação, bem como traçar objetivos específicos de manejo, orientando a gestão da Unidade de Conservação e promover o manejo da Unidade de Conservação, orientado pelo conhecimento disponível e/ou gerado. Neste artigo fica definido que toda unidade de conservação deverá apresentar o seu Plano de Manejo em um prazo de até 5 (cinco) anos, a partir da data de sua criação. Este Plano deverá abranger a área da unidade de conservação, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, bem como incluir medidas para promover sua integração à vida econômica e social das comunidades vizinhas. Na elaboração, atualização e implementação do Plano de Manejo das Florestas Nacionais será assegurada a participação da população residente na tomada de decisões.

Em 2002, foi criado o Decreto Nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, com a finalidade de regulamentar os arts. 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 36, 41, 42, 47, 48 e 55 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, bem como os arts. 15, 17, 18 e 20, que concerne aos conselhos das unidades de conservação. Segundo o Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação, consultado no mês de outubro de 2014, a FLONA estava em conformidade com o SNUC (Sistema Nacional de Unidades Conservação), entretanto o Plano de Manejo não encontra-se disponível no site do ICMBIO, onde pode-se encontrar diversos outros Planos.

A Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, foi criada para instruir sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Ela se aplica a remanescentes de vegetação nativa no estágio primário e nos estágios secundário inicial, médio e avançado de regeneração. O Art. 6º afirma que a proteção e a

utilização do Bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o desenvolvimento sustentável e, por objetivos específicos, a salvaguarda da biodiversidade, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social. Já o Art. 7º cita que a proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica far-se-ão dentro de condições que assegurem:

- I. A manutenção e a recuperação da biodiversidade, vegetação, fauna e regime hídrico do Bioma Mata Atlântica para as presentes e futuras gerações;
- II. O estímulo à pesquisa, à difusão de tecnologias de manejo sustentável da vegetação e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de recuperação e manutenção dos ecossistemas;
- III. O fomento de atividades públicas e privadas compatíveis com a manutenção do equilíbrio ecológico;
- IV. O disciplinamento da ocupação rural e urbana, de forma a harmonizar o crescimento econômico com a manutenção do equilíbrio ecológico.

Essas diretrizes garantem à região a beleza cênica, paisagística e qualidade ambiental. A aplicação das leis básicas de um Plano de Manejo de uma FLONA pode contribuir para uma melhor utilização e conservação dos recursos ambientais, uma vez que a lei Nº 9.985 visa a aplicação efetiva dos conceitos de desenvolvimento sustentável e conservação biológica, além de coibir qualquer forma de abuso ao meio ambiente e conseqüente degradação.

A Lei Nº 11.428, trouxe uma abordagem regional focada em conservar os fragmentos de vegetação e restaurar a conectividade entre eles, utilizando tanto áreas naturais como áreas de cultivo, manejadas adequadamente.

Portanto, a legislação ambiental exerce um papel fundamental na preservação do meio ambiente, bem com as diretrizes para criação de corredores ecológicos e uso da terra, levando assim ao melhor uso da unidade e do seu entorno.

### **2.2.2 ECOLOGIA DE PAISAGEM**

A ecologia pode ser definida como a ciência através da qual se estuda como os organismos (animais, plantas e microorganismos) interagem no mundo natural

(RICKLEFS, 1996). A ecologia de paisagem é considerada uma subdisciplina da ecologia, sendo definida como a ciência que estuda como a estrutura da paisagem afeta a abundância e a distribuição das espécies (John, 2005) ou como o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (FORMAN & GODRON, 1986). Enquanto a ecologia foca nas relações verticais entre plantas, animais, ar e solo, a ecologia de paisagem se concentra nos estudos horizontais, ou seja, nas relações envolvendo o espaço.

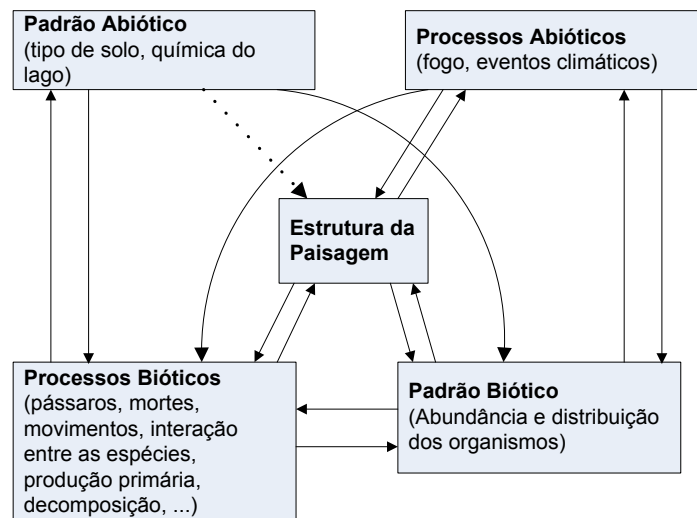


FIGURA 3: ESTRUTURA DA PAISAGEM

FONTE: John A. Wiens e Michael R. Moss, 2005, adaptado pelo Autor, 2015.

A estrutura da paisagem implica, automaticamente, em uma homogeneidade espacial. Esta possui dois componentes: a quantidade de entidades diferentes (por exemplo diferentes tipos de *habitats*) e o seu arranjo espacial, denominados, respectivamente como composição e configuração. Exemplos de composição da paisagem são: quantidade de florestas e *wetlands*, comprimento da borda da floresta, a densidade de rodovias, entre outros. Já a justaposição de diferentes elementos da paisagem e as medidas de fragmentação do *habitat*, por si só (independente da quantidade de habitat), são aspectos da configuração da paisagem (McGarigal e McComb, 1995).

É possível identificar situações em que alguns componentes da paisagem podem ser ignorados, ou seja, não se faz necessário levar em conta o conjunto como um todo. Muitos estudos que examinaram os efeitos das estruturas de paisagem, em questões ecológicas, concluíram que a composição da paisagem

causa um enorme efeito (Fahrig, 2003). Entretanto, para estudos de modelagem, a conclusão foi outra: em muitas situações a configuração da paisagem influencia de maneira quase nula na abundância e/ou distribuição dos organismos, por exemplo quando a estrutura da paisagem é mais dinâmica ou quando a quantidade de habitats supera um certo nível (Fahrig, 1992; Flather e Bevers, 2002).

A escala de uma paisagem depende muito do objetivo do estudo: ela pode englobar regiões grandes (em escala de quilômetros), bem como regiões pequenas (em escala centimétrica). Isso gera diferentes mosaicos ecológicos, que varia em função da escala e da perspectiva de estudo.

Entretanto, indiferente da escala, a paisagem está em constante alteração, seja devido a interações geológicas, intemperismos, fatores geomorfológicos, bióticos entre outros (FORMAN E GODRON, 1986).

FORMAN (1995) e MARENZI (2005) citam três componentes responsáveis por estruturar a paisagem: matriz, fragmento ou manchas e corredores. Estes componentes são responsáveis pela formação dos mosaicos e, conseqüentemente, da diversidade entre as paisagens.

#### **2.2.2.1 FRAGMENTAÇÃO OU MANCHAS**

Manchas são regiões não lineares, cujas características diferem do seu entorno. Elas geralmente são irregulares e diferem uma das outras em função do tamanho, tipo, heterogeneidade e composição da borda (FORMAN E GODRON, 1986). Geralmente são vistas como ecossistemas, mas as vezes, por serem compostas de rochas, solo ou edificações, elas pode haver somente vida microbiana na área.

As manchas são classificadas na literatura como Manchas de Perturbação, Manchas Remanescentes, Manchas de Distribuição de Recursos Ambientais e as Manchas Introduzidas.

As Manchas de Perturbação são aquelas onde a perturbação ocorre na origem: deslizamentos, temporais, fogos, queimadas, entre outros. Após este episódio, a mancha “responde” à essas perturbações, que são os efeitos conhecidos como extinção, dormência e diminuição da população. Também pode ocorrer episódios de imigração e emigração de animais entre diferentes manchas.

As Manchas Remanescentes são aquelas áreas que não sofreram influência de perturbações enquanto que toda área ao seu redor foi afetada. Isso pode levar à mobilidade das espécies das áreas vizinhas e eventuais eventos de imigração e emigração, bem como isolamento da mancha, já que será uma área não alterada e com características distintas das demais.

As Manchas de Distribuição de Recursos Ambientais se opõem às Manchas de Perturbação, já que são consideradas manchas estáveis e não se aplicam eventos de perturbação. Embora hajam eventos de imigração e extinção, esses processos ocorrem com pouca frequência e por isso são caracterizados como áreas de colonização e manutenção de espécies.

Por fim, as Manchas Introduzidas são aquelas onde há interferência antrópica. Elas são divididas em plantadas (atividades agrícolas, florestais ou jardim) e casas e habitações (perturbações que envolvem a eliminação total ou parcial do ecossistema na área).

As manchas são responsáveis pelo processo de fragmentação. Primeiramente elas aparecem no ambiente pelo fato de suas características serem distintas das áreas ao redor, fazendo com que se crie uma espécie de barreira de proteção, onde dentro desta mancha ocorrerão os processos diferenciados ao ambiente externo. Elas crescem em tamanho até se fundirem com manchas vizinhas e assim criar um isolamento em relação a paisagem natural. À medida que a distância entre essas manchas isoladas aumentam, formam-se então os fragmentos (AYAD, 2004).

#### **2.2.2.2 MATRIZ**

A matriz de uma paisagem foi definida por Forman e Godron, (1986) como sendo o elemento mais extensivo e conectado da área, além de possuir um papel preponderante no funcionamento da paisagem.

A confusão para diferenciar matriz de mancha é frequente. Os mesmos autores explicam que a matriz, além de possuir uma maior área e ter limites côncavos ligados a outros elementos, possui maior conectividade e fluxo de energia (como é o caso dos corredores de vegetação no entorno de uma área agrícola, com

a finalidade de regenerar uma área através das sementes). Caso não haja um elemento predominante, o maior grau de conectividade dirá qual elemento corresponde à matriz.

A matriz é função da porosidade e conectividade, onde a porosidade faz referência a quão densa é uma mancha na paisagem (número de remanescentes florestais ao meio de áreas agrícolas), enquanto que a conectividade é responsável pelo grau de mobilidade das espécies entre as manchas de habitats favoráveis, através dos corredores (Gardner, O'NEILL, 1991)

### **2.2.2.3 CORREDORES**

Os corredores são faixas estreitas, que atuam como fator de conectividade, por unir elementos da mesma classe. Eles podem ser de origem antrópica ou natural e geralmente unem e dividem, ao mesmo tempo, a paisagem (VALENTE, 2001).

Eles são responsáveis pela manutenção da biodiversidade entre áreas com características semelhantes, porém afastadas umas das outras, uma vez que garantem o fluxo gênico entre as sub populações e auxiliam na variabilidade genética das espécies (Santos, 2003). Assim sendo, pode ser considerado um ganho para a conservação da biodiversidade (Campos, 2003). Outros autores, como Fonseca et al. (2001) defendem a criação de corredores ecológicos para garantir a manutenção da biodiversidade e ainda afirmam ser uma das alternativas mais promissoras para um planejamento regional.

A Figura 4 ilustra de forma clara a diferença entre os três componentes responsáveis por estruturar a paisagem.

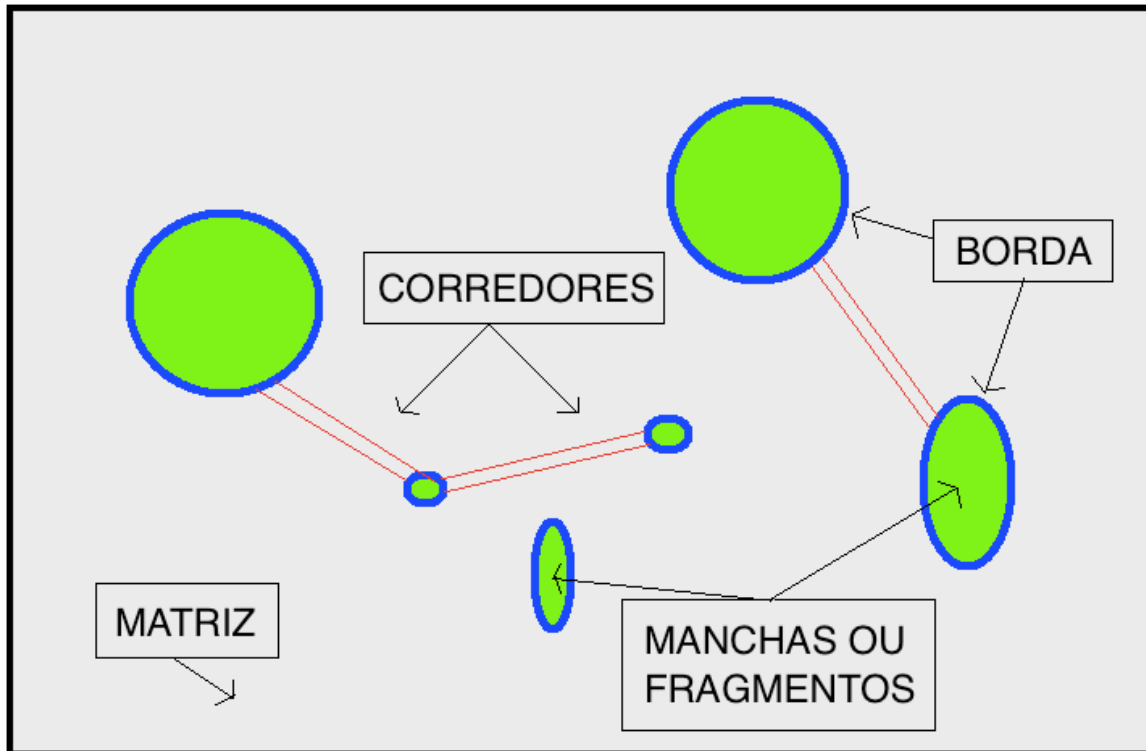


FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM.

### 2.2.3 EFEITO DE BORDA

Atualmente, a atuação antrópica vem causando não só efeitos adversos ao clima como também à natureza. Um exemplo dessa ação é o aumento do efeito chamado “Efeito de Borda”. Este termo começou a ser empregado nos anos de 1904 por *Clements*, que cunhou o termo “ecótono” e em seguida por Leopold em 1933, que utilizou o termo “efeito de borda” ao verificar a influência das zonas de transição sobre a vida silvestre quando descreveu o aumento de espécies usadas para a atividade de caça esportiva nos locais onde havia paisagens fragmentadas (Ries *et al.*, 2004).

Yahner (1988) definiu as bordas como sendo o limite entre manchas distintas de um habitat, sendo que sua caracterização pode ocorrer em uma grande variedade de escalas. Estas manchas podem ser oriundas de uma diminuição da área de contato entre florestas, o que gera uma alteração na interação entre os organismos e os ambientes e possível desequilíbrio ecológico. Além do mais, quando esses efeitos são observados em áreas marginais ou em fragmentos pequenos e isolados, os efeitos podem ser ainda mais graves como por exemplo o aumento da iluminação da área florestal e consequente aumento da temperatura e

diminuição da umidade no local, afetando de forma diferenciada os processos biológicos e a estrutura do ecossistema (Castro, 2008), ou mesmo causando um stress hídrico, devido ao despreparo das plantas, podendo levar os integrantes da flora a morte e acarretar na ampliação desta região em até 500m (Castro, 2008).

Este efeito pode ser segregado em dois tipos: bordas inerentes e bordas induzidas. O primeiro refere-se as bordas originadas de diferenças naturais, inseridas no local a um grande espaço de tempo. É o caso do Cerrado onde é característico da região mosaicos de tipos vegetacionais cujos limites ou ecótonos são comuns. Mesmo sendo de efeito natural, as bordas inerentes podem apresentar diferenças bióticas e abióticas, seja devido ao efeito temporal ou ao efeito espacial (Mattlack 1994). Já as bordas induzidas são aquelas que foram causadas por ações antrópicas.

Também podemos classificar os efeitos das bordas sobre o fragmento de três modos diferentes: efeitos abióticos, que são as mudanças nas condições ambientais devido a proximidade a uma área de diferentes características; efeitos biológicos indiretos em razão das mudanças nas relações entre as espécies como por exemplo parasitismo, polinização, predação, entre outros; e efeitos biológicos direto que são caracterizados pelas mudanças na abundância e distribuição das espécies na região do entorno devido as condições físicas presentes na borda (Murcia, 1995).

Devido a sua importância e onipresença, o efeito de borda induzido tem virado foco de muitos estudos associados a fragmentação de habitat.

Castro (2008) estudou os efeitos de borda sobre comunidades de musgos (*Bryophyta*) epífitos na área do Cerrado, no Brasil Central, uma vez que as briófitas, por serem vulneráveis a alterações microclimáticas, puderam ser usadas como indicadores desses efeitos de fragmentação. Foi avaliado como elas responderam às bordas induzidas e às bordas inerentes, nas transições campo-floresta no Cerrado. Concluiu-se que o ambiente de borda e o interior do fragmento não foram diferentes quanto à riqueza e abundância dos organismos. Porém os resultados mostraram que alterações na estrutura da vegetação devido a ação antrópica podem acarretar o não desenvolvimento dessas plantas em locais onde haja fragmentação. Também foi sugerida uma extensão de 100 metros para que se possa avaliar a influência do efeito de borda antrópica devido a característica da região (distúrbios constantes, formas variáveis, entre outros).

Vale ressaltar que os efeitos de borda induzido podem ser de diferentes origens antrópicas. Barros (2006) estudou a diferença entre o efeito de borda agrícola e o de borda de pasto em relação ao interior dos fragmentos através da análise da composição florística e estrutura da vegetação em fragmentos de Floresta Montana, localizados na Bacia do Rio Grande, Nova Friburgo – RJ. Ela concluiu que esses efeitos são diferentes. Somente a área de borda agrícola apresentou menos de 40% das espécies coletadas. As áreas de borda de pasto apresentaram uma proporção maior da diversidade regional do que os de borda agrícolas, que apresentaram maior similaridade entre si. Além disso, várias espécies foram encontradas em um único fragmento, reforçando a ideia de que as espécies estão desigualmente distribuídas entre as áreas. Os resultados dos estudos sugeriram que as áreas de borda agrícolas sofreram maior influência da ocupação no entorno devido à fatores físicos (relevo) e à heterogeneidade encontrada na região.

Cabe ressaltar que estudos relacionados à fragmentação por efeitos naturais devem ser priorizados também, uma vez que estes são pouco abordados e seria importante um conhecimento sobre a sua escala e importância, pois seria útil para o entendimento dos processos na paisagem e poderia ser usado como uma estratégia para a conservação afim de mimetizar o ambiente original.

Abaixo uma figura que ilustra melhor a relação da borda e o interior de uma área.

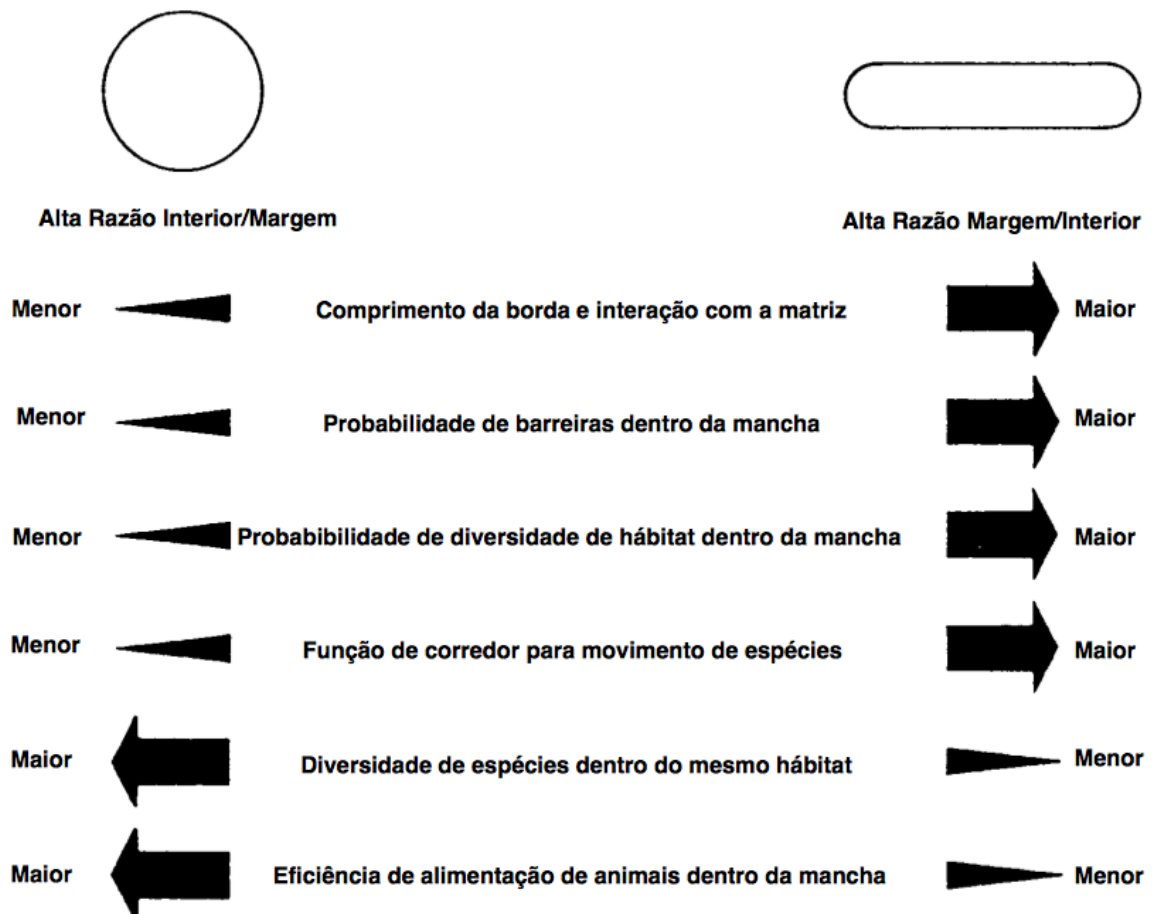


FIGURA 5: EFEITO DA RELAÇÃO BORDA/INTERIOR

Fonte: Forman e Godron, 1986.

#### 2.2.4 GERAÇÃO DE MAPAS DE USO DO SOLO UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO

Nos dias atuais, o Sensoriamento Remoto é quase que totalmente alimentado por imagens obtidas por meio da tecnologia dos satélites orbitais (Gomes, 2005). Neste estudo, as imagens RapidEye utilizadas são consideradas as “âncoras” para o entendimento da paisagem. A Partir delas é possível a extração de informações recentes da área de estudo, bem como usufruir do potencial do sensoriamento remoto e das ferramentas do SIG para elaboração de mapas do uso do solo da região.

A classificação supervisionada é uma das diversas ferramentas que o Sistema de Informação Geográfica (SIG) oferece. Com ela é possível a geração de diversos mapas temáticos, como por exemplo, o mapa de uso do solo.

#### **2.2.4.1 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA**

A classificação de imagens é o processo no qual uma informação é extraída de uma imagem específica com a finalidade de reconhecer padrões e objetos para mapear áreas da superfície terrestre de acordo com o tema de interesse. Esta técnica é bastante utilizada em Sensoriamento Remoto. Na classificação, é designado para cada pixel uma coordenada x,y e uma espectral L e, para uma dada característica espectral de um pixel, ele é atribuído a uma classe específica.

Os classificadores podem ser “pixel a pixel”. Esse método busca regiões homogêneas através da informação espectral de cada pixel. Eles podem ser separados em métodos estatísticos (onde utilizam a teoria da probabilidade) e determinísticos (onde não fazem o uso da probabilidade).

A classificação supervisionada é uma das opções de classificação existente. Ela é utilizada quando o indivíduo possui informações sobre a área a ser estudada e pode identificar na imagem uma área representativa para classificar as classes que serão utilizadas. Além disso, para que seja uma classe confiável, é necessário que haja entre 10 e 100 pixels identificados por classe e, caso haja aumento de variabilidade entre as classes, é necessário um aumento no número de amostras, para uma maior confiabilidade (Inpe, 1997).

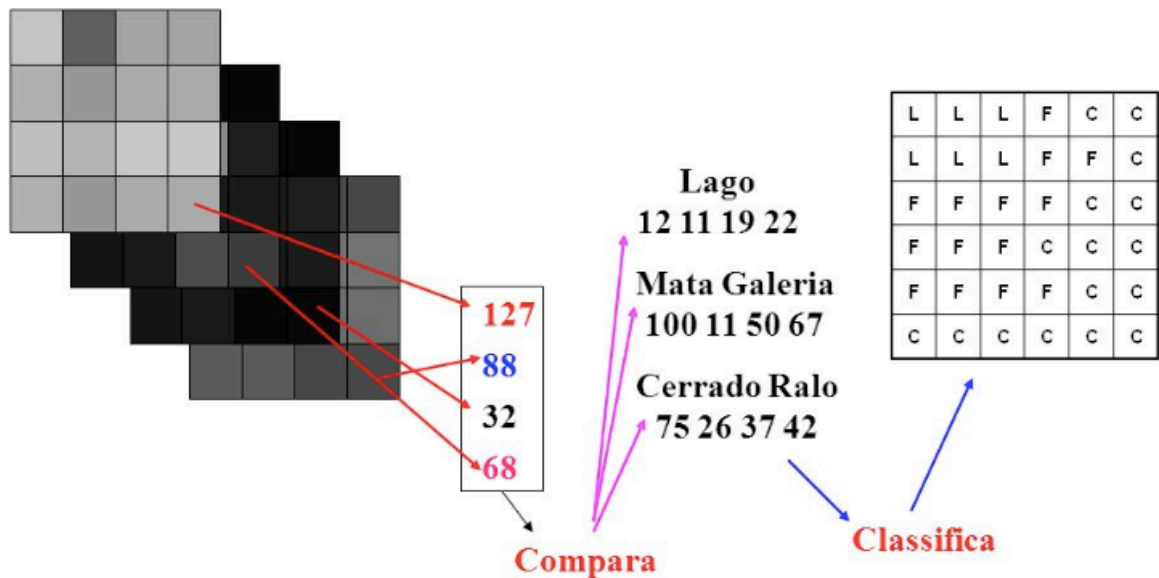


FIGURA 6: EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

FONTE: Ferreira, 2005

A classificação supervisionada pode ser através do método do paralelepípedo, do classificador de distância mínima ou do classificador de máxima verossimilhança. A diferença entre eles é que no método do paralelepípedo as amostras delimitam regiões para cada classe no espaço de características. Já o classificador de distância mínima calcula a distância entre um pixel e as médias de cada classe e o atribui à classe cuja distância é a mais próxima. Caso ocorra da distância do pixel ser maior do que a distância da classe definida pelo usuário, o pixel não é classificado e é atribuído o termo de “desconhecido” à ele. Por fim, o classificador de máxima verossimilhança se baseia na distribuição normal ou de Gauss cujas superfícies são calculadas a partir das amostras de cada classe, para então calcular a probabilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe e o atribui à aquela de maior probabilidade.

### 2.2.4.2 MATRIZ DE CONFUSÃO

A Matriz de Confusão é utilizada como uma forma de verificar a acurácia da classificação. Ela evidencia o número de classificações corretas e o número de classificações preditas para cada classe, a partir de amostras. A diagonal principal corresponde aos acertos e os demais elementos da matriz representam os erros. (Moreira, 2001). A matriz é exibida na tabela 2, onde o número de acertos, para cada classe, se localiza na diagonal principal  $M(C_i, C_i)$  da matriz e os demais elementos  $M(C_i, C_j)$ , para  $i \neq j$ , representam erros na classificação. A matriz de confusão de um classificador ideal possui todos esses elementos iguais a zero uma vez que ele não comete erros.

$$M(C_i, C_j) = \sum_{\{(x,y) \in T: y=C_i\}} \mathbb{1}_{\{h(x) = C_j\}}$$

TABELA 2: MATRIZ DE CONFUSÃO.

Classe	Predita $C_1$	Predita $C_2$	...	Predita $C_k$
Verdadeira $C_1$	$M(C_1, C_1)$	$M(C_1, C_2)$	...	$M(C_1, C_k)$
Verdadeira $C_2$	$M(C_2, C_1)$	$M(C_2, C_2)$	...	$M(C_2, C_k)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Verdadeira $C_k$	$M(C_k, C_1)$	$M(C_k, C_2)$	...	$M(C_k, C_k)$

A matriz de confusão, neste trabalho, foi calculada a partir das amostras.

#### 2.2.4.2.1 ÍNDICE KAPA

O índice *Kappa* ( $\kappa$ ) é um subproduto da matriz confusão com o objetivo de auxiliar na avaliação do classificador utilizado. Seu uso é recomendado pelo fato de incorporar aos resultados informações dos pixels mal classificados. Ou seja, considera todos os elementos da matriz de erros ao invés de apenas aqueles que se situam na diagonal principal da mesma.

Antunes e Lingnau (1997) demonstraram em seu estudo que o coeficiente *Kappa* é um dos mais indicados para medir a concordância entre classificações de imagens orbitais. O índice mostra a relação entre os resultados das classificações e das amostras de referência e, em seguida, os valores produzidos são comparados à tabelas de referência que definem a qualidade dessa classificação, conforme mostra a tabela 3.

TABELA 3: ESCALA *KAPPA* DE CONCORDÂNCIA

INTERVALO <i>KAPPA</i>	CONCORDÂNCIA
$K < 0$	Péssima
0 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Moderada
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Ótima
0,81 – 1,00	Excelente

FONTE: Landis JR, Koch GG, 1997, adaptado pelo Autor, 2015.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 BASE DE DADOS

O estudo foi realizado utilizando-se duas imagens Rapideye datadas em 20/05/2011 e 20/10/2011. Ambas foram fornecidas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). Foram necessárias duas imagens pois uma continha apenas a parte norte da FLONA e a outra a FLONA se encontrava no limite da imagem. Entretanto, como o objetivo é estudar o entorno da região, utilizou-se ambas para se ter um maior raio de estudo.

A ideia, a princípio, era de calcular a fragmentação florestal no entorno da FLONA em um raio de 20 quilômetros, englobando assim, a região onde se encontra a espécie muriquis-do-sul (*Brachyteles arachnoides*), conhecida como o maior primata das Américas e atualmente ameaçada de extinção. Entretanto, em razão da

disponibilidade de apenas duas cenas da região do entorno da FLONA, somente a área das figuras 7 e 8 pôde ser estudada.

As imagens Rapideye possuem resolução espacial de 5 metros, sensor tipo multiespectral (*pushbroomimager*), resolução radiométrica de 12 *bits* e cinco bandas espectrais: bandas azul (440 – 510  $\mu\text{m}$ ), verde (520 – 590  $\mu\text{m}$ ), vermelho (630 – 685  $\mu\text{m}$ ), red-edge 690 – 730  $\mu\text{m}$  e infravermelho próximo (760 – 850  $\mu\text{m}$ ) (Felix, et al, 2009).

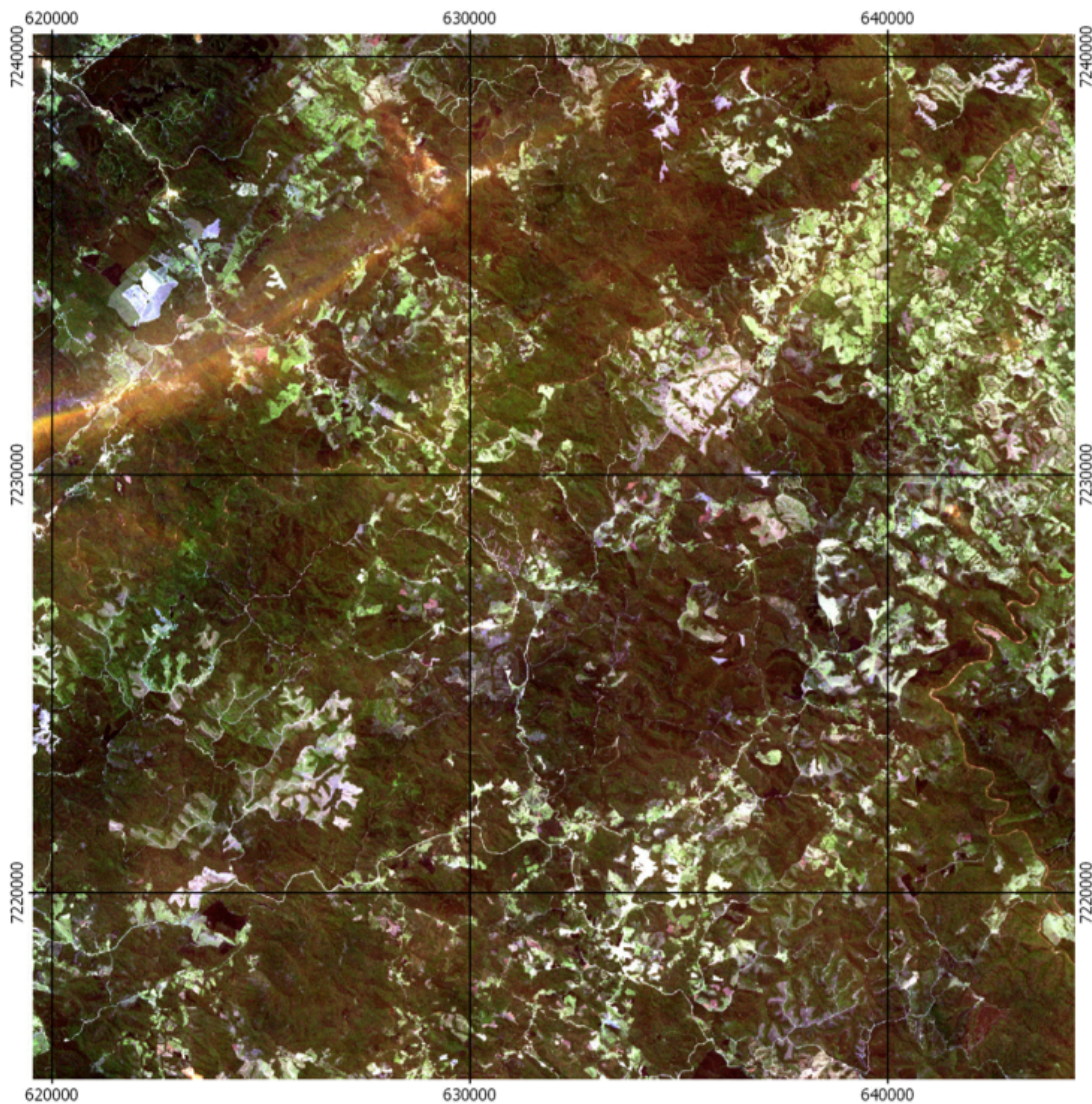


FIGURA 7: IMAGEM RAPIDEYE FORNECIDA PELO ICMBIO - PARTE NORTE- DATADAS EM 20/10/2011

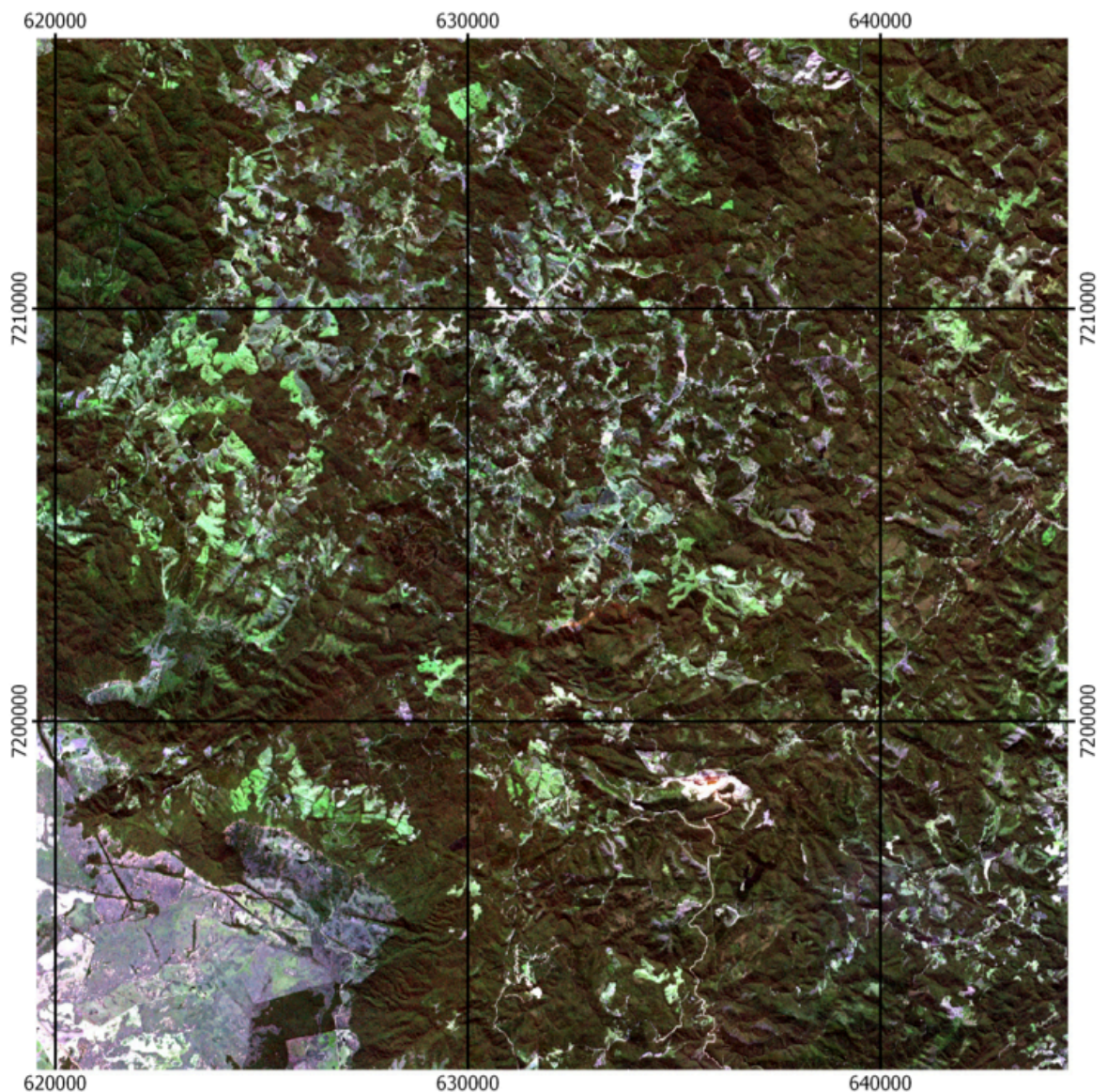


FIGURA 8: IMAGEM RAPIDEYE FORNECIDA PELO ICMBIO - PARTE SUL – DATADAS EM 20/05/2011

### 3.2 COLETA DE AMOSTRAS

No dia 17/03/2015 foi realizada uma missão em campo, junto à chefia da FLONA, Cibele Munhoz, para mapear a área de interesse e recolher amostras para servirem de dados de entrada no processo de classificação supervisionada.

Para a coleta, foi usado o aplicativo *GPS Kit*. Ele é um aplicativo, pago, para *smarthphone* com a função de fornecer informações sobre a área a ser analisada, sem a necessidade de sinal telefônico. O aplicativo, através do GPS do aparelho celular, identifica as coordenadas dos pontos de interesse e as indicam em um mapa de fundo, que independe de conexão com a internet, ou seja, disponibilizado off-line, uma vez que ela é inexistente no local.

O critério para determinação dos pontos foi baseado em áreas onde houvesse ocorrência de floresta nativa e áreas de florestas não nativas e onde fosse possível o acesso via automóvel. Desse modo, tivemos a coordenada precisa de cada fragmento mapeado.

Foram identificados 29 *waypoints* que identificavam regiões de plantação de pinus, eucalíptos, bracatingas e araucária, bem como a sede da FLONA, a antiga torre de incêndio (onde foi possível uma vista panorâmica do local), áreas de escolas e residências, entre outros. Em alguns deles, foram tiradas fotos para complementar o trabalho. A maioria dos pontos foi coletado na região do entorno da FLONA.

O arquivo gerado foi exportado no formato *.KMZ* e, em seguida, aberto utilizando o software *Google Earth*. Através das coordenadas, foi possível identificar na imagem original as áreas demarcadas e gerar as amostras para classificação supervisionada.

A imagem abaixo mostra um dos caminhos percorridos, bem como os *waypoints* marcados durante o trabalho de campo.

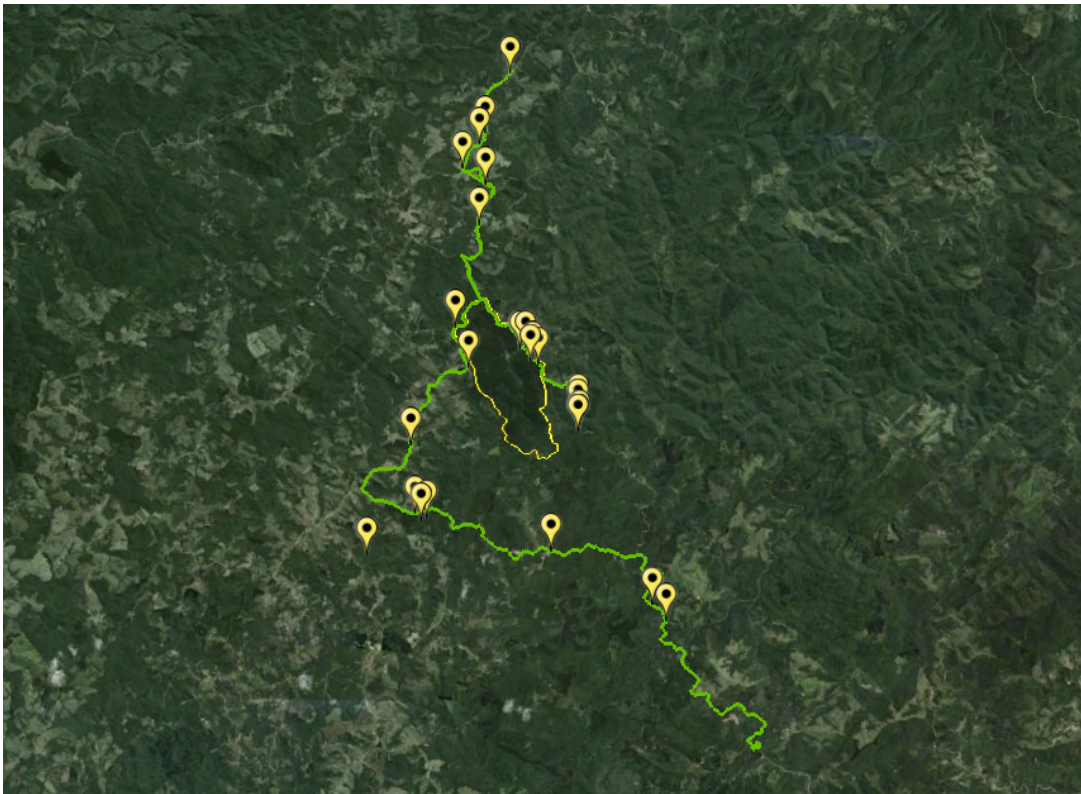


FIGURA 9: WAYPOINTS COLETADOS NA IDA À CAMPO

### 3.3 CORREÇÕES DAS IMAGENS

#### 3.3.1 ANÁLISE SEPARADA DAS IMAGENS

As imagens, por terem sido adquiridas em épocas distintas, possuem diferentes valores de pixels para a mesma classe. Por exemplo, o valor espectral do pixel que corresponde a classe “mata nativa” na imagem 1 não corresponde, necessariamente, ao mesmo valor da classe “mata nativa” na imagem 2. Ou seja, há uma confusão entre o valor do pixel em cada imagem e a classe correspondente. Para tentar amenizar esse efeito, as análises, durante o trabalho, foram feitas separadamente e, em seguida, mosaicadas.

Nas áreas em comum entre as imagens, o comportamento da vegetação não foi semelhante devido, principalmente, a diferença de data entre elas. Neste caso, a função mosaico causou pequenas distorções na faixa de sobreposição das imagens, como por exemplo, áreas de plantio de pinus que foram cortadas, vegetação que se desenvolveu, áreas de possível desmatamento, entre outros. A imagem que recobre a maior parte da FLONA do Assungui teve prioridade na mosaicagem.

#### 3.3.2 CORREÇÃO DO RELEVO

Um outro fator que influenciou bastante a classificação foi o fato de ser uma área com relevo bastante acidentado. Com a posição do sol na cena, foi gerado um sombreamento (área A). Este sombreamento, por sua vez, se comportou, espectralmente, de maneira similar às áreas de matas não nativas, como pinus e eucaliptos (área B). Ou seja, se tomarmos a razão entre a resposta espectral de A pela de B na faixa do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R), geralmente teremos valores similares.

$$\frac{NIR(A)}{R(A)} \cong \frac{NIR(B)}{R(B)}$$

Conforme a figura 10, é possível observar que os pigmentos das folhas são tratados na região do visível. Por exemplo, a maioria das folhas são verdes porque elas refletem mais do que o azul e o vermelho na faixa visível do espectro

eletromagnético. Enquanto isso na vermelha (Red) há uma grande absorção de energia. Já no infra-vermelho próximo (NIR) é refletido a estrutura celular das plantas. Isso justifica o uso da faixa do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R) para o cálculo.

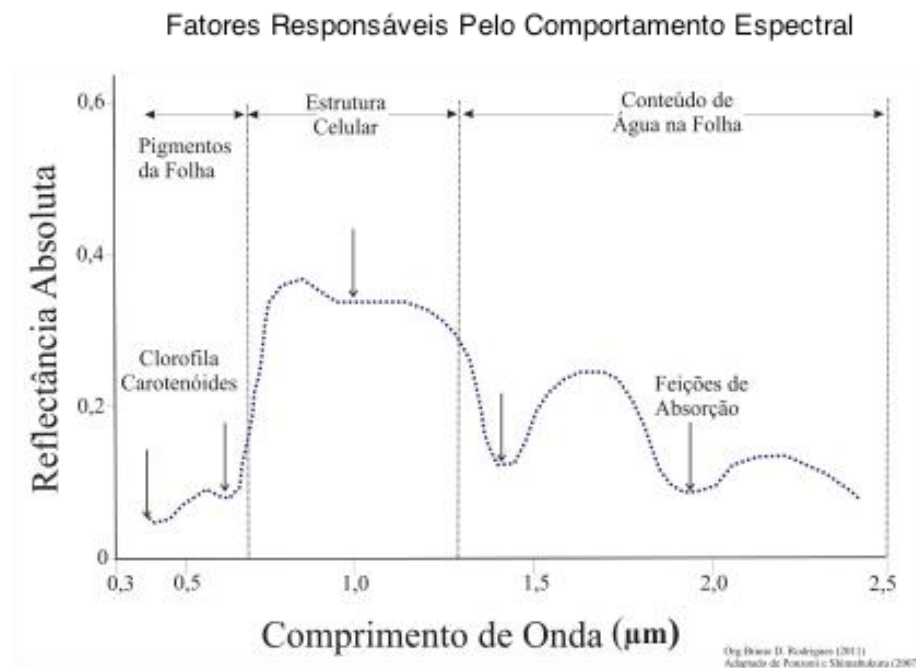


FIGURA 10: COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO  
 FONTE: PONZONI; SHIMABUKURO, 2007, adaptado pelo Autor, 2015.

Para realçar a presença de vegetação foi usado o índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), que é um ótimo indicativo do estado da planta porque leva em consideração a energia absorvida em relação à refletida na região que mostra a condição das estruturas celulares.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

Essa equação gera um índice que varia de -1 a 1. Quanto maior o valor do índice maior a presença de vegetação.

Em seguida, foi aplicada a ferramenta de supressão de vegetação (Vegetation Suppressing Tool), através do software *ENVI 4.7*. Esta ferramenta apresenta um

algoritmo de supressão de vegetação, que consiste na utilização das bandas 5 e 3 do sensor Multiespectral, infravermelho próximo e vermelho, respectivamente.

Com a combinação das bandas (R: NDVI; G: Banda 4; B: Banda 5), o aplicativo suprimiu a assinatura espectral correspondente à vegetação nativa na imagem original. Essa ferramenta é a implementação do método desenvolvido por Crippen e Blom (2001).

Ambos tratamentos realizados antes da classificação, índice NDVI e Supressão Vegetal, foram feitos no software *ENVI 4.7*. Este é um software utilizado para visualização, exploração, análise e apresentação de dados na área de Sensoriamento Remoto/SIG, que oferece também as ferramentas necessárias para a extração de informações sobre a cobertura vegetal ou a morfologia do terreno.

### 3.3.3 CORREÇÃO DOS RUÍDOS

Um outro fato que influenciou bastante a classificação foram os ruídos presentes nas imagens. Eles estavam interferindo de uma tal maneira que havia uma grande quantidade de pontos classificados isoladamente, ou seja, o pixel apresentava uma brusca variação em relação a sua vizinhança.

Com o intuito de minimizar esses ruídos, foi utilizado o software *EDISON (Edge Detection and Image Segmentation System)*, desenvolvido pela Universidade *RUTGER* de *New Jersey*. Este software foi desenvolvido para realizar a segmentação de imagens utilizando o algoritmo de deslocamento pela média e consequentemente gerar uma imagem filtrada (CHRISTOUDIAS et al., 2002).

Esse algoritmo, chamado de *mean-shift* foi descrito por Comaniciu *et al*, 2002. Segundo ele, este foi projetado para localizar os pontos de densidade máxima num determinado espaço de características. Primeiramente, são calculados os vetores de características para obtenção das informações referentes à escala de cor e as coordenadas para cada pixel. Depois, o algoritmo procura uma vizinhança no espaço centrado no vetor de características de cada pixel, calcula o centro de massa e move a janela para a respetiva média.

O arquivo de entrada do programa foi gerado no software *ENVI 4.7*. Cada uma das duas imagens foi recortada em quadrados de 1000 x 1000 pixels enquadrando assim, as imagens nos tamanhos exigidos pelo software. No total, foram feitas 25 amostras de cada imagem, totalizando 50 recortes. No final, as 25

amostras foram mosaicadas para, então, classificá-las separadamente, conforme citado. Abaixo o exemplo de um dos mosaicos feitos.

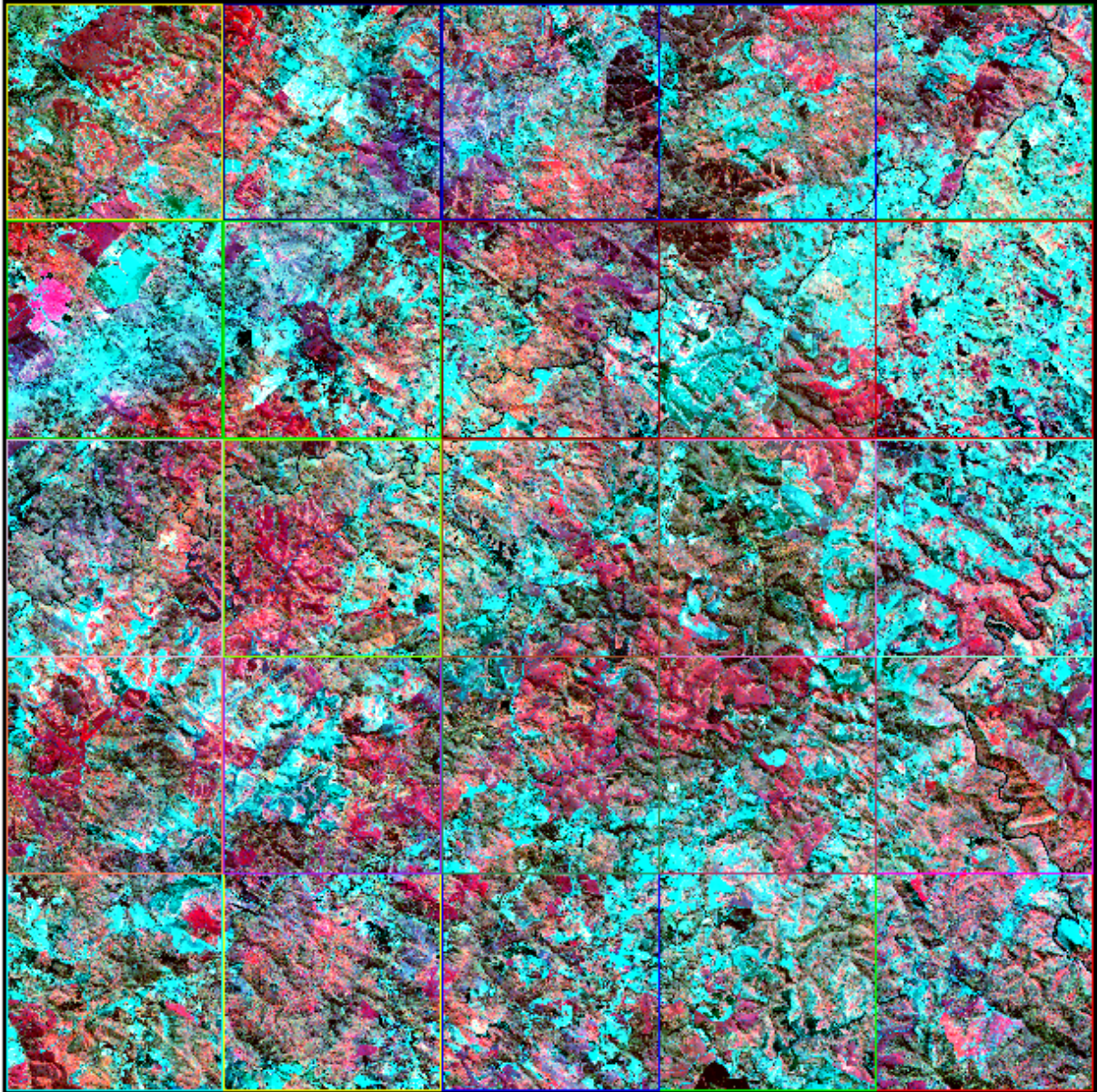


FIGURA 11: IMAGEM FOTO DO MOSAICO DA PARTE NORTE DA IMAGEM DE SATÉLITE COM AS 25 AMOSTRAS

Em cada amostra foram testados os parâmetros de cor, forma e região. De acordo com os valores atribuídos, as características originais da imagem se alteravam. Como a imagem possuía muito ruído, o software foi utilizado apenas como forma de amenizar esse efeito, e não para eliminá-lo. Portanto, a filtragem que apresentou melhor resultado foi com peso 7 para forma, 6.5 para cor e região

mínima de 20 pixels. O limite mínimo foi fixado para evitar que regiões muito pequenas fossem incluídas na segmentação.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Realizado o pré-processamento das imagens, elas puderam, enfim, ser classificadas. Para o processo foi usado o software *ENVI 4.7*. Nele, foram utilizadas diferentes combinações de bandas espectrais para facilitar a visualização das diferentes classes. Entre elas, a combinação de bandas 4-3-2, onde a vegetação aparecia em vermelho, e as bandas 4-5-3, para diferenciação do uso da terra.

Apesar de ser possível a utilização de quaisquer combinações de bandas, é necessário atentar-se ao fato de que esta combinação contém informações espectrais necessárias e úteis ao trabalho.

Neste trabalho, o processo de classificação supervisionada foi realizado através do classificador máxima verossimilhança (MAXVER). Foram testados outros dois métodos de classificação supervisionada: Método do Paralelepípedo e Método da Mínima Distância. Ambas classificações foram sobrepostas sobre as imagens originais e, visualmente, apresentaram áreas classificadas de maneira errônea. O mesmo não aconteceu com o Método de Máxima Verossimilhança onde, visualmente, notou-se uma menor quantidade de áreas classificadas incorretamente. Essa análise visual baseou-se na sobreposição das imagens classificadas sobre as imagens pré-processadas e então foi comparada a área classificada com a parte da imagem processada previamente conhecida.

Foram criadas áreas de interesse a partir de um conjunto de pixels, formando 3 diferentes classes: *Floresta Nativa*, *Floresta Não Nativa* e *Outros*. A classe *Floresta Nativa* engloba a Floresta Ombrófila Mista e plantios de Bracatinga; a *Floresta Não Nativa* engloba o plantio de pinus e eucalipto; e a classe *Outros* engloba áreas de vegetação rasteira, áreas abertas (estradas de acesso), áreas de agricultura e pastagem, áreas construídas e água.

As classes foram definidas levando-se em conta a necessidade da criação de uma primeira classificação, para ao final, fundir algumas classes e gerar um mapa binário (*Floresta Nativa* e *Floresta Não Nativa*), sendo esta o único formato de

entrada de dados permitido no software GUIDOS para a elaboração do mapa de fragmento florestal.

Foi necessário identificar um número suficiente de pixels na etapa de treinamento, que correspondem às amostras coletadas em campo juntamente com alguns pontos, que puderam ser identificados de acordo com a resposta espectral semelhante. As tabelas 4 e 5 exemplificam o comportamento de cada classe nas duas imagens.

De maneira análoga, foram escolhidos os pixels de validação (diferentes dos pixels de treinamento). Em seguida, foi possível o cálculo da matriz confusão.

TABELA 4: DADOS DA CLASSIFICAÇÃO IMAGEM NORTE





CLASSE	ELEMENTOS PRESENTES	EXEMPLO	Nº DE PIXELS (TREINAMENTO)	Nº DE PIXELS (VALIDAÇÃO)
Vegetação Nativa	Mata nativa Floresta Ombrófila Mista Plantio de Bracatinga		11.395	3.821
Vegetação Não Nativa	Plantio de Pinus Plantio de Eucalipto		8.137	5.078
Outros	Vegetação rasteira Área aberta Áreas de agricultura Áreas de pastagem Áreas construídas Água		1.386	2.116

TABELA 5: DADOS DA CLASSIFICAÇÃO IMAGEM SUL

CLASSE	ELEMENTOS PRESENTES	EXEMPLO	Nº DE PIXELS (TREINAMENTO)	Nº DE PIXELS (VALIDAÇÃO)
Vegetação Nativa	Mata nativa Floresta Ombrófila Mista Plantio de Bracatinga		1.622	7.230
Vegetação Não Nativa	Plantio de Pinus Plantio de Eucalipto		7.080	7.446
Outros	Vegetação rasteira Área aberta		961	3.002

	Áreas de agricultura Áreas de pastagem Áreas construídas Água			
--	--	--	--	--

O último passo da classificação foi utilizar a ferramenta *mosaico* para unir ambas classificações: a parte norte e sul. Esta imagem foi salva em formato *.tif* para, então, servir de arquivo de entrada para o software GUIDOS.

### 3.5 PÓS CLASSIFICAÇÃO

A pós classificação é o procedimento para minimizar os pixels não classificados ou classificados isoladamente, bem como os classificados de maneira errônea na imagem classificada e assim melhorar a sua visualização e homogeneizar as classes de uso. Para tal, foram aplicados dois tipos de filtros: o filtro de aglutinação (*Clump*) e o de peneiramento (*Sieve*). A função *Clump Classes* aglutina classes adjacentes que não foram classificadas, ou seja agrega as regiões, de uma mesma classe, as quais existe conectividade entre si, Já a função *Sieve Classes* funciona como um peneiramento, no qual filtra as regiões muito pequenas (no caso desde trabalho foi usado o limiar de 2 pixels) agregando-as à região adjacente que for mais freqüente, utilizando uma vizinhança de 8 pixels. Normalmente, as funções de aglutinação (“Clump”) e separação (“Sieve”) são aplicadas em etapas sucessivas.

### 3.6 MAPA DE FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL - GUIDOS

O GuidosToolbox (*Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes*) é um *software* aberto e gratuito com suporte para *Linux*, *Mac OSX* e *MS-Windows*. Ele foi desenvolvido por Peter Vogt no *European Union FORESTMOD Joint Research Center* em 2008, com o intuito de analisar espacialmente os fragmentos florestais.

*GuidosToolbox* também inclui *MSPA (Morphological Spatial Pattern Analysis)*, uma sequência personalizada de operadores de morfologia matemática voltados para a descrição da geometria e conectividade dos componentes da imagem.

Baseado apenas em conceitos geométricos, esta metodologia pode ser aplicada a qualquer escala e a qualquer tipo de imagem digital. A área do primeiro plano de uma imagem binária é dividida em sete classes MSPA genéricas: *Core, Islet, Perforation, Edge, Loop, Bridge, and Branch*. Esta segmentação resulta em classes mutuamente exclusivas que, quando fundidas, correspondem exatamente à área inicial do primeiro plano. Entre as suas funções estão a detecção de estruturas de ligação, detecção de furos, detecção de desvios de uma espessura pré-definida, além da escala de análise poder ser definida pelo usuário.

O arquivo de entrada deve ser do tipo BYTE (8-bit) e deve conter a classe de dados para o primeiro e segundo plano, além de poder ter uma classe de dados faltantes. Quando isso ocorre, a segmentação MSPA é realizada para a classe do primeiro plano e os dados faltantes são ignorados durante o processo. Entretanto, a definição de primeiro e segundo plano e de dados faltantes depende da situação.

Neste estudo, as células do mapa de entrada foram recodificadas da seguinte forma:

- Valor 0 = Pontos não classificados (Faltante)
- Valor 1 = Classe Floresta Não Nativa e Classe Outros (Segundo Plano)
- Valor 2 = Classe Floresta Nativa (Primeiro Plano)

O resultado da análise do padrão espacial depende dos parâmetros MSPA escolhidos. Existem 4 parâmetros disponíveis no software. O primeiro deles é denominado *MSPA-Parameter 1: Foreground Connectivity (Options: 8, 4)*. Este parâmetro avalia a conectividade de uma área ao selecionar um conjunto de 3x3 pixels, onde o pixel central, ligado aos pixels vizinhos ou está conectado a todos os pixels ao redor (totalizando 8 conectividades) ou está conectado aos pixels cujas fronteiras são comuns (totalizando 4 conectividades). Segundo o manual, o valor padrão para este programa é 8.

O segundo parâmetro recebe o nome de *MSPA-Parameter 2: EdgeWidth (Options: 1, 2, 3, 4, ...)*. Este parâmetro define a largura ou a espessura das classes *non-core* (sem núcleo), em pixels. A distância real corresponde ao número de pixels multiplicado pela resolução de pixel dos dados. Segundo o manual, estipulou-se o valor padrão para *MSPA-Parâmetro 2, EdgeWidth* igual a 1.

O terceiro parâmetro recebe o nome de *MSPA-Parameter3: Transition (Options: 0,1)*. Esses pixels de transição são os pixels da área de borda ou de

perfuração, onde uma área do core intercepta o *loop* ou a *bridge*. O valor padrão, exibido no manual do software para *MSPA-Parâmetro 3, Transition*, é 1.

Por fim, o quarto parâmetro é chamado de *MSPA-Parameter 4: Intext* (*Options: 0,1*). Este parâmetro permite a distinção entre recursos internos e externos, onde as características internas são definidas como sendo delimitadas pela perfuração. O padrão é ativar esta distinção que irá adicionar uma segunda camada de classes para as sete classes básicas. Todas as classes, com exceção de perfuração, que por padrão é sempre interna, podem aparecer como interna ou externa. Segundo o manual, o valor padrão para *MSPA-Parameter 4, Intext*, é 1.

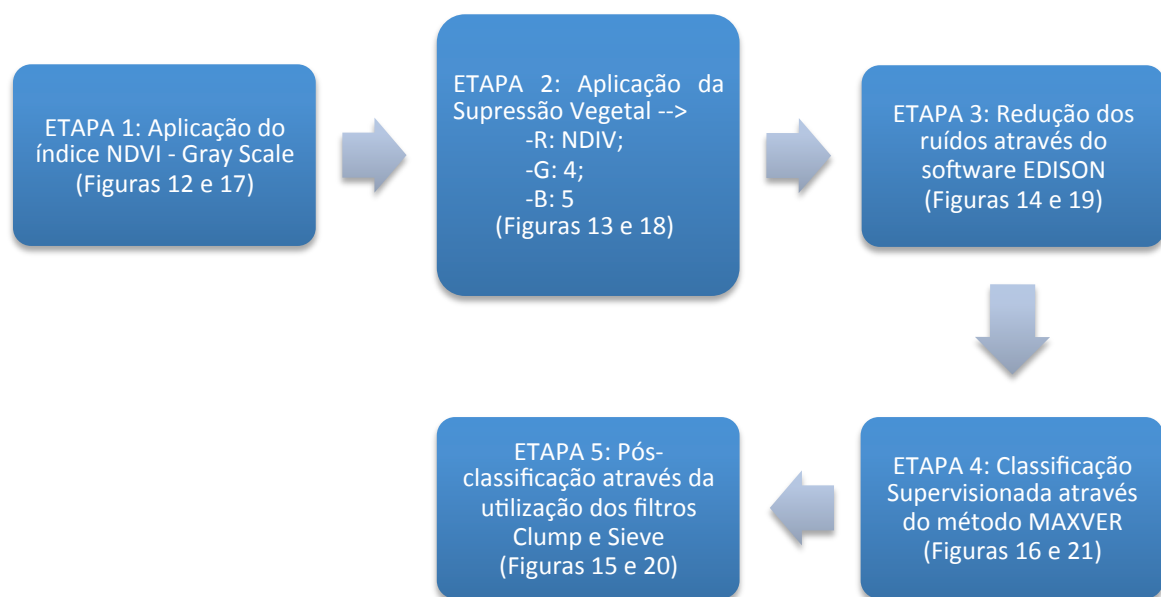
Após escolher os padrões indicados no manual, foram analisadas as seguintes classes:

- **Área nuclear (core):** área central do fragmento, descontada a faixa de borda, com características distintas da borda e da matriz.
- **Ilhota (islet):** fragmentos pequenos e isolados, que podem funcionar como fonte de dispersão, mas de capacidade de conexão limitada.
- **Perfuração (perforation):** clareiras no interior do fragmento.
- **Borda (edge):** porção de um fragmento no entorno interno de seu perímetro, dentro da qual as condições ambientais podem diferir de seu interior
- **Falso-corredor (loop e branch):** laço (corredor em curva que conecta uma área a si mesma) e ramo (projeção linear que não conecta verdadeiramente o fragmento a nenhuma outra área).
- **Corredor (bridge):** faixa relativamente estreita de uma determinada classe de uso que liga pelo menos dois fragmentos de habitat anteriormente unidos

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As imagens utilizadas no processo de classificação supervisionada podem ser observadas nas figuras abaixo, desde o primeiro índice utilizado (NDVI) até a sua classificação final.

Abaixo um esquema que exhibe o passo a passo para se chegar a imagem classificada a partir das imagens fornecidas pelo ICMBIO.



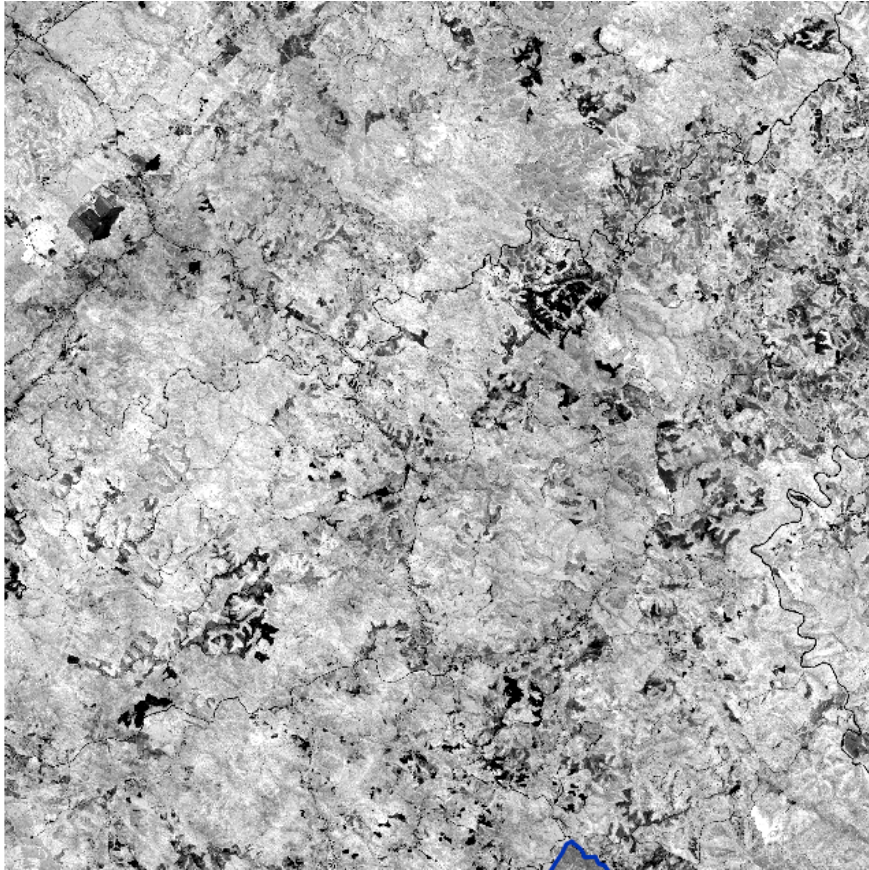


FIGURA 12: IMAGEM NORTE – ETAPA 1 COM PERÍMETRO DA FLONA.

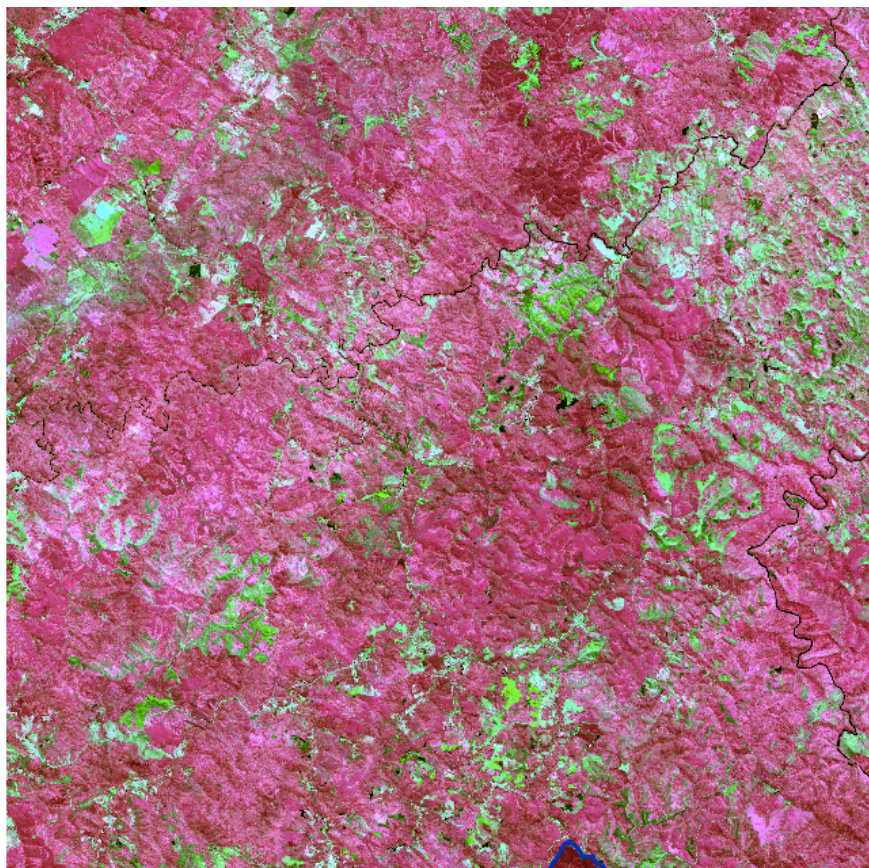


FIGURA 13: IMAGEM NORTE - ETAPA 2 COM PERÍMETRO DA FLONA.

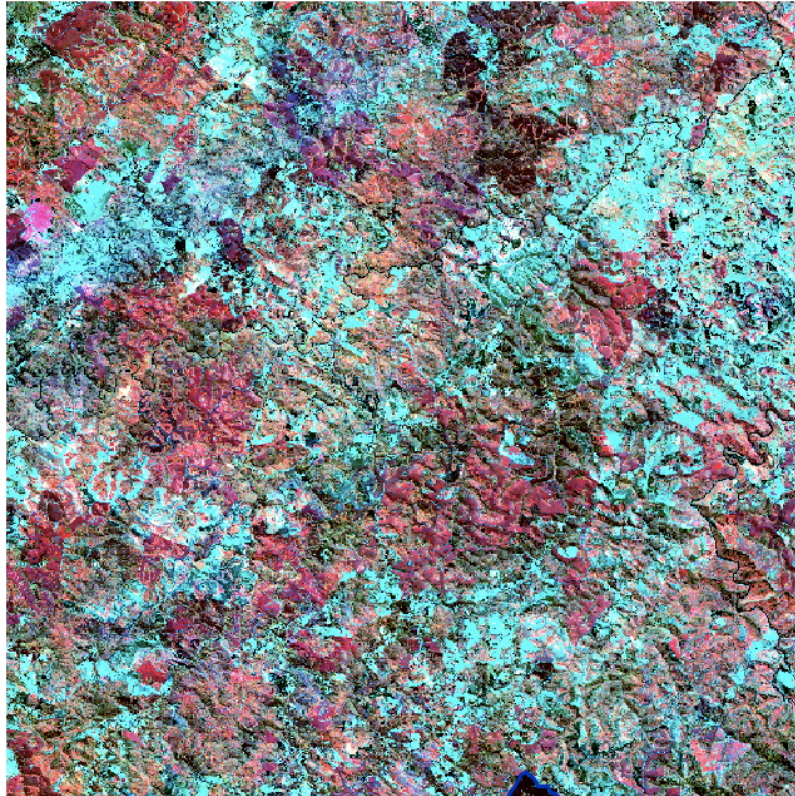


FIGURA 14: IMAGEM NORTE - ETAPA 3 COM PERÍMETRO DA FLONA.

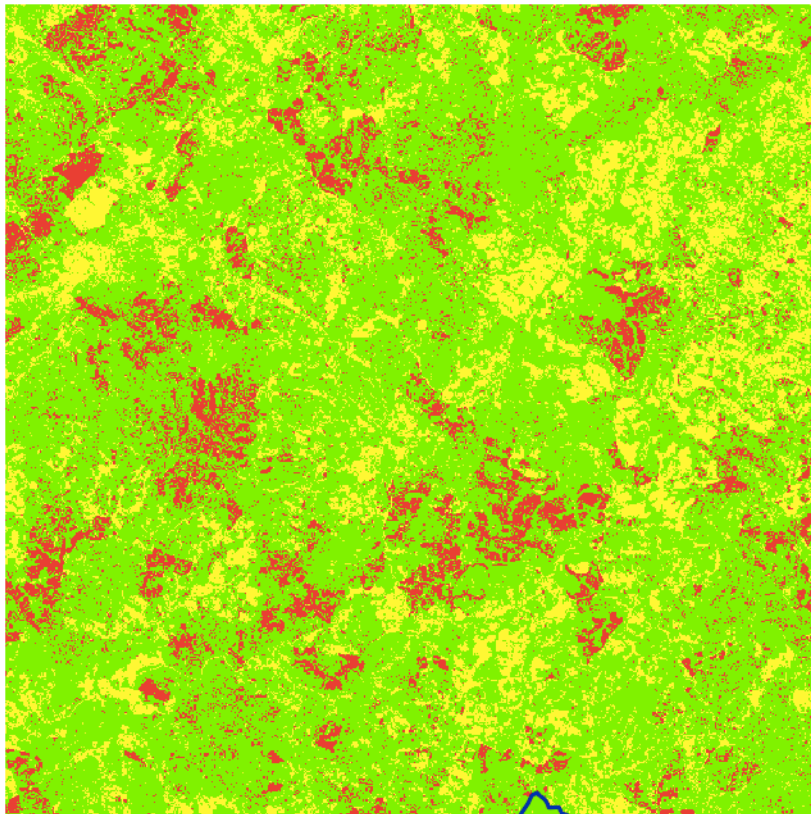


FIGURA 15: IMAGEM NORTE – ETAPA 4 COM PERÍMETRO DA FLONA.

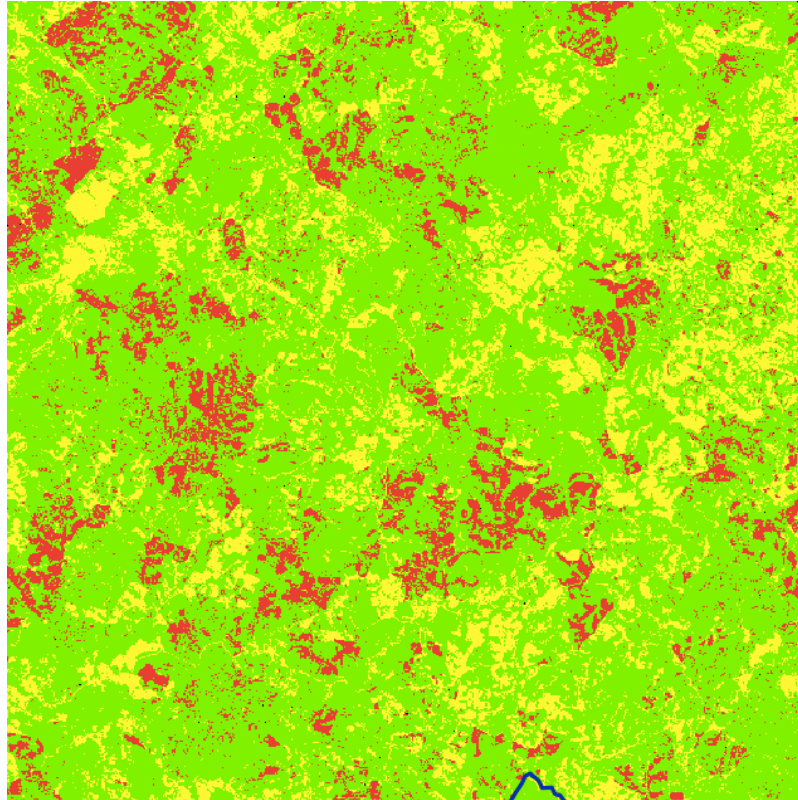


FIGURA16: IMAGEM NORTE – ETAPA 5 COM PERÍMETRO DA FLONA.

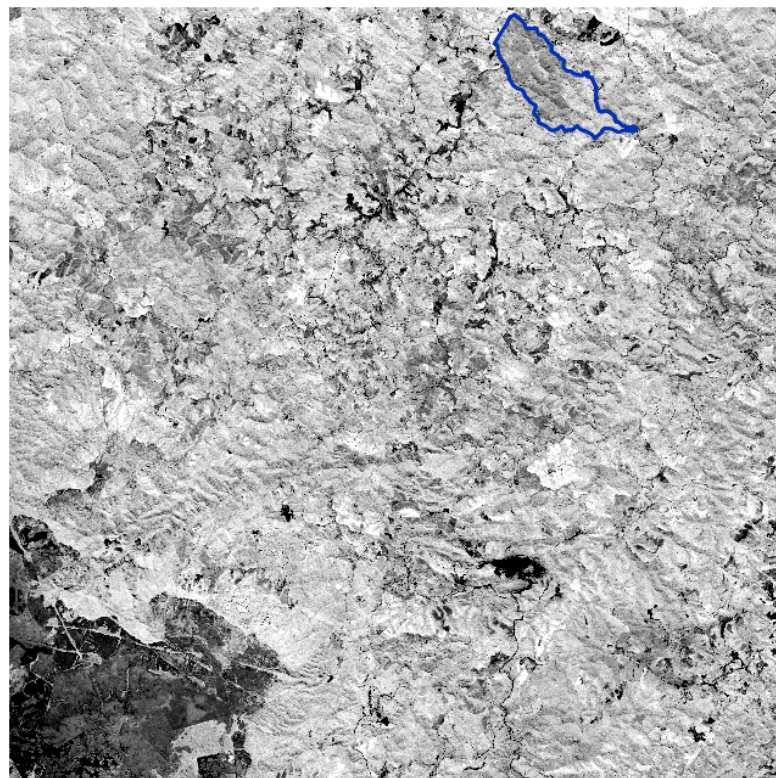


FIGURA 17: IMAGEM SUL - ETAPA 1 COM PERÍMETRO DA FLONA.

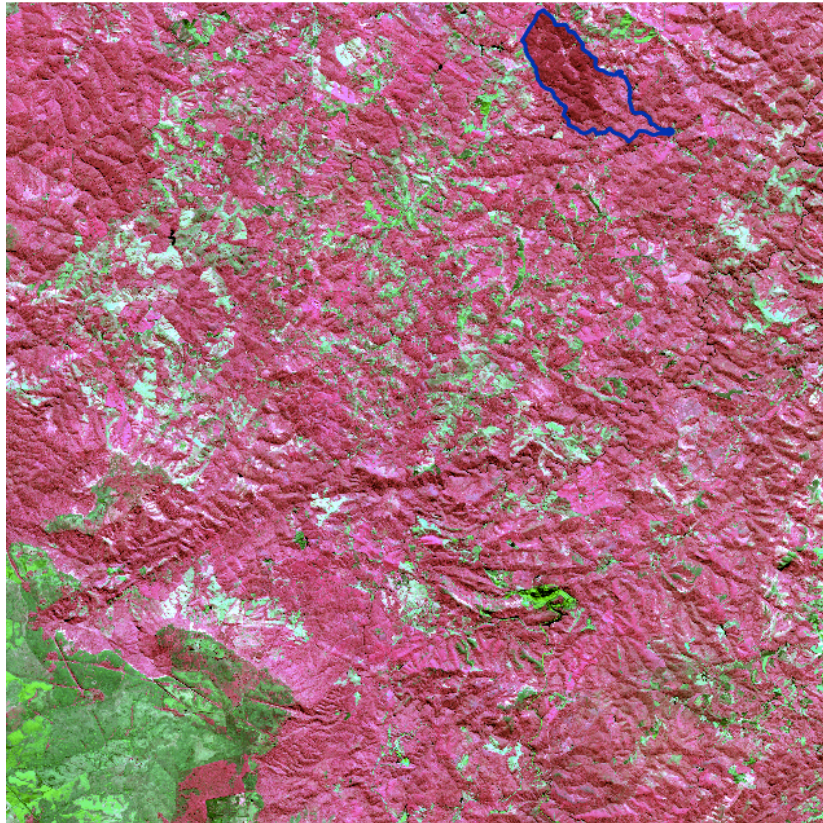


FIGURA 18: IMAGEM SUL – ETAPA 2 COM PERÍMETRO DA FLONA.

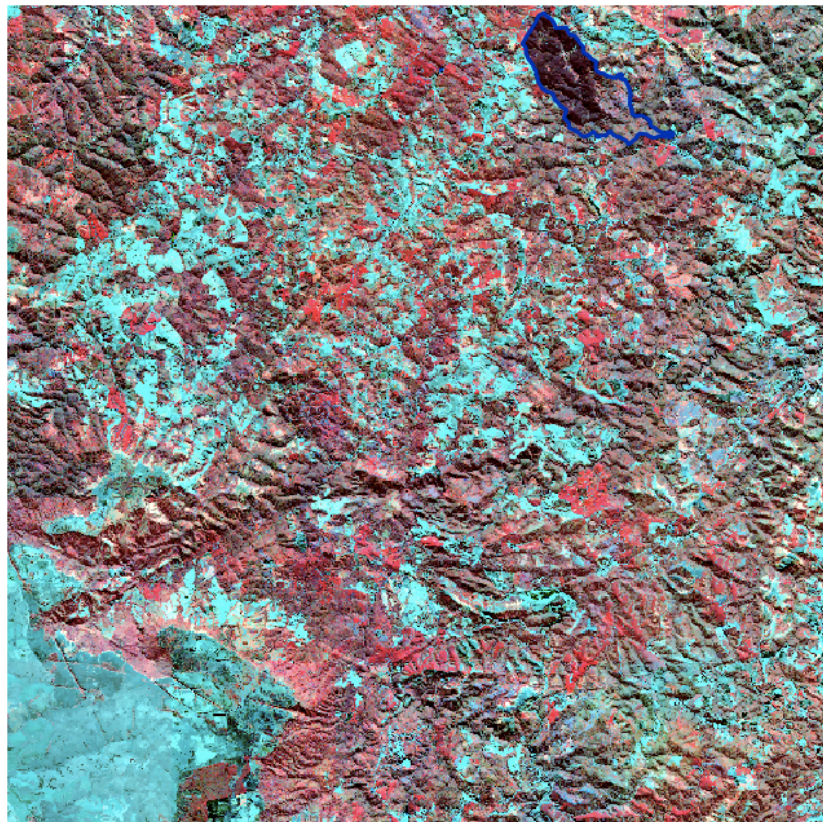


FIGURA 19: IMAGEM SUL – ETAPA 3 COM PERÍMETRO DA FLONA.

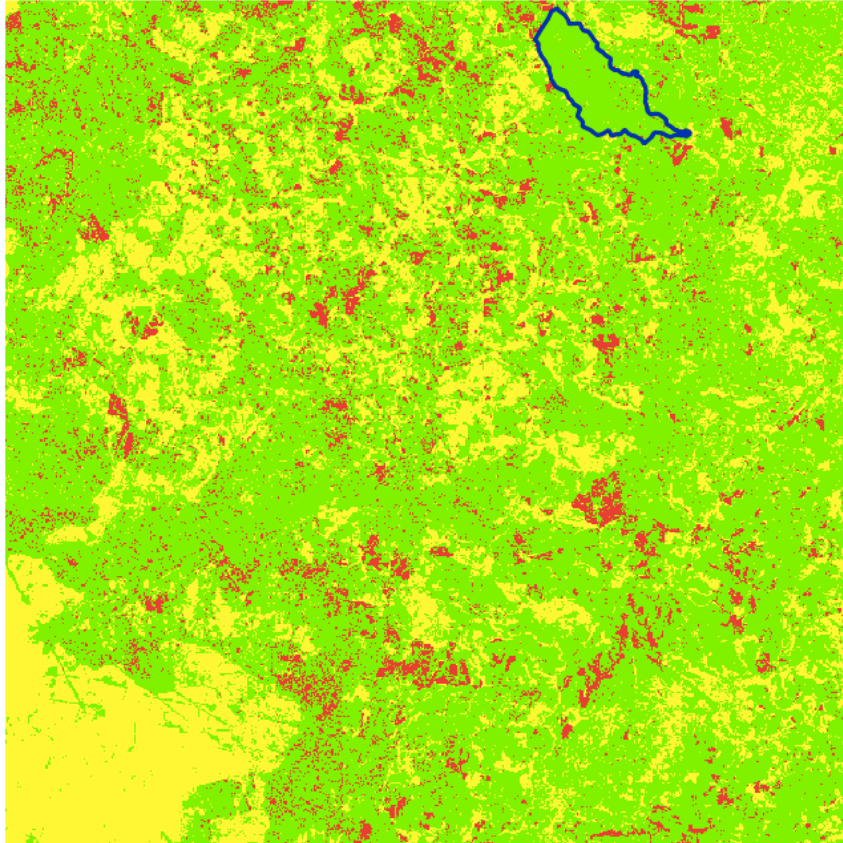


FIGURA 20: IMAGEM SUL – ETAPA 4 COM PERÍMETRO DA FLONA.

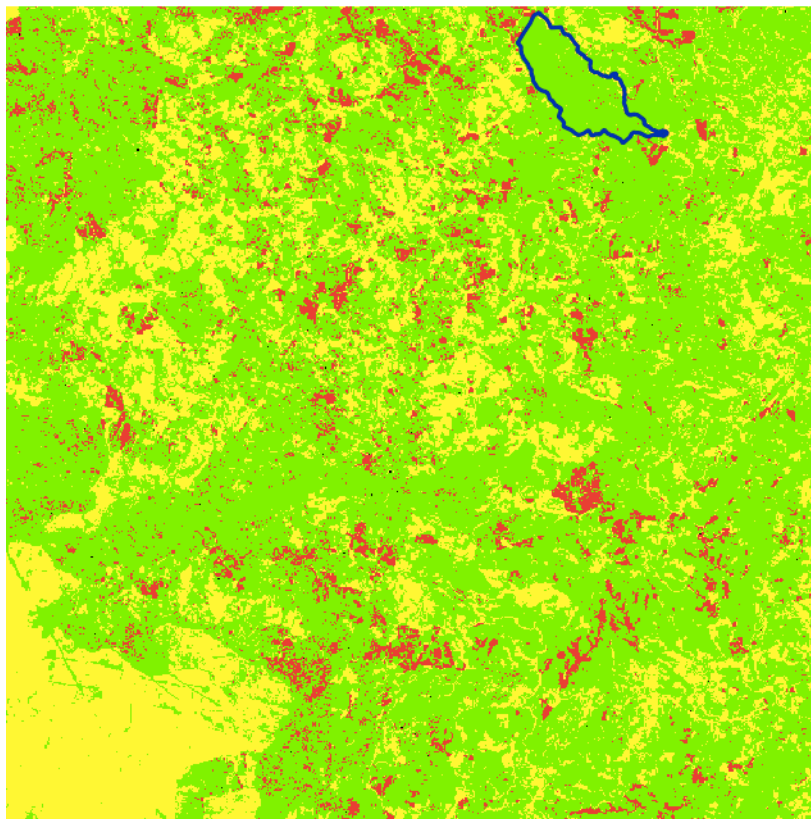


FIGURA 21: IMAGEM SUL ETAPA 5 COM PERÍMETRO DA FLONA.

A utilização do índice NDVI em conjunto com a Supressão Vegetal foi fundamental para a distinção entre as áreas de mata nativa e não nativa. O tom de vermelho escuro ficou sobreposto sobre o claro, identificando assim as áreas de plantio de pinus e eucalipto.

Em seguida, com a utilização do software EDISON, uma grande parte dos resíduos foi eliminado, possibilitando uma melhor classificação. Em relação a classificação, pode-se observar que apesar de ainda existirem resíduos, os mesmos tornaram-se menos frequentes.

Para analisar a confusão entre as classes na imagem classificada é necessário observar as matrizes de confusão do classificador Maxver. As tabelas 6 e 7 exibem o resultado obtido.

TABELA 6: MATRIZ CONFUSÃO IMAGEM NORTE

<b>CLASSE</b>	<b>MATA NATIVA</b>	<b>MATA NÃO NATIVA</b>	<b>OUTROS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>NÃO CLASSIFICADA</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>MATA NATIVA</b>	<b>92,01%</b>	0,0%	0,0%	17,68%
<b>MATA NÃO NATIVA</b>	7,99%	<b>99,58%</b>	1,28%	36,67%
<b>OUTROS</b>	0,0%	0,42%	<b>98,72%</b>	45,66%
<b>TOTAL</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

**ACURÁCIA** = (10765/11015) 97.7304%

TABELA 7: MATRIZ CONFUSÃO IMAGEM SUL

CLASSE	MATA NATIVA	MATA NÃO NATIVA	OUTROS	TOTAL
NÃO CLASSIFICADA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
MATA NATIVA	<b>96,61%</b>	6,76%	2,13%	42,72%
MATA NÃO NATIVA	2,78%	<b>93,24%</b>	0,0	40,41%
OUTROS	0,61%	0,0%	<b>97,87%</b>	16,87%
<b>TOTAL</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

**ACURÁCIA** = (16866/17678) 95.4067%

Pode-se notar pela análise da matriz que as classes Vegetação Nativa, Vegetação Não Nativa e Outros obtiveram, na imagem norte, respectivamente 92,01%, 99,58% e 98,72% de acerto, e na imagem sul, respectivamente 96,01%, 93,24% e 97,87% mostrando um ótimo desempenho do Maxver em discriminar estas classes em ambas imagens.

Os maiores erros de inclusão, de acordo com a matriz confusão, corresponderam à Mata Nativa que incorporou amostras da classe Mata Não Nativa e, em alguns casos foi incorporada também a classe Outros.

TABELA 8: VALORES DO COEFICIENTE KAPPA

COEFICIENTE KAPPA	
IMAGEM NORTE	0.9639
IMAGEM SUL	0.9267

Segundo a Tabela 8, O índice *Kappa* foi classificado com concordância excelente para ambas imagens. É de se esperar que esse índice seja menor do que a acurácia total pois ele levou em conta todos os elementos da matriz de erro.

Na imagem norte, 96,39% da amostragem estavam em concordância com os pontos de referencia, enquanto que na imagem sul esse valor foi de 92,67%.

A acurácia e o índice *Kappa* altos não, necessariamente, garantem que uma classificação seja ideal. No início do estudo, como citado anteriormente, foram feitas diversas classificações para se verificar qual método de classificação supervisionada era o mais preciso. Nessas classificações, foram obtidos altos índices de acurácia e do índice *Kappa*. Entretanto, quando comparadas as imagens originais, foram notadas diversas áreas classificadas de forma errônea. Portanto, neste estudo, a melhor forma de verificar a classificação supervisionada foi sobrepondo a imagem classificada sob a imagem original cedida pelo ICMBIO. A Matriz de Confusão e o índice *Kappa* foram indicadores da qualidade da classificação, mas não se pôde basear somente neles para afirmar se a classificação supervisionada estava adequada ou não.

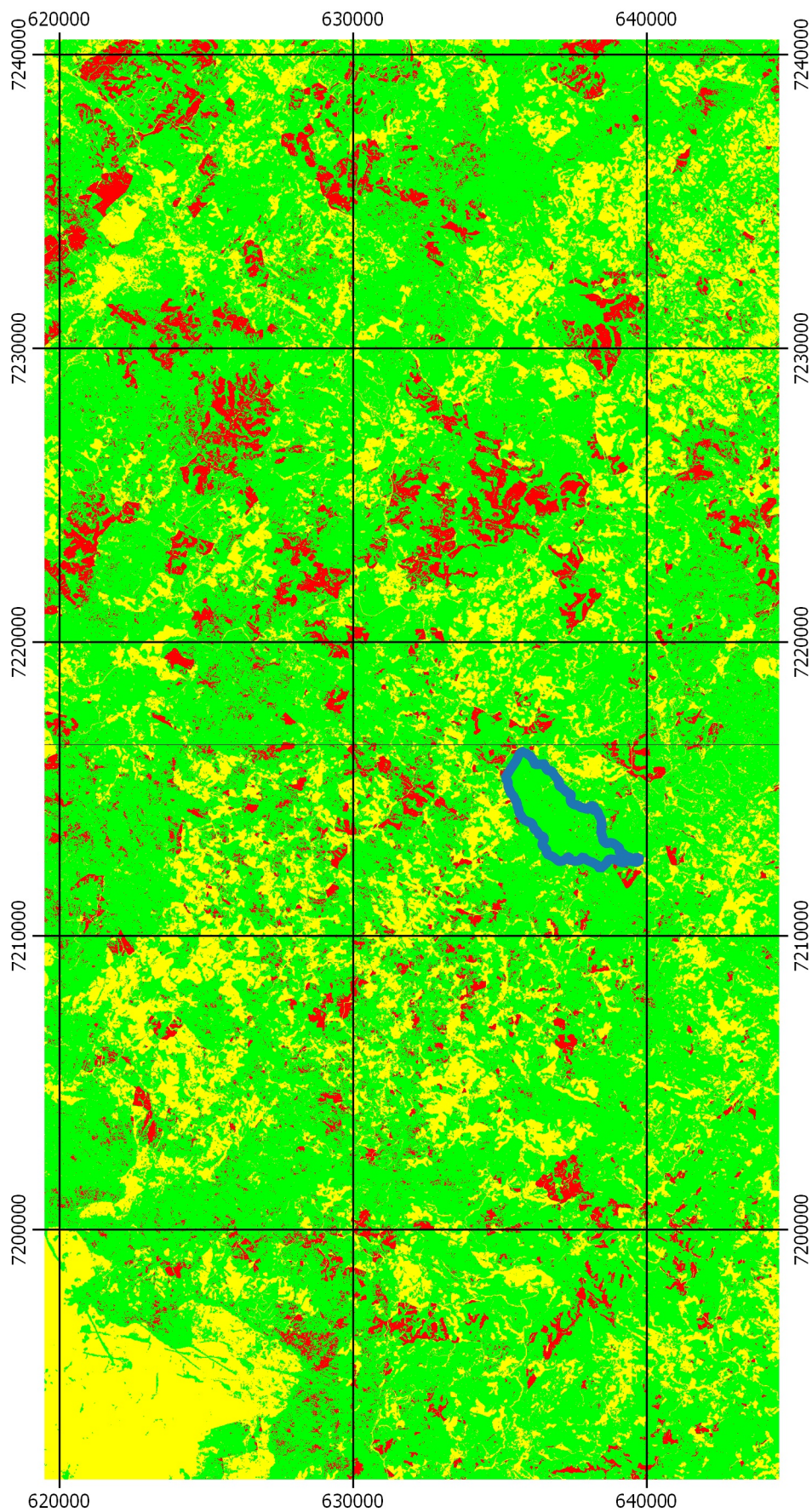
A tabela abaixo exhibe a área total de cada classe para cada uma das duas imagens e a área total após o mosaico das classificações.

TABELA 9: DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO DE SOLO (ha)

<b>CLASSE / ÁREA</b>	<b>IMAGEM NORTE [ha]</b>	<b>IMAGEM SUL [ha]</b>	<b>MOSAICO [ha]</b>
FLORESTA NATIVA	44.095,91 (70,5%)	42.401,38 (67,9%)	86.497,29 (69,2%)
FLORESTA NÃO NATIVA	6.433,33 (10,3%)	4.045,90 (6,5%)	10.479,23 (8,4%)
OUTROS	11.908,08 (19,1%)	15.991,65 (25,6%)	27.899,73 (22,4%)
NÃO CLASSIFICADOS	62,68 (0,1%)	61,07 (0,01%)	123,75 (0,01%)
TOTAL	62.500,00	62.500,00	125.000,00

Portanto, pode-se concluir que ao mosaicar a imagem, 69,2% do território estudado foi classificado como floresta nativa, 8,4% como floresta não nativa, 22,4% pertencentes a classe Outros e 0,01% não foi classificado, conforme mostrado na figura 22.

# MAPA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI



### Legenda

- Vegetação Não Nativa
- Vegetação Nativa
- Outros
- Pontos Não Classificado
- Perimetro da FLONA

DATUM: SAD 69/ZONA 22S

ESCALA: 1 : 220.000

10 0 10 20 30 40 km



IMAGENS DATADAS EM 2011

FIGURA 22: MAPA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Algumas informações não foram classificadas corretamente, como mostra a matriz confusão. Esses erros podem ser oriundos da diferença de fase de crescimento das espécies, ou seja, apresentavam diferentes estágios de desenvolvimento, bem como ter sido influenciado pelas nuvens, que alteram as características do solo e o seu valor de reflectância. Na área de sobreposição entre as imagens, essa diferença de classes se deu, principalmente, à data que, por ser de meses diferentes, apresentam diferença no desenvolvimento das espécies.

O mapeamento de fragmentação florestal no software GUIDOS realizado com o mosaico das imagens classificadas obteve como resultado a figura 23. Já a figura 22 mostra, através de um *zoom* (4x), uma região escolhida aleatoriamente afim de mostrar de maneira mais detalhada as classes MSPA. As análises percentuais estão demonstradas na tabela 10.

# MAPA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI

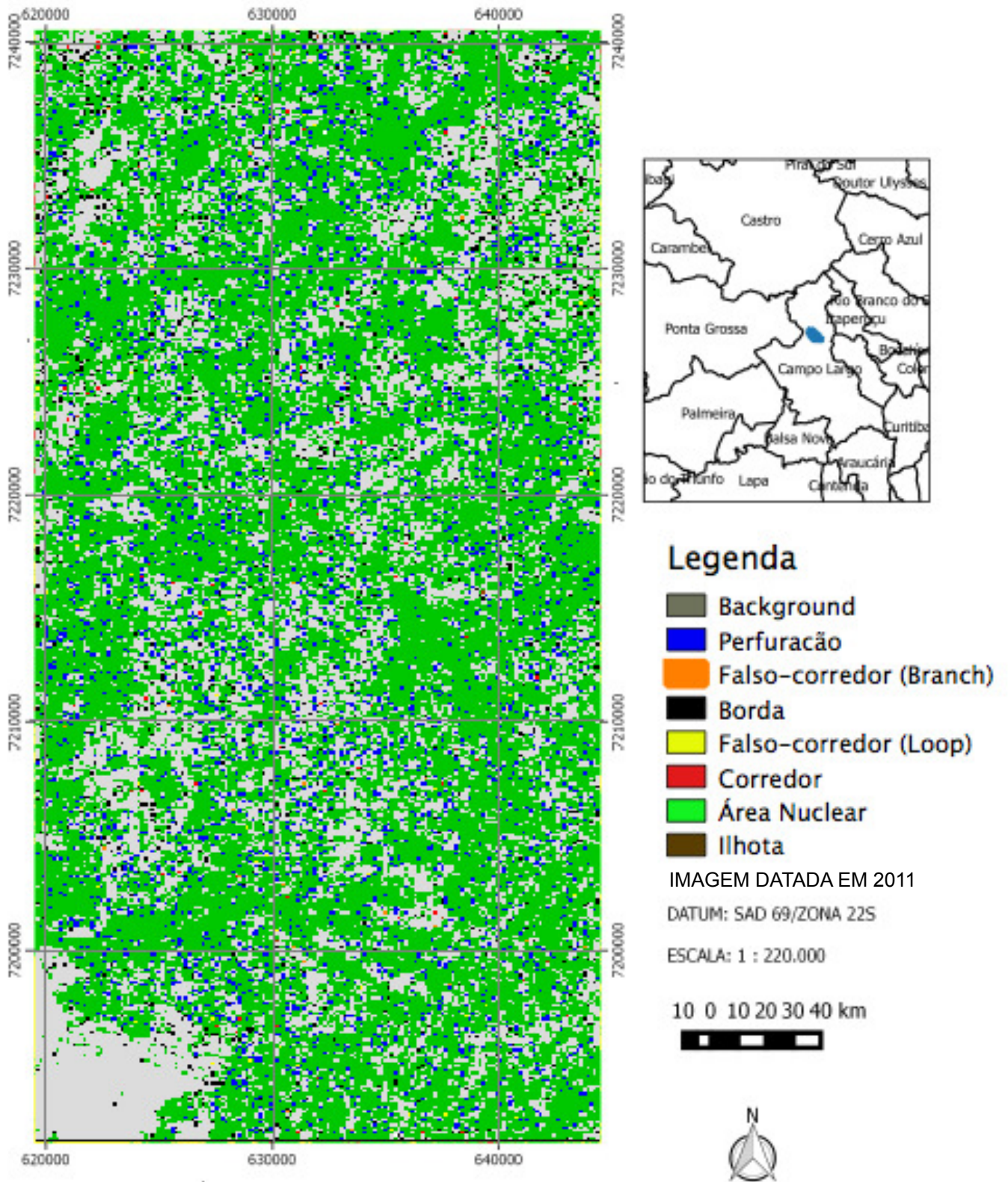


FIGURA 23: FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI

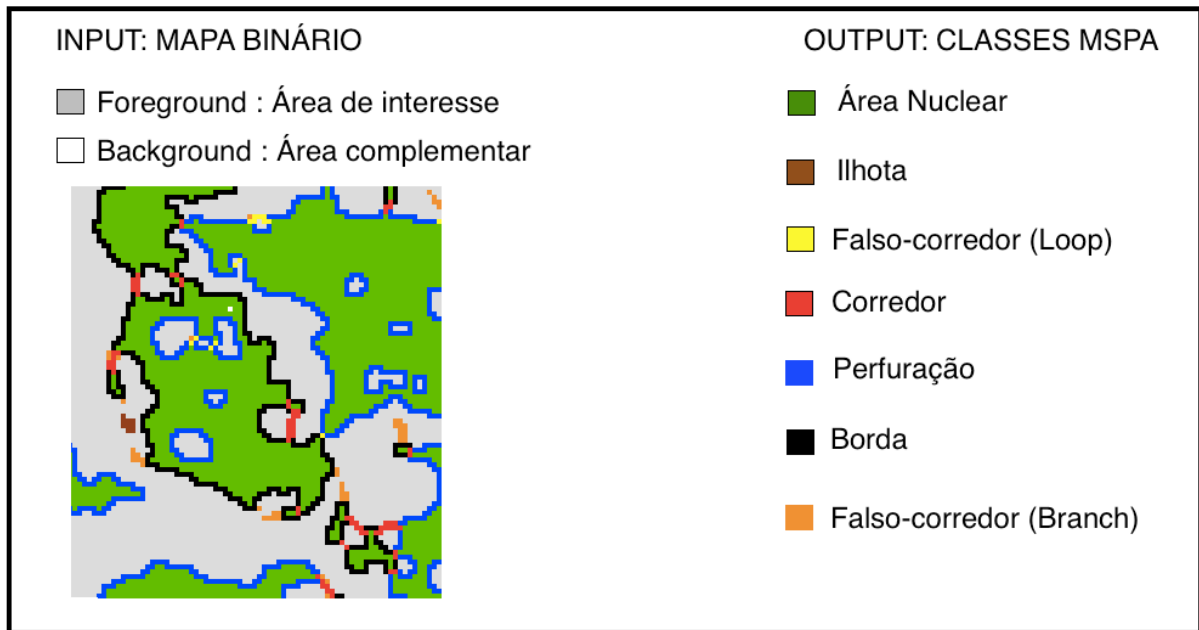


FIGURA 24: IDENTIFICAÇÃO DAS CLASSES MSPA

Através do software *GUIDOS*, foi possível classificar a área de floresta nativa entre núcleo, ilhota, perfuração, borda, laço, corredor e ramo. Nota-se que a maioria (60,85%) do mapa representa o núcleo, ou seja, a porção central do fragmento.

TABELA 10: PERCENTUAL DA PAISAGEM CALCULADO PARA A IMAGEM CLASSIFICADA

CLASSES	FREQUENCIA RELATIVA (%)	FREQUENCIA ABSOLUTA
NÚCLEO	60,85%	21.171
ILHOTA	0,01%	995
PERFURAÇÃO	6,19%	69.004
BORDA	1,83%	22.819
LAÇO	0,12%	20.333
CORREDOR	0,10%	11.654
RAMO	0,07%	9903
BACKGROUND	30,83%	76.044
DADOS FALTANTES	0.09%	9223

A área possui, no total, 21.171 fragmentos de vegetação nativa. Em seguida, as clareiras no interior dos fragmentos (6,19%) sendo, no total, 69.004 áreas de perfuração. As bordas estão presentes em 1,83% da área estudada e, com

pouquíssima frequência, estão as ilhotas, os laços, os corredores e os ramos representando, respectivamente, 0,01%, 0,12%, 0,10% e 0,07%.

No total, são 76.044 fragmentos de floresta não nativa encontrados na região, correspondendo a 30,83% da área. Ao todo 0,09% do mapa não foi classificado, totalizando 9223 fragmentos.

Por fim, pode-se dizer que apesar da maior parte da área estudada ser contemplada por mata nativa, o desenvolvimento de atividades socioeconômicas no entorno da FLONA ameaça a conservação e manutenção dos ambientes naturais, tornando-se essencial o estudo do entorno da área para embasar a criação e a execução do Plano de Manejo, bem como orientar as políticas ambientais na região., uma vez que foi realizado apenas um estudo preliminar da fragmentação no entorno da FLONA do Assungui.

## 5. CONCLUSÃO

Ao final deste estudo foi possível gerar o Mapa de uso do solo através da metodologia de classificação, na qual poderá ser utilizado como imagem base para estudos multitemporais, bem como um estudo preliminar dos fragmentos ambientais da região do entorno da FLONA do Assungui, atingindo assim o objetivo proposto neste trabalho.

Este resultado encontrado pode ser usado como parte de contribuição para pesquisas a longo prazo, bem como na elaboração do Plano de Manejo da FLONA, instrumento básico para minimizar os efeitos adversos causados à área. A falta de um Plano de Manejo e da conservação dos solos influencia de maneira decisiva na degradação ambiental a qual a área está sujeita. Por isso a importância de um estudo prévio da região, a qual pode servir de base para a elaboração do Plano.

Neste estudo notou-se que uma imagem com boa resolução é indispensável para uma melhor classificação e posterior estudo de fragmentação. Grande parte dos erros foi causado pela numerosa quantidade de ruídos presentes nas imagens e, para correção, a aplicação de índices e filtros foi essencial para suavizar essas imperfeições. Os filtros *Sieve Classes* e *Clump Classes* contribuíram para melhorar a qualidade da classificação removendo pixels isolados.

A visita à campo também foi importante, uma vez que foram coletadas amostras para se utilizar na classificação supervisionada. Esta, por sua vez, apresentou resultados aceitáveis, como observado na matriz confusão. Entretanto, quanto menos resíduos a imagem apresentar, menor será a quantidade de pixels não classificados e, conseqüentemente, melhor será a classificação.

Em relação aos software, eles foram suficientes para chegar ao resultado esperado. Uma dificuldade encontrada foi em relação à bibliografia referente ao software *GUIDOS*. Como ele é recente, pouco se encontra a respeito de sua utilização. Já os softwares *ENVI* e *EDISON* foram suficientes para a realização do estudo. Ou seja, com a junção do *software* pago, *ENVI 4.7*, e dos *software* livres *GUIDOS* e *EDISON*, foi possível a geração de uma mapa preliminar do estudo da fragmentação florestal no entorno da FLONA do Assungui.

A manipulação dos resultados no software *GUIDOS* tornou possível a geração de informações capazes de nos indicar a ocorrência e localização de de fragmentos florestais na área de estudo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aquisição de imagens ao longo do tempo para a continuidade das análises sobre o mesmo local é desejável para a investigação das mudanças temporais, como nível de desmatamento e evolução dos fragmentos florestais.

Uma outra recomendação é adquirir outras imagens que contemplem um raio de 20 quilômetros no entorno da FLONA do Assungui para então estudar o comportamento da região neste raio.

Recomenda-se também que outros testes, diferentes do recomendado pelo manual do *GUIDOS* seja feito, afim de explorar todos o potencial do software para executar as análises.

Portanto, os resultados obtidos por meio do Mapa de uso do solo proporcionaram um significativo acréscimo no nível de conhecimento sobre a utilização do solo no entorno da FLONA do Assungui, sendo a sua aplicação recomendável para estudos aprofundados da fragmentação florestal na área de estudo.

## 6. ANEXOS



FIGURA 25: ENTRADA DA SEDE DA FLONA DO ASSUNGUI



FIGURA 26: FOTO TIRADA DA ANTIGA TORRE DE INCÊNDIO DA FLONA DO ASSUNGUI



FIGURA 27: FOTO DE UM DOS CORPOS D'ÁGUA NA FLONA DO ASSUNGUI



FIGURA 28: ESCOLA SÃO SILVESTRE, LOCALIZADA NO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. Brasília, 2012. 149 p.

ANTUNES, A. F. B. e LINGNAU, C. Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas temáticos obtidos por meio de classificação digital. in: III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento. Curitiba, p.s/n, 1997.

AYAD, Y. Assessment of landscape ecological metrics: shape complexity and fragmentation of the abandoned strip mine patches in toby creek watershed. Clarion University of Pennsylvania.

BARROS, A. B. (2006). EFEITO DE BORDA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA MONTANA, NOVA FRIBURGO – RJ. Dissertação de mestrado apresentada ao ao curso de Pós- Graduação em Ciência Ambiental da Universidade Federal Fluminense.

BRACELPA Associação Brasileira de Celulose e Papel. – Conjunto de Produção e Dados Referente ao Período Enviado por e-mail. – Contato e Informações Disponível em <URL: <http://www.bracelpa.org.br/bra2/index.php> >. Acesso em 20/10/2014.

BRASIL, 2000. Lei 9985/2000 de 18 de julho de 2000 - Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

CAMPOS, J. B. O papel dos corredores de biodiversidade. In: CONGRESSO MUNDIAL SOBRE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 2., 2003, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2003. p.81-82.

CASTRO, D. M. (2008) Efeitos de borda em ecossistemas tropicais: síntese bibliográfica e estudo de caso em fragmentos de cerrado, na região nordeste do estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo – USP.

CHRISTOUDIAS, M. C.; GEORGESCU, B.; MEER, P. Synergism in Low Level Vision. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 24, n. 5, p. 603-619, 2002.

COMANICIU, D. AND MEER, P. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 24 (2002), 603–619. Código fonte disponível em:  
<http://coewww.rutgers.edu/riul/research/code/EDISON/index.html>.

COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. Investigação Operacional, 24 (2004) 109-137

CRIPPEN, R.E, BLOM, R.G. Unveiling the Lithology of Vegetated Terrains in Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering e Remote Sensing 67(8) 2001.

EBC – Agência Brasil, 2014. < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-05/mata-atlantica-perdeu-235-km2-de-vegetacao-entre-2012-e-2013>>. Acessado em 23/10/2014.

FAHRIG, L. 1992. Relative importance of spatial and temporal scales in a patchy environment. Theoretical Population Biology, 41, 300-314.

FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 34, 487-515.

FELIX, I.M.; et al. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal.

Anais...São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 7619-7622. CD-ROM, Online. ISBN :. 978-85-17-00044-7. Disponível em:

<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.14.18/doc/7619-7622.pdf>. Acesso em: 20/02/2015.

FERREIRA, L. G., Apresentação em tema: "Doutorado em Ciências Ambientais (CIAMB / UFG) Sensoriamento Remoto Aplicado à Ciência Ambiental Professor Laerte Guimarães Ferreira, PhD <http://www.ufg.br/lapig>.",2005.

FLATHER, C.H. e BEVERS, M. (2002). Patchy reaction-diffusion and population abundance: The relative importance of habitat amount and arrangement, *American Naturalist*, 159, 40-56.

FONSECA, G. A. B. et. al. Corredores de Biodiversidade: o Corredor da Mata Atlântica. In: SEMINÁRIO SOBRE CORREDORES ECOLÓGICOS NO BRASIL. Brasília, 2001.

FORMAN, R.T.T; GODRON, M. *Landscape Ecology*. New York, John Wilwy e Sons. 619p, 1986.

FORMAN, R.T.T. 1995. *Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge.

FOSTER, R. B. 1980. Heterogeneity and disturbance in tropical vegetation. - In Soulé, M. E. and Wilcox, B. A. (eds), *Conservation biology. An evolutionary-ecological perspective*. Sinauer, Sunderland, MA, pp 75-92.

GARDNER, R. H., and R. V. O'Neill. 1991. Pattern, process, and predictability: the use of neutral models for landscape analysis. Página 289-307 do Turner and Gardner (1991)

GOMES, Alessandra Rodrigues. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área

piloto de Parnamirim (PE). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. São José dos Campos, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Mapa da vegetação do Brasil. <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acessado em 13 de outubro de 2014).

INP - Instituto Nacional do Pinho. (1948). O Instituto Nacional do Pinho e a Questão Florestal. In: *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* (pp. 401-408). Rio de Janeiro: INP.

INPE. Manual do usuário do SPRING. –Tutorial de Geoprocessamento. São José dos Campos: INPE, 1997.

JOHN. Wiens & M.R. Moss, *Issues and Perspectives in Landscape Ecology*, 2005. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-10.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. 2002. Araucária: A Floresta do Brasil Meridional. Curitiba: Olhar Brasileiro, 148 p.

LANDIS JR, KOCH GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33: 159-174

MARENZI, R. C.; RODERJAN, C. V. Estrutura espacial da paisagem da morraria da Praia Vermelha (SC): subsídio à ecologia da paisagem. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, mai./ago. 2005.

MARTINS. I.C.M. et al. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “IPUCAS” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. *Revista árvore*, Viçosa, v.26, n.003, p.299-309, mai/jun. 2002.

MATTLACK, G. R. Vegetation dynamics of the forest edge - trends in space and successional time. *Journal of Ecology*, v.82, n.1, p.113-123, 1994.

MCGARIGAL, K. e MCCOMB, W.C. (1995). Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon coast range. *Ecological Monographs*, 65, 235-260.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. Mapa de áreas prioritárias do Brasil. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.mo>

Ministério do Meio Ambiente – MMA. Florestas do Brasil em Resumo, 2010. Serviço Florestal Brasileiro.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasil com Florestas – Oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor. Brasília, 2012.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação. <

<http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=77> >. Acessado em 03/11/2014

MOREIRA, M. A. 2001. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.. 1 ed. 2001.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends of Ecology and Evolution*, v.10, n.1, p.58-62, 1995.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007. 127 p.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. 3ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1996, 470p.

RIES L, FAGAN WF. 2003. Habitat edges as a potential ecological trap for an insect predator. *Ecol. Ent.* 28:567–72

RSI - RESEARCH SYSTEMS, INC. User's Guide. ENVI - version 4.7 - The Environment for Visualizing Images. 2003.

SANTOS. J.S.A.M. Análise da paisagem de um corredor ecológico na serra da Mantiqueira. 2003. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. São José dos Campos, 2003.

SEITZ, R. 1986. Crow development of *Araucaria angustifolia* in its natural-environment during sixty years. In: Fujimori, T. & Whitehead, D. (eds). Crow and canopy structure in relation to productivity. Forestry and Forest Products Research Institute. Ed. Ibaraki, Japan, p.129-145.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (2013), "Inventário Florestal Nacional é lançado no Paraná, 06/03/2013 < <http://www.florestal.gov.br/noticias-do-sfb/inventario-florestal-nacional-e-lancado-no-parana>>

SULSOFT. Guia do ENVI em Português. Disponível em: <<http://www.envi.com.br>>. Acesso em: 23/05/2015

VALENTE, R.O.A. Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP.2001. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VOGT P, 2014. GuidosToolbox (Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes): Digital image analysis software collection available at the following web site: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos>

ZILLER, S. R. A Estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com ênfase a contaminação biológica. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

WRIGHT, H. E. Jr. 1974. Landscape development, forest fire and wilderness management. - Science 186: 487 - 495.

WWF, "Mata Atlântica", 2014.

<[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/biomas/bioma\\_mata\\_atl/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_mata_atl/)>. Acessado em 11/10/2014.