

ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL COQUEIRAL, COQUEIRAL – MG

ANALYSIS OF FOREST FRAGMENTATION OF 'COQUEIRAL' ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA, IN COQUEIRAL, MINAS GERAIS STATE

Carolina Gusmão Souza¹ Lisiane Zanella² Rosângela Alves Tritão Borém³ Luis Marcelo Tavares de
Carvalho⁴ Helena Maria Ramos Alves⁵ Margarete Marin Lordelo Volpato⁶

RESUMO

Este trabalho analisou a fragmentação florestal da Área de Proteção Ambiental Coqueiral, que está localizada no município de Coqueiral, região Sul do estado de Minas Gerais. O objetivo foi avaliar a fragmentação florestal da área de estudo, a partir de métricas da paisagem, bem como elaborar modelos de simulação da paisagem, no intuito de fornecer cenários futuros de restauração ecológica, e compará-los com a situação atual da paisagem. A análise do uso e ocupação da terra foi obtida por meio de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto, a partir de uma imagem (SPOTMAP) do satélite SPOT 5. A análise da fragmentação florestal foi realizada utilizando o *software* FRAGSTATS, para calcular as métricas da paisagem mensurando parâmetros como: área, perímetro, forma, conectividade dos fragmentos. Para as simulações da paisagem foram criados *buffers* de 1 e 5 m no entorno de todos os remanescentes florestais da área de estudo, bem como a recuperação virtual das áreas de preservação permanente. A análise da fragmentação da paisagem mostrou que a vegetação natural está distribuída em 360 fragmentos, sendo 137 deles menores que 1 ha. Os modelos de simulação da paisagem mostraram que a área de vegetação aumentou de 1943,13 ha para 2299,02 ha na simulação em que as APPs foram reflorestadas (Vegetação natural/APPs restauradas = VA). O tamanho médio dos fragmentos nesta mesma simulação aumentou em relação à paisagem atual, passando de 7,66 m para 15,75 m. A paisagem VA mostrou um menor valor de forma (1,93), indicando que a forma dos fragmentos nesta simulação foi mais simples, o que é importante do ponto de vista da conservação, pois diminui o efeito de borda nos fragmentos. Os valores de isolamento não apresentaram diferença considerável nas simulações: 38,9 m (VN); 40,64 m (VB1); 42,89 m (VB5) e 39,75 m (VA), indicando um baixo isolamento dos fragmentos, mesmo na paisagem atual. O índice de conectividade foi alto (acima de 99%) para todas as simulações, indicando que as paisagens apresentam elevada conectividade estrutural. Estes dados são relevantes subsídios para a tomada de decisão e para

- 1 Geógrafa, Msc., Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Cidade Universitária, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. carolinagusmaosouza@gmail.com
- 2 Bióloga, Msc., Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Cidade Universitária, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. lisianezanella@gmail.com
- 3 Engenheira Florestal, Dr^a., Professora Adjunta do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Cidade Universitária, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. rosangela@dbi.ufla.br
- 4 Engenheiro Florestal, PhD., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Cidade Universitária, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. passarinho@dcf.ufla.br
- 5 Engenheira Agrônoma, PhD., Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Pesquisadora colaboradora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional do Sul de Minas, Parque Estação Biológica, s/n, Edifício Sede EMBRAPA, CEP 70770-901, Brasília (DF), Brasil. helena@embrapa.br
- 6 Engenheira Florestal, Dr^a., Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional do Sul de Minas, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. Bolsista da FAPEMIG. margarete@epamig.ufla.br

Recebido para publicação em 2/06/2011 e aceito em 25/03/2013

gestão e planejamento da Área Proteção Ambiental Coqueiral, permitindo a indicação de áreas prioritárias para conservação.

Palavras-chave: ecologia da paisagem; métricas da paisagem; simulações futuras; sistemas de informação geográfica.

ABSTRACT

This study analysed the forest fragmentation of Coqueiral Environmental Protected Area (APA Coqueiral), located in Coqueiral, South region of Minas Gerais state, Brazil. The objective was to evaluate the forest fragmentation of Coqueiral APA, using landscape metrics, as well as, elaborating landscape simulation models to provide future scenarios of ecological restoration, and then, to compare these simulations to the current landscape. Land use analyses were carried out through Geographic Information Systems and Remote Sensing techniques, using a SPOT 5 satellite image (SPOTMAP). Forest fragmentation was analysed by FRAGSTATS software for calculating landscape metrics such as: area, perimeter, shape, and, patch connectivity. We performed 1 and 5 m buffers maps, and a virtual restoration of the Permanent Protected Areas (APP) for landscape simulations. Landscape fragmentation analyses showed that natural vegetation is distributed within 360 patches, being 137 of them smaller than 1 ha. Landscape simulation models revealed that natural vegetation has increased from 1943.13 ha to 2299.02 ha in the restored APP simulation (natural vegetation/restored APPs = VA). The average patch size increased from 7.66 m to 15.75 m in the same simulation in comparison to the current landscape. VA showed a smaller shape value (1.93), indicating that patch shape is simpler in this simulation. This is an important result from the conservation point of view, because as simpler a shape of a patch is, smaller the edge effect is. Isolation values were not statistically different in the simulations: 38.9 m (VN); 40.64 m (VB1); 42.89 m (VB5) e 39.75 m (VA), what indicates low isolation between patches, even in the current landscape. Connectivity index was high (99%) for all simulations, indicating that landscapes have high structural connectivity. These data are relevant inputs to decision makers and to a better planning and management of the APA Coqueiral, allowing us to indicate the priority areas for conservation in this natural reserve.

Keywords: landscape ecology; landscape metrics; future simulations; geographic information systems.

INTRODUÇÃO

A fragmentação de *habitats* aumentou no Brasil a partir de 1970 (PRIMACK e RODRIGUES, 2001), afetando diretamente a biodiversidade de vários biomas brasileiros (TABARELLI e GASCON, 2005). O bioma Mata Atlântica cobria originalmente grande parte do território brasileiro, e encontra-se hoje altamente fragmentado e composto por paisagens muito pequenas e com baixa diversidade de *habitats* e manchas isoladas (RIBEIRO et al., 2009). Segundo Metzger (2009), a Mata Atlântica é, provavelmente, uma das florestas mais fragmentadas, quando comparada com as demais florestas tropicais. Atualmente, cerca de 12% da sua área original permanecem pequenas e isoladas manchas (84% <50 ha) (RIBEIRO et al., 2009).

O desmatamento das florestas é um processo altamente danoso, pois causa profundas modificações em seus ecossistemas (BIERREGARD et al., 1992).

Como principal consequência do desmatamento, além da perda de *habitat*, a fragmentação de *habitats* provoca: aumento nos efeitos de borda; perda de biodiversidade; alterações nas interações ecológicas e nos processos reprodutivos de várias espécies; isolamento das formações vegetais; aumento da predação e da competição; perda de micro-habitat; a extinção de espécies e a perda de biodiversidade (PRIMACK e RODRIGUES, 2001; SILVA et al., 2007; LINDENMAYER et al., 2008).

A fragmentação florestal pode ser definida, de forma geral, como o processo pelo qual uma área contínua de *habitat* é reduzida em tamanho e dividida em dois ou mais espaços separados por um entorno ou matriz de *habitats* diferentes do original (FORERO-MEDINA e VIEIRA, 2007). Neste caso, ocorre uma separação não natural de áreas amplas com diversidade de tamanho, forma, grau de isolamento, tipos de vizinhança e histórico de perturbações, que podem vir a comprometer a conservação da biodiversidade (KORMAN, 2003).

A conectividade, definida como sendo o inverso da fragmentação, é considerada um elemento vital da paisagem, já que é crítica para a sobrevivência da população e para a dinâmica populacional (FORERO-MEDINA e VIEIRA, 2007). Caracteriza-se pela influência que a configuração da paisagem exerce ao facilitar ou dificultar a movimentação de organismos entre os fragmentos. Sendo assim, ela aparece como uma característica crucial para a sobrevivência de uma metapopulação em uma paisagem fragmentada (METZGER, 1999). A conectividade está relacionada com o tamanho do fragmento e é sugerida como a principal característica estrutural que influencia a persistência de espécies na paisagem (MARTENSEN et al., 2008), passando a ser mais importante quando pequenos fragmentos estão situados perto de fragmentos maiores (METZGER, 2000) ou quando a interpermeabilidade da matriz é alta (MARTENSEN et al., 2008).

A Ecologia de Paisagens tem apresentado alternativas eficazes para lidar com problemas ambientais, pois adota uma perspectiva para propor soluções, que considera as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo, assim, o homem no seu sistema de análise (METZGER, 2001).

Devido à necessidade de estudar padrões espaciais e processos ecológicos, recentemente foram desenvolvidos diversos índices para caracterizar as paisagens naturais. Esses índices permitem a quantificação de sua estrutura e seus padrões espaciais, o que torna fundamental o uso dessas métricas nas análises de paisagens naturais (MCGARIGAL e MARKS, 1995; FORERO-MEDINA e VIEIRA, 2007). Por meio de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica – SIG é possível calcular esses índices espaciais, que são capazes de descrever o nível de uniformidade ou fragmentação da paisagem. Esse tipo de análise pode permitir a realização de estudos da paisagem relacionados à biodiversidade, os quais não seriam possíveis de serem realizados somente em campo.

É importante destacar que vários estudos sobre a Mata Atlântica foram realizados no estado de São Paulo, ou abrangendo a extensão total desse bioma (DIXO e METZGER, 2009; RIBEIRO et al., 2009; METZGER, 2008; LINDBORG e ERIKSSON, 2004; METZGER, 2000; MARTENSEN et al., 2008; UMETSU et al., 2008; JORGE e GARCIA, 1997). Porém, poucos são os trabalhos realizados nos demais estados

brasileiros (CABACINHA et al., 2010; CALEGARI et al., 2010; CARVALHO et al., 2009; CEMIN et al., 2009). Estudos relacionados à estrutura da paisagem para dar suporte ao entendimento de padrões e processos fundamentais para diversos organismos são escassos, assim como trabalhos que caracterizam a conectividade e o tamanho dos fragmentos em escalas locais nos ecossistemas tropicais (METZGER, 2008; LINDBORG e ERIKSSON, 2004). Informação sobre os efeitos da estrutura da paisagem sobre as comunidades tropicais é mínima, abrangendo apenas 14% dos trabalhos publicados (METZGER, 2008). A maioria desses estudos trabalha apenas com fragmentos maiores que 50 hectares (DIXO e METZGER, 2009; CARVALHO et al., 2009; METZGER, 2009; RIBEIRO et al., 2009); evidenciando a necessidade de estudos que considerem também os fragmentos menores. Existe a necessidade de mais pesquisas em escalas locais, pois cada local apresenta características da paisagem diferenciadas. É preciso conhecer mais acerca das relações ecológicas da paisagem nessas regiões para agir com maior eficácia na sua gestão e conservação.

Este trabalho reveste-se de grande importância por fornecer subsídios para futuras pesquisas na Área de Proteção Ambiental – APA Coqueiral, pois caracteriza a estrutura dos remanescentes de vegetação natural da desta unidade de conservação. Seu principal objetivo foi analisar a fragmentação florestal da APA Coqueiral, avaliando a importância dos menores fragmentos para a conectividade da paisagem, uma vez que ela é composta, em sua maioria, por de fragmentos de tamanho reduzido. Assim, este trabalho busca responder às seguintes questões: (i) a vegetação natural na área de estudo encontra-se alocada em fragmentos excessivamente pequenos (menores que 5 ha?); (ii) a presença de fragmentos pequenos diminui o isolamento médio da paisagem?; (iii) qual a importância dos fragmentos pequenos para a conectividade da paisagem? e (iv) simulações em paisagens fragmentadas podem fornecer subsídios para conservação ambiental?

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A APA Coqueiral está situada no município de Coqueiral, no sul do estado de Minas Gerais. Faz parte da bacia do rio Grande, na microrregião



FIGURA 1: Localização da área de estudo. a) Estado de Minas Gerais no Sudeste do Brasil. b) Localização da área de estudo (“Área de Proteção Ambiental – APA Coqueiral”) no Sul de Minas Gerais. c) Limite da APA Coqueiral no município de Coqueiral e municípios limítrofes.

FIGURE 1: Study area location. a) State of Minas Gerais in southeast Brazil. b) Study area location (“Environmental Protected Area – APA Coqueiral”) in south of Minas Gerais. c) Limit of APA Coqueiral in the municipality of Coqueiral and adjacent municipalities.

de Lavras (Figura 1), tendo grande importância no aporte de água para a região, principalmente levando-se em consideração que todos os seus corpos hídricos são contribuintes do lago da represa de Furnas (EMATER, 2002). Esta área limita-se com parte do lago formado pela represa de Furnas e com os municípios de Aguanil, Boa Esperança, Campo Belo e Nepomuceno, entre as coordenadas geográficas $45^{\circ}19'37,5''$ e $45^{\circ}26'16,3''$ de longitude oeste e $21^{\circ}03'52,7''$ e $21^{\circ}09'30,8''$ de latitude sul (IBGE, 2010) e compreende uma área de 6.836,21 ha.

Um grande percentual da área é recoberto por solos rasos, (LIMA, 2008) e predominam os tipos vegetacionais de cerrado e floresta estacional semidecidual, esta última pertencente ao bioma Mata Atlântica (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

A APA Coqueiral foi criada em 17 de maio de 2002 e ocupa aproximadamente 25% da área do município de Coqueiral, Minas Gerais. Nessa área vivem cerca de 400 famílias, cuja renda

se baseia, principalmente, na cafeicultura e na pecuária (EMATER, 2002). O estado de degradação ambiental da área é visível, tanto que sua cobertura vegetal primitiva foi reduzida a remanescentes esparsos, em sua maioria bastante perturbados pelo fogo, pela pecuária extensiva ou pela retirada seletiva de madeira (LIMA, 2008), causando grandes prejuízos para a flora, a fauna e para a população local que vive na área.

Mapeamento

O mapeamento dos fragmentos florestais e dos usos e ocupação da terra foi obtido a partir de uma imagem do satélite SPOT 5, sensor HCR, do ano de 2008, abrangendo o município de Coqueiral, MG. A imagem foi adquirida com pré-processamentos radiométrico e geométrico padrão e ortorretificação, com 2,5 m de resolução espacial na banda pancromática e 10 m de resolução espacial nas bandas do vermelho e do verde.

Para a interpretação visual, foram utilizadas

as três bandas da imagem, as quais correspondem às duas faixas do visível: verde (0,5 a 0,6 μm) e vermelho (0,6 a 0,7 μm) e à faixa pancromática (0,48 a 0,71 μm) do espectro eletromagnético. Foi utilizada uma composição colorida falsa-cor (R (1); G (2); B (PAN)).

O processo de interpretação visual foi realizado no Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996) pela observação simultânea dos elementos de reconhecimento, como tonalidade e cor, textura, forma, tamanho, padrão, sombra e associação de evidências, descritos por Marchetti e Garcia (1997). Com base nos critérios de interpretação visual, o mapa temático foi dividido em duas classes: áreas ocupadas por fragmentos de vegetação e áreas ocupadas com outros usos da terra.

Análise da cobertura florestal

A análise da cobertura florestal na área foi computada por meio de índices de paisagem, usando o *software* FRAGSTATS 3.3 (MCGARIGAL

e MARKS, 1995). Foram utilizadas cinco configurações métricas (Tabela 1): área, densidade, forma, isolamento e conectividade (RIBEIRO et al., 2009; CARVALHO et al., 2009).

Para avaliar o tamanho dos fragmentos da paisagem, os remanescentes de vegetação foram divididos em classes de diferentes tamanhos. As classes estabelecidas foram: menor ou igual a um hectare (≤ 1 ha); entre um e dois hectares (1-2 ha); entre dois e três hectares (2-3 ha); entre três e quatro hectares (3-4 ha); entre quatro e cinco hectares (4-5 ha); entre cinco e dez hectares (5-10 ha); entre dez e cinquenta hectares (10-50 ha); entre cinquenta e cem hectares (50-100 ha); acima de cem hectares (> 100 ha). As classes foram divididas com base da distribuição da frequência em função do seu tamanho dos fragmentos.

Modelos de simulação da paisagem

O índice de isolamento da paisagem foi calculado a partir da simulação da retirada dos pequenos fragmentos, de acordo com as classes de tamanho estabelecidas. A primeira categoria

TABELA 1: Métricas da paisagem utilizadas para a quantificação da estrutura da paisagem.

TABLE 1: Landscape metrics used to quantify the landscape structure.

Índices	Sigla e intervalo (unidade)	Definição
Área da classe (CA)	CA > 0 (ha)	É uma medida da composição da paisagem. Maiores valores de CA indicam domínio da matriz.
Porcentagem de paisagem de cada classe (PLAND)	PLAND > 0 (%)	Quantifica a abundância proporcional de cada tipo de mancha na paisagem. A interpretação de PLAND é a mesma descrita para CA, porém, expressa em porcentagem.
Número de manchas (NP)	NP ≥ 1 (adimensional)	É uma medida simples do grau de divisão ou fragmentação. Maior valor quantifica maior fragmentação da paisagem e menores valores indicam união ou extinção de fragmentos de mesma classe.
Densidade de manchas (PD)	PD > 0 (número por 100 ha)	É o número de fragmentos da classe em 100 hectares da paisagem. A interpretação de PD é a mesma descrita para NP.
Índice de maior mancha (LPI)	0 < LPI < 100 (%)	Maior valor favorece dispersores, polinizadores e dispersão de propágulos, abastecendo fragmentos menores.
Área média dos fragmentos (AREA_MN)	AREA_MN > 0 (ha)	Indicativo do grau de fragmentação por função do número de fragmentos e da área total ocupada por determinada classe.
Índice de forma médio (SHAPE_MN)	SHAPE_MN ≥ 1 (adimensional)	Valor menor indica fragmento de forma simples, o que é benéfico para a conservação.
Distância média vizinho mais próximo (ENN_MN)	ENN_MN ≥ 0 (m)	Valor menor favorece a aglutinação dos fragmentos.
Índice de conectividade estrutural (COHESION)	0 < COHESION < 100 (%)	Valor maior favorece maior ligação estrutural dos fragmentos.

Fonte: Adaptado de McGarigal e Marks (1995)

(categoria 1) se refere à análise de isolamento entre fragmentos contendo todos os fragmentos da paisagem; categoria 2 se refere à análise sem os fragmentos menores que 1 ha; categoria 3, sem os fragmentos entre 1 e 2 ha; e assim sucessivamente até a categoria 9, em que o isolamento entre os fragmentos foi calculado somente com a presença dos fragmentos maiores que 100 ha.

Além disso, foram realizadas outras duas simulações da fragmentação florestal e uma da restauração de áreas naturais para efeito de comparação com a vegetação natural (VN) da área, com a finalidade de verificar se há alterações nos padrões da paisagem para os diferentes cenários, quando as áreas naturais existentes são ampliadas.

Na primeira simulação (VB1), um *buffer* de um 1 m foi delineado ao redor de todos os fragmentos florestais, enquanto que, para a segunda simulação (VB5) foi delineado um *buffer* de 5 m. Na terceira simulação (VA) foi feito um cruzamento entre as áreas de preservação permanente – APPs existentes na APA e a vegetação natural, simulando a recomposição das APPs não preservadas.

Em todos os cenários foram criadas duas categorias temáticas: área ocupada por vegetação natural e área ocupada com outras classes de uso da terra. Foram também computadas para cada cenário as métricas de paisagem, sendo utilizados os mesmos parâmetros da análise anterior: área, densidade, forma, isolamento e conectividade dos fragmentos para cada paisagem simulada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da fragmentação da paisagem

Vegetação natural

Por meio das análises dos índices de paisagem foi possível avaliar o grau de fragmentação da vegetação natural. Como é possível observar na Tabela 2, a vegetação natural está distribuída em 254 fragmentos que ocupam uma área (CA) de 1.948,13 ha. Esta classe ocupa um total de 28,49% da área da APA. Para Forman e Godron (1986), a área é uma das informações mais importantes da paisagem, pois é a base para o cálculo de outras métricas.

A porcentagem ocupada pelo maior fragmento da paisagem (LPI) ficou em 2,47%. Calegari et al. (2010), em um município de Minas Gerais, encontraram resultados semelhantes,

quando avaliada a classe de vegetação natural, com 1,55%. Tonial (2003) afirma que os principais fatores que limitam a sustentabilidade ambiental da paisagem estão relacionados à quantidade de fragmentos de vegetação encontrados nas áreas naturais, ao tamanho reduzido desses fragmentos, à falta de corredores ecológicos para conectar esses fragmentos, bem como à estrutura fundiária das áreas.

TABELA 2: Valores dos índices de paisagem obtidos para a classe de vegetação natural.

TABLE 2: Values of landscape indexes obtained for the natural vegetation land use class.

Classe de vegetação natural	
Índices	Valores
CA (ha)	1948,13
PLAND (%)	28,49
NP	254,00
PD	1,99
LPI (%)	2,47
AREA_MN (ha)	7,66
SHAPE_MN	2,27
ENN_MN (m)	38,90
COHESION (%)	99,67

Analisando-se os resultados da Figura 2 pode-se verificar que os fragmentos de vegetação da APA, em sua maioria, são muito pequenos. De um total de 359 (este valor é superior ao citado na Tabela 1, pois o FRAGSTATS só considera em sua análise fragmentos maiores que 0,5 ha), 137 são menores que 1 ha e 70 estão entre 1 e 2 ha, o que representa pouco menos de 58% dos fragmentos, mais da metade do seu total. Aproximadamente 75% da paisagem é composta por fragmentos menores que 5 ha (Tabela 3). Apesar de a grande maioria dos fragmentos da APA apresentarem tamanho reduzido, esses remanescentes são fundamentais na paisagem, uma vez que são eles que proporcionam a manutenção da biodiversidade nesta área, e se eles não existissem a vegetação da área estaria praticamente extinguida, comprometendo a conservação da biodiversidade local (ZANELLA et al., 2012).

Outro dado importante é que os fragmentos

entre 5 e 50 ha ocupam 23,39% do total da área. Apenas quatro fragmentos na paisagem são maiores que 50 ha, o que representa apenas 1,10% da área total da APA. Estes resultados são importantes para mostrar que os fragmentos pequenos são fundamentais na paisagem, uma vez que são eles que podem favorecer a permanência da biodiversidade nesta área, em função do aumento da proximidade entre fragmentos que eles proporcionam (Figuras 2 e 3).

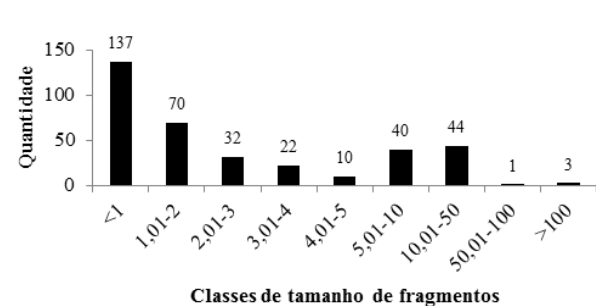


FIGURA 2: Número de fragmentos de vegetação natural por classe de tamanho.

FIGURE 2: Number of natural vegetation patches per size class.

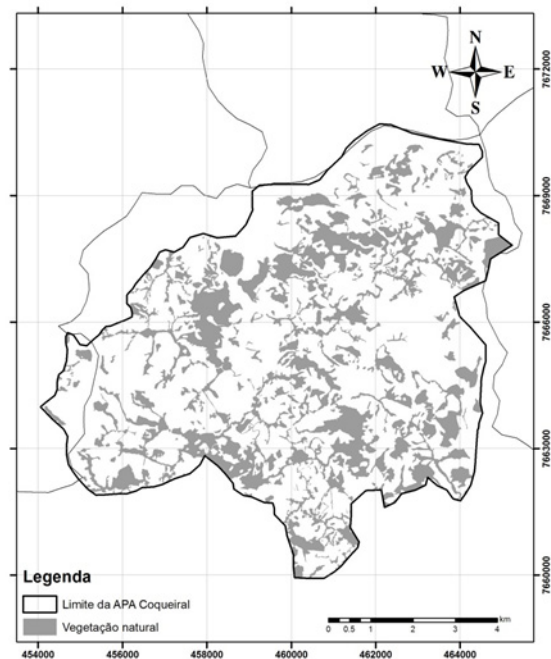


FIGURA 3: Fragmentos de vegetação natural da Área de Proteção Ambiental – APA Coqueiral.

FIGURE 3: Natural vegetation patches of the Environmental Protected Area – APA Coqueiral.

Considerando a área de um fragmento como uma das mais importantes informações de uma paisagem, Harris (1984) afirma que qualquer diminuição na área de um fragmento florestal pode levar a uma diminuição exponencial do número de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, podendo comprometer a regeneração natural das espécies e, por sua vez, a sustentabilidade do ecossistema. No cenário atual de conservação crítica da Mata Atlântica, cada fragmento é importante para a conservação das espécies (RIBEIRO et al., 2009).

Ranta et al. (1998) afirmam que a ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais é comum em paisagens de Floresta Atlântica. Os autores observaram que 48% dos fragmentos apresentaram área menor que 10 ha e somente 7% desses tinham área maior que 100 ha (Tabela 3). Pires et al. (1998) citam que aproximadamente 50% de 118 fragmentos de Floresta Atlântica avaliados apresentaram área inferior a 10 ha. Estes resultados corroboram com os dados encontrados neste estudo.

TABELA 3: Porcentagem de fragmentos por classe de tamanho.

TABLE 3: Percentage of fragments per size class.

Fragmentos	
Classes de tamanho (ha)	%
< 1	38,16
1,01 - 2	19,49
2,01 - 3	8,91
3,01 - 4	6,12
4,01 - 5	2,78
5,01 - 10	11,14
10,01 - 50	12,25
50,01 - 100	0,27
> 100	0,83

As paisagens que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmentos devem ser consideradas como as mais fragmentadas (MCGARIGAL e MAKES, 2002). O tamanho médio do fragmento (AREA_MN) (Tabela 2) para a classe de vegetação natural foi de 7,66 ha e quando avaliado juntamente com a densidade de fragmento (PD), como citado no item anterior, é possível obter um perfil do grau de fragmentação

da paisagem. A densidade de fragmento (PD) foi de 1,99 fragmentos/100 ha. Alguns autores encontraram resultados similares em seus estudos, entre 1 e 2 fragmentos/100 ha em duas áreas distintas (TONIAL, 2003) e 3,3 fragmentos/100 ha (OLIVEIRA, 2000), o que corrobora que esta área é bastante fragmentada (OLIVEIRA, 2000). Pode-se afirmar que o tamanho da propriedade rural dentro da APA pode favorecer essa forma de fragmentação, pois o pequeno produtor escolhe as melhores áreas para o plantio, as quais, na maioria das vezes, não são próximas umas das outras, o que promove essa elevada fragmentação. Em paisagens de Floresta Atlântica é comum a ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais (RODRIGUES, 1993; LIMA, 1997). O principal problema deste padrão é que quanto mais área florestada estiver contida em pequenos fragmentos, mais intensamente estaria sujeita ao efeito de borda (RODRIGUES, 1993).

Para o índice de forma (SHAPE_MN) foi encontrado o valor de 2,27 (Tabela 2), o que demonstra uma paisagem com formas complexas e irregulares (MCGARIGAL e MARKS, 1995). Segundo Forman (1997), a análise da forma dos fragmentos florestais, em relação à sua diversidade e sustentabilidade, é tão importante quanto seu tamanho, uma vez que quanto mais irregulares são fragmentos, mais suscetíveis a apresentar maior efeito de borda, principalmente aqueles de menor área, em função da sua maior interação com a matriz (CEMIN et al., 2009). Com o aumento do efeito de borda, tem-se, proporcionalmente, a diminuição da área nuclear desses fragmentos, o que poderá influenciar a qualidade estrutural desses ecossistemas para manter as espécies condicionadas aos de fragmentos (VALENTE, 2001).

Para avaliar o isolamento entre os fragmentos foi utilizado o índice ENN_MN, que calcula a distância do vizinho mais próximo (Tabela 2), para o qual foi obtido um valor de 38,9 m. Usando este índice foi possível verificar que os fragmentos estão relativamente próximos uns dos outros, uma vez que, segundo Almeida (2008), distâncias médias entre fragmentos menores que 60 m são classificadas como de baixo isolamento, portanto, a APA possui um baixo grau de isolamento, o que pode ser favorável para o deslocamento de algumas espécies (RIBEIRO et al. 2009). Resultados semelhantes foram encontrados por Cemin et al. (2009), para uma região do Rio Grande do Sul (RS), em que a distância entre os fragmentos foi de 59,62 m.

Para Almeida (2008), fragmentos que apresentam distâncias menores que 100 m entre si podem ser considerados como de isolamento moderado, porém, limitante para algumas espécies. Awade e Metzger (2008) mostraram, em um trabalho realizado na Mata Atlântica de São Paulo, que algumas espécies de aves de sub-bosque evitam cruzar áreas abertas com distâncias superiores a 40 m. Resultados divergentes foram encontrados em outros trabalhos realizados por autores como Calegari et al. (2010) e Rempel et al. (2009), em regiões do RS, foram encontradas distâncias médias entre fragmentos de 244,50 m e 82,22 m, respectivamente, o que demonstra serem áreas com o grau de isolamento variando de muito alto a médio.

De acordo com os dados apresentados acima é possível inferir que na área de estudo não existem mais grandes áreas de remanescentes de vegetação natural a serem conservadas, e sim um número grande de pequenos fragmentos de vegetação inseridos em uma matriz de uso antrópico, principalmente áreas agropastoris.

Importância dos menores fragmentos

Por meio da simulação da retirada dos pequenos fragmentos da paisagem (Figura 4), foi possível verificar que o isolamento médio da paisagem aumentou à medida que fragmentos menores foram sendo removidos. A vegetação natural tem um isolamento de 38,9 m quando todos os fragmentos são mantidos, enquanto que com a retirada da categoria 2 esse valor sobe pra 65,7 m, passando de baixo para moderado isolamento médio (ALMEIDA, 2008). Quando os fragmentos com até 5 ha foram retirados, a paisagem passou a apresentar isolamento médio superior a 100 m. Nesse sentido, é possível afirmar que, para a paisagem da APA, os fragmentos com até 10 ha são fundamentais para diminuir o isolamento médio, pois podem ser considerados como pontos de ligação (*stepping stones*), ou como corredores de vegetação para auxiliar na movimentação das espécies (VIANA e PINHEIRO, 1998).

A remoção dos fragmentos da categoria 8 provocou uma diferença discrepante, pois o isolamento aumentou abruptamente de 110,23 m para 666,24 m, colocando a paisagem em uma categoria de alto isolamento médio. Dessa forma, é possível afirmar que os fragmentos com até 50 ha são fundamentais para a conservação da paisagem da APA Coqueiral.

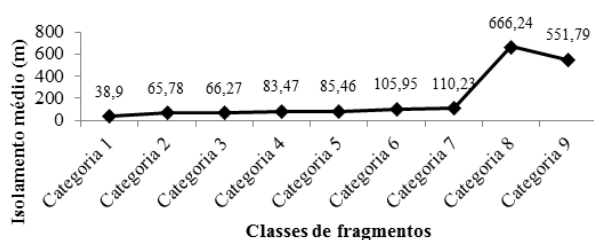


FIGURA 4: Índice de isolamento a partir da retirada dos pequenos fragmentos. Categoria 1 (com todos os fragmentos); categoria 2 (fragmentos com até 1 ha foram removidos da análise); categoria 3 (até 2 ha); categoria 4 (até 3 ha); categoria 5 (até 4 ha); categoria 6 (até 5 ha); categoria 7 (até 10 ha) categoria 8 (até 50 ha); categoria 9 (até 100 ha).

FIGURE 4: Isolation index obtained from the removal of smaller fragments. Category 1 (with all patches); category 2 (patches until 1ha were removed from the analysis); category 3 (de until 2ha); category 4 (until 3ha); category 5 (until 4ha); category 6 (until 5ha); category 7 (until 10ha) category 8 (until 50ha); category 9 (until 100ha).

Ribeiro et al. (2009) relataram resultados semelhantes em um estudo que abrangeu todo o bioma Mata Atlântica, onde a retirada dos menores fragmentos também aumentou o isolamento médio da paisagem. De acordo com os mesmos

autores, pequenos fragmentos podem desempenhar papel importante no movimento dos animais nas paisagens, facilitando a formação de áreas funcionalmente ligadas, o que pode permitir a persistência de espécies em paisagens antropizadas, e podem também atuar como fontes estáveis de sementes e indivíduos (RIBEIRO et al., 2009).

O isolamento afeta diretamente a qualidade de um fragmento florestal, por influenciar a movimentação de organismos e a dispersão das espécies. Quanto maior for o grau de isolamento de um fragmento, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que pode chegar a ocupar todo o remanescente (JARVINEN, 1992), influenciar a composição das espécies no fragmento, como favorecer o aparecimento de espécies pioneiras, uma vez que estas espécies se desenvolvem em ambientes mais abertos, e dificultar o aparecimento

e estabelecimento de espécies secundárias e clímax, que geralmente se encontram em interior dos fragmentos (MACIEL et al., 2003), além de promover influência negativa na riqueza de espécies ao diminuir a taxa de migração (METZGER, 1999). A conectividade da paisagem, em contrapartida, associada à área do fragmento, constitui um fator importante na qualidade, riqueza, abundância e composição de espécies (MARTENSEN et al., 2008). Para calcular a conectividade dos fragmentos foi utilizado o índice COHESION (Tabela 1), que calcula a conectividade física dos fragmentos. Para este índice foi obtido o valor de 99,67%. Cabacinha et al. (2010), em estudo realizado em Goiás, obtiveram resultados semelhantes, com um índice COHESION de 97,32%. Isso mostra que, apesar de a paisagem ser bastante fragmentada, os fragmentos estão ligados por estruturas físicas como corredores, o que pode ser considerado favorável para a conservação desses remanescentes e para aumentar a taxa de migração de espécies (METZGER, 1999).

Simulações do aumento da área dos fragmentos

A modelagem por meio dos Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto é importante pela possibilidade de reconstruir o sistema investigado e prever o seu comportamento, transformações e tendências (CHRISTOFOLETTI, 1999). Desse modo, os modelos de simulação possibilitam verificar padrões para situações futuras.

Por meio das simulações realizadas foi possível observar mudanças na paisagem florestal da APA Coqueiral. Na Figura 5 verifica-se que houve um aumento da área de vegetação (CA) para as diferentes paisagens, em comparação com VN (vegetação natural), onde todos os cenários apresentaram aumento na área ocupada pela classe. Houve um maior aumento para a classe VA (vegetação natural/APPs restauradas), com 2.299,02 ha, o que gera um acréscimo de pouco mais de 5% na área total da classe na paisagem (PLAND), como pode ser observado na Figura 6. Este resultado deixa clara a importância de recuperar as áreas de APP que não estão preservadas. Apesar de a vegetação natural e os demais cenários estarem de acordo com o que é preconizado no Código Florestal, corroborando a afirmação de Costa (2000), que o Código pode ter evitado a retirada total da vegetação, em contrapartida favorece a fragmentação das inúmeras propriedades rurais, à medida que prioriza a proteção somente das APPs

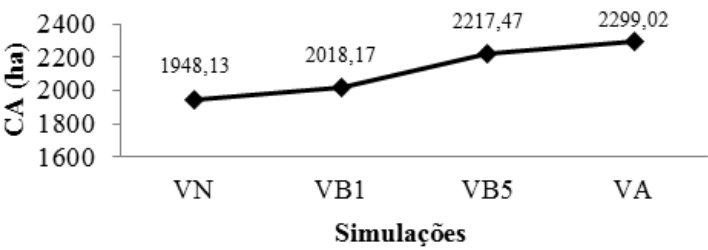


FIGURA 5: Área em hectares (CA), ocupada pela classe de vegetação natural nas diferentes paisagens simuladas: VN = vegetação natural; VB1 = *buffer* de 1 m ao redor dos fragmentos florestais; VB5 = *buffer* de 5 m ao redor dos fragmentos florestais; e VA = vegetação natural e APPs restauradas.

FIGURE 5: Area in hectares (CA), occupied by the natural vegetation class in the different simulated landscapes: VN = natural vegetation; VB1 = 1 m buffer around the forest fragments; VB5 = 5 m buffer around the forest fragments, and VA = natural vegetation and restored APPs.

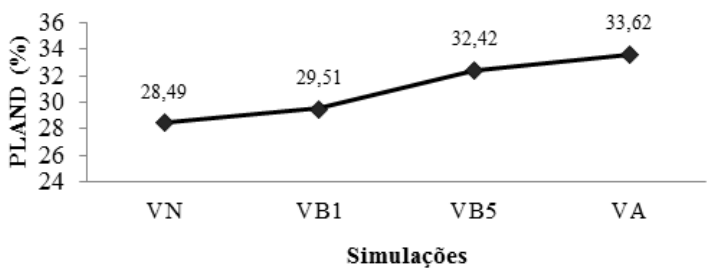


FIGURA 6: Área porcentual (%) da classe de vegetação natural ocupada na paisagem (PLAND) para as diferentes paisagens simuladas: VN = vegetação natural; VB1 = *buffer* de 1 m ao redor dos fragmentos florestais; VB5 = *buffer* de 5 m ao redor dos fragmentos florestais; e VA = vegetação natural e APPs restauradas.

FIGURE 6: Percentual area (%) of the natural vegetation class in the landscape (PLAND) for the simulated landscapes: VN = natural vegetation; VB1 = 1 m buffer around the forest fragments; VB5 = 5 m buffer around the forest fragments, and VA = natural vegetation and restored APPs.

TABELA 3: Valores obtidos para número de fragmentos (NP), índice do maior fragmento (LPI, %), tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN, ha), densidade de fragmentos (PD), forma média (SHAPE_MN), distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN, m) e conectividade estrutural (COHESION, %) para cada simulação da paisagem: VN = vegetação natural; VB1 = *buffer* de 1 m ao redor dos fragmentos florestais; VB5 = *buffer* de 5 m ao redor dos fragmentos florestais; e VA = vegetação natural e APPs restauradas.

TABLE 3: Values obtained for number of patches (NP), largest patch index (LPI, %), average patch size (AREA_MN, ha), density of patches (PD), average shape (SHAPE_MN), nearest neighbor average distance (ENN_MN, m) and structural connectivity (COHESION, %) for each landscape simulation: VN = natural vegetation; VB1 = 1 m buffer around the forest fragments; VB5 = 5 m buffer around the forest fragments, and VA = natural vegetation and restored APPs.

Classes	Variáveis						
	NP	LPI	AREA_MN	PD	SHAPE_MN	ENN_MN	COHESION
VN	254	2,47	7,66	1,99	2,27	38,9	99,67
VB1	234	2,61	8,62	1,84	2,25	40,64	99,69
VB5	190	6,30	11,67	1,49	2,15	42,89	99,83
VA	146	16,14	15,75	1,15	1,93	39,75	99,96

e da reserva legal.

VN é constituída de um total de 254 fragmentos (NP), enquanto, para as demais simulações, este valor diminui: VB1, VB5 e VA apresentaram 234, 190 e 146 fragmentos, respectivamente (Tabela 3). Isso ocorreu, provavelmente, porque os fragmentos e tornaram maiores e acabaram unindo-se a outros, fato que pode ser observado ao se avaliar o índice de maior fragmento (LPI), que passou de 2,47, na paisagem VN, para 16,14 na paisagem VA (Tabela 3), e ao se verificar o índice CA (Figura 5), pelo qual as paisagens aumentaram de tamanho. É notório que estes índices aumentam à medida que o número de fragmentos diminui o que permite concluir que as áreas dos fragmentos se tornam maiores.

O tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN) para os cenários criados aumentou em relação à vegetação natural estabelecida (VN). O maior aumento foi na simulação VA, que passou de 7,66 ha para 15,75 ha (Tabela 3), em função da simulação da recomposição da vegetação natural nas APPs. Este índice pode ser considerado um bom indicativo do grau de fragmentação de uma área, portanto, pode-se afirmar que a paisagem mais fragmentada é a VN, uma vez que paisagens com menores valores de tamanho médio de fragmento devem ser consideradas mais fragmentadas (MCGARIGAL e MAKES, 1995). É possível verificar que a densidade de fragmentos (PD) é maior à medida que a AREA_MN diminui (Tabela 3). As paisagens que apresentam os menores valores para AREA_MN são aquelas com maior densidade de fragmentos, sendo elas: VN (AREA_MN = 7,66; NP = 1,99 fragmentos/100 ha); VB1 (AREA_MN = 8,62; NP = 1,84 fragmentos/100 ha); VB5 (AREA_MN = 11,67; NP = 1,49 fragmentos/100 ha) e VA (AREA_MN = 15,75; NP = 1,15 fragmentos/100 ha). Dessa maneira, pode-se afirmar que a paisagem VA é menos fragmentada que as demais.

Os valores de índice de forma (SHAPE_MN) apresentados pelas paisagens VN, VB1, VB5, mostraram a presença de manchas com formas mais complexas e irregulares, como observado na Tabela 3. A paisagem que apresentou maior irregularidade foi a paisagem VN, paisagem atual da APA. VA, com SHAPE_MN de 1,93, pode ser considerada como uma paisagem com formas menos complexas (MCGARIGAL e MARKS, 1995; VIANA e PINHEIRO, 1998), o que demonstra que está menos susceptível a efeitos de borda (FORMAN, 1997; VIANA e PINHEIRO, 1998), sofrendo

menor interação da matriz (CEMIN et al., 2009). SHAPE_MN, segundo Viana e Pinheiro (1998), é um parâmetro útil para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos a perturbações, especialmente através do efeito de borda. Resultados semelhantes foram encontrados por Rempel et al. (2009), em APPS de Florestas Estacionais e Ombrófilas, no Sul do Brasil, onde a intervenção antrópica é grande.

Para análise de isolamento foi utilizado o índice da distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN), como se verifica na Tabela 3. De acordo com os resultados, a paisagem com maior proximidade dos fragmentos foi a VN. No entanto, em todas as paisagens, foi possível verificar que os fragmentos encontram-se bastante próximos uns dos outros. Resultados distintos foram encontrados por Rempel et al. (2009), para uma área de APP, com distância média de 82,22m, o que demonstra tratar-se de uma área com o grau de isolamento moderado, enquanto as áreas analisadas no presente estudo são classificadas como de isolamento baixo (ALMEIDA, 2008). Viana e Pinheiro (1998) afirmam que o grau de isolamento afeta o fluxo gênico entre fragmentos florestais e, portanto, a sustentabilidade de populações naturais.

Para calcular a conectividade dos fragmentos foi utilizado o índice COHESION. Pelos dados da Tabela 3 observa-se que os índices se mantiveram praticamente idênticos para todas as paisagens. Cabacinha et al. (2010) relataram resultados semelhantes, com um índice de COHESION de 97,32 %. Todas as paisagens demonstraram que, apesar de serem altamente fragmentadas, possuem uma alta conectividade estrutural estando, possivelmente, ligadas por estruturas físicas, como corredores de vegetação, o que pode favorecer o deslocamento de espécies entre os fragmentos florestais (VIANA e PINHEIRO, 1998).

As simulações da paisagem mostraram que o melhor cenário de conservação para a APA foi a simulação da recomposição das APPs (VA). Com este resultado verifica-se a importância de recuperar as áreas de APP que não estão preservadas. Desse modo, a regeneração florestal em reservas naturais deve ser estimulada devido ao seu potencial de regeneração natural, aumentando assim, a cobertura florestal nessas regiões e diminuindo o desequilíbrio presente (RIBEIRO et al., 2009). Por tratar-se de uma unidade de conservação, a regeneração na área foco desta pesquisa deve ser estimulada.

No caso da APA Coqueiral, acredita-se que a manutenção dos remanescentes existentes seja

essencial para assegurar a biodiversidade local, além da ampliação das áreas dos remanescentes florestais e restauração das APPs (ZANELLA et al., 2012). A conservação dos fragmentos florestais da APA, além da manutenção de áreas em regeneração inicial e sua restauração, é recomendada para melhorar a integridade da paisagem (ZANELLA et al., 2012), o que é de suma importância para que se façam intervenções e elaboração de planos de manejo sustentável.

CONCLUSÃO

A utilização de imagem de alta resolução foi fundamental para a delimitação dos fragmentos florestais utilizados na análise de fragmentação florestal, bem como para quantificar o número de fragmentos de vegetação natural (floresta estacional semidecidual e cerrado) da APA Coqueiral.

A APA Coqueiral encontra-se altamente fragmentada. Acredita-se que os principais causadores desta fragmentação sejam, principalmente, as atividades agropastoris desenvolvidas na APA e no seu entorno. Medidas de conservação dos fragmentos florestais devem ser tomadas para a melhoria da qualidade ambiental dos fragmentos florestais da região.

Devido ao baixo número de fragmentos e ao seu tamanho reduzido, é necessária a elaboração de uma política pública de preservação destes remanescentes, por parte das autoridades municipais.

Em vista do tamanho reduzido dos fragmentos presentes na APA sugere-se a recomposição da vegetação em seu entorno (*buffers*), de modo a promover a sua união para formação de fragmentos maiores, por meio de técnicas de manejo que favoreçam o estabelecimento da regeneração natural. Esta ação acarretará no aumento da área de vegetação natural, das áreas nucleares dos fragmentos e poderá favorecer também a conectividade entre os fragmentos.

As simulações da paisagem permitiram prever cenários futuros de recomposição da vegetação de forma efetiva. Os resultados obtidos através das simulações mostraram que a recuperação das APPs é a melhor forma de assegurar a melhoria dos padrões de estrutura da paisagem. Portanto, indica-se a restauração das Áreas de Preservação Permanente – APPs, uma vez que a recuperação dessas áreas aumentará a área e a proximidade dos fragmentos, assegurando a manutenção da biodiversidade da APA Coqueiral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- AWADE, M.; METZGER, J. P. Importance of functional connectivity to evaluate the effect of habitat fragmentation for three Atlantic rainforests birds. **Austral Ecology**, Carlton, n. 33, p. 863-871, 2008.
- BIERREGAARD, R. O. et al. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, Washington, v. 42, n. 1, p. 859-866, 1992.
- CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 675-690, out./dez. 2010.
- CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- CAMARA, G. et al. Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CARVALHO, F. M. V.; MARCO-JÚNIOR, P. D.; FERREIRA, L. G. The cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo. E. Blucher, 1999.
- COSTA-JUNIOR, R. F. et al. Estrutura Fitossociológica do Componente Arbóreo de um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 173-183, 2008.
- COSTA, S. S. M. C. **Caracterização ambiental da reserva extrativista Chico Mendes (Acre-Brasil): subsídios ao plano de manejo**. 2000. 165 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

- DIXO, M.; METZGER, J. P. Are corridors, fragment size and forest structure important for the conservation of leaf-litter lizards in a fragmented landscape? **Fauna & Flora International**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 435-442, 2009.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE MINAS GERAIS – EMATER. **Área de proteção ambiental do município de Coqueiral**. Belo Horizonte, 2002.
- FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: J. Wiley, 1986. 619 p.
- FORMAN, T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. New York: Cambridge University, 1997. 632 p.
- HARRIS, L. D. **The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity**. Chicago: University of Chicago, 1984. 229 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartografia**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencia /cartografia/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencia/cartografia/default.shtm)> Acesso em: 26 out. 2010.
- JARVINEN, O. Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves? **Oikos**, Buenos Aires, v. 38, n. 3, p. 301-307, 1982.
- JORGE, L. A. B.; GARCIA, G. J. A study of habitat fragmentation in Southeastern Brazil using remote sensing and geographic information systems (GIS). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 35-47, 1997.
- KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- LIMA, E. A. C. F. **Estudo da paisagem do município de Ilha Solteira-SP: subsídios para o planejamento físico-ambiental**. 1997. 112 f. Tese (Doutorado em Floresta) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.
- LIMA, V. M. P. **Qualidade estrutural e intervalo hídrico ótimos de solos cultivados em área de proteção ambiental do sul de Minas Gerais**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- LINDBORG, R.; ERIKSSON, O. Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. **Ecology**, Durham, v. 85, n. 7, p. 1840-1845, 2004.
- LINDENMAYER, D. B. et al. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 78-91, 2008.
- MACIEL, M. N. M. et al. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 69-78, 2003.
- MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1996. 264 p.
- MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, Boston, v. 141, n. 9, p. 2184-2192, 2008.
- MCGARIGAL, K. et al. **Fragstats: spatial pattern analysis program for categorical maps**. Amherst: University of Massachusetts, 2002.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial patterns analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Pacific Northwest Research Station, 1995. 122 p.
- METZGER, J. P. Editorial conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009.
- METZGER, J. P. Landscape ecology: perspectives based on the 2007 IALE world congress. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 23, n. 5, p. 501-504, 2008.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1-2, p. 1-9, 2001.
- METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, Tempe, v. 10, n. 4, p. 1147-1161, 2000.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, p. 445-463, 1999.
- OLIVEIRA, L. T. **Fragmentos de floresta Atlântica Semidecidual no município de Lavras: uma comparação ecológica entre a cobertura atual e a cobertura exigida pela legislação**. 2000. 103 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- PIRES, J. S. R. et al. Abordagem metodológica para identificação e manejo de fragmentos de

- áreas naturais. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 8., 1998, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP/UFSCAR, 1998. p. 571-584.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Viva, 2001. 328 p.
- RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 7, n. 3, p. 385-403, 1998.
- REMPEL, C. T. et al. A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale Do Taquari – RS – Brasil: um modelo de proposta metodológica. **GeoFocus**, Jacupiranga, n. 9, p. 102-125, 2009.
- 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**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina - PR**. 1993. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Brazilian protected areas. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p. 612-618, 2005.
- SILVA, W. G. S. et al. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover at the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 3, p. 403-411, 2007.
- TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.
- TONIAL, T. M. **Dinâmica da paisagem da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2003. 311 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.
- UMETSU, F.; METZGER, J. P.; PARDINI, R. Importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscapes: a test with Atlantic forest small mammals. **Ecography**, Copenhagen, v. 31, n. 3, p. 359-370, 2008.
- VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.
- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**. v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.
- ZANELLA, L. et al. Atlantic Forest Fragmentation Analysis and Landscape Restoration Management Scenarios. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 1, p. 57-63, 2012.