

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

BIANCA FERNANDES DARISSI

CARACTERIZAÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO PARQUE
NACIONAL DO CAPARAÓ E SEU ENTORNO, BRASIL

JERÔNIMO MONTEIRO, ES

2018

BIANCA FERNANDES DARISSI

CARACTERIZAÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO PARQUE
NACIONAL DO CAPARAÓ E SEU ENTORNO, BRASIL

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO, ES

2018

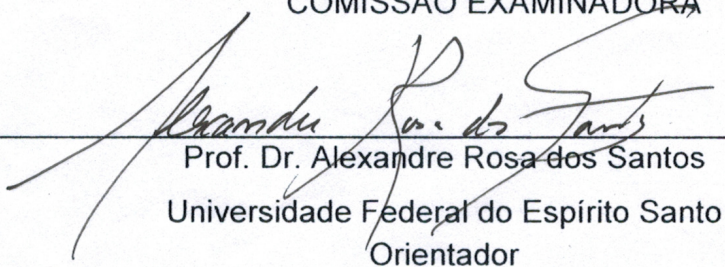
BIANCA FERNANDES DARISSI

CARACTERIZAÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO PARQUE NACIONAL DO
CAPARAÓ E SEU ENTORNO, BRASIL.

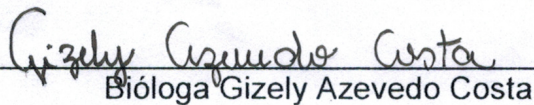
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheiro Florestal.

Aprovado em: 03 de dezembro de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA

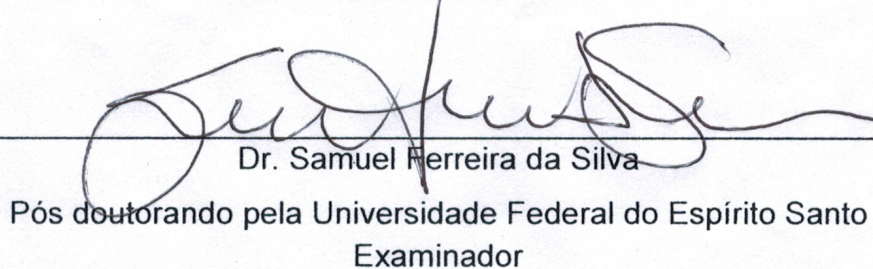


Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Bióloga Gizely Azevedo Costa

Mestranda pela Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora



Dr. Samuel Ferreira da Silva
Pós doutorando pela Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não teria forças nessa jornada.

A minha mãe Claudia, meu pai Vitório, minha irmã Vitoria e meus avós Terezinha, Mercedes, José Fernandes e Uilce, obrigada por ser minha base e por todos os seus ensinamentos, sem o apoio incondicional de vocês nada disso teria sido possível.

A meus tios pelo incentivo de sempre, principalmente a Maria Aparecida pelas cobranças e motivação. Uma grande parte do que sou hoje, devo a você.

Ao professor Alexandre Rosa, que me apoiou e me incentivou em todos os momentos, você é inspiração para todos que estão ao seu redor. Obrigada pelo convívio, pela compreensão e pela amizade.

Aos amigos, obrigada pelos abraços, pelos choros, pelas risadas, pelas festas, por todo o cuidado e por todos as ressacas. Aos amigos de Matipó, (Aninha, Dudu, Lili, Marco, Iolanda, Rodrigo, Ronaldo, Carol, Savio, Yasmin), obrigada por estarem ao meu lado incondicionalmente em todas as fases de minha vida. Aos amigos de CSF (Dani, Debora e Guta), vocês foram e sempre serão parte importante da minha história. Aos amigos de Alegre (Julia, Sabrina, Isabela, Anna Lara, Giovanni, Mayra, Ítalo, Diovanna, Maria Paula, Lorena, Amanda, Larissa, Vanessa, Samuel, Lucas), obrigada pelos anos mais felizes da minha vida.

A todos os professores que estiveram presentes nessa longa caminhada e fizeram com que eu me apaixonasse cada dia mais pela profissão que escolhi, o meu muito obrigada a cada um de vocês.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma estiveram próximos de mim, fazendo essa vida valer cada vez mais a pena. Essa vitória é muito mais do que minha, é de todos nós!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

RESUMO

As áreas ocupadas pelo homem têm aumentado com tamanha intensidade nos últimos tempos, que atualmente, as áreas que restaram para os ecossistemas naturais, são apenas manchas circundadas por áreas com interferência. Essas manchas são conhecidas na ecologia, como fragmentos florestais. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a estrutura da paisagem florestal no Parque Nacional do Caparaó e sua zona de amortecimento, por meio da análise dos índices de ecologia da paisagem e a influência do efeito de borda nos tamanhos dos fragmentos. Para tanto, realizou-se o mapeamento da fragmentação do Parque e de sua zona de amortecimento. Para a análise dos índices de ecologia da paisagem, os fragmentos foram divididos em pequenos (0 a 25 ha), médios (25 a 50 ha), grandes (50 a 100 ha) e muito grandes (>100 ha). Para o estudo foi utilizado o aplicativo ArcGis 10.5[®], junto com a extensão *VectoJr-based Landscape Analysis Tools 2.0 (V-Late 2.0)*. Com base nos resultados, foram observados 472 fragmentos, sendo estes 387 pequenos (82%), 49 médios (10%), 24 grandes (5%) e 12 muito grandes (3%). Desta forma, conclui-se que para todos os fragmentos avaliados, a maior parte (82%) é pertencente a classe dos fragmentos pequenos, com alto efeito de borda devido as formas irregulares que os mesmos apresentaram, indicando a necessidade de conservação dessas áreas.

Palavras-chave: análise espacial, ecologia da paisagem, Sistema de Informações Geográficas.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo geral.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Fragmentação Florestal	3
2.2 Ecologia da paisagem	4
2.3 Quantificação da estrutura da paisagem	6
2.3.1 Índices de área.....	6
2.3.2 Índices de Densidade e tamanho	6
2.3.3 Índices de forma.....	8
2.3.4 Índices de borda.....	10
2.3.5 Índices de proximidade.....	11
2.3.6 Índices de área central	12
2.3.7 Índices de diversidade	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Caracterização da área de estudo	15
3.2. Mapeamento dos fragmentos florestais.....	16
3.3. Análise dos fragmentos florestais por meio das métricas de ecologia da paisagem ...	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Mapeamento dos fragmentos florestais.....	33
4.2. Análise dos fragmentos florestais por meio de métricas da paisagem.....	39
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métricas da ecologia da paisagem do Parque Nacional do Caparaó.....	40
Tabela 2 - Valores dos índices de ecologia da paisagem relativos às métricas de área central gerados pelo V-Late utilizando diferentes distâncias de faixa sob efeito de borda para as classes de tamanho dos fragmentos florestais.....	44
Tabela 3 - Valores relativos às métricas de área central gerados pelo V-Late 2.0 utilizando 100 metros de faixa sob efeito de borda para todos os fragmentos florestais.	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Parque Nacional do Caparaó e da sua zona de amortecimento. .	15
Figura 2 – Etapas metodológicas para avaliação das métricas de paisagem.	29
Figura 3 - Mapa dos fragmentos florestais no Parque Nacional do Caparaó e seu entorno. .	34
Figura 4 - Distribuição das classes de tamanho dos fragmentos florestais no Parque Nacional do Caparaó e seu entorno.....	36
Figura 5 – Relação entre o número de fragmentos e as classes de tamanho..	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índices de Ecologia da paisagem gerados através da extensão V-Late 2.0 para os fragmentos florestais.	31
---	----

1. INTRODUÇÃO

A história do planeta Terra vem sendo construída a cerca de 3,5 bilhões de anos. É uma profunda e extensa história, com contínuas modificações utilizadas para comprovar uma progressão de estados que intercalam entre situações de equilíbrio e não-equilíbrio, resultando em diferentes paisagens. Pode-se dizer que uma paisagem é a manifestação de processos combinados de várias mudanças que ocorreram em um estabelecido espaço de tempo. Mudanças aconteceram e ainda acontecem, estimuladas pela ação de agentes naturais e humanos no passado e presente (SANTOS, 2007).

A Floresta Atlântica ocupa o lugar de segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, estendia-se inicialmente de forma ininterrupta em toda a costa brasileira, introduzindo-se até o leste do Paraguai e na parte sul do nordeste da Argentina. No passado, 92% da área florestal era localizada no Brasil, cobrindo cerca de 1,5 milhões de km² (INPE, 2001).

Ao longo do tempo e mais intensificado nos últimos 50 anos, a Floresta Atlântica brasileira apresentou grandes taxas de desmatamento e altos níveis de fragmentação por conta do desenvolvimento urbano e expansão agropecuária (SILVA; SANTOS; MORAES, 2014), restando cerca de 11,5% da vegetação inicial, que se encontra distribuída, em sua maioria, em fragmentos florestais menores que 50 hectares. (RIBEIRO et al., 2009).

Fragmentos florestais são áreas de vegetações naturais descontínuadas por barreiras naturais e resultantes da ação humana, podendo diminuir, substancialmente, o fluxo de animais, pólen ou sementes. A borda do fragmento florestal, o tipo de vizinhança, o grau de isolamento e o tamanho efetivo dos fragmentos florestais são os principais fatores que devem ser considerados, para medir as alterações dos processos físicos e biológicos de determinado ecossistema. O afastamento dos fragmentos florestais pode originar mudanças profundas na dinâmica da fauna e flora (VIANA, TABANEZ e MARTINEZ., 1992).

O principal instrumento para conservação da biodiversidade, podendo diminuir a fragmentação florestal, é o estabelecimento de áreas protegidas (BENSUSAN, 2006).

Dentre as áreas protegidas por lei existem as Unidades de conservação (UC's) e as Áreas de Preservação Permanente (APP's). As UC's são espaços territoriais que abrangem as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes,

legalmente instituídas pelo poder público, com objetivos de preservação e conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (MMA, 2007a). As APP's são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2001).

O Parque Nacional do Caparaó constitui uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, definida como sendo de extrema importância biológica (MMA, 2007b). Dessa forma, como estratégia para a sua conservação, será analisado os padrões estruturais, espaciais e temporais dos fragmentos florestais, fazendo o uso de métricas e índices de ecologia da paisagem, criando um zoneamento na utilização desses recursos para a assistência da biodiversidade.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a estrutura da paisagem florestal no Parque Nacional do Caparaó e sua zona de amortecimento, nos estados de MG e ES, por meio da análise dos índices de ecologia da paisagem.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar o mapa dos fragmentos florestais do Parque Nacional do Caparaó e seu entorno;
- b) Identificar o padrão dos fragmentos que compõem o mosaico da paisagem; e,
- c) Avaliar a complexidade estrutural dos fragmentos florestais usando métricas de ecologia da paisagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fragmentação Florestal

A fragmentação florestal é um evento motivado pela atividade desregrada de uso e ocupação da terra por meio de modelos econômicos que exploram os recursos naturais e pelos diferentes ciclos de crescimento e desenvolvimento humano (TABARELLI, 2010). Paisagens fragmentadas são originadas por lacunas nas florestas naturais, criadas para agricultura, desenvolvimento urbano e outros propósitos, contendo resíduos da vegetação natural envoltos por habitats de vegetação alterada ou urbanizados (WARBURTON, 1997).

A Floresta Atlântica brasileira também é afetada por essas atividades desregradadas, pois sofre diariamente com muitos processos de fragmentação florestal, oriundos dos diferentes usos do solo, desde a ocupação das Américas (DEAN, 1996). Sendo assim, a alteração da paisagem primitiva, promovida pelo ser humano, é bem maior do que a dinâmica de estresse natural do ecossistema (TABARELLI e GASCON, 2005).

A fragmentação modifica fatores existentes na evolução de plantas e animais. Essas mudanças afetam os ecossistemas em sua estrutura e dinâmica, alterando as taxas de natalidade e mortalidade de espécies. Em espécies arbóreas, os incêndios e mudanças microclimáticas, que atingem de forma maior as bordas dos fragmentos, mudam as taxas de mortalidade de árvores e alteram a disponibilidade de polinizadores, dispersores, predadores e patógenos (SCHELLAS e GREENBERG, 1997).

Segundo Pedron (2006) a degradação dos recursos naturais, a redução da área de ecossistemas, as mudanças climáticas, o distúrbio no regime hidrológico das bacias hidrográficas, o assoreamento e inundações das bacias hidrográficas, a erosão do solo, o favorecimento ao estabelecimento de espécies invasoras no ambiente, incluindo alterações de água, calor, nutrientes e vento, são consequências da fragmentação florestal. Consequentemente, a fragmentação resulta em remanescentes de vegetação isolados situados próximos a áreas de uso agrícola, áreas urbanas. (SAUNDERS, HOBBS e MARGULES, 1991).

Com o aumento da fragmentação florestal ocorre a redução das populações das espécies, mudanças nos padrões de migração e dispersão e a exposição dos

habitats às condições externas que não existiam anteriormente, resultando ao longo do tempo, em uma diminuição da diversidade biológica (TILMAN et al., 1994).

Os fatores mais importantes que causam mudanças em fragmentos são os efeitos de borda e os efeitos de área. Os efeitos de área estão relacionados às mudanças ecológicas que ocorrem devido ao isolamento do fragmento e são simétricos à área do fragmento (SHAFFER, 1981). Os efeitos de borda, ocorrem devido a taxa de gradientes de mudanças físicas e bióticas próximos às bordas florestais e, portanto, são equilibrados com a distância da borda mais próxima (LOVEJOY et al., 1986).

Estes dois fatores operam em conjunto, pois quanto menor é um fragmento florestal maior é a razão existente entre borda e área, sendo assim, os efeitos de borda são mais intensos em fragmentos de menor tamanho (ZUDEIMA, SAYER e DIJKMAN, 1996).

2.2 Ecologia da paisagem

Ecologia da paisagem é o estudo da distribuição dos elementos da paisagem, dos processos ecológicos que afetam os padrões, e das mudanças dos padrões com o passar do tempo (FORMAN e GODRON 1986). Segundo Bridgewater (1993) a ecologia da paisagem avalia a dinâmica e o desenvolvimento da diversidade espacial, as interações espaciais e temporais e as mudanças na paisagem heterogênea, assim como as influências da heterogeneidade espacial nos processos bióticos e abióticos, e no manejo da paisagem.

Para Couto (2004) a ecologia da paisagem contempla o estudo de padrões da paisagem, a interação entre manchas no interior do mosaico da paisagem, e a forma como padrões e interações mudam no tempo. Analisando também o desenvolvimento e dinâmica da heterogeneidade espacial e os seus efeitos nos processos ecológicos.

Na área florestal, o enfoque tem sido dado ao processo de fragmentação, conforme Saunders, Hobbs e Margules, (1991) notaram a diminuição na fragmentação das paisagens deve ser uma prioridade, visto que esse processo é uma ameaça à biodiversidade.

A ecologia da paisagem, visando à investigação dos mais variados tipos de processos naturais, requer a descrição quantitativa dos padrões e da estrutura das

paisagens, para que dessa maneira possam ser entendidos e realizadas as predições sobre o fenômeno avaliado (HARGIS, BISSONETTE e DAVID, 1998).

2.3 Quantificação da estrutura da paisagem

2.3.1 Índices de área

Os índices de área podem ser definidos como o alicerce do estudo da paisagem, possibilitando quantificar a composição da paisagem e apresentando dados importantes sobre a dinâmica das populações (VOLOTÃO, 1998). Segundo Almeida (2008) são métricas utilizadas por várias outras métricas, sendo que do seu valor baseiam-se os resultados de outros índices, sendo úteis para estudos ecológicos.

Como índices de área têm-se: área de cada fragmento; índice de similaridade da paisagem; área da classe; porcentagem da paisagem e índice do maior fragmento (TURNER e GARDNER, 1990)

Segundo Viana e Pinheiro (1998), a correlação entre a área dos fragmentos e o número de espécies não é simples, visto que fragmentos e intensidade amostral semelhantes, localizados em solos, clima e topografia parecidas, retratam uma riqueza de espécies arbóreas completamente diferentes, sinalizando que a ocorrência de perturbações é um fator fundamental na determinação da riqueza de espécies.

As métricas relacionadas aos índices de área podem ser obtidas conforme proposta de McGaril e Marks (1995):

a) Área de classe (CA), representado pela fórmula um:

$$CA = \sum_{i=1}^n c_i \quad (1)$$

Em que,

CA: soma das áreas de todas as manchas que pertencem a uma determinada classe, em ha; e,

C_i= área da i-ésima mancha correspondente à classe avaliada, em ha.

2.3.2 Índices de Densidade e tamanho

Os índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica são medidas da configuração da paisagem, mesmo não sendo considerados uma medida espacial, permitem representar a composição da paisagem.

O tamanho dos fragmentos florestais é uma variável importante, pois resulta ou não, na conservação das amostras de grupos arbóreos. Os maiores fragmentos são capazes de acomodar os processos das bordas e preservar os processos primitivos

no seu interior (OLIVEIRA FILHO et al., 2007). Enquanto nos menores fragmentos a exposição aos fatores externos é maior e influencia diretamente a dinâmica interna do ecossistema (ALMEIDA, 2008).

Como exemplos desses índices têm-se: o número de fragmentos; o tamanho médio dos fragmentos nas suas respectivas classes; o desvio padrão e o coeficiente de variação do tamanho (MCGARIGAL e MARKS, 1995).

Tamanho médio dos fragmentos (MPS): Calculado com base na área total da classe e do número de fragmentos desta classe, obtendo-se a estimativa do tamanho médio para seus fragmentos.

As métricas relacionadas aos índices de densidade e tamanho podem ser obtidas conforme proposta de McGaril e Marks (1995):

a) Tamanho médio dos fragmentos (MPS), representado pela fórmula dois.

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum n_i} \quad (2)$$

Em que,

MPS: tamanho médio dos fragmentos, em ha;

a_{ij} : área do fragmento i na classe j;

j: 1 a n número de fragmentos; e,

n_i : número de fragmentos da classe.

b) Número de manchas (NUMP): Quantifica o número de fragmentos existentes em cada classe ou paisagem, representado pela fórmula três.

$$NUMP = \sum n_i \quad (3)$$

Em que,

NUMP: número total de manchas ou fragmentos dentro de uma mesma classe ou paisagem; e,

n_i : quantidade de manchas de uma classe se NUMP for a nível de paisagem ou uma mancha ou fragmento se NUMP for a nível de classe.

c) Desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos (PSSD): É uma medida de variação absoluta que expressa o quanto os valores observados variam em relação à sua média, representado pela fórmula quatro.

$$PSSD = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2} \quad (4)$$

Em que,

PSSD: desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos, em ha;

a_{ij} : área do fragmento i na classe j;

j: 1 a n número de fragmentos; e,

n_i : número de fragmentos da classe.

d) Coeficiente de variação do tamanho médio dos fragmentos (PSCoV): É uma medida de variação relativa que quantifica a variação dos dados em função da média, representado pela fórmula cinco.

$$PSCoV = \frac{PSSD}{MPS} \times 100 \quad (5)$$

Em que,

PSCV: coeficiente de variação do tamanho médio dos fragmentos, em %;

PSSD: desvio padrão do tamanho dos fragmentos, em ha; e,

MPS: tamanho médio dos fragmentos, em ha.

2.3.3 Índices de forma

O tamanho e a forma dos fragmentos de paisagem podem apontar numerosos processos ecológicos essenciais. A forma de um fragmento é a relação entre o perímetro e a área e está diretamente ligada à forma desse fragmento. Quanto menor for essa relação, menor também será a borda e vice-versa (MMA, 2003).

O fator de forma pode ser utilizado como um critério para a escolha de áreas prioritárias para conservação e aumento da biodiversidade. Assim sendo, deve-se considerar como preferencial para a conservação dos fragmentos, todos que tenham um fator de forma acima de um valor pré-definido. No entanto, deve-se observar que o fator de forma não deve ser o único parâmetro empregado na seleção dos fragmentos. Deve-se ainda, considerar a ocorrência de espécie endêmicas ou

ameaçadas de extinção e a possibilidade da utilização de pequenos fragmentos como “stepping stones” (MACARTHUR e WILSON, 1967).

A seguir são apresentadas as equações dos índices de forma propostas por McGarigal e Marks (1995):

a) Índice de forma média (MSI): Expressa a forma média dos fragmentos da classe avaliada, em função da razão média perímetro/área de seus fragmentos, comparada a uma forma padrão. Quando se utiliza o formato vetorial ou de polígono para os mapas, a forma padrão é representada por um círculo, quando se utiliza o formato raster para os mapas, essa forma padrão se constitui em um quadrado. Dessa maneira, o índice de forma médio é igual a 1 quando todas as manchas ou fragmentos forem circulares (para polígonos) ou quadrados (para raster) e aumenta com irregularidade de forma de mancha crescente. A forma padrão representada foi um quadrado, pois se utilizou o formato raster para os mapas, representado pela fórmula seis.

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{0,25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{n_i} \quad (6)$$

Em que,

MSI= índice de forma média;

p_{ij} = perímetro do fragmento ij ;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;

$j= 1$ a n número de fragmentos; e .

n_i = número de fragmentos da classe.

b) Índice de forma média ponderado pela área (AWMSI): É calculado de maneira semelhante ao índice de forma média (MSI), no entanto a média é ponderada de acordo com a área dos fragmentos. Deste modo, os fragmentos de maior tamanho recebem um peso maior, representado pela fórmula sete.

$$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{0,25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right) x \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right] \quad (7)$$

Em que,

AWMSI= índice de forma médio ponderado pela área;

P_{ij} = perímetro do fragmento ij ;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ; e,

$j= 1$ a n número de fragmentos.

c) Dimensão Fractal da mancha média (MPFD): Segundo Lang e Blaschke (2009), a dimensão fractal descreve a irregularidade de um objeto demonstrando ainda que a dimensão fractal aumenta com o tamanho das manchas de florestas. A métrica dimensão fractal (MPFD) diferencia-se do índice de forma média (MSI) por variar de 1 a 2, tornando-se uma melhor alternativa de representação, sendo que MSI varia de 1 ao infinito, representado pela fórmula 8.

$$MPFD = \frac{2 \ln(0,25p_{ij})}{\ln a_{ij}} \quad (8)$$

Em que,

MPFD: dimensão fractal da mancha média;

P_{ij} : perímetro do fragmento ij ; e,

a_{ij} : área do fragmento i na classe j .

2.3.4 Índices de borda

O efeito de borda é um processo ecológico resultante da fragmentação florestal, podendo causar mudanças abióticas e bióticas diretas, ocasionando assim, alterações no microclima das áreas próximas. (MURCIA, 1995). Essas alterações acarretam em um aumento dos ventos, resultando em um aumento nas taxas de mortalidade e danos em árvores, e em consequência, abertura de clareiras próximas às bordas (FERREIRA e LAURANCE, 1997). Normalmente, a borda possui em sua estrutura uma composição de vegetação, microclima e fauna distinta do interior da floresta, sendo a parte da floresta mais afetada devido a entrada de plantas invasoras que abafam outras espécies importantes para o fragmento (PORTELA, 2002).

A razão entre borda e área é inversamente proporcional ao tamanho do fragmento. Quanto menor o tamanho de um fragmento florestal maior é a relação, sendo assim, fragmentos menores estão mais suscetíveis a maiores intensidades dos efeitos de borda (NASCIMENTO e LAURENCE, 2006).

Para os cálculos de índice de borda, são considerados, o perímetro, o índice de contraste de borda, o total de borda, a densidade de borda e outros. São limitados pelo fato de não considerar o grau de contraste entre o fragmento e a paisagem próxima, esse contraste pode alterar os processos ecológicos (MACGARIGAL e MARKS, 1995).

A seguir são apresentadas as equações dos índices de forma propostas por McGarigal e Marks (1995):

a) Total de Bordas (TE): O total de bordas representa a soma dos perímetros de todas as bordas dentro da classe ou paisagem, representado pela fórmula nove.

$$TE = \sum_{i=1}^n e_i \quad (9)$$

Em que,

TE: soma de todas as bordas da classe ou paisagem, em m; e,

e_i : borda (perímetro) da i -ésima mancha.

b) Densidade de bordas (ED) Representa a quantidade de bordas relativa à área da classe ou paisagem, representado pela fórmula dez.

$$ED = \frac{TE}{CA} \quad (10)$$

Em que,

ED: densidade de bordas, em m/ha;

TE: total de bordas, em m; e,

CA: área total da classe.

2.3.5 Índices de proximidade

Os índices de proximidade se baseiam na distância do vizinho mais próximo nos níveis de fragmento, classe e paisagem. A distância do vizinho mais próximo se refere a distância de um fragmento para o fragmento que está mais próximo, baseado na distância entre bordas (LANG e BLASCHKE, 2009). A distância entre os fragmentos é relevante para os processos ecológicos, e tem incluído em seus valores o grau de isolamento dos fragmentos (FORMAN e GODRON, 1986).

O processo de fragmentação, influenciou no aparecimento de habitats menores e colaborou para a diminuição em tamanho e variabilidade genética das espécies florestais, assim como para seu isolamento. Os resultados dessas perdas provocam o aumento da endogamia entre espécies e das pressões genéticas. (YONG e MERRIAM, 1994)

De acordo com MacGarigal e Marks (1995) a métrica de distância do vizinho mais próximo tem como restrição o fato de não avaliar a heterogeneidade da vizinhança, uma vez que, ao nível de classe, só são analisadas manchas da mesma classe.

A seguir são apresentadas as equações dos índices de proximidade propostas por McGarigal e Marks (1995):

Distância média do vizinho mais próximo entre fragmentos (MNN): Quantifica a distância média de borda a borda entre os fragmentos de mesma classe, representado pela fórmula 11:

$$MNN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n'_{i1}} \quad (11)$$

Em que,

MNN= distância média do vizinho mais próximo, em m;

h_{ij} = distância (m) mínima do fragmento ij ao vizinho mais próximo de mesma classe; e,

n'_{i1} = número de fragmentos da classe i na paisagem, que tenham vizinho próximo.

2.3.6 Índices de área central

A área central é determinada como a área do fragmento sem considerar a largura de sua borda e, segundo Temple (1986), é um melhor indicador da qualidade dos fragmentos que sua área total, sendo alterado pela forma e borda dos fragmentos. Dessa forma, um fragmento pode ser suficientemente largo para suportar algumas espécies, mas não ter área nuclear grande o bastante para sustentar essas mesmas espécies (TURNER e GARDNER, 1990).

Os índices de área central alteram a composição e a configuração de uma paisagem e, muitas vezes, dependem de outras métricas como densidade, número de fragmentos, índices de borda e de forma para serem mais bem interpretados (MCGARIGAL e MARKS, 1995).

Segundo os autores citados acima, são avaliados os seguintes índices de área central: área central dos fragmentos; número de áreas centrais; porcentagem de área central da paisagem, e outros.

Para cálculo das métricas de área central dos fragmentos florestais, utilizou-se a distância de 100 metros de borda, que de acordo com o estudo realizado por Pirovani (2014) é a distância máxima para simulação de efeitos de borda que não exclui toda a área central de fragmentos menores nesta região.

A seguir são apresentadas as equações dos índices de área central propostas por McGarigal e Marks (1995):

a) Índice de área central total (TCAI): Quantifica a porcentagem da classe ocupada com área central, após a retirada da faixa referente ao efeito de borda. Para os índices de área central, considerou-se uma faixa com largura de buffer de 100 m representando o efeito de borda. O TCAI é expresso pela fórmula 12:

$$TCAI = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^e}{\sum_{j=1}^n CA} \times 100 \quad (12)$$

Em que,

TCAI= índice de área central total, % (0-100);

A_{ij}^e = área interior do fragmento ij; e,

j= 1 a n número de fragmentos.

b) Número de fragmentos com área central (NCA): Expressa o número de fragmentos que possuem área central para o efeito de borda considerado, após a retirada do efeito de borda, para cada classe, sendo determinado pela fórmula 13:

$$NCA = \sum_{j=1}^n n_{ij}^e \quad (13)$$

Em que,

NCA= número de fragmentos com área central;

n_{ij}^e = número de áreas interiores dos fragmentos; e,

j= 1 a n número de fragmentos.

2.3.7 Índices de diversidade

Os índices de diversidade são relevantes pois dimensionam a organização de uma paisagem, sendo os índices de Shannon e de Simpson os mais utilizados. O índice de Shannon é apoiado na riqueza de classe e uniformidade.

O índice de diversidade de Shannon só está acessível ao nível de paisagem e é uma medida relativa de diversidade de mancha. O índice igualará a zero quando houver só uma mancha na paisagem e aumentará os tipos de mancha ou distribuição proporcional de aumentos de tipos de mancha (MCGARIGAL e MARKS, 1995).

A seguir são apresentadas as equações dos índices de diversidade propostas por McGarigal e Marks (1995):

a) Índice de diversidade de Shannon (SDI): O índice de diversidade de Shannon é a soma de todas as classes multiplicadas por sua abundância proporcional, ou seja, sua porcentagem na área total da paisagem, esse somatório é multiplicado pelo logaritmo natural da proporção, sendo determinado pela fórmula 14.

$$SDI = - \sum_{i=1}^m P_i \times \ln P_i \quad (14)$$

Em que:

SDI = Índice de diversidade de Shannon;

Pi = grau de cobertura da classe i em porcentagem; e,

m = número de classes.

b) Riqueza (PR):

A riqueza corresponde ao número de classes presentes no limite da paisagem (este valor é fornecido como parâmetro).

$$PR = m$$

Em que:

PR = Riqueza da paisagem; e,

m = número de classes da paisagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A Área de Estudo trata-se do Parque Nacional do Caparaó (PARNA) e sua zona de amortecimento situada nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, com as latitudes $20^{\circ} 26' 48''$ S e $41^{\circ} 47'13''$ W. A zona de amortecimento do PARNA Caparaó corresponde a uma faixa de 10 km de distância da linha limítrofe do Parque Nacional do Caparaó, determinada pela Resolução nº 13/1990 do CONAMA, como a distância de faixa em torno das Unidades de Conservação. Abrange parte dos municípios de Guaçuí, Dolores do Rio Preto, Divino de São Lourenço, Ibatiba, Ibitirama, Irupi, e Lúna, localizados no sul do estado do Espírito Santo.

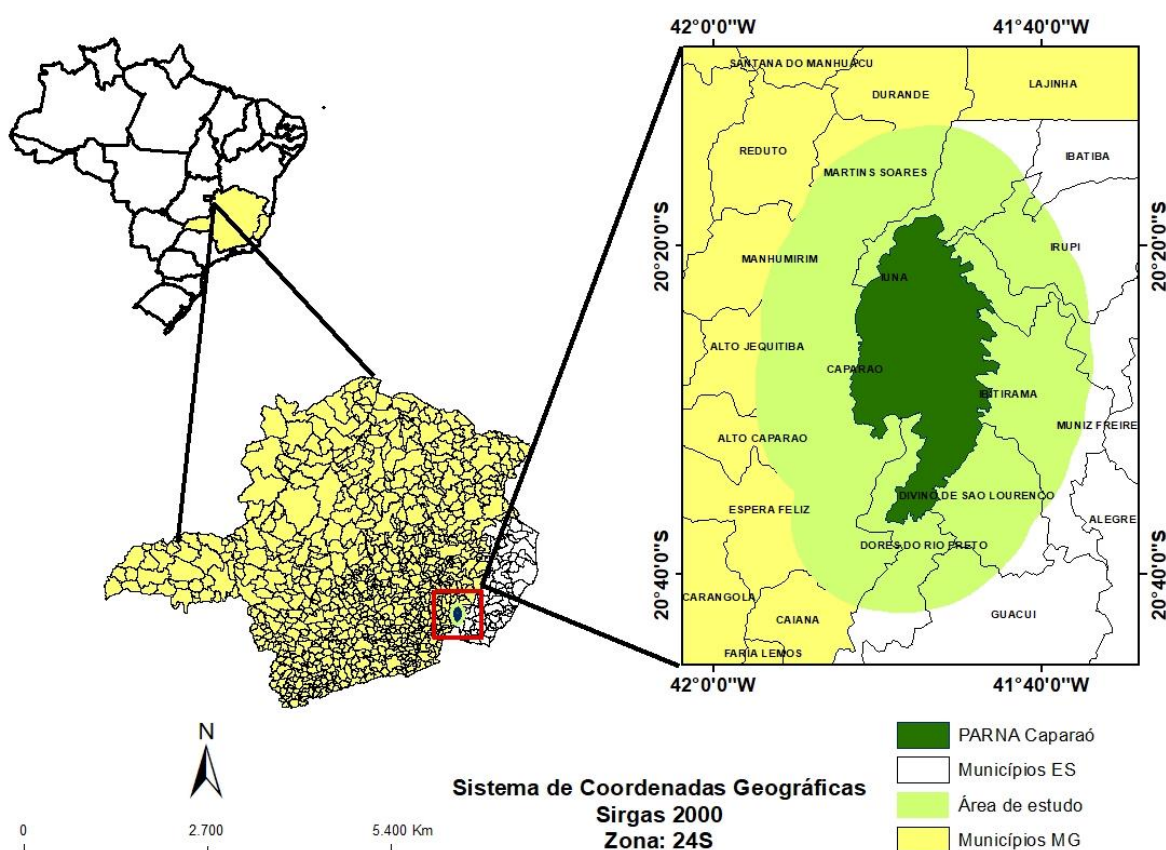


Figura 1 - Localização do Parque Nacional do Caparaó e da sua zona de amortecimento. FONTE: O autor

No território do Parque Nacional do Caparaó, os índices pluviométricos são altos, com uma precipitação média anual de 1.400 mm. Portanto, a região é rica em recursos hídricos, existindo muitos rios perenes, com grande volume de água. Acredita-se que existem mais de 1.000 nascentes, no território do Caparaó,

constituindo três grandes bacias hidrográficas: a bacia do rio Itabapoana, RJ, a bacia do rio Itapemirim, ES, e a Bacia do Rio Doce, MG/ES (COSENDEY, 2018).

O Parque Nacional do Caparaó localiza-se na província biogeográfica da Floresta Pluvial do Brasil, segundo a classificação de Udvardy e pertence ao Domínio Morfoclimático Atlântico, ou Mata Atlântica, segundo a classificação de Ab'Saber (TONINI, MORAES e SARTÓRIO, 2014). As formações vegetais encontradas no Parque são a floresta higrófila perenifólia, a floresta subcaducifólia estacional, as matas ciliares, os campos de altitude e os campos rupestres. A diferenciação nas formações vegetais é determinada por fatores como variações climáticas, presença de cursos d'água, altitude e tipo de solo, além das intervenções humanas, como as queimadas, os desmatamentos e a introdução de espécies exóticas (ICMBIO, 2015).

Os solos da região do Parque Nacional do Caparaó apresentam nas chapadas ou nas suas modificações, o material dentrítico, que pode ser muito espesso e incluir material pré-intemperizado, de onde surgem os solos mais intemperizados da área de estudo, os latossolos. As áreas acidentadas de encostas mais íngremes, por estarem sujeitas à intensa remoção de material, originam solos rasos e rejuvenescidos, como os Cambissolos e os Litossolos (Neossolos Litólicos). As áreas das partes baixas suportam pequena quantidade de material transportado, originando os Argissolos (REZENDE, 1980). Os Latossolos de cor avermelhada da Microregião na qual se encontra o PARNA Caparaó são oriundos de granitos e tonalitos. Em certas aluviões e ao longo de alguns ribeirões, desenvolvem-se os solos hidromórficos (Gleissolos) e Aluviais (Neossolos Flúvicos) (CPRM, 2000).

3.2. Mapeamento dos fragmentos florestais

O *shapefile* do Parque Nacional do Caparaó foi obtido por meio de download, disponibilizado pelo Instituto Chico Mendes (ICMBio), já o *shapefile* dos fragmentos florestais foi disponibilizado para download pela Fundação SOS Mata Atlântica.

A partir dos *shapefiles* obtidos, foi criado o mapa de fragmentação florestal do Parque Nacional do Caparaó e seu entorno, possibilitando assim realizara quantificação da área e perímetro de cada fragmento utilizando a extensão *V-Late 2.0*, possibilitando comparar os diversos fragmentos florestais encontrados no Parque. Os fragmentos florestais foram divididos em classes e caracterizados como

pequenos (área entre 0 e 25 ha), médios (área entre 25 e 50 ha), grandes (área entre 50 e 100 ha) e muito grandes (área maior que 100 ha).

3.3. Análise dos fragmentos florestais por meio das métricas de ecologia da paisagem

A análise dos fragmentos florestais foi realizada com base no mapa de fragmentos florestais, obtendo-se o número de fragmentos, o formato e o grau de proximidade entre eles, por meio das métricas da paisagem.

As métricas da paisagem foram obtidas com o aplicativo ArcGis 10.5, com o auxílio da extensão *V-Late 2.0*.

O fluxograma metodológico contendo as etapas necessárias para a implementação da metodologia de avaliação dos índices métricos da paisagem está ilustrado na Figura 2.

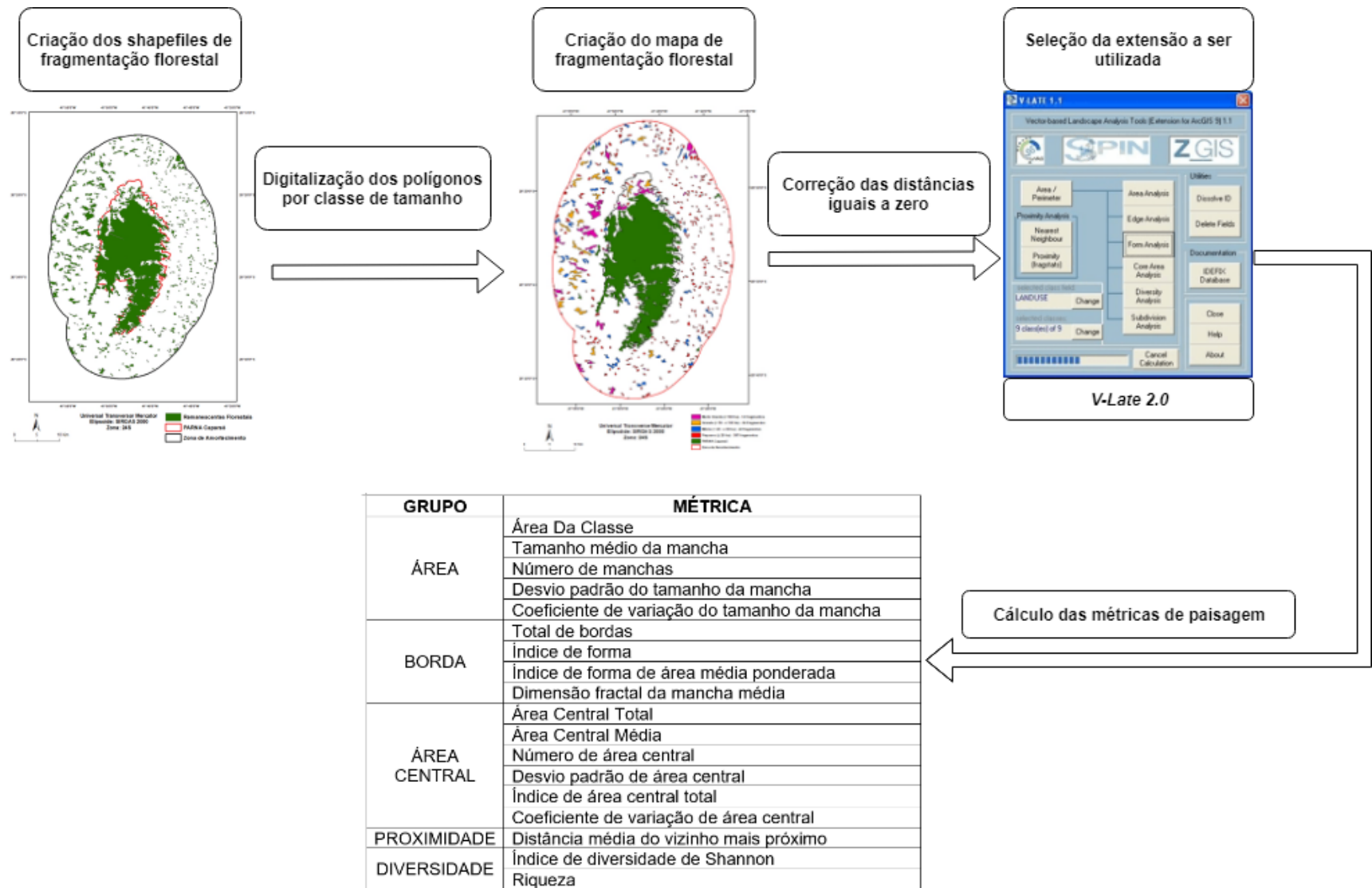


Figura 2 – Etapas metodológicas para avaliação das métricas de paisagem. FONTE: O autor

Com o intuito de evitar a utilização de métricas redundantes, foram utilizadas as seguintes métricas: índices de densidade de fragmentos; tamanho; forma dos fragmentos; índices de borda; área central; índice de proximidade entre os fragmentos e o índice de diversidade.

Através das métricas de tamanho, obteve-se a área de cada fragmento, a área total analisada, o tamanho médio dos fragmentos, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Para cálculo das métricas de área central dos fragmentos florestais, foi utilizada a distância de 50, 100, 200 e 300 metros de borda.

A descrição das métricas utilizadas neste estudo, incluindo suas siglas e significados é apresentado na Quadro 1.

Quadro 1 - Índices de Ecologia da paisagem gerados através da extensão V-Late 2.0 para os fragmentos florestais.

Grupo	Índices	Métrica	Unidade	Nível	Observação
Área	CA	Área da Classe	Hectares (ha)	Classe	Soma de áreas de todas as manchas que pertencem a uma determinada classe
Densidade e tamanho	MPS	Tamanho médio da mancha	Hectares (ha)	Paisagem	Soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas
	NUMP	Número de manchas	Adimensional	Classe / Paisagem	Número total de manchas na paisagem ou na classe
	PSSD	Desvio padrão do tamanho da mancha	Hectares (ha)	Classe / Paisagem	Razão da variância do tamanho das manchas
	PSCoV	Coeficiente de variação do tamanho da mancha	Porcentagem	Classe / Paisagem	Desvio padrão do tamanho da mancha. Multiplicado por 100
Borda	TE	Coeficiente de variação do tamanho da mancha	Metros (m)	Classe / Paisagem	Extremidade total de todas as manchas. É a soma de perímetro de todas as manchas
	ED	Total de bordas	m/ha	Classe / Paisagem	Quantidade de extremidades relativa à área da paisagem
Forma	MSI	Densidade de borda	Adimensional	Classe / Paisagem	É igual a um quando todas as manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma da mancha
	AWMSI	Índice de forma médio	Adimensional	Classe / Paisagem	Difere do MSI, porque manchas maiores terão mais peso que as menores
	MPFD	Índice de forma de área média ponderada	Adimensional	Classe / Paisagem	Os valores se aproximam de um para formas com perímetros simples e chega a dois quando as formas forem mais complexas
Área Central	TCA	Area Central Total	Hectares (ha)	Classe / Paisagem	O tamanho total das manchas centrais
	MCA	Área Central Média	Hectares (ha)	Classe / Paisagem	O tamanho médio das manchas de área central

Grupo	Índices	Métrica	Unidade	Nível	Observação
Área Central	NCA	Número de áreas centrais	Adimensional	Classe / Paisagem	Número total de áreas centrais dentro da paisagem ou dentro de cada mancha ao nível de classe
	CASD	Coeficiente de variação de área central	Hectare (ha)	Classe / Paisagem	Raiz da variância da média das áreas centrais
	CACV	Índice de Área Central	Porcentagem (%)	Classe / Paisagem	Representa a variabilidade em tamanho das áreas centrais disjuntas em relação à área central média
	TCAI	Índice de Área Central Total	Porcentagem, (%)	Classe / Paisagem	Medida da quantidade relativa de área central na paisagem
Proximidade	MNN	Distância média do vizinho mais próximo	Metros (m)	Classe / Paisagem	A distância média do vizinho mais próximo é a média destas distâncias para classes individuais ao nível de classe e a distância média da classe vizinha mais próxima ao nível de paisagem
Diversidade	SDI	Índice de Diversidade de Shannon	Adimensional	Paisagem	Medida relativa de diversidade de mancha. O índice será igual a zero quando houver só uma mancha (classe) na paisagem e aumentará com o número de tipos de mancha

Fonte: Adaptado de McGarigal e Marks (1995).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapeamento dos fragmentos florestais

Foram encontrados com o mapeamento 472 fragmentos florestais em toda a área do PARNA Caparaó e sua zona de amortecimento, correspondendo a uma área de 8.782,21 hectares (ha) de remanescentes florestais. A área de estudo possui em sua totalidade, 151.012,58 ha, ou seja, 5,82% dessa área é composta de fragmentos florestais (Figura 3). Enquanto o Parque Nacional do Caparaó possui 25.100,40 ha, e sua área corresponde a 16,62% da área total de estudo.

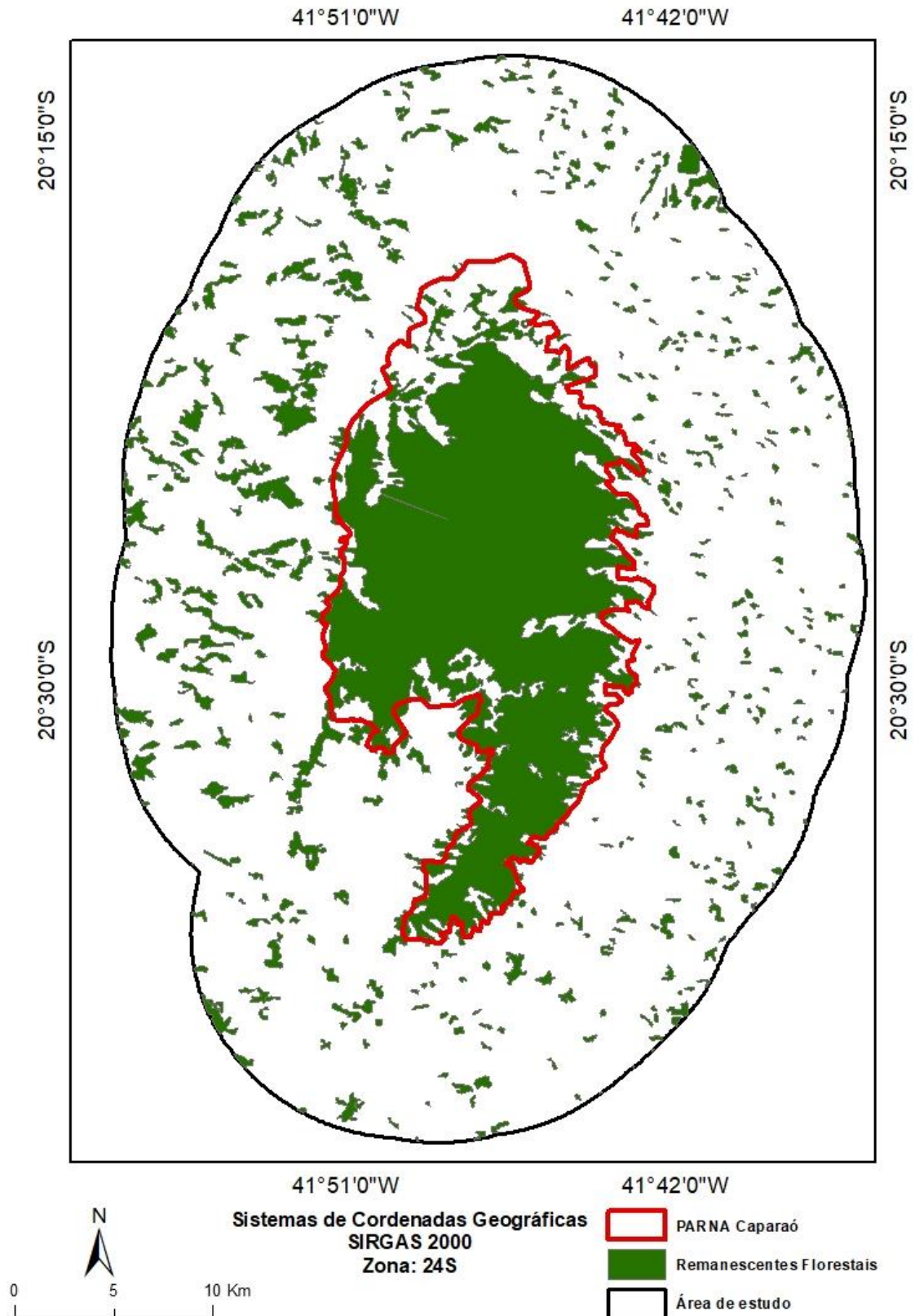


Figura 3 - Mapa dos fragmentos florestais na área de estudo. FONTE: O autor

Constatou-se que os fragmentos da classe pequena ocupam 2,06% da área total de estudo, os fragmentos da classe média, grande e muito grande ocupam 1,10%, 1,12% e 1,53%, respectivamente. A classe de tamanho que representa os fragmentos florestais de tamanho pequeno foi a que apresentou maior número de manchas, totalizando 387 (3.104,51 ha), representando 81,99% de todos os fragmentos. A classe dos fragmentos médios totaliza 49 manchas (1.669,45 ha), representando 19,01% de todos os fragmentos. A classe dos fragmentos grandes apresentou área um pouco maior que a dos fragmentos médios, com 1694,49 ha.

Na Figura 4 é apresentada a distribuição das diferentes classes de tamanho dos fragmentos florestais na área de estudo. A área do fragmento é, em geral, o parâmetro mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies (ALMEIDA, 2008).

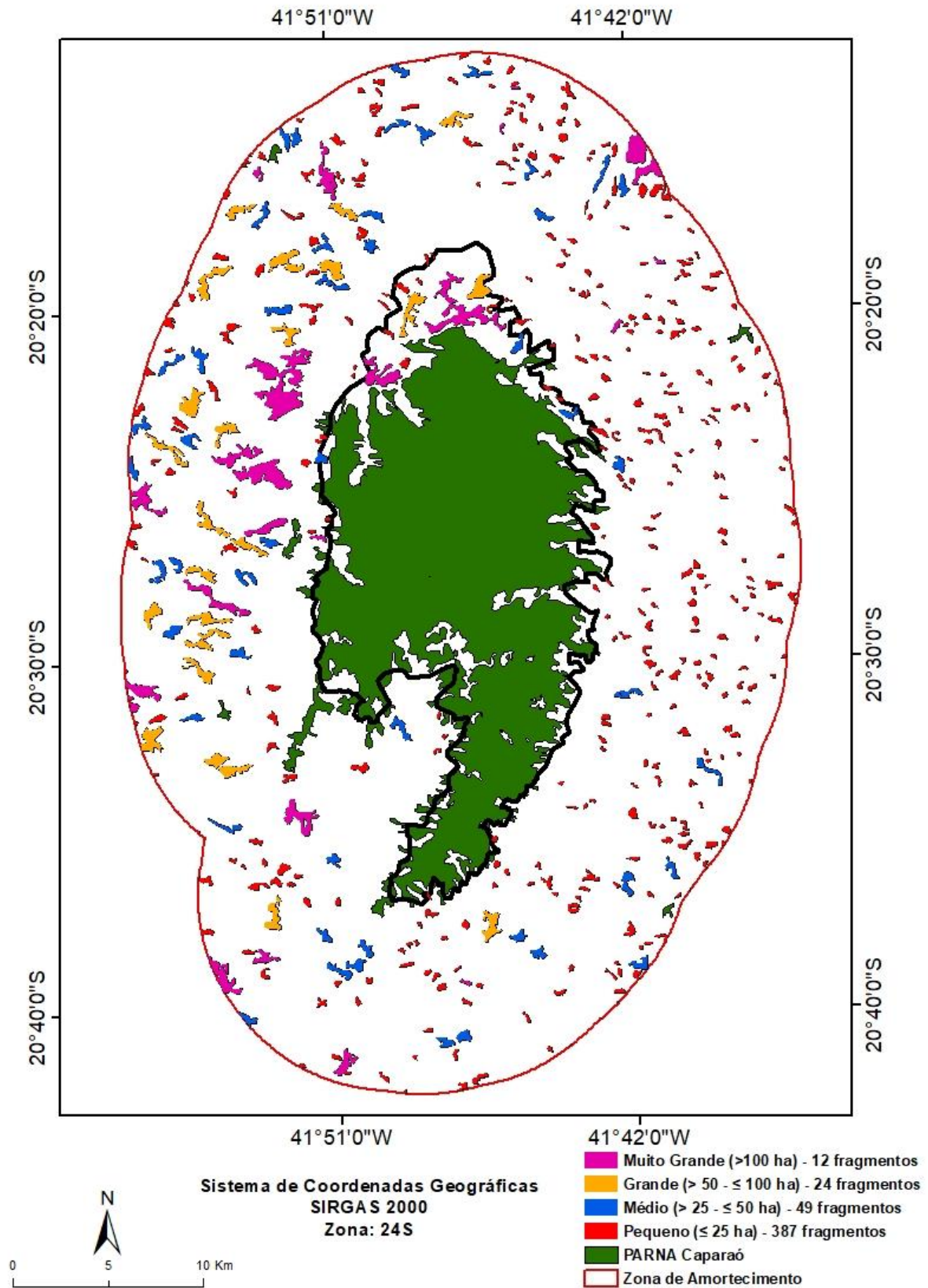


Figura 4 - Distribuição das classes de tamanho dos fragmentos florestais na área de estudo. FONTE: O autor

A quantidade de fragmentos florestais de tamanhos pequenos é frequentemente encontrada em paisagens de Floresta Atlântica (RODRIGUES, 1993; LIMA, 1997). O problema apresentado por este padrão é que, quanto mais área florestada estiver contida em menores fragmentos, mais intensamente estariam sujeitas ao efeito de borda (RODRIGUES, 1993).

Pirovani (2014) ao analisar a estrutura da paisagem na Bacia do Rio Itapemirim também obteve maior número de fragmentos pequenos correspondendo a 12,10%, caracterizando um avançado processo de fragmentação florestal. O mapeamento dos fragmentos demonstra que a maioria dos remanescentes florestais se encontram em fragmentos pequenos, correspondendo a 35,35% dos fragmentos mapeados. Portanto, essas áreas estão poucos conservadas, pois a riqueza diminui proporcionalmente quando a área do fragmento fica menor do que as áreas mínimas necessárias para a sobrevivência (METZGER, 1999 apud PIROVANI, 2014).

Confirmando os dados obtidos neste estudo, Pires et al. (1998) citam que aproximadamente 50% de 118 fragmentos de Floresta Atlântica avaliados apresentaram área inferior a 10 ha.

Porém, apesar da maioria dos fragmentos florestais apresentarem tamanho pequeno, esses remanescentes são fundamentais na paisagem, uma vez que promovem a manutenção da biodiversidade, e caso não existissem a vegetação da área poderia se extinguir, comprometendo a conservação da biodiversidade local (ZANELLA et al., 2012).

Levando em consideração que a área do fragmento é uma das mais importantes métricas de paisagem, Harris (1984) afirma que toda redução na área de um fragmento florestal pode levar a uma diminuição considerável do número de espécies e afetar significativamente a fauna e a flora, sendo capaz de prejudicar a regeneração natural das espécies e a sustentabilidade do ecossistema.

Segundo Pirovani (2014) a relação entre o tamanho dos fragmentos na área de estudo e a área que eles ocupam é inversamente proporcional, ou seja, os fragmentos grandes são os que apresentam menor quantidade, porém ocupam uma parcela maior da área total dos remanescentes florestais mapeados, enquanto que, embora os fragmentos da classe de tamanho pequenos possuam maior número de unidades, a soma de suas áreas representa o menor percentual da área total de fragmentos florestais mapeados.

No presente estudo, a relação encontrada foi divergente aos dados encontrados por Pirovani (2014), os fragmentos de tamanho muito grande possuem o menor percentual em número (12) e não representam a maior porção total da área (2313,77 ha), sendo essa porção representada pelos fragmentos da classe pequena (3104,51 ha). Contudo, pode ser observado uma relação inversa quando se analisa as classes grande e muito grande. Embora a classe muito grande possua menor número de unidades, a soma de suas áreas representa maior percentual da área total de fragmentos florestais mapeados, quando comparados com a classe grande, apresentando 2.313,77 ha e 1.694,49 ha respectivamente, conforme pode ser observado na Figura 5.

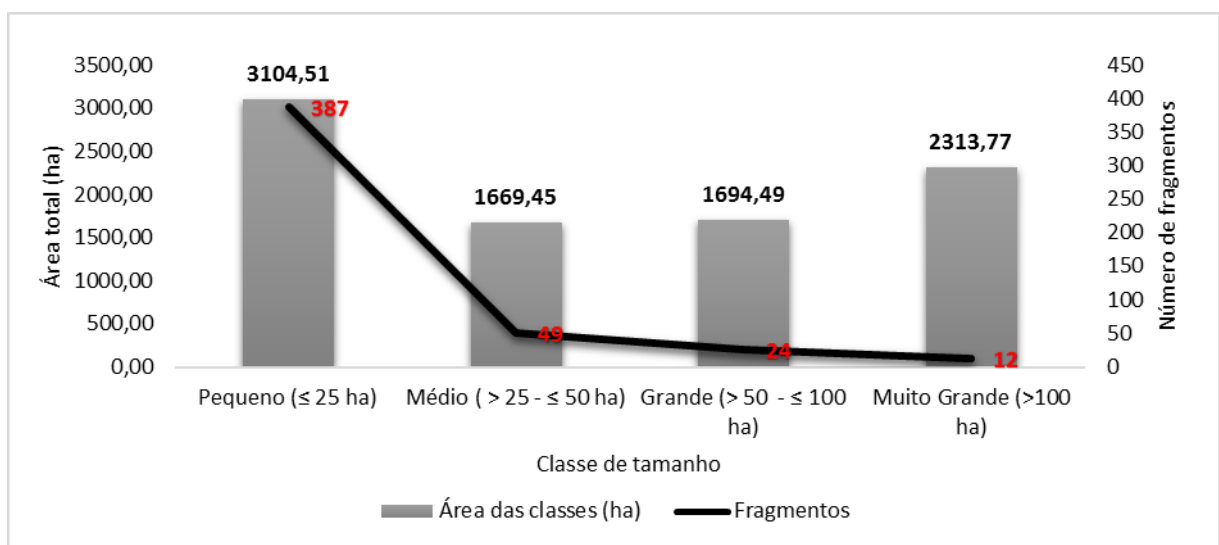


Figura 5 – Relação entre o número de fragmentos e as classes de tamanho. FONTE: O autor.

De acordo com Forman e Godron (1986), os fragmentos maiores são importantes para a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala, contudo, os menores fragmentos também possuem funções relevantes em relação a paisagem, podendo atuar como corredores ecológicos.

Existem algumas espécies que prevalecem apenas em habitats específicos e outras espécies que se reproduzem entre parentes, devido ao isolamento dos fragmentos florestais. Esses comportamentos explicam uma parte considerável de extinção das espécies locais e de endogamia (COSTA, 2002). Por outro lado, os pequenos remanescentes podem funcionar como stepping stones (pontos de ligação ou trampolins ecológicos), pois, dependendo da sua disposição na matriz, eles possibilitam o fluxo de espécies entre fragmentos (ALMEIDA e MORO, 2007). A

proximidade dos pequenos fragmentos com núcleos de biodiversidade e um manejo que visa o aumento de área favorecem a expansão e o cumprimento das funções desses fragmentos na paisagem (CALEGARI et al., 2010).

4.2. Análise dos fragmentos florestais por meio de métricas da paisagem

A Tabela 1 permite visualizar a distribuição das diferentes classes de tamanho dos fragmentos florestais dentro da área de estudo, possibilitando observar a diferença entre os fragmentos florestais mapeados.

Tabela 1 - Métricas da ecologia da paisagem do Parque Nacional do Caparaó e seu entorno.

Grupo	Índices	Unidade	Classes de tamanho				
			Pequeno (<25 ha)	Médio (25,01 a 50 ha)	Grande (50,01 a 100 ha)	Muito Grande (> 100 ha)	Todos (0 a >100 ha)
Área	CA	Hectares (ha)	3.104,51	1.669,45	1.694,49	2.313,77	33.882,58
Densidade e tamanho	MPS	Hectares (ha)	8,02	34,07	70,60	192,81	71,63
	NUMP	Adimensional	387,00	49,00	24,00	12,00	473,00
	PSSD	Hectares (ha)	5,24	6,09	14,68	115,03	1.152,65
	PSCoV	Porcentagem	65,35	17,88	20,79	59,66	1.609,09
Borda	TE	Metros (m)	50.3865,40	17.7556,77	14.3128,56	17.5473,34	1.384.110,40
	ED	m/ha	162,30	106,36	84,47	75,84	40,85
Forma	MSI	Adimensional	1,35	1,75	2,01	2,91	1,47
	AWMSI	Adimensional	0,91	0,43	0,35	0,29	0,54
	MPFD/ MFRAC	Adimensional	1,28	1,29	1,29	1,32	1,28
Proximidade	MNN	Metros (m)	407,34	1824,23	2070,20	2800,78	390,76
Diversidade	SDI	Adimensional	5,76	3,88	3,16	2,33	1,99

* CA (Área de todas as manchas da classe); MPS (Tamanho médio da mancha); NumP (Número de manchas); PSSD (Desvio padrão do tamanho da mancha); PSCoV (Coeficiente de variação do tamanho da mancha), TE (Total de bordas); ED (Densidade de borda); MSI (Índice de forma médio); AWMSI (Índice de forma de área média ponderada); MPFD (Dimensão fractal da mancha média); MNN (Distância média do vizinho mais próximo); SDI (índice de diversidade)

O índice de tamanho médio (MPS) das classes de fragmentos florestais apresentou um valor de área média para os fragmentos muito grandes de 192,81 ha, porém através do alto valor do desvio padrão do tamanho da mancha (PSSD = 115,03 ha) percebeu-se a alta variabilidade nos valores de área dos fragmentos desta classe, mostrando que entre os fragmentos muito grandes pode-se encontrar fragmentos de 100 ha, que é o tamanho mínimo para esse grupo, até valores muito altos.

A média de tamanho para todos os fragmentos e todas as classes, sem distinção de tamanho, teve como valor 71,63 ha. Em um estudo parecido Oliveira (2006), encontrou MPS médio de 6,95 ha, quando avaliou quatro municípios da zona de amortecimento do lado mineiro do PARNA Caparaó.

No entanto o valor elevado do coeficiente de variação do tamanho da mancha (PSCoV= 1609,09%) indica a existência de fragmentos com valores de área muito acima e muito abaixo do valor médio, pois, segundo Pereira et al., (2001) apud Pirovani (2014) o tamanho médio dos fragmentos deve ser analisado examinando o desvio padrão. Se o desvio padrão for muito grande, é possível que haja grandes fragmentos, mesmo com um tamanho médio relativamente baixo.

As métricas de borda revelaram menor valor do total de borda (TE) para a classe dos fragmentos grandes (143128,56 m), e a classe de fragmentos pequenos foi constituída de maior total de borda (503865,40 m), a densidade de borda relativa (ED) foi de 162,30 m/ha e 84,47 m/ha, respectivamente. Concluindo que existe uma maior proporção borda/área nos fragmentos menores. Segundo Pirovani (2014) essa diferença da quantidade de bordas, quando se considera densidade, deve-se aos valores de área ocupada por cada classe de tamanho dos fragmentos, sendo a densidade de bordas inversamente proporcional à área ocupada por cada classe.

Confirmando o que foi dito acima, os fragmentos muito grandes apresentaram uma densidade de borda ainda menor que os fragmentos de tamanho grande (75,84 m/ha), indicando maior grau de conservação, e permitindo a longo prazo a conservação de um maior número de espécies, em função do maior tamanho do fragmento.

Portanto, é possível afirmar então que quanto maior for a fragmentação da mancha, maior é o aumento das áreas de borda de um habitat. A fragmentação favorece não apenas o desenvolvimento de espécies de borda, muitas vezes

predadores e parasitas, mas também de espécies generalistas que tendem a excluir, por competição ou predação, as espécies de interior (METZGER, 1999).

Ademais, o efeito de borda faz com que uma série de alterações microclimáticas ocorra, modificando a abundância relativa e a composição de espécies na parte marginal de um fragmento (MENDES e SILVA, 2008).

Além do tamanho, a forma dos fragmentos também influencia no impacto do efeito de borda, incluindo os processos bióticos e abióticos (MURCIA, 1995). A forma pode ser avaliada através da relação entre área de borda e área do fragmento, podendo ser regulares ou irregulares, sendo estes últimos mais afetados por bordas, implicando diretamente na dispersão de plantas.

As métricas de forma necessitam de uma paisagem padrão para comparação, sendo assim, a forma dos fragmentos foi comparada ao formato de um círculo. Os valores mais próximos de 1 são ligados a formatos mais circulares.

A comparação dos valores de índice de forma (MSI) das classes de tamanho dos fragmentos florestais revelam que os fragmentos pequenos apresentam formato mais regular ($MSI = 1,55$) quando comparados com os fragmentos médios, grandes e muito grandes, que apresentam valores de MSI de 1,75, 2,01 e 2,91 respectivamente, assim os formatos vão ficando menos circulares (mais irregulares) com o aumento de tamanho dos fragmentos. Quanto mais distante do valor 1, significa que os fragmentos se encontram muito recortados em função da maior proporção de bordas, com alta razão perímetro/área.

Conforme o resultado obtido para o conjunto de todas as classes de fragmento quando comparando o índice de forma média, com a dimensão fractal (MPFD), cujo valor foi de 1,47 e 1,28 respectivamente, é possível afirmar que os fragmentos são consideravelmente regulares.

Mediante o exposto, o formato do fragmento define primordialmente a composição das espécies em seu interior, pois formas isodiamétricas (círculo perfeito) tem uma relação maior de espécies de interior do que aquelas que tendem ao retângulo, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda (FORMAN e GODRON, 1986).

Segundo McGarigal e Marks (1995), os valores do índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI) para todas as classes de tamanho dos fragmentos florestais são superiores ao observado para o índice de forma médio (MSI),

indicando que os fragmentos de maior área têm forma mais irregular que a média. Contudo, essa relação não é uma regra, pois no presente estudo, todas as classes de fragmentos apresentaram menor valor de AWMSI, quando comparado ao MSI.

O grau de isolamento dos fragmentos, expresso pela distância média do vizinho mais próximo (MNN), apresentou resultados diferentes para as quatro classes de tamanho consideradas. Os fragmentos de tamanho pequeno apresentaram grau de isolamento menor que os demais, com 407,34 metros (m) de distância do fragmento mais próximo, os fragmentos de tamanho médio apresentaram 1824,23 m, os fragmentos grandes 2070,20 m e os muito grandes 2800,78 m. Esta diferença pode estar relacionada ao número de fragmentos encontrados para cada classe, pois os fragmentos pequenos que são em maior número (387) apresentam menor grau de isolamento e os fragmentos muito grandes que são em menor número (12) apresentaram maior grau de isolamento.

Analisando a distância entre todas as classes de fragmentos, a MNN é de 390,76 m, sendo assim o grau de isolamento é menor, porém, ainda é considerado um alto grau de isolamento entre os fragmentos, o que pode dificultar o deslocamento da biota. Sendo assim, seria indicado a implementação de corredores ecológicos para diminuir a distância entre os fragmentos e melhorar o fluxo gênico.

A área central de um fragmento é, segundo McGarigal e Marks (1995), um melhor indicativo da qualidade do que sua área total, sendo afetada diretamente pela forma e a borda dos fragmentos.

De acordo com Pirovani (2014), deve-se considerar 100 m de distância sob o efeito de borda, pois é a distância máxima para simulação de efeitos de borda que não exclui toda a área central de fragmentos menores nesta região. Porém neste estudo, foram realizadas a simulação de quatro distâncias diferentes de faixa sob efeito de borda, a fim de comprovar qual faixa de borda exerce maior influência nos valores de área central dos fragmentos.

Os valores das métricas relativos à área central dos fragmentos são expressos separadamente na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores dos índices de ecologia da paisagem relativos às métricas de área central gerados pelo V-Late utilizando diferentes distâncias de faixa sob efeito de borda para as classes de tamanho dos fragmentos florestais.

Área Núcleo 0 - 25 ha							Área Núcleo 25 - 50 ha						
DAN	TCA (ha)	MCA (ha)	NCA	CASD (ha)	CACV (%)	TCAI (%)	DAN	TCA (ha)	MCA (ha)	NCA	CASD (ha)	CACV (%)	TCAI (%)
50	2527,071	5,863	431	363,831	6205,260	81,400	50	849,503	13,484	63	708,073	5251,141	50,890
100	165,163	0,408	405	23,777	5830,394	5,320	100	286,592	3,453	83	238,687	6912,619	17,170
200	0,009	0,000	387	0,001	4980,772	0,000	200	3,145	0,063	50	2,333	3709,328	0,190
300	0,000	0,000	387	0,002	0,000	0,000	300	0,000	0,000	49	0,289297	0,000	0,000
Área Núcleo 50 - 100 ha							Área Núcleo >100 ha						
DAN	TCA (ha)	MCA (ha)	NCA	CASD (ha)	CACV (%)	TCAI (%)	DAN	TCA (ha)	MCA (ha)	NCA	CASD (ha)	CACV (%)	TCAI (%)
50	1015,31	24,17	42	1738,84	7192,97	59,92	50	1475,556	31,39481	47	5895,367	18778,159	63,77
100	503,04	9,49	53	860,20	9063,02	29,69	100	838,5278	13,30996	63	3341,86	25107,954	36,24
200	70,77	2,53	28	118,79	4699,60	4,28	200	240,1548	7,504839	32	943,3011	12569,238	10,38
300	4,73	0,20	24	5,51	2796,05	0,28	300	80,12735	5,723382	14	301,836	5273,7354	3,46

*DAN (Distância Área Núcleo); TCA (Área central total); TCAI (Índice de área central total); MCA (Área central média); NCA (Número de áreas centrais); CACoV (Coeficiente de variação de área central); CASD (Desvio padrão de área central).

Conforme apresentado na Tabela 2, para uma borda mínima de 50 metros, os fragmentos pequenos apresentam área central total (TCA) de 2527,071 ha que correspondem a um índice de área central total (TCAI) de 81,40%, isto significa que da área total dos fragmentos pequenos (3.104,51 ha) todo este percentual corresponde à área de interior e, logo apenas 18,6% da área total dos fragmentos pequenos estão sob o efeito de borda de 50 m.

Para o efeito de borda de 50 m é encontrado o número de áreas centrais (NCA) entre os fragmentos pequenos de 431. Com esse número, dividindo TCA por NCA, é possível encontrar a área central média (MCA) de 6,53 ha, o que representa um valor abaixo do esperado para conservação dos fragmentos. Contudo, o valor do coeficiente de variação de área central (CACV) é extremamente elevado (6.205,26%), mostrando que há uma variabilidade muito grande no tamanho das áreas centrais encontradas nessa classe de tamanho dos fragmentos.

O elevado valor de CACV, pode ser causado pela ampla variação de tamanho da classe dos pequenos fragmentos, que vai de 0 a 25 ha. Pirovani (2014) encontrou valores menores de CACV, porém a classe considerada pequena era composta apenas por fragmentos menores que 5 ha, o que pode explicar a menor variação (132,56%).

A área central total (TCA) dos fragmentos médios, considerando o efeito de borda de 50 m, é de 849,503 ha, sendo menor do que o valor desse mesmo índice encontrado para os fragmentos pequenos, e a porcentagem de área dessa classe ocupada pelas áreas interiores, expressa pelo TCAI é de 50,89%, representando um maior efeito de borda do que para os fragmentos menores (49,11%), além do mais, quando comparando essas duas classes de tamanho, o número de área central (NCA) é distante, sendo encontradas apenas 63 áreas centrais para os fragmentos de tamanho médio.

Observa-se que o valor de NCA é maior que o número total de fragmentos médios (49), isso ocorre devido ao formato irregular dos mesmos, apresentando assim, mais de uma área central. O mesmo acontece com os fragmentos grandes e muito grandes, sendo o valor de NCA igual à 42 e 47 e áreas centrais, respectivamente. Esse fato foi confirmado por Scariot et al. (2003), que determinou que fragmentos com formatos mais irregulares podem ter a maior proporção de bordas do que os mais regulares.

Com o aumento da distância de borda para 100 metros, os fragmentos pequenos sofreram redução das métricas de área central, apresentando TCA de 165,163 ha e TCAI a 5,32%. Os fragmentos médios reduziram o índice de área central para quase 1/3, passando a 17,17%, enquanto os fragmentos grandes e muito grandes sofreram menores reduções, apresentando TCA de 503,04 e 838,528 ha.

Em todas as classes de tamanho dos fragmentos florestais, o aumento da distância de borda para 200 e 300 m resultou em valores muito baixos ou nulos quando comparados a área total analisada, segundo Pirovani (2014), quando a distância de borda é maior que 100 m, as métricas de área central para os fragmentos pequenos deixam de existir, determinando que nestas condições essa classe de tamanho encontra-se totalmente dominada pelo efeito de borda, estando todos os fragmentos suscetíveis à influência completa da matriz.

O aumento da distância de borda a partir dos 100 m leva a uma redução significativa nos valores das métricas de área central dos fragmentos grandes, apresentando TCA igual a 3,145 ha com 200 m da distância de borda e TCA igual a 0 com 300 m da distância de borda.

O efeito de borda pode variar de acordo com a fitofisionomia em que se encontram os fragmentos. Contudo, segundo Slaviero (2007), ao analisar a fragmentação florestal na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, as faixas de borda ideais para análise de fragmentos são de 100 metros, o que comprova o que foi dito por Pirovani (2014) e o que foi encontrado neste trabalho.

Os valores das métricas relativos à área central de todos os fragmentos, são expressos na Tabela 3, considerando-se 100 m de distância sob o efeito de borda.

Tabela 3 - Valores relativos às métricas de área central gerados pelo V-Late 2.0 utilizando 100 metros de faixa sob efeito de borda para todos os fragmentos florestais.

Área Núcleo Total						
DAN	TCA (ha)	MCA (ha)	NCA	CASD (ha)	CACV (%)	TCAI (%)
100	23271,88	36,534	637	4610,712	12620,48	68,68

DAN (Distância Área Núcleo); TCA (Área central total); TCAI (Índice de área central total); MCA (Área central média); NCA (Número de áreas centrais); CACoV (Coeficiente de variação de área central); CASD (Desvio padrão de área central).

A percentagem de área central total de 68,68% e área central média de 36,534 ha, mostra que o estado de conservação dos fragmentos florestais do PARNA Caparaó e seu entorno é relativamente bom, estando 31,32% da área total sob efeito de borda.

O elevado valor de NCA (637) demonstra que apesar do bom estado de conservação, os fragmentos possuem formatos irregulares, apresentando mais de uma área central por fragmento e sofrendo com efeito de borda. Dessa forma, é necessário que ocorra o aumento da área dos fragmentos menores, uma vez que estes sofrem mais com o efeito de borda, protegendo assim sua diversidade e melhorando a conservação do PARNA Caparaó e seu entorno.

Os resultados das métricas de área central demonstram que, quanto maior o tamanho do fragmento maior será sua área central total (TCA) e menor será o percentual de sua área afetado pelo efeito de borda ($100 - TCAI$) sendo assim, menor serão as espécies afetadas pelo efeito de borda e maior será a proteção das espécies no interior dessas áreas.

5. CONCLUSÕES

Por meio do mapeamento dos fragmentos florestais e análise dos índices de ecologia da paisagem, pode-se concluir que:

Os fragmentos florestais no PARNA Caparaó e seu entorno, são compostos em sua maioria por fragmentos pequenos, que representam também a maior área, indicando a necessidade de conservação da área.

Os fragmentos florestais apresentam formas irregulares, aumentando o efeito de borda.

Devido a grande distância entre os fragmentos, é indicado a implantação de corredores ecológicos para auxiliar na movimentação de animais e plantas, e recuperar o fluxo entre os fragmentos.

Para a realização de estudos com fragmentos florestais nesta região é indicada uma distância máxima de borda de 100 metros, pois valores acima deste eliminariam os fragmentos pequenos, os quais predominam na área de estudo.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- BENSUSAN, N. Conservação da biodiversidade em áreas protegidas. Rio de Janeiro: **FGV**. 176 p. 2006.
- BRASIL. **Medida Provisória 2.166-67**, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 10, 40, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei n. 4.771 de 1965: código florestal. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- BRIDGEWATER, P.B. Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation. Pp. 23-36. In: R. Haines-Young; D.R. Green & S. Cousins (eds.). **Landscape ecology and geographic information systems**. New York, Taylor & Francis Eds. 1993.
- CALEGARI, L. MARTINS, S. V; GLERIANI, J. M; , E; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.871880, 2010.
- COSENDEY, G. G. Hidrografia. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Parque Nacional do Caparaó**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnacaparao/natureza-local.html>. Acesso em: 01 dez. 2018
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Legislação Ambiental Brasileira**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>>. Acesso em: 25 jun. 2018.
- COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the “Seridó Caatinga” vegetation by the plant area

and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.707-715, 2002.

COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em Fragstats. **Investigação Operacional**, v.24, n.1, p.109-137, 2004.

CPRM; COMIG. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Ipanema, Folha SE.24-Y-C-IV**. Belo Horizonte. v.26. 1. 2000.

DEAN W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras; 1996.

FERREIRA, L. V.; LAURANCE, W. F. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected tree in central Amazonia. **Conservation Biology**, Washington, v. 20, n. 3, p. 243-246, 1997.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley. 619 p. 1986.

Fundação SOS Mata Atlântica & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000**. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo. 2001.

GASCON, C., B. WILLIAMSON, G.A.B. FONSECA. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science** **288**: 1356-1358, 2000.

HARGIS, C.D.; BISSONETTE, J.A.; DAVID, J.L. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. **Landscape Ecology**, v. 13, p.167-186, 1998.

HARRIS, L. D. **The fragmented forest**: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago: University of Chicago. 229 p. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 1984.

(ICMBio). **Parque Nacional do Caparaó**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnacaparao/natureza-local.html>. Acesso em: 01 nov. 2018.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos. 424p. 2009.

LIMA, E. A. C. F. **Estudo da paisagem do município de Ilha Solteira-SP: subsídios para planejamento físico-ambiental**. 1997. 112 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

LOVEJOY, T. E.; et al. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: Soulé, M. E. (Ed.). **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity**. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. p. 257- 285. 1986.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University,. 203 p. 1967.

MCGARIGAL, K; MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Reference manual. Covarllis Oregon: For Science Department Oregon State University. 56p. 1995.

MENDES, J.D; SILVA, N.M. **Avaliação do efeito de borda em fragmentos de Cerrado por meio de métricas de paisagem no Parque Nacional de Chapada dos Guimães, Mato Grosso, Brasil**. IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simósio Internacional Savadas Tropicais. Brasília, DF. Outubro, 2008.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais...**Academia Brasileira de Ciências. v.71, n. 3-I, 445-463, Rio de Janeiro. 1999.

MMA - MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Projeto Corredores Ecológicos**. **Brasília**: MMA, 2007a.

MMA - MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira:**

Atualização – Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. Brasília: MMA, 2007b.

MMA/SBF – Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Floresta. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**, Brasília, 510p. 2003.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented Forest: implications for conservation. **Tree**, v.10, n.2, p.58-62, 1995

NASCIMENTO, H, E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonia**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 183-192, 2006.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. **Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004)**. Revista Brasileira Botânica, São Paulo, v.30, n.1, p.149-161, 2007.

OLIVEIRA, F. S. **Diagnóstico dos fragmentos florestais e das áreas de preservação permanente no entorno do parque Nacional do Caparaó, no estado de Minas Gerais**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós – Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

PEDRON, F. de A. et al. **A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine-RS**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 105-112, jan-fev. 2006.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A.V. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. 2001.

PIRES, J. S. R. et al. Abordagem metodológica para identificação e manejo de fragmentos de Ci. Fl., v. 24, n. 3, jul.-set., 2014 644 Souza, C. G. et al. áreas naturais. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 8., 1998, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP/UFSCAR. p. 571-584. 1998.

PIROVANI, D. B, da Silva, A.G, dos Santos, A.R, Cecílio, R.A, Gleriani, J.M, Martins, S.V, Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista. Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2,p. 271-281, Apr. 2014. acesso em 01 Nov. 2018.

PORTELA, R.C.Q. **Estabelecimento de plântulas e jovens de espécies arbóreas em fragmentos florestais de diferentes tamanhos**. 2002. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – UNICAMP, Campinas, 2002.

REZENDE, S. B. **Geomorphology, mineralogy and gênesis of four soils on gneiss in southeastern Brazil**.143p. Thesis (Ph D) – West Lafeyette, Indiana. 1980.

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

RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina – Pr**. São Carlos, 102 f. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

SANTOS, R. F. dos (ORG.). **Vulnerabilidade Ambiental - Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos?** Brasília: MMA. 192 p. 2007.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v.5, p. 18-32, 1991.

Shafer, M. L. Minimum population sizes for species conservation. Bioscience, 31:131-134. 1981.

SCARIOT, A.; FREITAS, S.R.; MARIANO NETO, E.; NASCIMENTO, L.C.; OLIVEIRA, L. C.; SANAIOTTI, T.; SEVILHA, A.C.; VILLELA, D.M.; **Vegetação e Flora**. p. 104-123. In: Ministério do Meio Ambiente - MMA, Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA, 508p. 2003.

SCHELLAS, J.; GREENBERG, R. Forest patches in tropical landscapes. Washington; **Island Press**. 426p. 1997.

SILVA, L. G.; SANTOS, S.; MORAES, F. **Fragmentação da Mata Atlântica de interior: análise de paisagem do corredor verde Sul-Americano e Florestas do Alto Paraná**. Boletim geográfico. v. 32, n. 3, p. 61-68, 2014.

SLAVIERO; L. B. MALINOWSKI; R.. ROVANI; I. L GALIANO; D. HENKE-OLIVEIRA; C. ZANIN E. M. Estrutura, configuração e fragmentação da Paisagem na região norte do rio grande do sul, Brasil. **Anais...**VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 23 a 28 de setembro de 2007.

TABARELLI M, AGUIAR AV, RIBEIRO MC, METZGER JP, PERES CA. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**. 143: 2328- 2340. 2010.

TABARELLI M, GASCON C. Lessons from fragmentation research: improving management and policy guidelines for biodiversity conservation. **Conservation Biology**;19(3): 734-739. 2005.

TEMPLE, S.A. Predicting impacts of habitat fragmentation on forest birds: a comparison of two models. In: VERNE, J.; MORRISON, M.L.; RALPH, C.J. Modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates. **Madison: University of Wisconsin Press**. p.301-304. 1986.

TILMAN, D.; MAY, R. M.; LEHMAN, C. L.; NOWAK, M. A. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature**. 371:65- 66. 1994.

TONINI, A. E.; MORAES, M. E. N.; SARTÓRIO, M. V. O. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento da vegetação de Mata Atlântica do Parque Nacional do Caparaó a partir da diferença de Altitude. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 7., 2014. **Anais eletrônicos...** Vitória: Sociedade dos Geógrafos Brasileiros, 2014.

TURNER, M.G. e GARDNER, R.H. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. **Springer-Verlag**, New York, 1990.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF, ESALQ/USP**, v. 12, n.32, p.25-42, 1998.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.J.A.; MARTINEZ, J.L.A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo, SP. Conservação da biodiversidade: **anais...** São Paulo: Instituto Florestal. P.400-406. 1992.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. 48 f. Trabalho acadêmico (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São Paulo, 1998.

WARBURTON, N.H. Structure and conservation of forest avifauna in isolated rainforest remnants in tropical Australia. In: LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O. (Ed.) Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. Chicago: **The University of Chicago Press**, 1997. cap. 13, p. 190-206.

YONG, A.G.; MERRIAM, H.G. Effects of forest fragmentation on the spatial genetic structure of *Acer saccharum* Marsh. (sugar maple) populations. **Heredity**, v.1, p.277-289, 1994.

ZANELLA, L. et al. Atlantic Forest and Landscape Restoration Management Scenarios. **Natureza & Conservação**, v. 10, n 1,p. 57-63, 2012.

ZUDEIMA, P.A.; SAYER, J. A.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. **Environmental Conservation**, 23:290-2,1996.