



**CAROLINA GUSMÃO SOUZA**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ANÁLISE  
DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ÁREA DE  
PROTEÇÃO AMBIENTAL DE COQUEIRAL,  
MINAS GERAIS**

**LAVRAS – MG**

**2011**

**CAROLINA GUSMÃO SOUZA**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ANÁLISE DA ESTRUTURA DA  
PAISAGEM DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE  
COQUEIRAL, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Luis Marcelo Tavares de Carvalho

Coorientador

Dra. Rosângela Alves Tristão Borém

**LAVRAS – MG**

**2011**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Souza, Carolina Gusmão.

Caracterização ambiental e análise da estrutura da paisagem da  
área de proteção ambiental de Coqueiral, Minas Gerais / Carolina  
Gusmão Souza. – Lavras : UFLA, 2011.

119 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Luis Marcelo Tavares de Carvalho.

Bibliografia.

1. Diagnóstico ambiental. 2. Fragmentação florestal. 3. Simulações de  
paisagem. 4. Sistemas de Informação Geográfica. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 574.52642

**CAROLINA GUSMÃO SOUZA**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ANÁLISE DA ESTRUTURA DA  
PAISAGEM DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE  
COQUEIRAL, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2011.

Dra. Glauca Miranda Ramirez                      UFLA

Dra. Margarete Marin Lordelo Volpato              EPAMIG

Dr. Luis Marcelo Tavares de Carvalho  
Orientador

Dra. Rosângela Alves Tristão Borém  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2011**

*Obrigada, meu Deus!!! Obrigada, por ter me dado toda sabedoria e inspiração para a realização deste trabalho. Sem Ti não conseguiria. A Ti,*

#### OFEREÇO

*A minha amada e maravilhosa mãe, Silene, exemplo de garra e determinação. A minha amada Vó Vina, exemplo de amor e fé. Aos meus irmãos, Juliana e Marcus, vocês são parte de mim. As minhas sobrinhas, Ester e Raquel, o carinho de vocês me renova. Ao meu querido e amoroso companheiro Thiago. Pela confiança e dedicação sem medir esforços.*

#### DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu amado, maravilhoso e perfeito Deus por ser a minha fortaleza, Dele veio toda capacidade, sabedoria e inspiração para a execução desse trabalho.

À Universidade Federal de Lavras, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada e a todos os professores. Vocês me mostraram o que é fazer ciência.

Agradeço ao meu orientador, Luis Marcelo Tavares de Carvalho, pela paciência, disposição e pela boa vontade em minha orientação. A minha co-orientadora, Rosângela Alves Tristão Borém, obrigada por me ensinar a ser sempre guerreira e não desistir; obrigada pela motivação, confiança; obrigada por tudo. Você foi além de uma orientadora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida e à Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo financiamento deste projeto.

Ao laboratório de geoprocessamento Geosolos, pelos trabalhos desenvolvidos. Às pesquisadoras Margarete Marin Lordelo Volpato, Helena Maria Ramos Alves e Tatiana Grossi Chquiloff Vieira. Também aos colegas e amigos de laboratório: Livinha, Rafaela, Katy, Liliany, Lili e Claudinho, obrigada pelo companheirismo diário, pela convivência harmoniosa e pelo carinho com que me receberam.

Aos colaboradores da banca pela disponibilidade e por todas as sugestões dadas.

Ao Daniel Quedes, Ricardo, e Geovanni cuja ajuda foi fundamental nas campanhas de campo, vocês foram meus companheiros. À Ludmilla, Vanessa e Walbert pela ajuda quando os softwares não ajudavam, também pelas ideias,

conversas e auxílio. Ao Marcelo, pelos dados fornecidos. Aos colegas de mestrado, pelo coleguismo e companheirismo durante esses dois anos.

Gostaria de agradecer especialmente minha maravilhosa família: a minha maravilhosa e amada “mainha” Silene, pelo seu esforço, sua dedicação, por mesmo longe, está sempre presente, meu pai Amilton, minha amorosa “vómãe” Vina, minha mais que irmã, minha companheira e amiga Juzinha (neném), meu irmãozão Marcus, minhas princesas Esterzinha e Raquelzinha, meus queridos tios e tias, meus amados primos, meus cunhados, vocês são muito especiais e essenciais na minha vida. Vocês são a minha base. Obrigada por acreditarem em mim e no meu potencial. Amo muito vocês!!!

À Thiago Souza, meu companheiro, obrigada pelo amor, paciência, compreensão, estímulo, força, companheirismo, e por sonhar junto comigo. Também, a família Souza, obrigada pelo cuidado, amor e carinho. Amo vocês!

A todos os meus amigos que mesmo longe foram fundamentais nesta etapa e são parte desta conquista. O amor, o cuidado, o incentivo e a amizade de vocês são muito importantes em minha vida.

Aos meus amigos “Lavrenses”: Alessandra M., Alessandra S., Amanda, Ana, André, Carol C., Fabiana, Felipe, Fernando, Isabel, Jessé, João, Luana, Lucas, Mariana, Naiara, Nara, Roberta, Rodrigo, Romário, Tida, Tito, Val, Victor, Wesley e Willian. Vocês foram minha família neste lugar e tornaram minha caminhada mais amena, muito mais divertida e muito mais feliz. Em especial gostaria de agradecer a minha amiga Lisiane, minha companheira de trabalho. Nosso companheirismo nos ajudou com cada sorriso, cada lágrima, cada conquista. Amigos, cada passo dado, junto com vocês, me ajudou a concluir esta etapa. Vocês são muito especiais.

Para todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta vitória, o meu muito obrigada!!!!!!

## RESUMO

Este trabalho objetivou realizar a caracterização ambiental e analisar a estrutura da paisagem da Área de Proteção Ambiental do município de Coqueiral, Sul de Minas Gerais. A análise dos parâmetros físicos da área foram obtidos por meio de técnicas de sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto e a análise da estrutura da paisagem foi realizada através do software Fragstats. Os mapas temáticos foram elaborados a partir de uma imagem de satélite SPOT 5 e diferentes bancos de dados: cartas topográficas do IBGE e SRTM – NASA. A análise da paisagem foi realizada através de métricas da paisagem com o mapa de usos e ocupação da terra e com o mapa de vegetação natural da área. Para as simulações da paisagem foram utilizadas mapas com *buffer* de 1 e 5 metros e restauração das Áreas de Preservação Permanente. Os resultados da caracterização ambiental mostraram que a classe pastagem foi considerada como matriz da paisagem e ocupa cerca de 50% da área total, enquanto a classe floresta estacional semidecidual ocupa menos de 30% da área e está distribuída em pequenos e médios fragmentos. A extensão da rede hidrográfica foi avaliada em 154,47 km e a densidade de drenagem foi considerada alta (22,59 m/ha). A malha viária foi contabilizada em 81,52 km. A variação de altitude foi quantificada em 306 metros. A área mostrou relevo fortemente ondulado, e a classe de declive que prevaleceu foi “ondulado”, que ocupou mais de 50% da área. Cerca de 55 % das Áreas de Preservação Permanente estão condizentes com o código florestal brasileiro e a pastagem foi a classe que ocupou, indevidamente, 37% das áreas destinadas a APP. A análise da estrutura da paisagem mostrou que a paisagem é dominada por atividades agropastoris com uma área de 4273,13 ha, ocupando 62,49% da área. A paisagem apresenta 704 manchas. O tamanho médio e a densidade de manchas da pastagem foram: AREA\_MN = 25,99; PD = 1,01 fragmentos/100 ha e floresta estacional semidecidual: AREA\_MN = 6,96; PD = 2,06 fragmentos/100 ha. As classes de usos apresentaram formas mais complexas com um valor superior a 2. A classe que apresentou menor isolamento médio foi a pastagem com 21,02 m. A vegetação natural é representada por 360 fragmentos e 137 deles são menores que 1 ha. Os modelos de simulação feitos na paisagem mostram que a área de vegetação aumentou de 1943,13 (Vegetação natural) para 2299,02 (Vegetação/APP). O tamanho médio dos fragmentos aumentou em relação a vegetação natural, passou de 7,66 para 15,75 (Vegetação/APP). A paisagem Vegetação/APP mostrou o menor valor de forma (1,93), com formas mais simples. Os valores de isolamento não apresentaram muita diferença nas simulações 38,9 (Vegetação natural); 40,64 (Buffer 1m); 42,89 (Buffer 5m) e 39,75 (Vegetação/APP). O índice de conectividade para todas as simulações ficaram acima de 99%. Estes dados são relevantes para subsídio de tomada de



decisão para gestão e planejamento da área, permitindo a indicação de áreas prioritárias para conservação.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental. Fragmentação florestal. Simulações da paisagem. Sistemas de informação geográfica.

## ABSTRACT

This study aimed at performing an environmental characterization and analyzing the landscape structure of the Coqueiral Environmental Protection Area, located in Coqueiral, southern Minas Gerais. The analyses of the physical parameters were carried out using geographical information systems and remote sensing techniques. Landscape structure analysis was performed using Fragstats. Thematic maps were developed using a SPOT 5 satellite image and different databases: IBGE topographic maps and SRTM - NASA. The landscape analysis was performed by landscape metrics with a land use map and with a natural vegetation map of the area. We simulated a 1 meter buffer and a 5 meters buffer around forest fragments, as well as the restoration of degraded permanent preservation areas (APP) for evaluating the effects of different scenarios on landscape metrics. The environmental characterization results show that the "pasture" class was considered the landscape matrix and occupies about 50% of total area, as the "semideciduous forest" class occupies less than 30% of area and are distributed in small and medium fragments. The extension of the water bodies was 154.47 km and the drainage density was considered high (22.59 m/ha). The road network totalized 81.52 km. The altitude variation was quantified at 306 meters. The Environmental Protection Area shows relief tightly curled. The class "corrugated" prevailed and occupied more than 50% of the area. About 55% of conservation areas are consistent with the forest code Brazilian, being that the pasture class is the dominant use class, and occupies 37% of the permanent preservation areas - APP. The landscape structure analysis shows that the landscape is dominated by agropastoral activities with an area of 4273.13 ha (62.49%). The landscape presented 704 patches. The patch size average and the patch density of semideciduous forest were:  $AREA\_MN = 6.96$ ;  $PD = 2.06$  patch/100ha. Land-use classes show more complex forms with a value higher than 2 in all classes. Pasture had the lower isolation values (21.02 m). Natural vegetation is represented by 360 patches and 137 of them are smaller than 1 ha. The simulations show that the area of vegetation increases from 1943.13 (natural vegetation) to 2299.02 (Vegetation/APP). The patch size average increased from 7.66 to 15.75 to natural vegetation. The Vegetation/APP simulated landscape shows the lowest value of average shape (1.93), with forms simpler and less susceptible to edge effect. The isolation values did not show much difference in simulations 38.9 (natural vegetation) 40.64 (buffer 1m), 42.89 (buffer 5m) and 39.75 (Vegetation/APP). The connectivity index for all simulations was above 99%. These data are relevant for decision making and environmental planning of the Coqueiral<sup>1</sup> Protection Area, allowing indication of priority areas for conservation.

Keywords: Environmental diagnosis. Forest fragmentation. Landscape simulation. Geographic information systems.

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1</b> Introdução geral .....	12
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Áreas de proteção ambiental</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Caracterização ambiental</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Fragmentação de habitats</b> .....	19
<b>2.4</b>	<b>Fragmentação da mata atlântica brasileira</b> .....	20
<b>2.5</b>	<b>Ecologia de paisagens</b> .....	22
<b>2.6</b>	<b>Estrutura da paisagem</b> .....	23
<b>2.7</b>	<b>Conectividade</b> .....	26
<b>2.8</b>	<b>Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica no estudo da ecologia de paisagens</b> .....	28
<b>3</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	30
<b>3.1</b>	<b>Localização</b> .....	30
<b>3.2</b>	<b>Hidrografia</b> .....	31
<b>3.3</b>	<b>Geologia e relevo</b> .....	32
<b>3.4</b>	<b>Solos</b> .....	32
<b>3.5</b>	<b>Vegetação</b> .....	33
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35
	<b>CAPÍTULO 2</b> Caracterização ambiental da área de proteção ambiental (APA) Coqueiral, município de Coqueiral – MG .....	42
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	44
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	47
<b>2.1</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
<b>2.1.1</b>	<b>Mapeamento da área</b> .....	47
<b>2.1.2</b>	<b>Rede hidrográfica e malha viária</b> .....	49
<b>2.1.3</b>	<b>Solos</b> .....	50
<b>2.1.4</b>	<b>Altimetria e declividade</b> .....	50
<b>2.1.5</b>	<b>Risco potencial à erosão</b> .....	50
<b>2.1.6</b>	<b>Áreas de preservação permanente</b> .....	52
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
<b>3.1</b>	<b>Uso e ocupação da terra</b> .....	54
<b>3.2</b>	<b>Hidrografia</b> .....	57
<b>3.3</b>	<b>Malha viária</b> .....	59
<b>3.4</b>	<b>Solos</b> .....	61
<b>3.5</b>	<b>Altimetria</b> .....	63
<b>3.6</b>	<b>Declividade</b> .....	65
<b>3.7</b>	<b>Risco potencial à erosão</b> .....	68
<b>3.8</b>	<b>Áreas de preservação permanente</b> .....	71

<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	77
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	78
	<b>CAPÍTULO 3 Análise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG</b> .....	82
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	85
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	90
<b>2.1</b>	<b>Configuração da paisagem</b> .....	90
<b>2.2</b>	<b>Análise da cobertura florestal</b> .....	93
<b>2.3</b>	<b>Modelos de simulação da paisagem</b> .....	93
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	95
<b>3.1</b>	<b>Análise da fragmentação da paisagem</b> .....	95
<b>3.1.1</b>	<b>Classe de uso da terra</b> .....	95
<b>3.1.2</b>	<b>Vegetação natural</b> .....	99
<b>3.1.3</b>	<b>Modelos de simulações da paisagem</b> .....	107
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	113
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	115

## **CAPÍTULO 1**

### **Introdução geral**

#### **1 INTRODUÇÃO**

Os últimos anos têm sido marcados por profundas modificações tecnológicas, sociais, econômicas e, principalmente ambientais. A modificação da paisagem pelo homem tem resultado em uma intensa fragmentação de habitats. No Brasil, o processo de fragmentação aumentou significativamente a partir de 1970, e as consequências dessa fragmentação sobre a biodiversidade são essencialmente negativas conforme afirmam diversos autores, entre eles, Primack e Rodrigues (2001) e Tabarelli e Gascon (2005). Segundo Metzger (2009) o bioma Mata Atlântica encontra-se altamente degradado, reduzido a fragmentos pequenos e espaçados, o que altera os ecossistemas naturais.

Estudos têm apontado um aumento na extinção de espécies e alteração da composição das comunidades de animais e plantas ocasionados por essa fragmentação dos sistemas naturais. Acredita-se que isto esteja ocorrendo, pois a fragmentação leva à redução da área florestal, ao isolamento de populações, à perda de micro-habitats e ao decréscimo da disponibilidade de alimento. Dessa forma, pesquisas visando à análise da estrutura da paisagem e a importância dos fragmentos de vegetação tem sido fundamentais para verificar o grau de fragmentação de uma determinada paisagem.

Dentro deste contexto, a Ecologia de paisagens pode contribuir, pois segundo Metzger (2001), se propõe lidar com mosaicos antropizados, nos quais o homem modifica o ambiente, procurando entender as modificações estruturais ocorridas na paisagem e, portanto, funcionais trazidas pelo homem na paisagem como um todo.

A análise e a interpretação da estrutura da paisagem possibilitam a obtenção de um conjunto de conhecimentos essenciais para o planejamento de uma área ou região, permitindo identificar os principais impactos negativos que afetam os ecossistemas do planeta, buscando, a partir de princípios do desenvolvimento sustentável, soluções compatíveis às esferas ecológica, social, cultural e econômica (ZANELLA, 2006).

É importante destacar que essas técnicas de geoprocessamento, vêm sendo utilizadas nos estudos de Ecologia de paisagens no qual são eficazes devido à habilidade de caracterizar, no tempo e no espaço, os padrões de uso e cobertura da terra. Sendo assim, o planejamento do uso da terra, considerando a distribuição espacial dos remanescentes florestais, tornou-se uma importante ferramenta para propostas que visam à minimização dos impactos causados pela fragmentação de hábitat (VALENTE, 2001).

Existem inúmeras medidas que podem ser obtidas por meio do sensoriamento remoto e dos sistemas de informação geográfica (SIG) e que são convertidas em informações úteis para a descrição do ambiente (CARMO, 2000). Tais sistemas permitem relacionar quantitativamente diferentes tipos de mapas temáticos representando resultados de fácil visualização.

Para realizar a análise da estrutura da paisagem, primeiramente é necessário um diagnóstico ambiental, por meio de estudos sobre os aspectos físicos, bióticos e antrópicos da paisagem, uma vez que esta caracterização é fundamental para o planejamento das atividades agrícolas. O nível de conhecimento desses fatores no tempo e no espaço determina a precisão com que esses planejamentos poderão ser executados e utilizados.

O Brasil ainda é um país carente de caracterizações detalhadas de seus recursos naturais e é nessa lacuna que as geotecnologias podem contribuir, possibilitando a caracterização do meio físico de uma região com maior rapidez e menor custo. Como resultado de sua aplicação, podem-se obter, dentre outros,

zoneamentos e mapeamentos de culturas agrícolas, bem como seus padrões de evolução, localização e identificação de áreas adequadas a cada tipo de uso e exploração, incluindo aquelas destinadas à preservação ambiental (OLIVEIRA, 2009).

Frente a essa necessidade de conservação da biodiversidade, optou-se por estudar a Área de Proteção Ambiental de Coqueiral (APA Coqueiral), pois por se tratar de uma Unidade de Conservação é necessário que haja uma gestão que viabiliza o uso, a proteção, a conservação e o monitoramento dos recursos naturais e sócio-econômicos desta área.

A APA Coqueiral está localizada no município de Coqueiral, região Sul do estado de Minas Gerais, foi criada em 17 de maio 2002 e ocupa cerca de 25% da área do município. Nessa área vivem, aproximadamente, 400 famílias, distribuídas em 9 comunidades, cuja renda é baseada, principalmente, na cafeicultura e na pecuária (EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE MINAS GERAIS - EMATER, 2002). A área foi bastante alterada devido às atividades agropastoris desenvolvidas na região, o que acarretou em alta degradação do ambiente.

Diante do cenário de degradação da e da ocupação desordenada da terra é importante realizar o planejamento ambiental da área, bem como analisar a fragmentação florestal da área. Nesse sentido, este estudo se reveste de grande importância, uma vez que se propõe a estudar o estado dessa fragmentação, uma vez que a mesma encontra-se muito degradada. Assim, evidencia-se que estudos de aptidão e adequabilidade de uso destas terras são fundamentais, caso se deseje conciliar a expectativa de aumento de renda da população e a conservação ambiental. Assim, este trabalho se propõe a responder as seguintes questões: (i) quais as razões que levaram ao processo de fragmentação? (ii) o uso inadequado da terra leva a fragmentação da paisagem, alterando de forma negativa os recursos naturais?

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo geral caracterizar a Área de Proteção Ambiental Coqueiral, por meio de um diagnóstico ambiental, analisar a fragmentação, a estrutura e a configuração de sua paisagem por meio dos princípios da Ecologia de paisagens. E como objetivos específicos: Realizar a caracterização fisiográfica da APA, a partir de planos de informação do meio físico (relevo, declividade, altitude, malha viária, entre outros); Realizar o mapeamento dos tipos de cobertura da terra e dos fragmentos florestais da APA Coqueiral; Quantificar o nível de uniformidade ou fragmentação da paisagem, a partir de métricas e princípios da Ecologia de paisagens, mensurando parâmetros como: área, perímetro e forma dos fragmentos; Caracterizar o grau de conectividade entre os fragmentos de vegetação, avaliando a importância dos menores fragmentos para a área; Avaliar situações futuras da fragmentação florestal através das simulações da paisagem, com o intuito de comparação com o cenário atual.

Espera-se a partir dos resultados deste estudo fornecer subsídios à criação de um plano de manejo agrícola para a APA Coqueiral, uma vez que busca-se o estabelecimento de alternativas para o desenvolvimento sustentável da região. Entende-se que a gestão ambiental possibilitará o aumento da produtividade das culturas agrícolas e florestais desenvolvidas na área, conservando suas características ecológicas, sem que haja prejuízos para a sociedade local.



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Áreas de proteção ambiental**

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), entende-se por unidade de conservação o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

O SNUC regulamenta e define as unidades de conservação nas instâncias federais, estaduais e municipais, dividindo-as em duas categorias distintas: as unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável. As unidades de proteção integral têm como objetivo preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Exemplos dessas unidades são as estações ecológicas, as reservas biológicas, os parques nacionais, os monumentos naturais e os refúgios da vida silvestre. As unidades de uso sustentável têm objetivo básico de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais (BRASIL, 2000). Fazem parte dessa categoria as reservas extrativistas, as áreas de relevante interesse ecológico, as florestas nacionais, as reservas da fauna, as reservas de desenvolvimento sustentável e as áreas de proteção ambiental, ou APA.

Por sua vez, as unidades de uso sustentável permitem interferência antrópica, permitindo a utilização direta dos recursos, tendo como objetivo secundário a biodiversidade. As áreas de proteção ambiental (APAs) disciplinam as atividades humanas de forma a proporcionar o uso sustentável dos recursos naturais e a qualidade ambiental para as comunidades locais, por meio de planos

de manejo e zoneamento, incluindo áreas de proteção integral da vida silvestre (RYLANDS; BRANDON, 2005).

A APA é uma área, na maioria das vezes extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais importantes para assegurar a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (BRASIL, 2000).

As APAs contribuem para a preservação da biodiversidade e tem como finalidade garantir a sustentabilidade do uso dos recursos naturais renováveis, conservando o meio ambiente, mas promovendo o estímulo ao desenvolvimento local. O intuito de uma APA é promover um tratamento diferenciado à produção, introduzindo a área em um plano de desenvolvimento sustentável, sendo assim, é necessário conhecer os diferentes ambientes existentes na área, levando em consideração as limitações e as potencialidades do local (LIMA, 2008).

## **2.2 Caracterização ambiental**

O zoneamento constitui a primeira etapa de sua organização interna, que deve culminar no estabelecimento de um plano de manejo. A caracterização ambiental tem por finalidade relacionar as atividades previstas para a área de proteção (científicas, culturais, recreativas, preservacionista) e os locais mais apropriados à sua realização, conforme as características físicas e bióticas locais, com propósito de compatibilizar a conservação dos recursos naturais com outros usos (PIVELLO, 1998). O Decreto Federal nº 99.274, de 06/06/90, mostra essa necessidade pois institui um raio de proteção de dez quilômetros ao redor das

unidades de conservação, onde as atividades deverão ficar subordinadas às normas editadas pelo IBAMA (BRASIL, 1990).

A ausência da caracterização ambiental e de análise integrada dos dados, de modo a possibilitar a interpretação, avaliação e tomada de decisões, decorre das dificuldades na implementação de um sistema de gestão ambiental. Atenção prioritária deve ser oferecida ao desenvolvimento de instrumentos de gestão que viabilizem de forma coordenada, o uso, a proteção, a conservação e o monitoramento dos recursos naturais e sócio-econômicos de um determinado espaço, buscando a pesquisa necessária para fundamentar cientificamente as intervenções propostas no processo (LANNA, 1995).

O conhecimento científico e tecnológico necessita proporcionar uma maior compreensão e projeção da dinâmica ambiental, utilizando análise integrada de diferentes componentes do sistema, para envolver aspectos relacionados à disponibilidade dos recursos ambientais, sensibilidade e vulnerabilidade do ambiente e, bem como, às questões econômicas e sociais (MAZZA, 2006). Mais importante ainda é tornar essas informações disponíveis e acessíveis a todos os atores envolvidos no processo de gestão ambiental, principalmente as comunidades locais que usam os recursos naturais (LANNA, 1995).

As unidades de conservação são os locais mais efetivos para a conservação *in situ* da diversidade biológica. Essas unidades devem ocupar uma extensão de terra que proporcione maximizar a integridade dos ecossistemas e reduzir ao mínimo os riscos de extinção de espécies e maximizar a representatividade das comunidades ecológicas e de suas espécies constituintes (NORA, 2010). Uma vez que é evidente a necessidade da adoção de medidas que visem à conservação da biodiversidade. Esta postura se justifica tanto por questões de qualidade de vida das populações humanas, quanto por questões

éticas e morais que considerem a valoração dos recursos naturais (REGALADO, 2005).

### **2.3 Fragmentação de habitats**

A fragmentação florestal pode ser definida, de maneira geral, como o processo pelo qual uma área contínua de hábitat é reduzida em tamanho e dividida em duas ou mais manchas de vegetação, separados por um entorno ou ‘matriz’ de habitats diferentes do original (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007). Pode ser também compreendida como uma separação não natural de áreas amplas com diversidade de tamanho, forma, grau de isolamento, tipos de vizinhança e histórico de perturbações, que possam vir a comprometer a conservação da biodiversidade (KORMAN, 2003; BIERREGAARD et al., 1992).

A fragmentação de habitats aumentou exponencialmente no Brasil a partir de 1970 (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), devido ao grande aumento populacional e assim a grande demanda por alimento, aumentou expansão agrícola, suprimindo assim, a vegetação natural para implantação de culturas agrícolas. Para Tabarelli e Gascon (2005), a maior ameaça à biodiversidade são os efeitos dessa fragmentação.

O desmatamento das florestas tropicais causa profundas modificações em seus ecossistemas (BIERREGARD et al., 1992). Como principais consequências da fragmentação estão os efeitos de borda, a perda de hábitat, as alterações nas interações ecológicas e nos processos reprodutivos de várias espécies, o isolamento das formações vegetais, o aumento da predação e da competição, a perda de micro-habitats, a extinção de espécies e a perda de biodiversidade (BIERREGAARD et al., 1992; PRIMACK; RODRIGUES, 2001; SILVA et al., 2007; LINDENMAYER et al., 2008).

Segundo Metzger e Décamps (1997), os efeitos da fragmentação dependem também do grau de conectividade entre os fragmentos. Esses efeitos reduzem a extensão de hábitat original, aumentam o número de fragmentos de hábitat, diminuem o tamanho dos fragmentos e aumentam o grau de isolamento dos fragmentos (FORERO-MEDINA E VIEIRA, 2007)

Na perspectiva de Tonial (2003) a fragmentação florestal é um fenômeno presente em praticamente todas as etapas de expansão da fronteira agrícola no país, desde as mais antigas, na Mata Atlântica nordestina, até as atuais, nas áreas de Cerrado do centro-oeste e nas florestas úmidas da Amazônia.

O processo de fragmentação afeta a biota nativa, além do ciclo hidrológico, tanto local quanto regional e as condições socioeconômicas da população local (MURCIA, 1995). Além disso, esse processo pode levar à redução do tamanho efetivo de populações naturais, à perda de habitats e a alterações nas interações ecológicas, bem como nos processos reprodutivos de várias espécies, resultando em modificações nos padrões de diversidade e na dinâmica das comunidades (SILVA et al., 2007).

Os efeitos da fragmentação variam entre espécies e entre paisagens. Entre as espécies, um dos fatores mais importantes que influenciam a sensibilidade à fragmentação é a capacidade de utilizar ou dispersar pela matriz de ambientes alterados do entorno. Nesse sentido, as perturbações causadas por essa fragmentação podem vir a comprometer a conservação da biodiversidade dos ecossistemas.

#### **2.4 Fragmentação da Mata Atlântica brasileira**

O bioma da Mata Atlântica abriga uma das maiores florestas tropicais do mundo, com cerca de 150 milhões de hectares (RIBEIRO et al., 2009). Possui grande heterogeneidade devido à sua grande variação latitudinal, longitudinal e

altitudinal, características que favorece a elevada diversidade e endemismo de espécies (RIBEIRO et al., 2009; DIXO; METZGER, 2009; METZGER, 2009).

A maioria dos remanescentes da Mata Atlântica existentes são de pequenos fragmentos (<50 ha) que são isolados uns dos outros. Os poucos fragmentos grandes estão localizados em áreas muito íngremes, onde a ocupação humana foi quase impossível (RIBEIRO et al., 2009). O bioma Mata Atlântica, em sua forma original, ocupava toda a costa brasileira, mas, atualmente, é composta por um mosaico de fragmentos florestais dispersos e cada vez mais isolados (DIXO; MEZGER, 2009). Além disso, trata-se de um bioma altamente degradado, provavelmente um dos mais alterados das florestas tropicais (METZGER, 2009) e, segundo Primack e Rodrigues (2001), restam apenas 5% da floresta original, onde, o tamanho dos fragmentos e seu isolamento, provavelmente, não oferece suporte à população de muitas espécies de ocorrência extensa, devido ao tamanho dos fragmentos e

Esses dados sobre a Mata Atlântica brasileira são um pouco contraditórios, uma vez que diversos autores quantificam os remanescentes de forma diferenciada (PRIMACK; RODRIGUES, 2001; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2010; METZGER, 2009). Um estudo, realizado por Ribeiro e colaboradores mostra que os remanescentes da mata totalizam 11,7%, provavelmente porque consideram os fragmentos florestais menores que 50 ha e de vegetação secundária (RIBEIRO et al., 2009), dados não inseridos em estudos anteriores.

Por sabermos pouco sobre os efeitos da fragmentação neste bioma, a Mata Atlântica passou a ser considerada um *hotspot* de biodiversidade (DIXO; METZGER, 2009). Ainda hoje, apesar das severas restrições legais ao desmatamento, a taxa de perda da floresta ainda é elevada, aproximando-se a 0,25%, ou 350 km<sup>2</sup> por ano (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2010). Como consequência desse longo histórico de degradação, um grande número de

suas espécies endêmicas é considerado ameaçado de extinção (METZGER, 2009).

## **2.5 Ecologia de paisagens**

No século XIX, a paisagem foi inserida como um termo científico-geográfico por Humboldt, o pioneiro da geografia física moderna e da geobotânica, que a definiu como “a totalidade das características de uma região do planeta”. Geógrafos russos, posteriormente, denominaram o seu estudo de “geografia da paisagem” (VALENTE, 2001).

Nessa discussão Metzger (2001) assinala que a Ecologia de paisagens é uma ciência que tem se expandido em busca de conceitos sólidos e que, juntamente com outras ciências, promove uma melhor gestão dos recursos naturais, incluindo a biodiversidade (LINDENMAYER et al., 2008).

Destaca-se ainda que a Ecologia de paisagens é marcada pela existência de duas abordagens principais: uma geográfica, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território; e outra ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos e a importância destas relações em termos de conservação biológica (METZGER, 2001).

Estas abordagens apresentam conceitos e definições distintas e, por vezes, conflitantes e, para que haja um arcabouço teórico comum, Metzger (2001) definiu paisagem como um mosaico heterogêneo formado por unidades que se interagem, no qual essa heterogeneidade é existente para pelo menos um fator, segundo um observador, e numa determinada escala de observação. Sendo assim, este mosaico heterogêneo, na abordagem geográfica, é visto pelo olhar humano e, na abordagem ecológica, pelo olhar das espécies.

Contudo, a associação dessas abordagens é fundamental para este estudo e, segundo Metzger (2001), a ecologia da paisagem apresenta a combinação de uma análise espacial da geografia com um estudo funcional da ecologia. As intervenções antrópicas em áreas de vegetação natural resultam em alterações nos processos ecológicos estabelecidos ao longo do tempo evolutivo, dada a dinâmica na estrutura espacial das paisagens (TURNER, 1995).

Sumariamente Turner (1995) acrescenta que a Ecologia de paisagens é também uma ciência básica para o desenvolvimento, o manejo, a conservação e o planejamento da paisagem, pois permite que a paisagem seja analisada sob vários pontos de vista. Admite-se que seus processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais, o que justifica as variadas definições que, na atualidade, se têm de paisagem (TURNER, 1995).

Considerando a paisagem como um todo, a Ecologia de paisagens vem se tornando, uma das alternativas mais eficazes para lidar com problemas ambientais, pois adota uma perspectiva para propor soluções, considerando as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo, assim, o homem no seu sistema de análise. Nessa perspectiva, argumenta-se que a Ecologia de paisagens pode contribuir, pois se propõe a lidar com mosaicos antropizados, na escala na qual o homem está modificando o seu ambiente (METZGER, 2001).

## **2.6 Estrutura da paisagem**

As paisagens, de acordo com Forman e Godron (1986), possuem uma estrutura comum e fundamental e podem ser estudadas por três tipos de elementos que formam sua estrutura: as manchas, a matriz e os corredores. O arranjo espacial, ou estrutura desses elementos, suas funções, interações e as alterações sofridas ao longo do tempo são propriedades fundamentais da



paisagem (TURNER, 1995). Os conhecimentos sobre essas interações são importantes para a proteção da diversidade biológica.

As unidades da paisagem são compostas por uma matriz na qual está inserido um grupo de ecossistemas dominantes, contendo manchas ou fragmentos de outros ecossistemas, arranjados em padrões variáveis, conectados entre si ou isolados. As conexões entre os fragmentos são denominadas corredores ecológicos, que funcionam como meio de passagem para a biota que ocupa os fragmentos. Nesse sentido, cada unidade da paisagem contém estrutura, condições ambientais, funcionamento e percepções próprios e inerentes à sua área, disposição espacial e/ou forma (SANTOS, 2003).

A estrutura da paisagem é de suma importância para a conservação de populações biológicas, pois dela depende a dinâmica de populações (TURNER, 1995; METZGER, 1999). A análise e a interpretação da estrutura possibilitam a obtenção de um conjunto de conhecimentos essenciais para o planejamento de uma área ou região.

Forman (1995) configura que a matriz, é o elemento dominante que controla a dinâmica da paisagem, que consiste na área mais extensa e mais conectada. Neste caso, pode ser considerada como o local no qual estão contidas as outras unidades, representando um estado atual do hábitat, que pode estar intacto, alterado ou antropizado (FORMAN; GODRON, 1986).

Antongiovanni e Metzger (2005) afirmam que a importância da matriz na espécie em respostas à fragmentação varia dependendo das características estruturais da matriz e das características biológicas das espécies. Sob esse aspecto é importante destacar que espécies que são mais vulneráveis à fragmentação dos habitats são aquelas que não toleram mudanças na estrutura do seu hábitat e que raramente utilizam a inter-habitat matriz (BIERREGAARD; STOUFFER, 1997). A intensidade das atividades realizadas na matriz afeta a sobrevivência das populações, tanto de espécies animais como de plantas.

Atividades agrícolas intensivas podem ser altamente danosas, pois envolvem o uso indiscriminado de fertilizantes e, principalmente, de agrotóxicos.

De acordo com Carmo (2000), as manchas são áreas relativamente homogêneas, não lineares, que se distinguem das unidades vizinhas. Dessa forma, em ambientes fragmentados, podem ser consideradas como os fragmentos remanescentes; em caso de ambientes pouco alterados, constituindo-se em áreas antropizadas em meio a uma matriz conservada (METZGER, 2001).

No que se refere ao conceito de corredor ecológico, Meztger (2001) preconiza que este consiste em uma faixa física ou biológica conectando áreas que permitem a circulação de espécies. Sobre a importância dos corredores em ambientes fragmentados, estudos de Debisnski e Holt (2000) fornecem algumas informações, sendo estimados elos entre os remanescentes florestais. De acordo com os mesmos autores, nenhum resultado aponta eventuais efeitos negativos dos corredores. Entretanto, alguns trabalhos indicam corredores como propagadores ocasionais de pragas, fogo e espécies exóticas, além de poder induzir o aumento da caça predatória, pois animais ficam mais expostos e mais vulneráveis nesses ambientes. Predadores, doenças e espécies oportunistas podem lucrar a partir de corredores, e os mesmos podem facilitar um fluxo gênico inesperado (DEBISNSKI; HOLT, 2000).

Tão importante quanto a formação de corredores de biodiversidade é o aumento da permeabilidade da matriz. Em condições de ambientes muito alterados, a matriz em geral dificulta os deslocamentos entre as manchas em função de sua permeabilidade e da capacidade de movimentação das espécies, atuando como um filtro através da paisagem. Além disso, pode agir influenciando a largura do efeito de borda e representar fonte de perturbação, favorecendo o desenvolvimento de espécies generalistas, predadoras e parasitas, principalmente nas bordas (GASCON et al., 1999; METZGER, 2001).

## 2.7 Conectividade

Conectividade diz respeito à capacidade das espécies e recursos ecológicos de se deslocarem através de paisagens, não apenas no domínio terrestre, mas também em sistemas aquáticos e entre os dois (LINDENMAYER et al., 2008). Além de se caracterizar pela capacidade de uma paisagem de facilitar ou dificultar a movimentação de organismos entre os fragmentos e, portanto, aparece como uma característica crucial para a sobrevivência de uma metapopulação em uma paisagem fragmentada (METZGER; DÉCAMPS, 1997).

Destaca-se que o inverso da fragmentação, ou seja, a conectividade, é considerada um elemento vital da paisagem já que é crítica para a sobrevivência da população e para a dinâmica populacional (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007). Relaciona-se com o tamanho do fragmento e é sugerida como uma das principais características estruturais que influenciam a persistência de espécies na paisagem (MARTENSEN et al., 2008).

A conectividade pode ser dividida em estrutural e funcional. A estrutural, por sua vez, está atrelada à ligação dos fragmentos através das suas adjacências físicas (KEITT et al., 1997). Pode ser representada por gráficos matemáticos, nos quais os “nós” representam fragmentos de alta qualidade e as linhas que os ligam representam corredores que conectam os fragmentos (KEITT et al., 1997; BUNN et al., 2000; URBAN; KEITT, 2001). A conectividade funcional é a capacidade que o organismos tem de cruzar a matriz sem que a mesma esteja conectada por estruturas físicas (KEITT et al., 1997; URBAN; KEITT, 2001).

A conectividade não pode ser definida baseando-se simplesmente nas distâncias entre manchas, já que a esta é o resultado da interação entre um processo comportamental (movimento) e a estrutura física da paisagem (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007).

Sob esse aspecto, Lindenmayer et al. (2008) sugerem que algumas das controvérsias poderão ser evitadas por meio de uma cuidadosa distinção entre: (i) conectividade de hábitat ou a ligação de manchas de hábitat para um dado táxon, (ii) ou a conectividade da paisagem física ligada a manchas de um determinado tipo de vegetação perceptível por seres humanos e (iii) ou a conexão entre conectividade ecológica e processos ecológicos em múltiplas escalas espaciais.

Outro aspecto que merece destaque é que as estruturas conectadas são consideradas essenciais para permitir a migração, reduzir taxas de extinção e aumentar as taxas de colonização (WINDT; SWART, 2008). Segundo os mesmos autores, o papel dessas estruturas, também conhecidas como corredores ecológicos variam consideravelmente de espécie para espécie e de população para população e que há poucos estudos disponíveis, sendo que as conclusões gerais não podem ainda ser estabelecidas.

Os corredores florestais são vistos também como elementos lineares da paisagem que diferem das unidades vizinhas e que ligam pelo menos dois fragmentos de hábitat que estiveram anteriormente unidos (FORMAN; GORDON, 1986; SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991).

A manutenção, a implantação e a restauração de elementos lineares conectando fragmentos vêm sendo foco de estratégias de conservação, pois, potencialmente, amenizariam os efeitos negativos dessa fragmentação (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991). No entanto, a presença de corredores em uma paisagem fragmentada não necessariamente implica em conectividade funcional, mas apenas em um maior potencial de conexão entre populações (METZGER, 2001).

É importante ressaltar que os dispersores e os polinizadores não atravessam matrizes abertas, ou seja, o fluxo gênico de um fragmento com o outro próximo, muitas vezes, somente será possível com a presença de um

corredor de vegetação, ligando os fragmentos. Portanto, os corredores são uma importante alternativa para a conservação da vegetação (COLLI et al., 2003).

## **2.8 Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica no estudo da ecologia de paisagens**

Desde o início dos trabalhos com sensoriamento remoto, têm sido desenvolvidas novas fontes e tipos de informação, bem como novas oportunidades de aplicações. O ritmo de desenvolvimento técnico de sensores e de plataformas tem sido cada vez mais rápido. Com a evolução das técnicas em sensoriamento remoto é possível obter informações mais precisas sobre a superfície terrestre.

Os sistemas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados em diversos ramos da ciência, em especial na área ambiental, devido à sua capacidade de coletar dados multiespectrais em diferentes escalas e diferentes épocas, oferecendo a oportunidade de analisar os vários fenômenos sinopticamente através do tempo (BROWN; DUH; DRZYZGA, 2000). Sua aplicação vem sendo empregada na discriminação, no mapeamento e no monitoramento dos recursos naturais (RIBEIRO; SOARES; VIEIRA, 2005). Nesse sentido, o uso do sensoriamento remoto tem sido uma fonte de grande importância em pesquisas, pois constituem um modo de informação objetivo e sistemático.

Tal recurso permite a utilização conjunta de modernos sensores e equipamentos para processamento e transmissão de dados, com o objetivo de estudar o meio ambiente por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta em suas diversas manifestações (MARTINS, 1999). Segundo Crosta (1999), imagens de sensoriamento remoto servem de dados para estudos geológicos, ambientais,

agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos e oceanográficos, entre outros. Entretanto, as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das formas mais viáveis de monitoramento ambiental em escalas globais, devido a fatores como rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam.

Os sistemas de informações geográficas (SIG), juntamente com o sensoriamento remoto, são as técnicas do geoprocessamento que mais vêm sendo utilizadas no estudo de Ecologia de paisagens, conforme destaca Valente (2001). Segundo a autora, essas técnicas mostram-se fundamentais devido à capacidade de caracterizar, no tempo e no espaço, os padrões de uso e cobertura do solo, que são a base para a posterior quantificação da estrutura e a definição dos padrões da paisagem.

Os SIGs podem ser definidos, de acordo com Burrough e McDonell (1998), como o conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, consultar transformar e apresentar dados espaciais do mundo real, para um determinado propósito. Esses sistemas permitem a manipulação dos dados de diversas fontes, como mapas, imagens e cadastros, objetivando recuperar e combinar informações para efetuar os mais diversos tipos de análises sobre os dados.

Os SIGs são divididos em componentes compostos por: hardware, software, base de dados, uma rede comunicação (troca de dados), o georreferenciamento, a manipulação, a análise e a saída de dados, além das normas de codificação (RODRIGUES, 1990).

No estudo mais consistente da composição e da configuração de uma paisagem, Valente (2001) mostra que é indispensável, em muitos casos, a caracterização e a interação de seus atributos físicos como solos, relevo, entre outros, o que se torna mais fácil quando se dispõe de um SIG. Nesse contexto, os SIGs são indispensáveis para a maioria dos estudos realizados em paisagens.

### **3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Localização**

A APA Coqueiral, foco deste estudo, está situada no município de Coqueiral, no sul do estado de Minas Gerais. Faz parte da bacia do rio Grande, na microrregião de Lavras (Figura 1). Está área limita-se com parte do lago formado pela represa de Furnas e com os municípios de Boa Esperança, Aguanil, Campo Belo e Nepomuceno, entre as coordenadas geográficas de 45°19'37,5" e 45°26'16,3" de longitude oeste e 21°03'52,7" e 21°09'30,8" de latitude sul (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). Compreende 6.836,21 hectares, tendo como principais atividades produtivas a cafeicultura, a pecuária e o cultivo de pequenas lavouras brancas.

Um grande percentual da área é recoberto por solos rasos localizados em relevo movimentado, com muitas restrições à agricultura (LIMA, 2008), o que evidencia que estudos de aptidão e adequabilidade de uso destas terras são fundamentais, caso se deseje conciliar a expectativa de aumento de renda da população e a conservação ambiental.

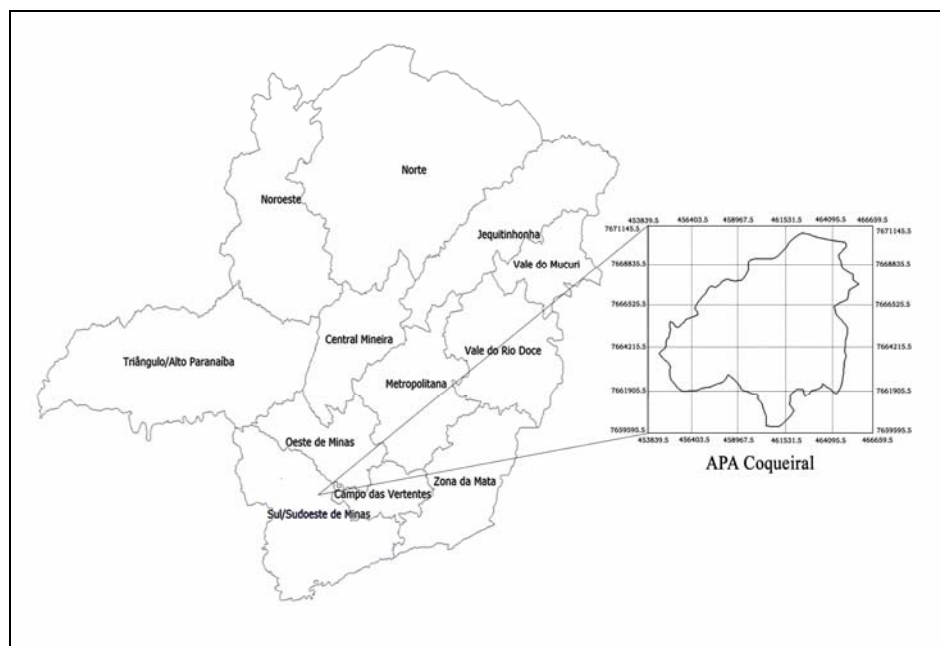


Figura1 Localização da área de estudo

A APA Coqueiral foi criada em 17 de maio de 2002 e ocupa cerca de 25% área do município de Coqueiral. 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 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), o que causa grandes prejuízos para a flora, a fauna e para a população local que vivem na área.

### 3.2 Hidrografia

A composição da rede hidrográfica da área pertence à bacia do rio Grande, 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 que, além de limitar o município em sua parte norte, ainda possui algumas ramificações em seu interior. A rede de drenagem natural na área reflete um importante controle estrutural da região. Este complexo hidrológico é composto por vários córregos e ribeirões, abrigando um grande número de nascentes (EMATER, 2002).

### **3.3 Geologia e relevo**

Segundo esboço geológico da área sob influência do reservatório de Furnas (BRASIL, 1962), a região a ser estudada, na microrregião de Lavras, faz parte do embasamento gnáissico do Pré-Cambriano Indiviso, integrado não só por rochas metamórficas como também por rochas ígneas. As rochas que compõem esta formação apresentam textura e composição diversa. Nesta região há o predomínio de Granitos Gnáissicos, sendo estas rochas de caráter ácido.

A microrregião está situada predominantemente em relevo variando de ondulado a montanhoso. Sua paisagem é caracterizada por muitos afloramentos rochosos, sendo alguns muito grandes no formato de “pão de açúcar”, circundados por capoeiras. A principal formação rochosa da microrregião é a “Pedra do Ermo” que, com altitude de 1.021 metros e área superior a 40 hectares, é um marco importante do ecoturismo local e regional; além da grande beleza cênica do seu cume, dele se tem a visão panorâmica de praticamente toda a área do município (EMATER, 2002).

### **3.4 Solos**

Em função, principalmente, do relevo mais movimentado na área, predominam solos rasos, sendo os Argissolos, os Cambissolos os principais.

Todos estes solos normalmente apresentam fertilidade natural variando de baixa a média, em função das características das rochas que os originaram (BRASIL, 1962).

### 3.5 Vegetação

Nas áreas abrangidas por este estudo na microrregião de Lavras predominam os tipos vegetacionais de cerrado e floresta estacional semidecidual, que está inserido no bioma Mata Atlântica. (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991)

Uma das primeiras descrições da vegetação da região foi realizada por Rocha (2005), em seu estudo das variações florísticas e estruturais da comunidade arbóreo-arbustiva em um fragmento de floresta constituído por um “continuum” de duas formações florestais: a Floresta Estacional Semidecidual Montana e a Floresta Estacional Semidecidual Ribeirinha, com influência Fluvial Permanente, situada nas margens de uma lagoa natural, na Fazenda Lagoa, município de Coqueiral, Minas Gerais.

O outro tipo de vegetação predominante na área da microrregião é o cerrado. O cerrado é a vegetação savânica lenhosa predominante no Brasil Central e reveste cerca de dois quintos da superfície do país. O cerrado apresenta uma fisionomia muito variável, de acordo com a proporção entre elementos lenhosos (árvores e arbustos) e herbáceos. Quando os primeiros predominam, tem-se a fisionomia florestal conhecida como cerradão; quando predomina o componente herbáceo, têm-se o campo cerrado e o campo sujo; nas situações intermediárias, ocorre o cerrado *stricto sensu* (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

A flora da área constitui uma amostra da vegetação primitiva da região da bacia do rio Grande, pois seus tipos fisionômicos principais – floresta e cerrado – encontram-se bem representados e, ainda, razoavelmente preservados.

## REFERÊNCIAS

- ANTONGIOVANNI, M.; METZGER, J. P. Influence of the matrix habitats on the occurrence of insectivorous bird species in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**, Essex, v. 122, n. 3, p. 441-451, Apr. 2005.
- BIERREGAARD, R. O. et al. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, Washington, v. 42, n. 1, p. 859-866, Dec. 1992.
- BIERREGAARD, R. O.; STOUFFER, P. Understory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rainforests. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago, 1997. p. 138-155.
- BRASIL. Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei n. 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 7 jun. 1990.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 jul. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm)>. Acesso em: 15 dez. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas agrônômicas, 1962. 462p.
- BROWN, D. G.; DUH, J. D.; DRZYZGA, S. A. Estimating error in an analysis of forest fragmentation change using north-american landscape characterization (NALC) data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 71, n. 1, p. 106-117, Jan. 2000.
- BUNN, A. G.; URBAN, D. L.; KEITT, T. H. Landscape connectivity: a conservation application of graph theory. **Journal of Environmental Management**, London, v. 59, n. 4, p. 265-278, Aug. 2000.

BURROUGH, P. A.; MCDONELL, R. A. **Principles of geographical information systems: spatial information systems and geostatistics**. Oxford: Oxford University, 1998. 333p.

CARMO, A. P. C. **Evaluación de un paisaje fragmentado para la conservación y recuperación de biodiversidad**. 2000. 137f. Tese (Magister Scientiae Educación para el Desarrollo y la Conservación) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, 2000.

COLLI, G. R. et al. Fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade brasileira: uma síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. p. 319-345.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 3. ed. Campinas: IG/UNICAMP. 1999. 170p.

CUZZUOL, M. G. T.; LIMA, R. N. Análise da sensibilidade física da Área de Proteção Ambiental do Goiapaba-Açu (Fundão-ES): subsídios ao zoneamento ambiental. **Natureza on line**, Santa Teresa, v. 1, n. 1, 2003. Disponível em: <[http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/Revista\\_Online\\_Cuzzuol.pdf](http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/Revista_Online_Cuzzuol.pdf)>. Acesso em: 11 out. 2010.

DEBISNK, D. E. R.; HOLT, D. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. **Conservation Biology**, Boston, v. 14, n. 2, p. 342-355, Apr. 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**, Camnridge, v. 43, n. 3, p. 435-442, 2009.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE MINAS GERAIS. **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. **Land mosaics: the ecology of landscape end regions**. Cambridge: Cambridge University, 1995. 632p.

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

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010**. São Paulo: INPE, 2010.

GALINA, A. B.; GIMENES, M. R. Riqueza, composição e distribuição espacial da comunidade de ave sem um fragmento florestal urbano em Maringá, Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum: biological sciences**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 379-388, out./dez. 2006.

GASCON, C. et al. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, Boston, v. 91, n. 2-3, p. 223-229, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default.shtm>>. Acesso em: 26 out. 2010.

KEITT, T. H.; URBAN, D. L.; MILNE, B. T. Detecting critical scales in fragmented landscapes. **Conservation Ecology**, Santa Fé, v. 1, n. 14, 1997. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol1/iss1/art4/>>. Acesso em: 26 out. 2010.

KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 2003. 131f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995. 171p. (Coleção Meio Ambiente).

LIMA, V. M. P. **Qualidade estrutural e intervalo hídrico ótimos de solos cultivados em área de proteção ambiental do sul de Minas Gerais**. 2008. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

LINDENMAYER, D. B. et al. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 78-91, Oct. 2008.

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, Sept. 2008.

MARTINS, A. C. M. **Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais -“Ipucas” - no município de Lagoa da Confusão, Tocantins**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 97p.

MAZZA, C. A. S. **Caracterização ambiental da paisagem da microrregião colonial de Irati e zoneamento ambiental da floresta nacional de Irati, PR**. 2006. 167p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

METZGER, J. P. Editorial conservation issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, June 2009.

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.

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, Aug. 2000.

METZGER, J. P.; DÉCAMPS, H. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Ecologica**, Paris, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1997.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 10, n. 2, p. 58-62, Feb. 1995.

NORA, E. L. D. **Caracterização e diagnóstico ambiental das zonas de amortecimento de áreas naturais legalmente protegidas: estudo de caso, estação ecológica de São Carlos e estação ecológica de Itirapina**. 2010. 85p. Tese (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2010.

OLIVEIRA, E. M. **Caracterização e qualidade ambiental em dois fragmentos florestais na perspectiva da conservação de *Alouatta guariba* (Humboldt, 1812) no interior do Estado de São Paulo.** 2009. 93p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

PIVELLO, V. R. Proposta de zoneamento ecológico para reserva de cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro. **Brasilian Journal Ecology**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 108-118, 1998.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** Londrina: Viva, 2001. 328p.

REGALADO, L. B. **Contribuição ao gerenciamento da Floresta Nacional de Ipanema:** o uso de base cartográfica digital na construção de um modelo alternativo ao plano de manejo. 2005. 173f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

RENJIFO, L. M. Effect of natural and anthropogenic landscape matrices on the abundance of subandean bird species. **Ecological Applications**, Tempe, v. 11, n. 1, p. 14-31, Feb. 2001.

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

RIBEIRO, R. M. P.; SOARES, V. P.; VIEIRA, C. A. O. Avaliação de métodos de classificação de imagens Ikonos para o mapeamento da cobertura terrestre. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais....** Goiânia: INPE, 2005. p. 4277-4283.

RICKETTS, T. H. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes american. **Naturalist**, Bradford, v. 158, n. 1, p. 87-99, 2001.

ROCHA, C. T. V. et al. Comunidade arbórea de um *continuum* entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 203-217, 2005.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, São Paulo, 1990. **Anais...** São Paulo: USP, 1990. p. 1- 26.



RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Brazilian protected areas. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p. 612-618, June 2005.

SANTOS, J. S. M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. 2003. 174p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Boston, v. 5, n. 1, p. 18-32, Mar. 1991.

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, Aug. 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, jul. 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.

TURNER, S. J. Scale, observation and measurement: critical choice for biodiversity research. In: BOYLE, T. J. B.; BOONTAWEE, B. **Measuring ADN monitoring biodiversity in tropical and temperate forest**. Malasia: CIFOR, 1995. p. 97-111.

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.

URBAN, D.; KEITT, T. H. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective. **Ecology**, Durham, v. 82, n. 5, p. 1205-1218, 2001.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 161p. 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. 123p.

WINDT, H. J. V. D.; SWART, J. A. A. Ecological corridors, connecting science and politics: the case of the Green River in the Netherlands. **Journal of Applied Ecology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 124-132, Feb. 2008.

ZANELA, L. **Distribuição geográfica dos usos da terra e estrutura da paisagem na bacia hidrográfica do Lajeado Tunas**. 2006. 78p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, 2006.

## CAPÍTULO 2

### **Caracterização ambiental da área de proteção ambiental (APA) Coqueiral, município de Coqueiral – MG**

#### **RESUMO**

Neste trabalho foi realizada a caracterização ambiental da Área de Proteção Ambiental de Coqueiral, que está localizada na região Sul do estado de Minas Gerais. Teve como objetivo realizar a caracterização fisiográfica da APA Coqueiral, a partir da geração de planos de informação do meio físico e dos usos e ocupação da terra, e cruzamento destas informações para a elaboração de mapas temáticos, com o intuito de fornecer subsídios à tomada de decisão quanto à elaboração de um plano de manejo para área. A caracterização dos parâmetros físicos foram obtidos por meio de técnicas sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica. Os mapas temáticos foram elaborados a partir de uma imagem de satélite SPOT 5 ortorretificada (SPOTMAP) e diferentes bancos de dados: SRTM – NASA e cartas topográficas do IBGE. Os resultados da caracterização fisiográfica mostram que a classe pastagem foi considerada como matriz da paisagem e ocupou cerca de 50% da área, enquanto a classe floresta estacional semidecidual ocupou menos de 30% e está distribuída em pequenos e médios fragmentos. A classe café obteve uma porcentagem de 13% da área total. A rede hidrográfica é composta por 154,47 km de cursos d'água e a densidade de drenagem foi considerada alta (22,59 m/ha). A malha viária foi contabilizada em 81,52 km e sua densidade foi considerada baixa com 11,92 m/ha. As classes de solo predominante na área foram os Argissolos e Cambissolos. A variação altimétrica foi quantificada em 306 metros, sendo a classe predominante a de 800 a 850 metros. A classe que predominou para suscetibilidade a erosão da área foi a de risco menor que ocupou um total de 61,34% da área total. A Área de Proteção Ambiental mostrou relevo ondulado a forte ondulado, e a classe de declive que prevaleceu foi “ondulado”, que ocupou mais de 50% da área. Cerca de 55 % das áreas de preservação permanente estão condizentes com o código florestal brasileiro e a pastagem foi a classe de uso dominante, ocupando 37% das áreas destinadas a APP.

Palavras-chave: Caracterização fisiográfica. Sensoriamento remoto. Sistemas de informação geográfica.

## ABSTRACT

In this study, we carried out the environmental characterization of the Coqueiral Environmental Protection Area (Coqueiral APA), located in Coqueiral, southern Minas Gerais. We aimed at performing the physiographic characterization of the Coqueiral APA, by generating physical and the land-uses information layers, and cross this information to make thematic maps in order to provide support for decisions regarding the preparation of a management plan for the area. The analyses of the physical parameters were carried out using geographical information systems and remote sensing techniques. Thematic maps were developed using a SPOT 5 (SPOTMAP) satellite image and different databases: SRTM - NASA and topographic maps from IBGE. The physiographic characterization results show that the class pasture was considered the landscape matrix and occupies about 50% of total area, while the semideciduous forest class covers less than 30% of the area and is distributed in small and medium sized fragments. The coffee class showed a percentage of 13% of the total area. The extension of the water bodies was 154.47 km and the drainage density was considered high (22.59 m/ha). The road network totalized 81.52 km. The predominant soil classes in the area were the Ultisols and Inceptisols. The altitude variation was quantified at 306 meters. The class that dominated for the erosion susceptibility of the area was the lower risk with a total of 61.34% of the area. The Environmental Protection Area shows tightly curled relief. The class "corrugated" prevailed and occupied more than 50% of the area. About 55% of conservation areas are consistent to the Brazilian forest code, and the pasture class is the dominant use class, occupying 37% of the permanent preservation areas – APP.

Keywords: Physiographic characterization. Remote sensing. Geographic information systems.

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de informação geográfica (SIG), aliados ao sensoriamento remoto, exercem papel importante na representação e no detalhamento do espaço físico territorial e são ferramentas imprescindíveis para a conservação e no gerenciamento do uso e ocupação da terra. Informações relativas a variáveis como hidrografia, relevo, altitude e malha viária, quando analisadas em conjunto, geram informações valiosas para o planejamento do uso da terra (RIBEIRO; BÄHR; JORGE, 2002).

O uso e ocupação da terra caracteriza o estado físico, químico e biológico da superfície terrestre, e também pode ser de fundamental importância para verificar a situação real da vegetação e quantificar a degradação da paisagem. A falta de planejamento em relação aos usos e ocupação da terra pode acarretar impactos negativos envolvendo as esferas ambiental, social e econômica, ocasionando preocupações em diferentes escalas. Em algumas regiões, a pressão sobre uso da terra leva os agricultores à superutilização desta, causando um esgotamento da capacidade dos recursos naturais, levando à degradação do ambiente, entre outros. Neste contexto, a caracterização ambiental de uma determinada região possibilita planejar de forma adequada a utilização e/ou exploração dos seus recursos naturais (ZANELLA; SOUZA; BORÉM, 2010).

O planejamento ambiental é uma importante ferramenta para a análise do ambiente, pois cria alternativas para que se possa utilizar adequadamente os recursos naturais. Trata-se de um processo contínuo de coleta, organização e análise sistematizada desses recursos e através dessa ferramenta é possível compreender o dinamismo dos sistemas. Esse planejamento é possível através de um diagnóstico realizado por meio da caracterização ambiental (SANTOS, 2004).

O crescente aumento da interferência humana em diversas partes do planeta, e seus efeitos negativos sobre o ambiente, tem causado uma rápida e intensa modificação dos ecossistemas naturais. A preocupação com esses efeitos intensificou o desenvolvimento de pesquisas que buscam a compreensão dos impactos da atividade humana em ambientes terrestres e aquáticos. Por consequência disto, houve também um aumento no número de áreas de proteção implantadas, as quais, muitas das vezes, situam-se nas áreas de influência dos grandes conglomerados urbanos ou de propriedades rurais (CUZZUOL; LIMA, 2003).

Áreas de Proteção Ambiental (APAs) têm ganhado notoriedade por aliar a conservação dos recursos naturais à produção sustentável de alimentos, tornando-se, assim, um importante agente na luta pela conservação ambiental. Pela adequação das atividades humanas às características do meio, com base nos estudos de potencialidades e de limitações da área nessas unidades de conservação, têm-se alcançado importantes resultados relacionados à manutenção da diversidade de ambientes, de espécies e de processos naturais (LIMA, 2008).

A APA Coqueiral, localizada no município de Coqueiral – MG, foi implantada em maio de 2002, com o intuito de proteger e conservar os sistemas naturais, aliando o bem-estar socioeconômico da população regional (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMATER, 2002). No entanto, a falta de conhecimento técnico e a visão econômica imediatista por parte dos agricultores locais levaram à ocupação da terra sem um planejamento adequado, o que levou a degradação da área. A cobertura vegetal da área foi diminuída a remanescentes esparsos e pequenos, em sua maioria bastante perturbados pelo fogo, pela pecuária extensiva ou pela retirada seletiva de madeira (LIMA, 2008).

O uso inadequado dos recursos naturais leva a degradação destes recursos. O uso inadequado do uso e ocupação da terra no município de Coqueiral tem sido realizado de forma inadequada, o que leva a alteração desses recursos. Assim, com este trabalho busca-se responder a seguinte questão: Quais as possíveis soluções para minimizar ou frear a degradação ambiental na APA Coqueiral?

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo de realizar a caracterização fisiográfica da APA Coqueiral, a partir da geração de planos de informação do meio físico e dos usos e ocupação da terra, e cruzamento destas informações para a elaboração de mapas temáticos, com o intuito de fornecer subsídios à tomada de decisão quanto à elaboração de um plano de manejo para área e para verificar a estrutura de sua paisagem. Em se tratando de uma unidade de conservação, estas análises tornam-se fundamentais para o adequado gerenciamento sustentável da APA.

## **2 METODOLOGIA**

O procedimento de caracterização ambiental foi desenvolvido em ambiente SIG, o que possibilitou a elaboração de um banco de dados digital com informações a respeito das características de uso e ocupação da terra, hidrográficas (rios, lagos e represas), urbanísticas (malha viária e áreas construídas), topográficas (altimetria e declividade), de riscos ambientais (susceptibilidade a erosão) e de conservação (áreas de preservação permanente), além de considerações pedológicas (tipologia de solos).

### **2.1 Material e métodos**

#### **2.1.1 Mapeamento da área**

Inicialmente foi realizado o reconhecimento da área de estudo por meio de uma visita técnica. Posteriormente, foi adquirida uma imagem do satélite SPOT5, com 2,5m de resolução espacial, abrangendo o município de Coqueiral, MG. A imagem foi adquirida com pré-processamentos radiométrico e geométrico padrão e ortorretificada (SPOTMAP) e serviu de base para a realização do mapeamento dos fragmentos florestais e dos usos e ocupação da terra.

Para a interpretação visual, foram utilizadas as três bandas da imagem, as quais correspondem às duas faixas do visível e à faixa pancromática do espectro eletromagnético, referentes aos comprimentos de onda, do verde (0,5 a 0,6  $\mu\text{m}$ ), do vermelho (0,6 a 0,7  $\mu\text{m}$ ) e do pancromático (0,48 a 0,71 $\mu\text{m}$ ). Foi utilizada uma composição colorida falsa-cor (RGB-12PAN).

A vetorização dos mapas temáticos foi realizada no Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING 5.1.5 (CÂMARA



et al., 1996). O processo de interpretação visual foi realizado 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 uso atual foi mapeado de acordo com classes compostas da seguinte forma: (i) *Floresta estacional semidecidual*: formações florestais densas e florestas de galeria às margens dos córregos, campo sujo; (ii) *Cerrado*: formações de cerrado e cerradão; (iii) *Café*: lavouras em idade não produtiva, ou seja, até 3 anos e lavouras com idade superior a 3 anos; (iv) *Rocha exposta*: áreas com rocha em exposição; (v) *Pastagem*: áreas de pastagens naturais e formadas; (vi) *Outras culturas*: áreas com culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento; *Outros usos*: áreas urbanas e benfeitorias; (vii) *Reflorestamento*: áreas destinadas ao plantio de eucalipto; e, (ix) *Corpos d'água*: corpos d'água, rios, córregos e represas.

Para a checagem do mapa gerado, foram feitas campanha de campo. Foram amostrados 50 pontos de cada classe de uso da terra e, para isso, utilizou-se um receptor GPSMAP Garmin 76CSx e um receptor GPS de precisão TOPCON, modelo *hiper GGD*. Todas as geoinformações geradas foram incluídas em um banco de dados geográficos. Os índices de acerto da interpretação visual foram obtidos por meio dos pontos coletados em campo, sendo que a acurácia foi avaliada pelo índice *Kappa*. As matrizes de confusão foram calculadas por tabulação cruzada entre os planos de informação matriciais de uso da terra derivados da referida imagem e dados amostrados em campo segundo metodologia descrita por Moreira (2003). Para avaliar o índice *Kappa* foi adotada uma tabela adaptada de Landis e Koch (1977) (Tabela 1).

Tabela 1 Valor para avaliar o grau de concordância a partir do índice *Kappa*

<b>Valor do <i>Kappa</i></b>	<b>Concordância</b>
< 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Fraca
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Boa
0,81 – 1,00	Muito Boa

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

### 2.1.2 Rede hidrográfica e malha viária

A hidrografia e a malha viária da APA Coqueiral foram obtidas por meio da vetorização dos cursos hídricos e das estradas, a partir da carta planialtimétrica do IBGE (1973), escala 1:50.000. A carta utilizada foi SF-23-V-D-III-1, do município de Coqueiral. Neste processo foram considerados todos os cursos d'água da área (perenes e intermitentes) e consideradas todas as estradas existentes na APA.

A densidade de drenagem total expressa pela fórmula “ $DDt = \Sigma h/A$ ”, que corresponde ao grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, foi estimada pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água (h) (intermitentes e perenes) e sua respectiva área de drenagem (A). A densidade de drenagem pode ser considerada pobre, quando inferior que 7,5 m/ha; mediana, entre 7,5 a 15 m/ha e rica, quando superior a 15 m/ha (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1980).

A densidade da malha viária foi obtida pela fórmula “ $DDt = \Sigma mv/A$ ”, que corresponde ao grau de desenvolvimento de um sistema viário, tendo sido avaliada pela relação entre o comprimento total de estradas presentes na APA (mv) e a área geográfica total compreendida pela área de estudo (A).

### **2.1.3 Solos**

O mapa de solos utilizado nesta pesquisa foi elaborado por Gualberto et al. (2010).

### **2.1.4 Altimetria e declividade**

Os mapas altimétrico e de declividade foram gerados com base nos dados obtidos na missão *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), de acordo com a metodologia de processamento de dados (VALERIANO, 2004). O tratamento dos dados consistiu na modificação do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM original para um novo MDE, com características desejáveis. Entre as modificações realizadas, executou-se a melhoria da resolução espacial, de 1'' ~30m). Após a geração do novo MDE, utilizou-se o fatiamento das grades para a geração do mapa temático de altitude. Para a obtenção do mapa, foram utilizadas classes fatiadas a partir da menor altitude até a maior altitude (800 a 1.000 m), intercaladas em classes de 50 em 50 metros.

Para a obtenção do mapa de declive foram divididas as classes de relevo em plano: 0%-3% de declividade; suave ondulado: 3%-8%; ondulado: 8%-20%; forte ondulado: 20%-45%; montanhoso: 45%-75%; escarpado: >75% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999).

### **2.1.5 Risco potencial à erosão**

O mapa de suscetibilidade à erosão foi gerado a partir da análise da distribuição de cobertura vegetal natural, dos usos da terra e das condições de relevo (declividade). A área foi segmentada em quatro classes de riscos de

erosão, que estão descritas a seguir, segundo a metodologia proposta por Missio (2003). O mapa foi gerado no ARCGIS 9.3.1 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI, 1997).

**Risco mínimo:** esta classe refere-se às áreas ocupadas com vegetação natural (floresta estacional semidecidual e cerrado). Nesta classe de risco não foi considerada a declividade dos solos porque ela representa as formas de cobertura natural do solo que evoluíram em conjunto, durante o seu processo de formação e, por isso, representam a condição de proteção máxima do recurso natural solo. Qualquer outra forma de utilização dessas áreas aumentaria os riscos de erodibilidade proporcionalmente à declividade local.

**Risco menor:** esta classe compreende as áreas utilizadas com algum tipo de uso antrópico e localizadas onde a declividade está entre 0% e 20% que, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (EMBRAPA, 1995), é de terras em que a suscetibilidade à erosão varia desde terras não suscetíveis, em locais planos, à suscetibilidade forte, nas áreas com relevo ondulado, onde a declividade está próxima a 20%. Entretanto, são terras em que se pode prevenir a erosão, desde que utilizadas práticas intensivas de controle à erosão.

**Risco intermediário:** compreende as áreas utilizadas com algum tipo de uso antrópico em relevo forte ondulado e com suscetibilidade à erosão muito forte, onde a declividade varia entre 20% e 45% e o uso agrícola é muito restrito, considerando que, na maioria dos casos, o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico.

**Risco maior:** compreende as áreas utilizadas com algum tipo de uso antrópico, onde a declividade é igual ou superior a 45%. Estas terras apresentam relevo montanhoso, onde a suscetibilidade à erosão é extremamente forte e o uso agrícola não é recomendado, sob pena de serem totalmente erodidas. São terras que, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, devem ser

destinadas à preservação ambiental. Entretanto, segundo o Código Florestal Brasileiro (Artigo 10) (BRASIL, 1965), em áreas com declividade entre 45% e 100%, não é permitida a derrubada de florestas, sendo tolerada a extração de toros, em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes.

### **2.1.6 Áreas de preservação permanente**

Para a delimitação das áreas de preservação permanente (APPs), foram utilizados os dados de hidrografia e de declividade, de acordo com os critérios do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965), que considera como APPs, as florestas e as demais formações vegetais situadas ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em uma faixa marginal, sendo variável de 30 a 500 m, de acordo com a largura do curso d'água. Ao redor das nascentes, em uma área de 50 m de raio e, nas encostas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive (Lei 4771/65 de 15 de setembro de 1965 e Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002).

De posse de todo o mapeamento elaborado nas etapas anteriores, iniciou-se o mapeamento das APPs da área de estudo, considerando faixa marginal (*buffer* de 30 m), ao redor de nascentes (*buffer* de 50 m), a represa de Furnas (*buffer* de 100 m) e encostas com declividades acima de 45 graus (Resolução CONAMA 302, 303 e 369 de 2002) (Figura 2). Os dados obtidos individualmente no mapeamento de cada classe de APP foram agrupados em um único mapa, gerando um mapa de APPs. A análise quantitativa das áreas de preservação foi realizada por meio da comparação direta do valor total encontrado por categorias de APP (HOTT; GUIMARÃES; MIRANDA, 2005).

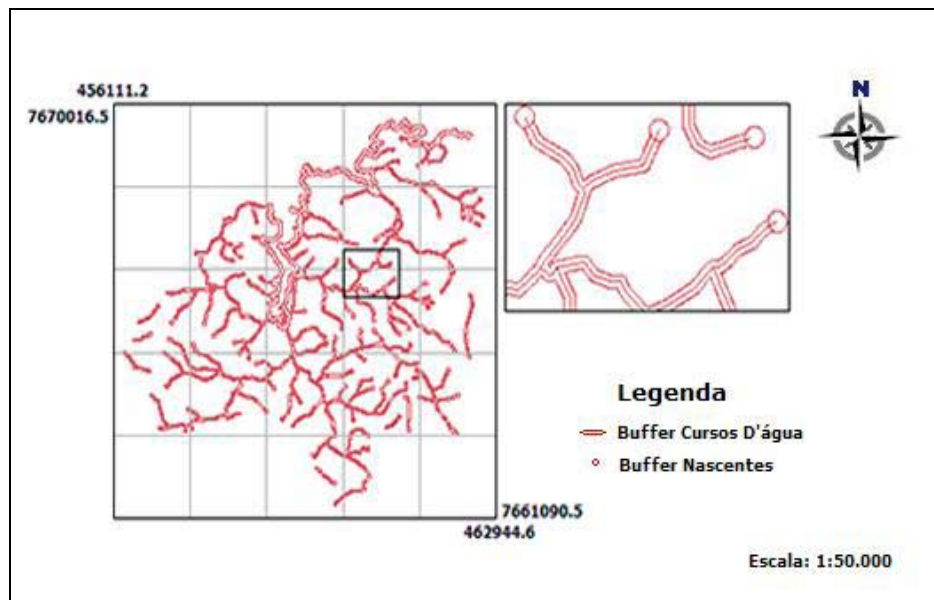


Figura 2 *Buffer* dos cursos d'água e nascentes

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Uso e ocupação da terra**

Por meio da interpretação da imagem de satélite, foi possível classificar a área em nove tipos de uso da terra (Figura 3). Foi possível observar que a classe de uso predominante na paisagem foi a pastagem, com 49,19% da área total. Detectou-se que, dessa área, 28,95% são cobertos por vegetação nativa (floresta estacional semidecidual e cerrado), 11,35% por cultura de café, 0,6% por outras culturas e 0,9% por reflorestamento, em um total de 6.836,21 ha de área (Gráfico 1). Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos anteriores, em outras unidades de conservação de uso sustentável (OLIVEIRA, 2009), o que mostra que grande parte dessas áreas está sendo destinada à produção agropastoril.

As áreas de vegetação nativa estão distribuídas em toda área da APA na forma de pequenos e médios fragmentos, no qual é possível observar que a área encontra-se bastante fragmentada. Sendo assim, quanto mais fragmentado o hábitat maior o risco de extinção das espécies (METZGER, 1999), mudanças no microclima e na estrutura física dos fragmentos, redução de heterogeneidade ambiental e consequentemente, menor a biodiversidade local (TABARELLI; GASCON, 2005).

As áreas com pastagem cobrem a maior parte da APA (49,19%), o que corrobora que a pecuária é a principal atividade econômica do município, seguida da classe café (11,35%), que consiste em outra fonte econômica importante no município, caracterizada por uma agricultura familiar, tornando um grande número de pessoas dependentes desta cultura para sua subsistência. Outras atividades agrícolas, inclusas nas classes outras culturas e reflorestamento, ocupam menores áreas da paisagem, com um total de 1,5%.

Donald (2004) afirma que a atividade agrícola é a principal ameaça para a manutenção da biodiversidade nos trópicos.

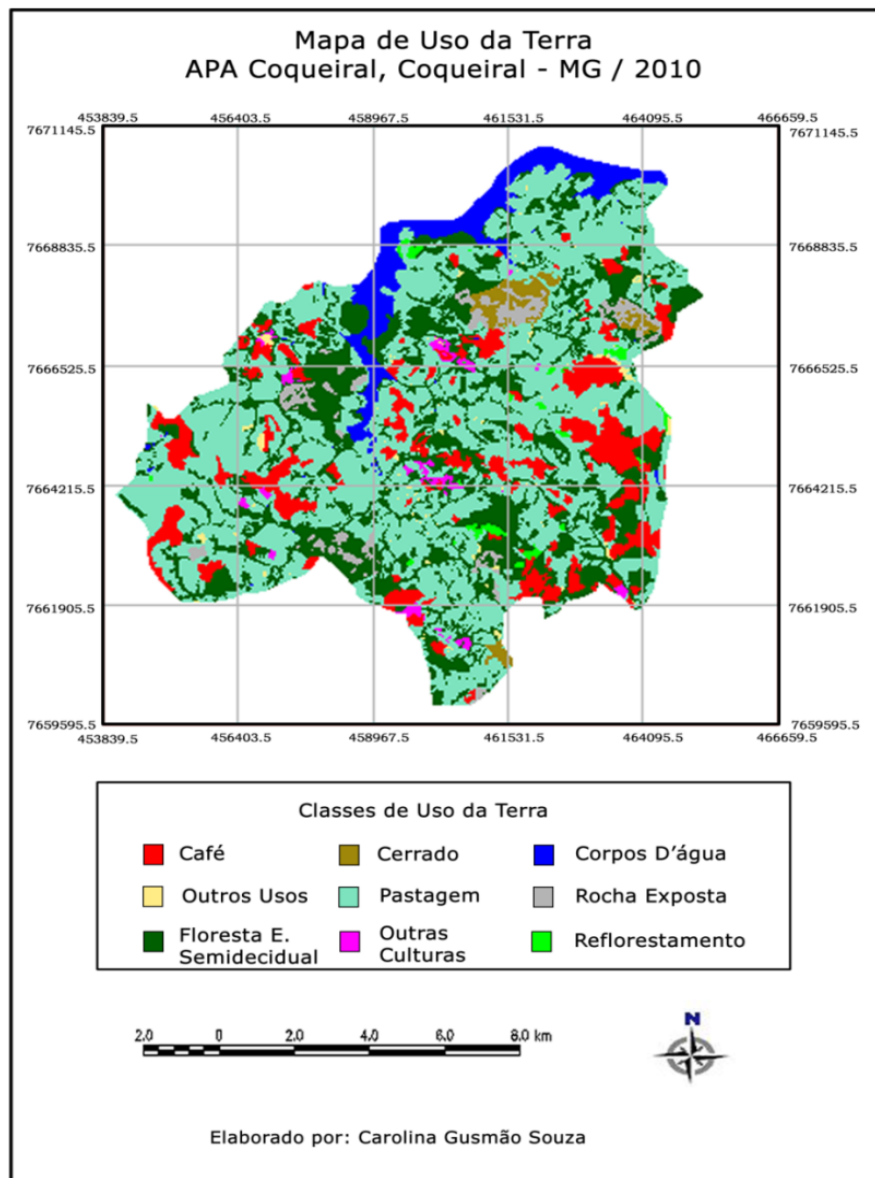


Figura 3 Mapa de uso e ocupação da terra da APA Coqueiral – 2010



De acordo com o observado em campo, as áreas destinadas ao cultivo agrícola encontram-se, em grande parte, em más condições de conservação devido ao manejo inadequado e, na maioria das vezes, não planejado, o que pode acarretar um sério problema para as populações que dependem dessas atividades para obter sua renda. Essa dependência pode justificar também a pequena porcentagem encontrada para as classes floresta estacional semidecidual e cerrado, uma vez que, para o aumento da produção, utilizam-se, muitas vezes, áreas destinadas à preservação permanente.

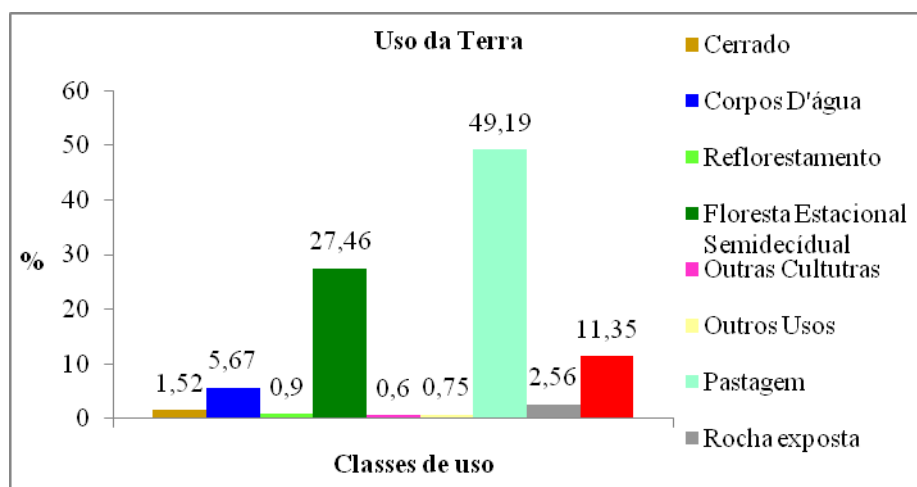


Gráfico 1 Classes de uso e ocupação da terra, em porcentagem, da APA Coqueiral, município de Coqueiral, MG

Uma pequena parcela da APA corresponde aos corpos d'água, totalizando 5,67% da área total. Deste valor, cerca de 5% corresponde à parte do lago de Furnas que pertence aos limites da APA.

Com o cruzamento através dos dados obtidos em campo, foi possível analisar o desempenho da classificação visual realizada, utilizando o índice *Kappa* (MOREIRA, 2003), que é baseado na construção de matrizes de erro ou de contingência. O uso desse índice pode ser considerado satisfatório na

avaliação da acurácia de uma classificação temática, por levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação (BERNARDES, 2006).

O índice de acurácia *Kappa* obtido nesta classificação foi de 95,75%, o que segundo Landis e Koch (1977), é um índice considerado excelente.

### **3.2 Hidrografia**

Pertencente a bacia do Rio Grande a APA Coqueiral é rica em nascentes e cursos d'água (Figura 4), cuja maioria deságua na represa de Furnas. Esta unidade de conservação é drenada por importantes sub-bacias, que são influenciadas pelas formas de relevo. Sua rede hidrográfica é composta por um total de 154,47 km de cursos d'água.

O cálculo da densidade de drenagem total (índice que expressa o grau de desenvolvimento de drenagem) totalizou 22,59 m/ha. De acordo com Universidade de São Paulo (1980), este índice pode variar de 5 m/ha para bacias hidrográficas com drenagem pobre a 35 m/ha ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas. Este dado aplicado a bacias hidrográficas pode ser extrapolado para a área de estudo, por esta compreender, em seus limites, partes de diferentes bacias hidrográficas.

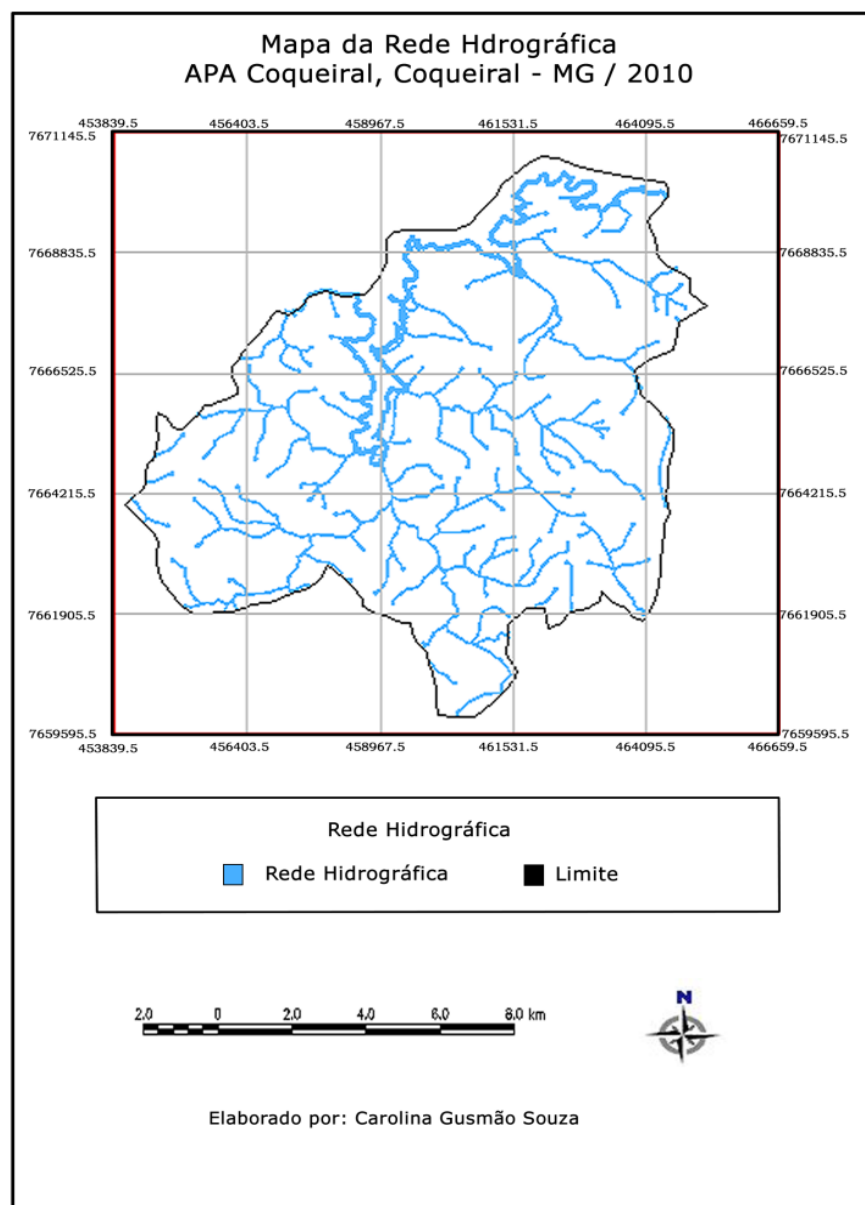


Figura 4 Mapa da rede de drenagem da APA Coqueiral, 2010

A partir dos resultados obtidos, a APA apresenta capacidade de drenagem classificada como alta, indicando a grande riqueza de cursos hídricos

presente nesta unidade de conservação, boa parte devido à represa de Furnas, que corresponde a uma porcentagem elevada dos cursos d'água da área de estudo. Resultados distintos foram encontrados por Costa (2000) em uma unidade de conservação no estado do Acre; Mazza (2006) em uma região do estado do Paraná e Nora (2010), também em uma unidade de conservação no estado de São Paulo, nos quais as densidades de drenagem foram de 11,60 m/ha, 5,89 m/ha e 8,18 m/ha, respectivamente, sendo consideradas densidades mediana e pobres.

A ação humana, como o desmatamento nas matas ciliares, provoca impactos de consequências relevantes nos recursos hídricos, tais como a erosão e o assoreamento dos rios. O mapa da rede hidrográfica da área de estudo pode ser observado na Figura 4.

### **3.3 Malha viária**

Como a APA se localiza integralmente na zona rural do município de Coqueiral, as estradas existentes não estão pavimentadas, caracterizando-se como “estradas de chão”. Estas estradas totalizam 81,52 km de extensão (Figura 5) e incluem também os acessos às propriedades rurais.

Tomando por base a densidade de drenagem, avaliou-se que a densidade de estradas na área é baixa, correspondendo a 11,92 m/ha. Resultados distintos foram indicados por Zanella, Souza e Borém (2010), em um município da região sul de Minas Gerais, onde a malha viária correspondeu a 33,78m/ha, sendo considerada alta. Resultados semelhantes a este trabalho foram obtidos em trabalhos anteriores, na região sul do Brasil, porém com um padrão de desenvolvimento econômico semelhante, baseado no setor agrícola (NORA, 2010; MISSIO, 2003; TONIAL, 2003).

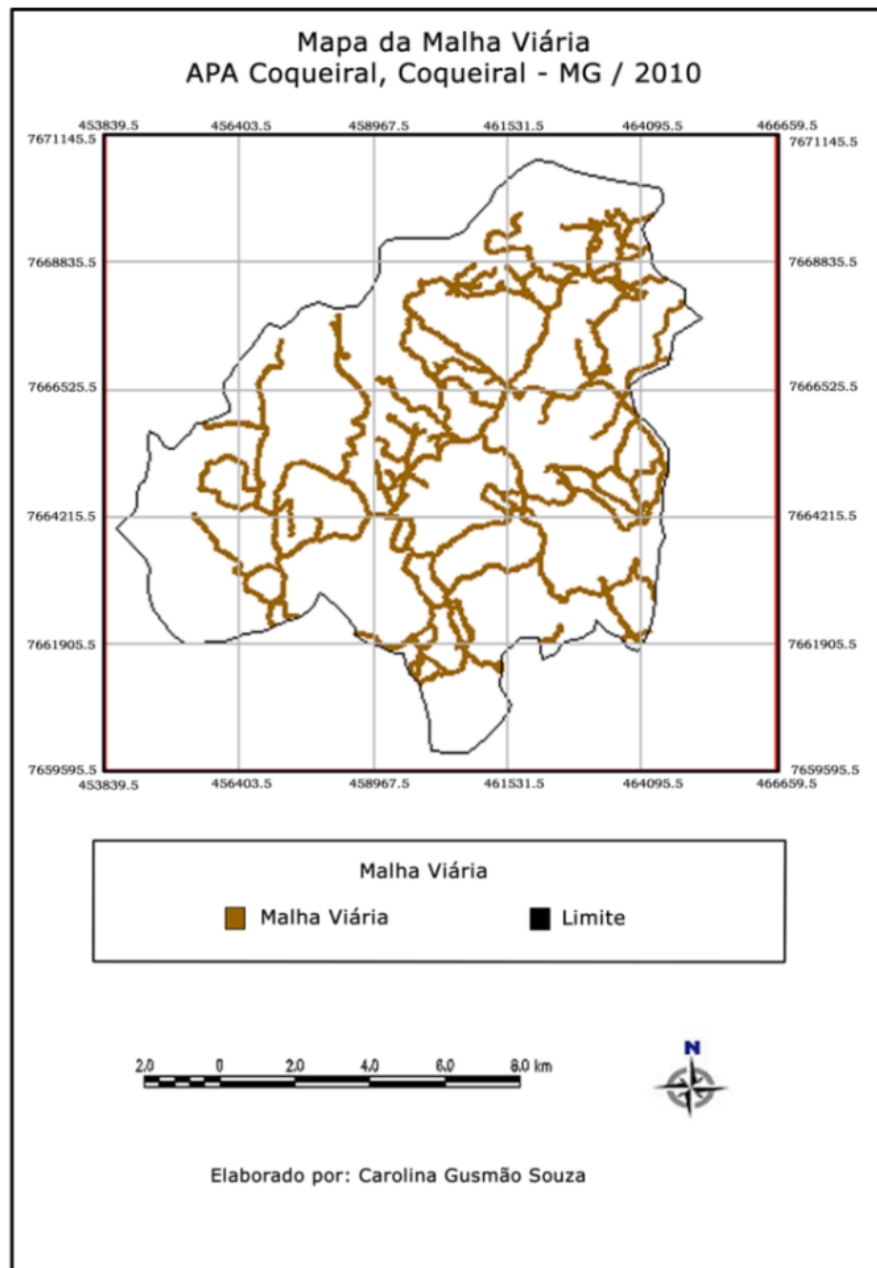


Figura 5 Mapa da malha viária da APA Coqueiral, 2010

A densidade de estradas contribui positivamente, por um lado, quanto à acessibilidade às propriedades, com maior possibilidade de comunicação e de transporte para a comunidade rural. Porém, em contrapartida, do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e da conservação da biodiversidade, expõem as áreas naturais à presença humana, favorecendo o acesso as áreas naturais, comprometendo a sua preservação (MISSIO, 2003) e fragmentando a paisagem.

### **3.4 Solos**

Na área de estudo, foram encontrados seis classes diferentes de solo (Figura 6), dentre eles Neossolo Flúvico, Gleissolo/Organossolo, Argissolo/Cambissolo, Neossolo Litólico, Cambissolos e Afloramentos Rochosos.

Os grupos de solo mais relevantes correspondem aos Argissolos/Cambissolos e aos Cambissolos, que abrangem 74,53% da área (Tabela 2). Deste valor, Argissolos/Cambissolos ocupam pouco mais que 37% e Cambissolos, compreendem 36,90% da APA Coqueiral. Os Neossolos litólicos aparecem cobrindo 9,83% da área, o que corresponde a 672,16 ha e os Afloramentos Rochosos, representam uma porcentagem inexpressiva da área (0,30%). Estas classes de solos, compreendem juntas, pouco menos 85% da área total da APA, e encontram-se em áreas de relevo íngreme, entre as classes de relevo ondulado e forte ondulado. Geralmente, são solos rasos e bastante susceptíveis à erosão (EMBRAPA, 1999).

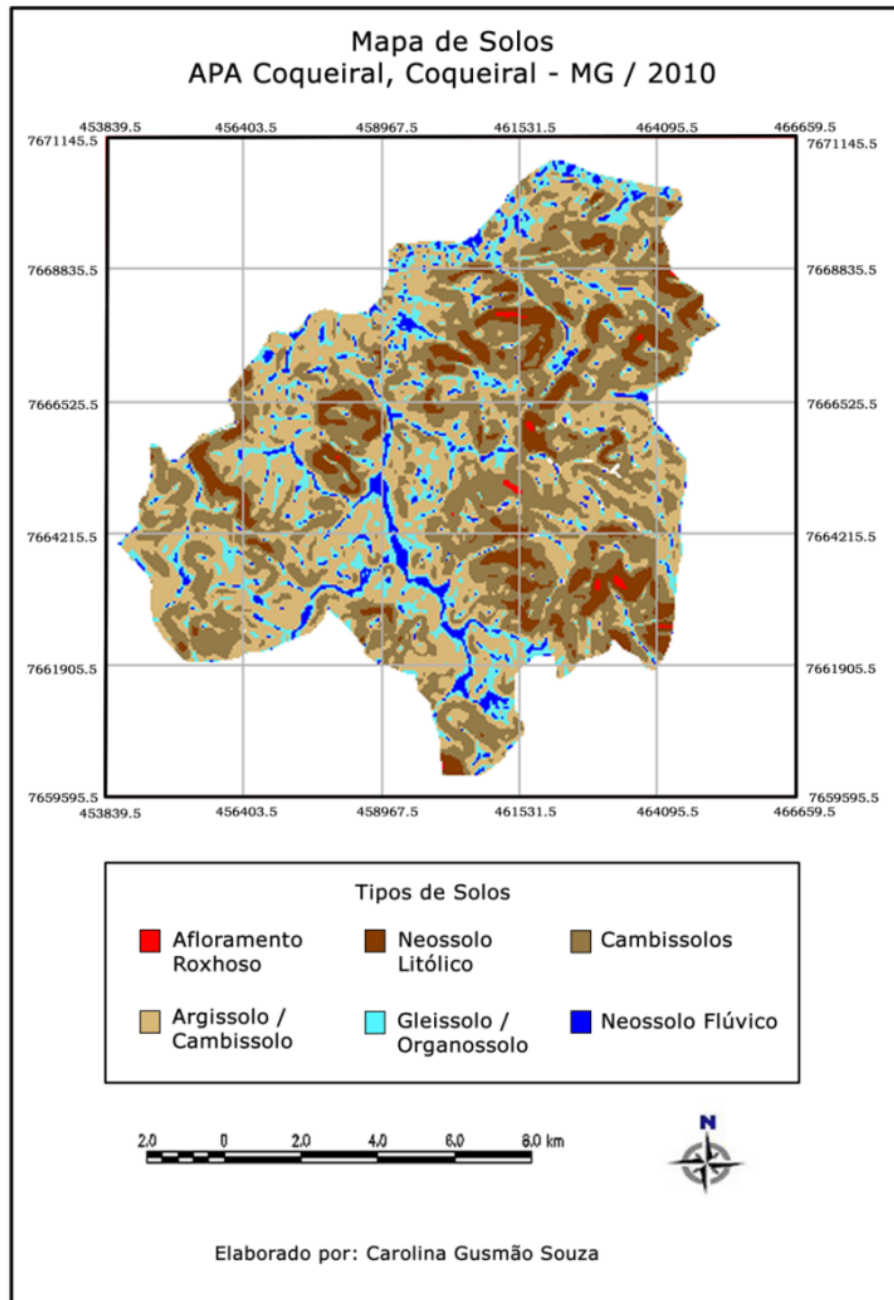


Figura 6 Classes de solos da APA Coqueiral

Tabela 2 Classes de solo da APA Coqueiral, em hectare e porcentagem

<b>Classes de solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Neossolo flúvico</b>	307,50	4,50
<b>Gleissolo/Organossolo</b>	741,48	10,84
<b>Argissolo/Cambissolo</b>	2572,44	37,63
<b>Neossolo litólico</b>	672,16	9,83
<b>Cambissolos</b>	2522,76	36,90
<b>Afloramento rochoso</b>	19,87	0,30

As demais classes de solos apresentam 15,34% da área total e estão divididos em Neossolos flúvicos, com 4,50%, e Gleissolos/Organossolos, com 10,84% da área de estudo. Estes solos estão localizados em áreas com relevo suave ondulado.

### 3.5 Altimetria

A área destinada à unidade de conservação apresenta uma amplitude altimétrica de 306 m, neste sentido, a superfície da APA foi classificada em seis diferentes classes altimétricas, agrupadas de 50 em 50 m, distribuídas entre as altitudes 734 e 1.040 m acima do nível do mar (Tabela 3).

Tabela 3 Distribuição das classes de altitudes, em hectares e porcentagem da APA Coqueiral, 2010

<b>Classes altimétricas</b>	<b>Área, em hectares</b>	<b>Área (%)</b>
<b>&lt;800 metros</b>	1876,95	27,3
<b>800-850</b>	2198,61	32
<b>850-900</b>	1407,42	20,5
<b>900-950</b>	1033,03	15
<b>950-1000</b>	334,35	4,8
<b>&gt;1000</b>	26,46	0,4

É possível observar que a maior parte da superfície da APA (79,8 %) encontra-se entre as altitudes de 734 a 900 m acima do nível do mar (Figura 8). As outras três classes de altitude, referentes às classes mais altas, correspondem,



respectivamente, a 15%, 4,8% e 0,4 % da área total. A altitude média foi de 887 m.

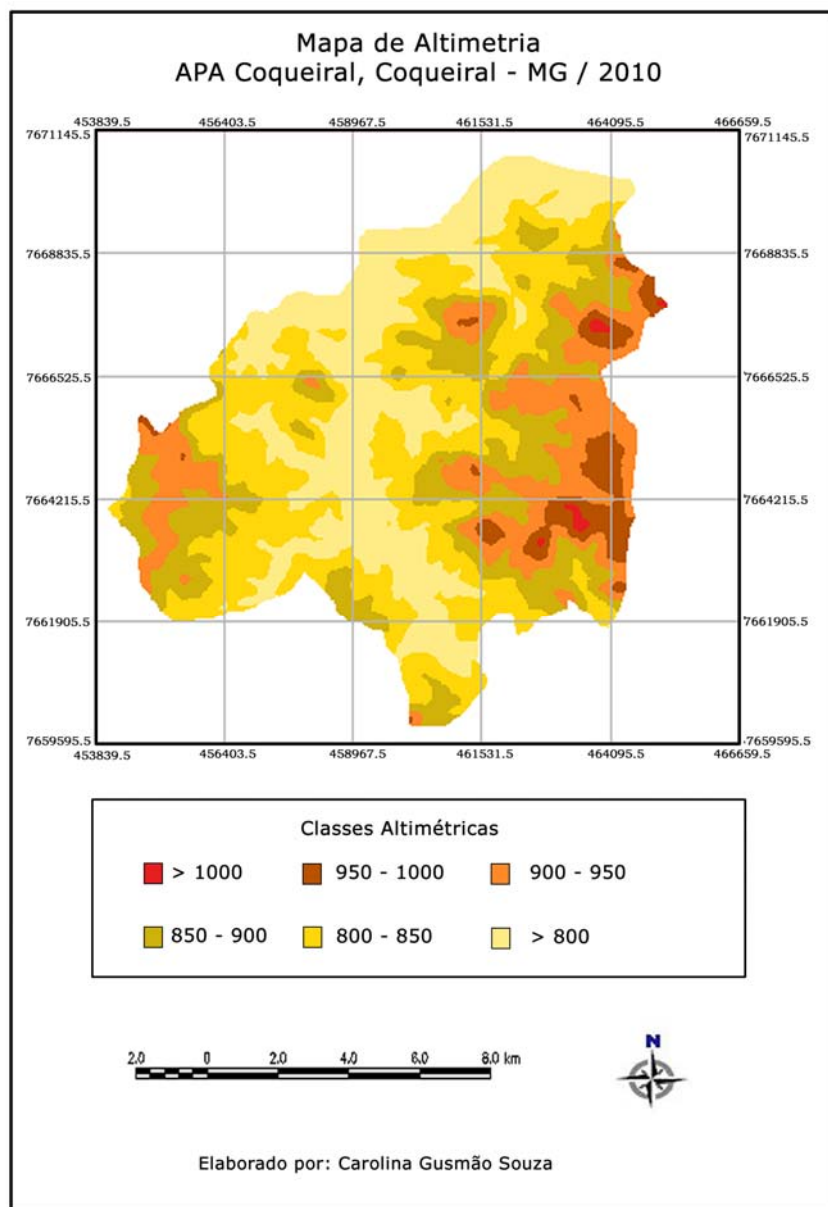


Figura 7 Mapa de altimetria da APA Coqueiral, 2010

A partir dos resultados, observa-se que a área tem relevo movimentado e, de acordo com o mapa altimétrico (Figura 7), verifica-se que as classes que contêm as altitudes mais elevadas encontram-se a sudeste da APA. As classes altimétricas diminuem em elevação, à medida que se aproximam da represa de Furnas.

A impossibilidade de implantação de atividades agrícolas em determinadas áreas, impostas pelas dificuldades de mecanização e manejo sob risco destas terras serem totalmente erodidas, representam a condição mais efetiva para a manutenção de áreas cobertas com formações vegetais nativas primárias (NORA, 2010).

Ainda de forma secundária, Nora (2010) afirma que essas variações altimétricas podem, de alguma maneira, determinar variações nos diferentes tipos e composição de solos encontrados em áreas nestas condições, pois, áreas mais inclinadas estão sujeitas a uma erosão laminar mais evidente. Isto pode favorecer o rejuvenescimento dos solos de baixa encosta, podendo ser considerada também uma variável ambiental capaz de influenciar a distribuição de espécies vegetais (LI; ZHU; GOLD, 2005).

### **3.6 Declividade**

O mapa de declividade (Figura 8) ilustra a distribuição espacial das classes presentes na APA, estando expressas percentualmente no Gráfico 2. Este mapa constitui uma importante fonte de informação para a elaboração de uma política de manejo e conservação do solo e dos remanescentes florestais locais, mediante a utilização racional do terreno.

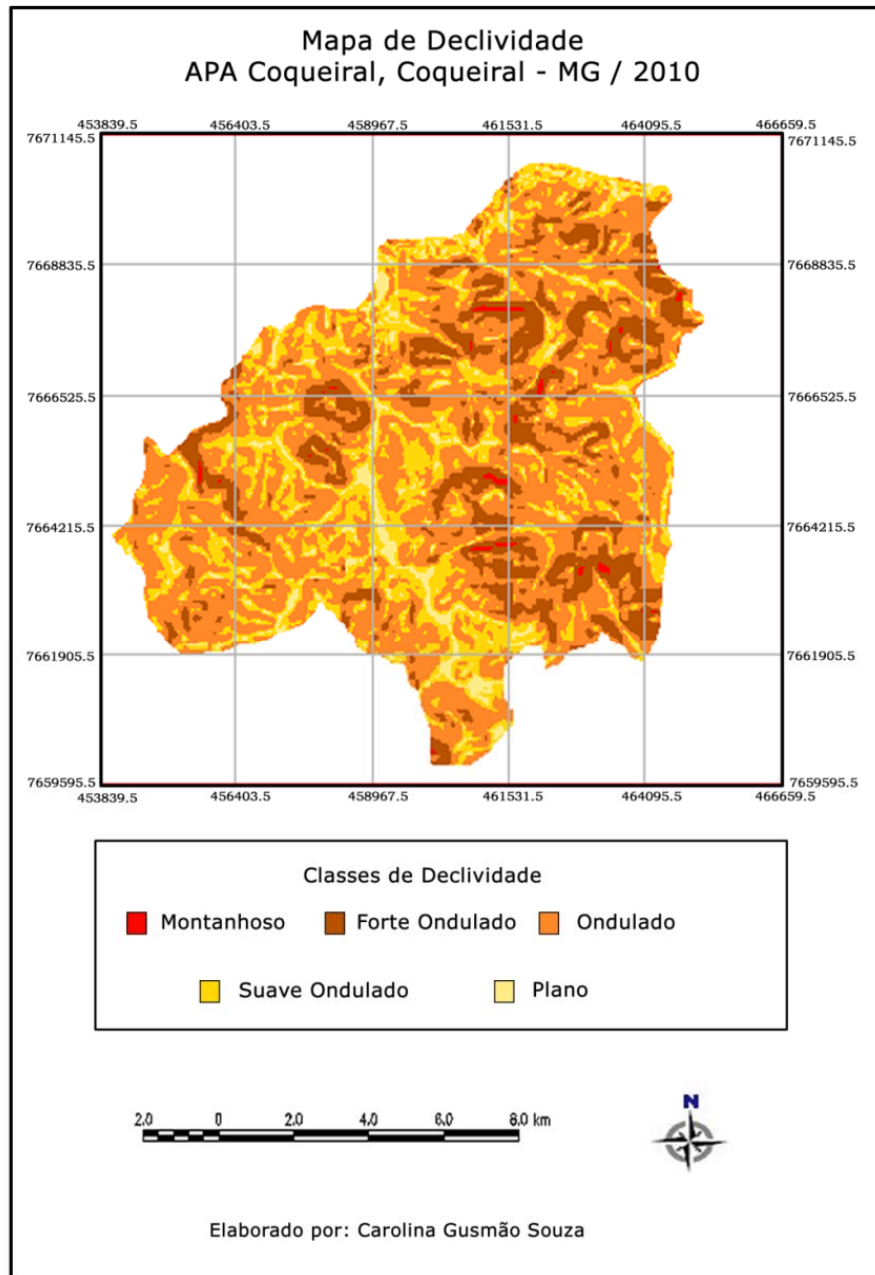


Figura 8 Mapa de declividade APA Coqueiral, 2010

Baseando-se no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), as classes de declive foram divididas em: plano (0%-3%), suave ondulado (3%-8%); ondulado (8%-20%); forte ondulado (20%-45%); montanhoso (45-75%) e escarpado (maior que 75%) (Gráfico 2).

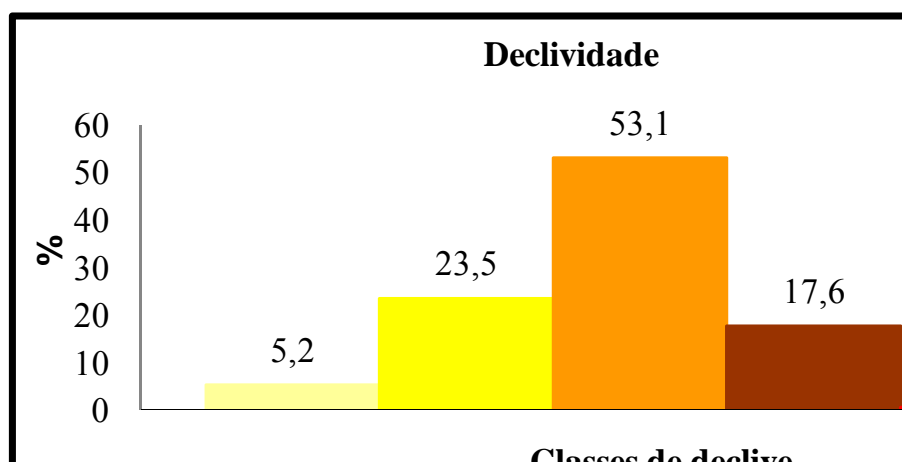


Gráfico 2 Distribuição das classes de declive em porcentagem

Observa-se que mais de 50% do relevo corresponde à classe ondulado. Nesta classe, o uso para a agricultura é bastante restrito, pela alta suscetibilidade à erosão, sendo indicado, nestes casos, o estabelecimento de culturas permanentes como cafeicultura, fruticultura e silvicultura. As declividades menos acentuadas (0-20%) representam 28,7% da área da APA e são consideradas próprias para agricultura, desde que sejam empregadas práticas simples de controle à erosão. As áreas com declividade mais acentuada (45%-75%), onde o relevo é classificado como montanhoso, ocorrem em menos de 1% da APA e não podem ser consideradas aptas ao desenvolvimento de agricultura, pois o grau de suscetibilidade à erosão neste tipo de relevo é alto. Portanto, a implantação de culturas está condicionada à implementação de técnicas

intensivas de conservação do solo. A APA não tem áreas com declives superiores a 75%, consideradas como escarpadas.

Como a área está, em sua maioria, nas classes intermediárias de declividade (Gráfico 2), o que denota um relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado, apresenta graus de limitação entre ligeiro e muito forte. Essas áreas são consideradas bastante susceptíveis à erosão, dependendo de práticas intensivas de controle, desde o início de sua utilização agrícola (EMBRAPA, 1995).

### **3.7 Risco potencial à erosão**

A suscetibilidade à erosão diz respeito ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer, quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas. Foram delimitadas as classes de risco potencial à erosão, a saber: (i) Risco mínimo: áreas cobertas com floresta estacional semidecidual e cerrado, que apresentam risco mínimo à erosão, independente da declividade; (ii) Risco menor: áreas cobertas com uso antrópico e com até 20 % de declividade; (iii) Risco intermediário: áreas cobertas com uso antrópico e com declividade variando entre 20 e 45 %; e (iv) Risco Maior: áreas cobertas com uso antrópico e com declividade superior a 45% (Figura 9).

A partir dos dados que constam na Tabela 4, observa-se que, na APA Coqueiral, 1.948,13 ha, cerca de 30% da área são ocupados pela classe de risco mínimo.

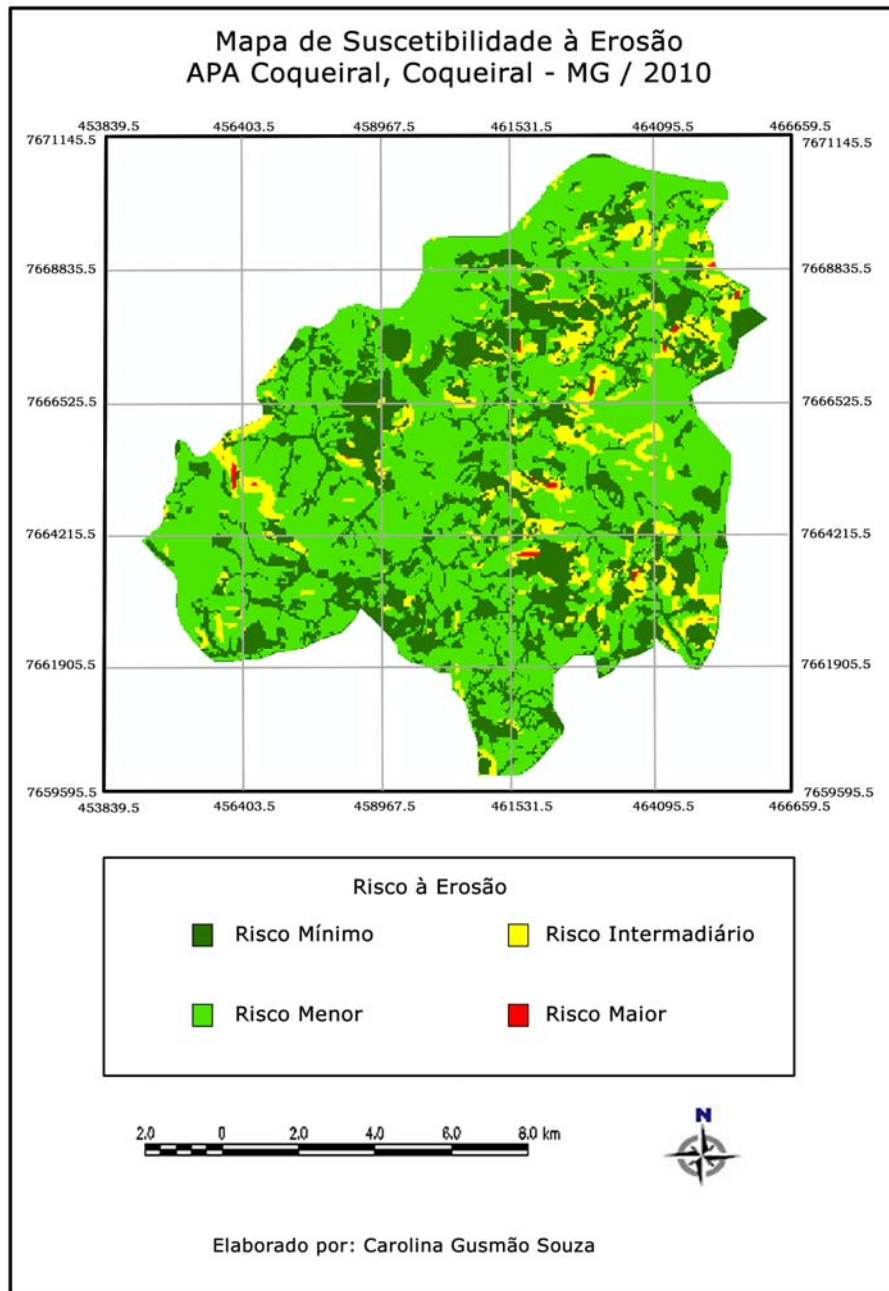


Figura 9 Mapa de risco potencial à erosão APA Coqueiral, 2010

Tabela 4 Distribuição da área, em hectare e porcentagem, por classe de risco à erosão, APA Coqueiral, MG

Classes	Risco à Erosão	
	Área (ha)	Área (%)
<b>Risco mínimo</b>	1948,13	28,49
<b>Risco menor</b>	4193,53	61,34
<b>Risco médio</b>	677,29	9,90
<b>Risco maior</b>	17,55	0,25

A classe que ocupa a maior área da APA é a de risco menor, apresentando cerca de 60% da área total. Estas áreas são utilizadas com algum tipo de uso antrópico, principalmente pela matriz pastagem. Podem ser utilizadas intensamente, desde que sejam adotadas práticas eficientes de manejo do solo e de controle a erosão (MISSIO, 2003).

A classe de risco médio ocupa 677,29 ha, uma área relativamente pequena, que corresponde a pouco mais de 9% da área. Nesta classe a suscetibilidade à erosão é muito alta (MISSIO, 2003), sendo o uso agropastoril muito restrito, portanto, torna-se fundamental a utilização de medidas mitigadoras de possíveis eventos erosivos, uma vez que a matriz produtiva da APA, é a pastagem, que quando mal manejada acarreta na degradação do solo. Já, quando esta classe está associada à cafeicultura, o risco à erosão torna-se menor, por tratar-se de uma cultura perene.

A área que ocupa a classe risco maior é muito pequena, estimada em menos de 1% da área total. Essa área é utilizada com atividades antrópicas diversas, onde a declividade é superior a 45% e a suscetibilidade à erosão é severa (MISSIO, 2003). Nestas áreas, o uso agrícola não é recomendado, sob pena de seus solos serem totalmente erodidos. É necessário orientar o manejo dessas áreas no sentido do estabelecimento de uma cobertura vegetal de preservação ambiental, não sendo permitido o extrativismo vegetal.

Resultados semelhantes foram encontrados por Missio (2003), ao estudar uma região no Rio Grande do Sul, onde as áreas de risco menor

ocupavam a maior parte de sua área de estudo (cerca de 50% da área total). Nora (2010) também mostra que a classe predominante é a de risco menor, cobrindo 71,23% da sua área de estudo. O autor também mostra que a classe de risco maior não foi significativa, sendo que valores obtidos foram inferiores a 1%, semelhantemente aos resultados encontrados neste estudo.

### 3.8 Áreas de preservação permanente

O mapa de áreas de preservação permanente (Figura 10) definiu áreas com cobertura ou não de vegetação natural, com desempenho ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, de proteger o solo e, sendo assim, assegurar o bem-estar das populações humanas.

A extensão da APA Coqueiral é de 6.836,21 ha. Desse total, 1.047,02 ha são consideradas APPs, o que corresponde a 15,31% da área total da APA. Da área total de APPs, 573,02 ha estão preservadas e 474,00 ha não estão de acordo com a resolução CONAMA n°303 (2002), o que corresponde, respectivamente, a 55,70% e 45,30% (Tabela 5).

Tabela 5 Áreas de APPs preservadas e não preservadas por hectare e porcentagem

Classes	Áreas de APP	
	Área (ha)	Área (%)
<b>APP preservada</b>	573,02	55,70
<b>APP não preservada</b>	474,00	45,30
<b>Área total de APP da APA</b>	1047,02	15,31
<b>Área total da APA</b>	6836,21	100,00



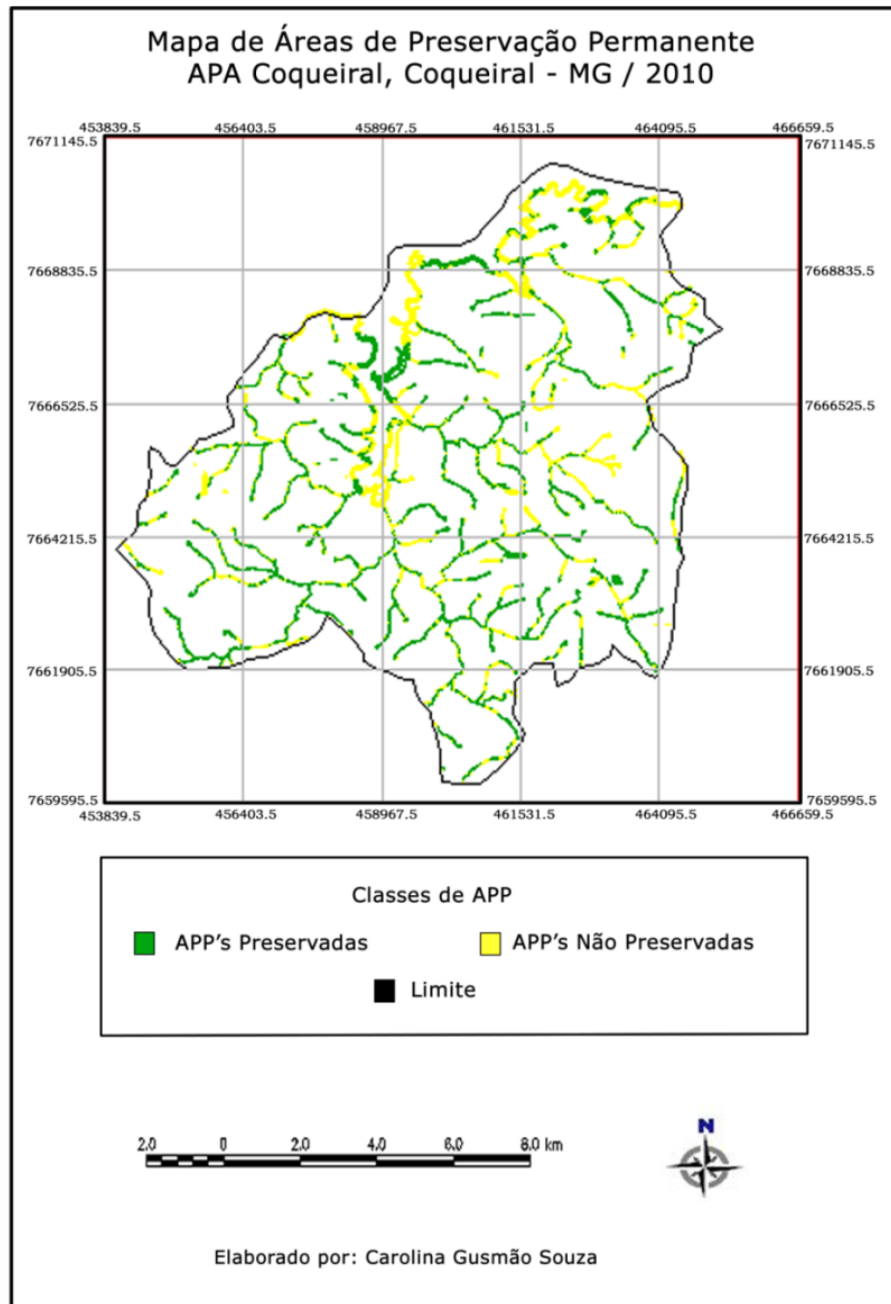


Figura 10 Mapa de APPs preservadas e não preservadas

Na área de estudo, foram quantificadas três categorias de APP (Figura 11): margens de cursos d'água, que representam 89,02% da área de APP total, o que corresponde a 932,63 ha; as nascentes, com 7,08%, possuem área de 74,16 ha e as áreas com declive superior a 45 %, que representam 3,90%, têm 40,23 ha (Tabela 6). Missio (2003) obteve, em seu estudo, resultados semelhantes, pelos quais as classes de cursos d'água representavam a maior parte das áreas de APP, com 2.221,00 ha, enquanto as classes nascentes e declive apresentavam 109,00 ha e 14,00 ha, respectivamente. O desrespeito ao Código Florestal foi verificado em todas as categorias de APPs classificadas, evidenciando que inúmeros processos ecológicos relacionados a estas áreas, como a manutenção da biodiversidade local, podem estar ambientalmente comprometidos.

Tabela 6 APPs divididas por categorias. área em hectare e porcentagem

<b>APP dividida por categoria</b>		
<b>Categorias</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Cursos d'água</b>	932,63	89,02%
<b>Nascentes</b>	74,16	7,08 %,
<b>Declive (&gt;45)</b>	40,23	3,90%,

Das categorias de APP, a classe que apresenta a maior área preservada é a de nascentes, com 67,05 % de sua área condizente com a resolução vigente. As classes de cursos d'água e declive apresentaram praticamente a mesma quantidade de áreas preservadas, 53,50% e 55,00%, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 Distribuição das classes de APP em áreas preservadas e não preservadas, em hectares e porcentagem

<b>Classes</b>	<b>Classes de APP</b>			
	<b>Áreas preservadas</b>		<b>Áreas não-preservadas</b>	
	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
<b>Cursos d'água</b>	499,00	53,50	433,63	46,50
<b>Nascentes</b>	49,73	67,05	24,43	32,95
<b>Inclinação superior a 45°</b>	22,13	55,00	18,09	45,00

Com mais de 50% das áreas de APP preservadas, a classe de uso que predominou, na ocupação destas áreas, foi a floresta estacional semidecidual, com 42,37%. Apesar de a APA Coqueiral apresentar como classe dominante a pastagem, representando 49,19% (Gráfico 1) da área, a floresta estacional semidecidual ocupou maior parte das áreas de APP. Das áreas não preservadas, a pastagem ocupa grande parte, com 36,99%. Logo em seguida, está a classe de uso café, com 3,25%. Embora seja a principal cultura agrícola da região, o café ocupa uma pequena área das APP. Isso acontece também com outras culturas desenvolvidas na APA. Os usos rocha exposta e outros usos foram pouco representativos, com 1,50% e 1,40% da área, respectivamente (Tabela 8 e Figura 12).

Tabela 8 Classes de uso e ocupação da terra e distribuição das APPs, por classe de uso da terra

Usos da terra	Área ocupada na APA (%)	Área ocupada nas APPs (ha)	Área ocupada nas APPs (%)
<b>Floresta E. Semidecidual</b>	27,46	538,22	51,39
<b>Pastagem</b>	49,19	386,65	36,99
<b>Cerrado</b>	1,52	20,75	2,00
<b>Outros Usos</b>	0,75	14,5	1,40
<b>Café</b>	11,35	34,10	3,25
<b>Outras Culturas e Reflorestamento</b>	1,50	23,45	2,25
<b>Rocha Exposta</b>	2,56	15,76	1,50
<b>Cursos D'água</b>	5,67	13,82	1,31
<b>Área total de APP</b>	100,00	1047,02	100,00

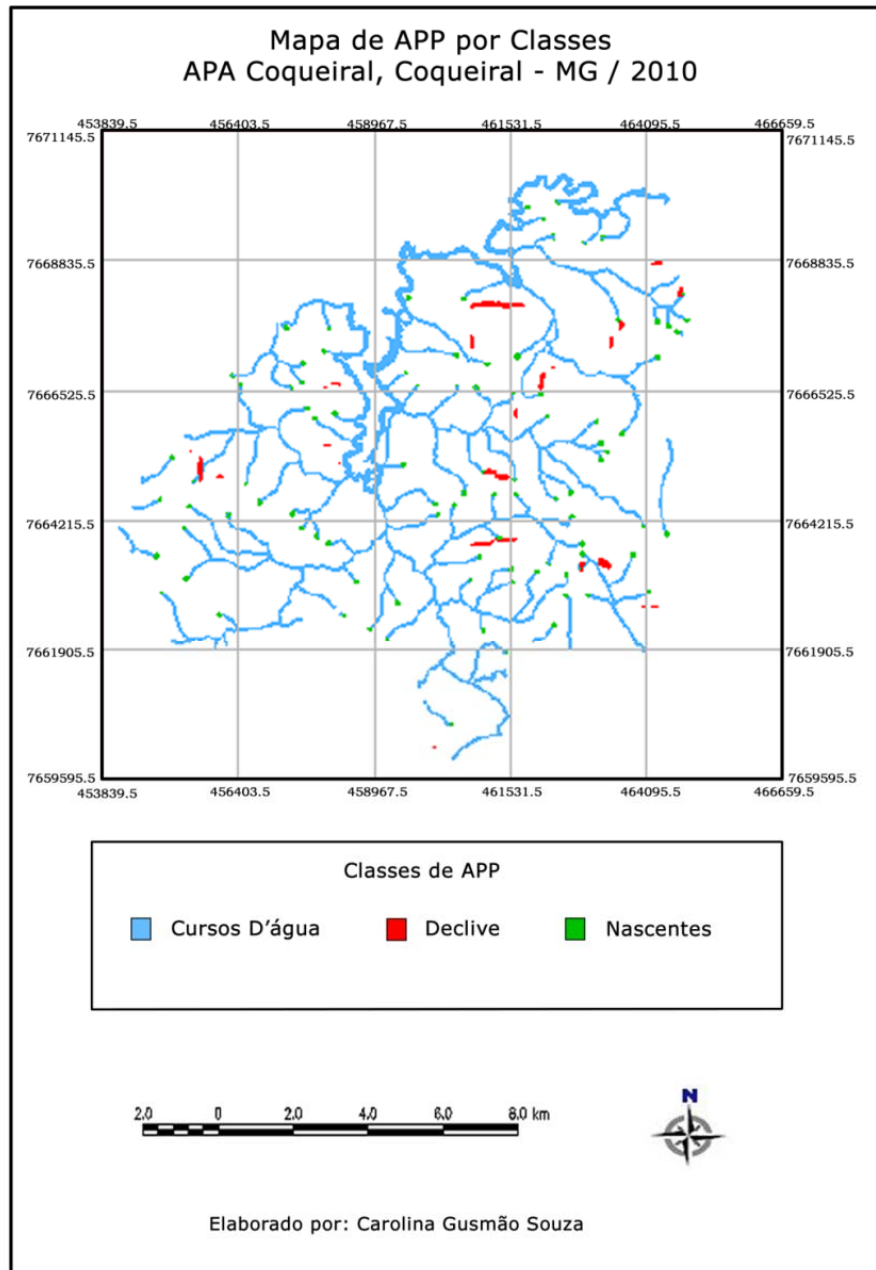


Figura 11 Mapa de APPs divididas por classes

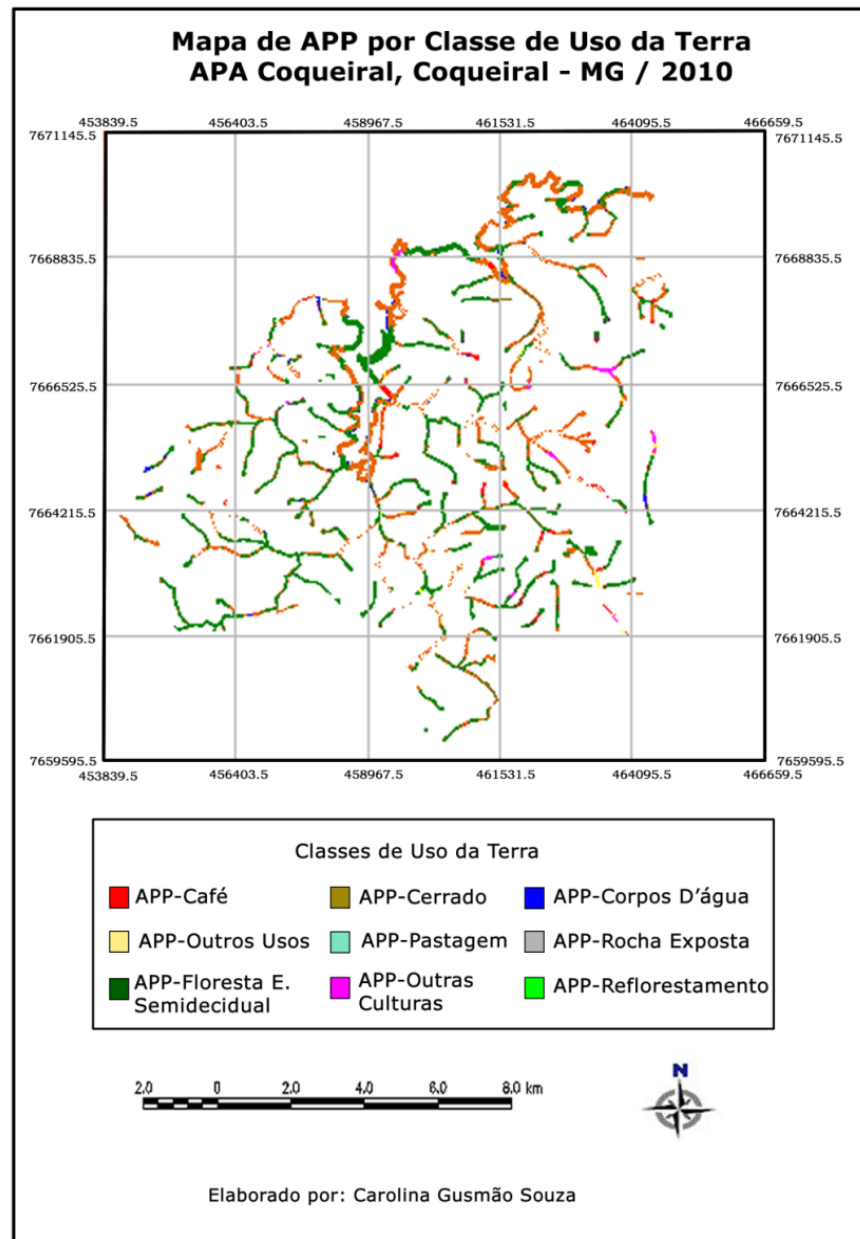


Figura 12 Mapa de distribuição da APPs, por classe de uso da terra

#### **4 CONCLUSÃO**

A utilização dos sistemas de informação geográfica possibilitou gerar e organizar as informações georreferenciadas, de modo a caracterizar e analisar os elementos estruturais da paisagem da APA Coqueiral. A APA, ainda mantém na paisagem um mosaico de remanescentes de floresta estacional semidecidual e cerrado.

A grande porcentagem da paisagem da APA Coqueiral com atividades agropastoris evidencia a tendência da região para o uso agrícola e pastoril em pequenas propriedades rurais.

A APA Coqueiral pode ser considerada rica em recursos naturais: possui alta densidade de drenagem; variação altimétrica elevada; baixa densidade de estradas; e feições geomórfologicas bastante diversas

Uma modificação nos usos e ocupação da terra, mais compatíveis com as unidades de conservação, torna-se necessária e urgente, no âmbito das unidades de uso sustentável.

A caracterização e a análise ambiental possibilitaram identificar um alto grau de fragmentação dos remanescentes florestais, com grande quantidade de manchas distribuídas em pequenos fragmentos, mas de importância fundamental para a conservação da biodiversidade.

A caracterização ambiental pode ser considerada fundamental para iniciar a elaboração de um plano de manejo, visando à recuperação e à manutenção da diversidade biológica existente na unidade de conservação APA Coqueiral.

A imagem do satélite SPOT (SPOTMAP), com resolução espacial de 2,5m, mostrou-se para o mapeamento do uso e ocupação da terra e para as análises da paisagem, pois possibilitou mapear áreas menores, com maior precisão.

## REFERÊNCIAS

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica**. 2006. 119p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 set. 1965. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 maio 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 369 de 20 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 mar. 2006. Disponível em: <[http://www.redejucara.org.br/legislacao/resolucao\\_369\\_2006\\_CONAMA.pdf](http://www.redejucara.org.br/legislacao/resolucao_369_2006_CONAMA.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 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, May/June 1996.

CONSULTATIVE GROUP FOR INTERNATIONAL AGRICULTURE RESEARCH. **Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI), 90m Digital Elevation Data**. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

COSTA, S. S. M. C. **Caracterização ambiental da reserva extrativista Chico Mendes (Acre-Brasil): subsídios ao plano de manejo**. 2000. 165p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

CUZZUOL, M. G. T.; LIMA, R. N. Análise da sensibilidade física da Área de Proteção Ambiental do Goiapaba-Açu (Fundão-ES): subsídios ao zoneamento ambiental. **Natureza on line**, Santa Teresa, v. 1, n. 1, 2003. Disponível em: <[http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/Revista\\_Online\\_Cuzzuol.pdf](http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/Revista_Online_Cuzzuol.pdf)> Acesso em: 11 out. 2010.

DONALD, P. F. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. **Conservation Biology**, Boston, v. 18, n. 1, p. 17-37, Feb. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Unidade Regional Epamig Sul de Minas. **Laboratório de geoprocessamento, GeoSolos**. Lavras, 2008. Disponível em: <[www.epamig.br/geosolos](http://www.epamig.br/geosolos)>. Acesso em: 15 jul. 2009.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ARC/INFO. V. 7.1.1**. Redlands, 2007. Programa de Computador.

GUALBERTO, V. **Memorial relativo às informações das atividades realizadas e/ou em andamento no tocante à caracterização de parâmetros do meio físico (solo, água e relevo), flora e fauna da APA – Área de Proteção Ambiental/Coqueiral – MG visando à regularização documental e reclassificação do nível de repasse de valores relativos ao ICMS Ecológico junto ao IEF, IBAMA e órgãos outros ambientais pertinentes**. [S. l : s. n.], 2010. No prelo.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. Método para a Determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 16-21.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Carta Coqueiral (MG): SF-23-V-D-III-1. 1973. In: \_\_\_\_\_. **Carta do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1973. Escala 1:50.000. Projeção universal transversa de mercator.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartografia**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencia/cartografia/default.shtm>> Acesso em: 26 out. 2010.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 3, p. 159-179, Mar. 1977.

LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C. **Digital terrain modeling: principles and Methodology**. Florida: CRC, 2005.

LIMA, V. M. P. **Qualidade estrutural e intervalo hídrico ótimos de solos cultivados em área de proteção ambiental do sul de Minas Gerais**. 2008. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1996. 264p.

MAZZA, C. A. S. **Caracterização ambiental da paisagem da microrregião colonial de Irati e zoneamento ambiental da floresta nacional de Irati, PR**. 2006. 167p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

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.

MISSIO, E. **Proposta conceitual de zoneamento ecológico-econômico para o município de Frederico Westphalen-RS**. 2003. 183f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2003. 307p.

NORA, E. L. D. **Caracterização e diagnóstico ambiental das zonas de amortecimento de áreas naturais legalmente protegidas: estudo de caso, estação ecológica de São Carlos e estação ecológica de Itirapina**. 2010. 85p. Tese (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2010.

OLIVEIRA, E. M. **Caracterização e qualidade ambiental em dois fragmentos florestais na perspectiva da conservação de *Alouatta guariba* (Humboldt, 1812) no interior do Estado de São Paulo**. 2009. 93p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1995. 65p.

RIBEIRO, S. R. A.; BÄHR, H. P.; JORGE, S. C. Integração de imagens de satélite e dados complementares para a delimitação de unidades de paisagem usando uma abordagem baseada em regiões. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 47-57, 2002.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004. 184 p.

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, jul. 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.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Bacia experimental Rio Jacaré-Guaçu: convênio DNAEE-EESC**. São Carlos: DNAEE/USP, 1980. 112p.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. 72p.

ZANELA, L. **Distribuição geográfica dos usos da terra e estrutura da paisagem na bacia hidrográfica do Lajeado Tunas**. 2006. 78p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, 2006.

ZANELLA, L.; SOUZA, C. G.; BORÉM, R. A. T. **Caracterização fisiográfica do município de Carmo de Minas, MG**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.anpg.org.br/userfiles/file/Anais%20Congresso/Lisiane%20Zanella.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

### CAPÍTULO 3

#### **Análise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG**

#### **RESUMO**

Neste trabalho foi realizada a análise da estrutura da paisagem e fragmentação florestal da Área de Proteção Ambiental Coqueiral, que está localizada no município de Coqueiral, região Sul do estado de Minas Gerais. Teve como objetivo avaliar a fragmentação florestal da área de estudo, a partir de métricas e princípios da Ecologia de paisagens, mensurando parâmetros como: área, perímetro e forma dos fragmentos, 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 obtido por meio de técnicas de sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto e a análise da estrutura da paisagem e da fragmentação florestal foi realizada através do software Fragstats. Os mapas temáticos foram elaborados a partir de uma imagem de satélite SPOT 5. A análise da paisagem foi realizada através de métricas da paisagem com o mapa de usos e ocupação da terra e com o mapa de vegetação natural da área. Para as simulações da paisagem foram criados buffer de 1 e 5 metros e foi feita uma restauração das áreas de preservação permanente. A análise da estrutura da paisagem mostrou que a paisagem é dominada por atividades agropastoris com uma área de 4273,13 ha, ocupando 62,49% da área. A paisagem apresenta 704 manchas. O tamanho médio e a densidade de manchas foram de pastagem: AREA\_MN = 25,99; PD = 1,01 fragmentos/100 ha) e floresta estacional semidecidual: AREA\_MN = 6,96; PD = 2,06 fragmentos/100 ha. As classes de usos apresentaram formas mais complexas com um valor superior a 2. A classe que apresentou menor isolamento médio foi a pastagem com 21,02m. A vegetação natural é representada por 360 fragmentos e 137 deles são menores que 1 ha. Os modelos de simulação realizados na paisagem mostraram que a área de vegetação aumentou de 1943,13 (Vegetação natural) para 2299,02 (Vegetação/APP). A AREA\_MN aumentou em relação a vegetação natural, passou de 7,66 para 15,75. A paisagem VA mostrou o menor valor de forma (1,93), com formas mais simples. Os valores de isolamento não apresentaram muita diferença nas simulações 38,9 (Vegetação Natural); 40,64 (Buffer 1m); 42,89 (Buffer 5m) e 39,75 (Vegetação/APP). O índice de conectividade para todas as simulações ficaram acima de 99%. Estes dados são relevantes para

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

Palavras-chave: Ecologia de paisagens. Fragmentação florestal. Métricas da paisagem. Sistemas de informação geográfica.

## ABSTRACT

In this study, we performed landscape structure and forest fragmentation analysis of the Coqueiral Environmental Protection Area (APA), located in Coqueiral, southern Minas Gerais. We aimed at evaluating the degree of forest fragmentation in the study area, based on Landscape Ecology metrics and principles. We measured parameters such as fragment area, perimeter and shape, and developed landscape simulation models in order to provide future scenarios of ecological restoration, and compare them with the current situation of the landscape. The analysis of current land-use and cover was carried out in using geographical information systems and remote sensing techniques, whereas landscape structure analysis was performed using Fragstats. Thematic maps were developed using a SPOT 5 (SPOTMAP) satellite image. Landscape analysis was performed using landscape metrics derived from a land use map and from a natural vegetation map of the area. We used a 1 meter buffer map, a 5 meters buffer and the restoration of permanent preservation areas (APP) for simulations. The landscape structure analysis shows that the landscape is dominated by agropastoral activities with an area of 4273.13 ha (62.49%). The landscape presented 704 patches. The patch size average and the patch density of semideciduous forest were: AREA\_MN = 6.96; PD = 2.06 patch/100ha. Land-use classes show more complex forms with a value higher than 2 in all classes. Pasture had the lower isolation values (21.02 m). Natural vegetation is represented by 360 patches and 137 of them are smaller than 1 ha. The simulations show that the area of vegetation increases from 1943.13 (natural vegetation) to 2299.02 (Vegetation/APP). The patch size average increased from 7.66 to 15.75 to natural vegetation. The Vegetation/APP simulated landscape shows the lowest value of average shape (1.93), with forms simpler and less susceptible to edge effect. The isolation values did not show much difference in simulations 38.9 (natural vegetation) 40.64 (buffer 1m), 42.89 (buffer 5m) and 39.75 (Vegetation/APP). The connectivity index for all simulations was above 99%. These data are relevant for decision making and environmental planning of the Coqueiral Protection Area, allowing indication of priority areas for conservation.

Keywords: Landscape ecology. Forest fragmentation. Landscape metrics. Geographic information systems.

## 1 INTRODUÇÃO

A fragmentação de habitats aumentou exponencialmente no Brasil a partir de 1970 (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), afetando diretamente a biodiversidade de vários biomas brasileiros (TABARELLI; GASCON, 2005). A Mata Atlântica é, provavelmente, o bioma mais degradado, quando comparado com as demais florestas tropicais (METZGER, 2009).

Segundo Primack e Rodrigues (2001) restam apenas 5% da floresta original, que se encontra dividida em pequenos fragmentos isolados que não oferecem suporte à população de muitas espécies de ocorrência extensa. No entanto, esses dados sobre a Mata Atlântica brasileira são contraditórios, uma vez que diversos autores quantificam os remanescentes de forma diferenciada (PRIMACK; RODRIGUES, 2001; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2010; METZGER, 2009). Um estudo mais recente mostra que os remanescentes desse bioma totalizam 11,7%, provavelmente porque consideram os fragmentos florestais menores que 50 ha e, também, a vegetação secundária (RIBEIRO et al., 2009), dados não inseridos em estudos anteriores.

O efeito negativo do desmatamento das florestas tropicais é um fato alarmante, pois causa profundas modificações em seus ecossistemas (BIERREGARD et al., 1992). Como principais consequências da fragmentação estão os efeitos de borda que, segundo Forman e Godron (1986), constituem a modificação na abundância relativa e na composição de espécies na parte marginal de um fragmento; a perda de hábitat; as alterações nas interações ecológicas e nos processos reprodutivos de várias espécies; o isolamento das formações vegetais; o aumento da predação e da competição; a perda de micro-habitats; a extinção de espécies e a perda de biodiversidade (BIERREGAARD et al., 1992; PRIMACK; 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 hábitat é reduzida em tamanho e dividida em dois ou mais fragmentos separados por um entorno ou ‘matriz’ de habitats diferentes do original (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007). Nestes casos, 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).

O tamanho dos remanescentes de vegetação nativa está relacionado ao tamanho das populações de animais e plantas de determinada região e, portanto, influencia a probabilidade de extinção de espécies (MARTENSEN; PIMENTEL; METZGER, 2008). Normalmente, o tamanho do fragmento é o indicador mais significativo de riqueza para todas as espécies, e a conectividade é considerada apenas um indicador secundário. No entanto, a conectividade passa a ser mais importante quando pequenos fragmentos estão situados perto de fragmentos maiores (METZGER, 2000) ou quando a interpermeabilidade da matriz é alta (MARTENSEN; PIMENTEL; METZGER, 2008).

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; VIEIRA, 2007). A conectividade 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; PIMENTEL; METZGER, 2008).

Neste sentido, a Ecologia de paisagens vem se tornando uma das alternativas mais eficazes para lidar com problemas ambientais, pois ela adota uma perspectiva para propor soluções considerando as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo, assim, o homem no seu sistema de análise. Nessa perspectiva, argumenta-se que esta área do conhecimento contribui para a obtenção de soluções às questões ambientais atuais em vista de que atua na escala do ambiente que está sendo alterada pelo homem (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 o uso de métricas de paisagem uma ferramenta importante nestas análises (MCGARIGAL; MARKS, 1995; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007). Por meio de técnicas de SIG é possível calcular esses índices espaciais, que são capazes de descrever o nível de uniformidade ou fragmentação da paisagem. Esse tipo de análise é muito importante para estudos relacionados à biodiversidade e aos habitats naturais e, portanto, os SIGs vêm se tornando fundamentais para pesquisadores da área ambiental.

Neste contexto, torna-se importante destacar que vários estudos sobre a Mata Atlântica foi realizado no estado de São Paulo ou abrangendo a extensão total desse bioma (DIXO; METZGER, 2009; RIBEIRO et al., 2009; METZGER, 2008; LINDBORG; ERIKSSON, 2004; METZGER, 2000; MARTENSEN; PIMENTEL; METZGER, 2008; UMETSU; METZGER; PARDINI, 2008; JORGE; GARCIA, 1997). Poucos são os trabalhos realizados nos demais estados (CABACINHA; CASTRO; GONÇALVES, 2010; CALEGARI et al., 2010; CARVALHO; MARCO-JÚNIOR; FERREIRA, 2009; CEMIN; PERICO; REMPEL, 2009), como é o caso de Minas Gerais.



Estudos relacionados à estrutura da paisagem para dar suporte ao entendimento de padrões e processos fundamentais para diversos organismos são escassos. Existe também a necessidade de mais pesquisas em escalas locais, pois cada local terá uma característica diferenciada da paisagem. É preciso conhecer mais acerca das relações ecológicas da paisagem nessas regiões para agir com maior eficácia na sua gestão e conservação. Poucos estudos têm caracterizado a conectividade e o tamanho dos fragmentos em escalas locais nos ecossistemas tropicais (METZGER, 2008; LINDBORG; ERIKSSON, 2004). Informação sobre os efeitos da estrutura da paisagem sobre as comunidades tropicais é escassa, abrangendo apenas 14% dos trabalhos publicados (METZGER, 2008). A maioria desses estudos desenvolvidos trabalha apenas com fragmentos maiores que 50 hectares (DIXO; METZGER, 2009; CARVALHO; MARCO-JÚNIOR; FERREIRA, 2009; METZGER, 2009; RIBEIRO et al., 2009); poucos estudos trabalham com fragmentos menores.

Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de analisar a estrutura da paisagem na APA Coqueiral, avaliando a importância dos fragmentos menores que 5 hectares para a conectividade da paisagem, uma vez que ela é composta, em sua maioria, por esta classe de tamanho de fragmentos, bem como, avaliar a fragmentação florestal da área de estudos, a partir de métricas e princípios da Ecologia de paisagens, mensurando parâmetros como: área, perímetro e forma dos fragmentos; Aplicar o índice de conectividade e de isolamento dos fragmentos avaliando a estrutura da paisagem e a importância dos menores fragmentos para a paisagem; Elaborar modelos de simulação da paisagem, no intuito de fornecer cenários futuros de restauração ecológica, e compará-los com a situação atual da paisagem.

Nesse sentido, com este trabalho, busca-se responder às seguintes questões: (i) a vegetação natural na área de estudo encontra-se alocada em fragmentos excessivamente pequenos (menores que 5 hectares)? (ii) a presença

de fragmentos pequenos diminui o isolamento médio da paisagem? (iii) qual a importância dos fragmentos menores para a conectividade da paisagem? (iv) simulações em paisagens fragmentadas podem fornecer subsídios para conservação ambiental?

O planejamento da paisagem verificando suas condições, avaliando a conectividade entre os diversos fragmentos e assegurando a sua porosidade ao possibilitar o fluxo gênico das espécies como um todo é de grande importância e uma das medidas mais urgentes para a conservação destes fragmentos.

As áreas de proteção ambiental (APAs) disciplinam as atividades humanas de forma a proporcionar o uso sustentável dos recursos naturais e a qualidade ambiental para as comunidades locais, por meio de planos de manejo e zoneamento, incluindo áreas de proteção integral da vida silvestre (RYLANDS; BRANDON, 2005).

Sendo assim, este trabalho reveste-se de grande importância por fornecer subsídios para futuras pesquisas na APA Coqueiral por meio da caracterização da estrutura dos remanescentes de vegetação natural da região.

Além disso, esta análise é fundamental para a elaboração de planos de manejo ambiental em bases sustentáveis que visem à ampliação da diversidade paisagística, melhorando a qualidade ambiental e gerando impactos socioeconômicos positivos.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Configuração da paisagem

À partir do mapa de cobertura do solo (capítulo 2), a configuração da paisagem foi computada por meio de índices de paisagem e calculados utilizando o software FRAGSTAS 3.3 (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Foram utilizadas quatro configurações métricas: área, densidade, forma, proximidade e isolamento (RIBEIRO et al., 2009; CARVALHO; MARCO-JÚNIOR; FERREIRA, 2009; TONIAL, 2003) (Tabelas 9 e 10):

Tabela 9 Variáveis e abreviaturas utilizadas nas fórmulas de métricas computadas neste estudo

Variáveis	Definição
$A$	Área total da paisagem (ha).
$a_{ij}$	Área (ha) do fragmento $ij$ . $I$ refere-se ao tipo de fragmento (classe) e $j$ ao número de fragmentos na paisagem.
$a_{ijs}$	Distância (m) entre dois fragmentos, com base na distância de borda a borda dos fragmentos, e calculado a partir do centro de um pixel ao centro de outro pixel.
$e_{ik}$	Extensão total da borda (m) na paisagem entre os tipos de fragmentos $i$ e $k$ .
$h_{ij}$	Distância (m) do fragmento $ij$ ao fragmento mais próximo de mesmo tipo de habitat (classe), baseado na distância de borda a borda e computado de centro de célula (pixel) a centro de célula (pixel).
$h_{ijr}$	Distância entre as células (pixels) $ijr$ (localizadas dentro do fragmento $ij$ ) e o centróide do fragmento $ij$ , baseado na distância de centro de célula (pixel) a centro de célula (pixel).
$n_{ij}$	Número de fragmentos de um determinado tipo de habitat (classe) $i$ na paisagem.
$P_i$	Proporção da paisagem ocupada por fragmentos de uma determinada classe ( $i$ ).
$p_{ij}$	Perímetro do fragmento $ij$ medido em número, de superfícies de célula (pixel).
$x_{ij}$	Representa a métrica que será calculada na fórmula de média, área ponderada média, desvio padrão e coeficiente de variação.
$Z$	Número de células (pixels) no fragmento $ij$ .

Fonte: McGarigal e Marks (1995)

Tabela 10 Índices de Ecologia de paisagens gerados pelo software FRAGSTATS (versão 3.3) para quantificação da estrutura da paisagem

Índices	Fórmula	Sigla e intervalo (unidade)	Significado
Área da classe (CA)	$CA = \sum_{j=1}^n a_{tj} \left( \frac{1}{10000} \right)$	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)	$PLAND = P_i \frac{\sum_{j=1}^n a_{tj}}{A}$	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)	$NP = n_j$	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)	$PD = \frac{n_j}{A} (10000)(100)$	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)	$LPI = \frac{\max(a_{tj})}{A(100)}$	0<LPI<100 (%)	Maior valor favorece dispersores, polinizadores e dispersão de propágulos, abastecendo fragmentos menores.
Área média dos fragmentos (AREA_MN)	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{tj}}{n_j} \left( \frac{1}{10000} \right)$	AREA_MN>0 (ha)	Indicativo do grau de fragmentação por função do número de fragmentos e da área total ocupada por determinada classe.

Tabela 10, continuação

<p><b>Índice de forma médio (SHAPE_MN)</b></p>	$SHAPE = \frac{P_{ij}}{mnp_{ij}}, MN = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{ni}$	<p>SHAPE_MN ≥ 1 (adimensional)</p>	<p>Valor menor indica fragmento de forma simples, o que é benéfico para a conservação.</p>
<p><b>Distância média vizinho mais próximo (ENN_MN)</b></p>	$ENN = h_{ij}, MN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n^2}$	<p>ENN_MN ≥ 0 (m)</p>	<p>Valor menor favorece para a aglutinação dos fragmentos</p>
<p><b>Conectividade estrutural (COHESION)</b></p>	$COHESION = \left[ 1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{A_{ij}}} \right] \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right]^2 (100)$	<p>0 ≤ COHESION &lt; 100 (%)</p>	<p>Valores de COHESION próximos de zero indicam que a classe está subdividida e menos conectada fisicamente, enquanto valores próximos de 100% indicam maior agregação e, portanto, menos isolamento dos fragmentos.</p>

Fonte: McGarigal e Marks (1995)

## 2.2 Análise da cobertura florestal

O mapa temático de cobertura do solo foi dividido em duas classes: áreas ocupadas por fragmentos de vegetação e áreas ocupadas com outros usos.

A análise da cobertura florestal na área foi computada por meio de índices de paisagem, calculados pelo software FRAGSTAS 3.3 (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Foram utilizadas seis configurações métricas: área, densidade, forma, proximidade e isolamento e conectividade (RIBEIRO et al., 2009; CARVALHO; MARCO-JÚNIOR; FERREIRA, 2009; TONIAL, 2003) (Tabela 10).

Para avaliar o tamanho dos fragmentos da paisagem, os fragmentos de vegetação foram divididos em classes de diferentes tamanhos. As classes estabelecidas foram:  $\leq 1$ ; 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-10; 10-50; 50-100;  $>100$  hectares. As classes foram divididas dessa maneira, pois os fragmentos da área, em sua maioria, são muito pequenos.

O índice de isolamento da paisagem foi calculado a partir da retirada dos pequenos fragmentos, de acordo com as classes de tamanho, já estabelecidas. A primeira categoria (categoria 1) se refere à paisagem com todos os fragmentos; a categoria 2 é o cálculo com a ausência dos fragmentos com até 1 ha; a categoria 3, com a ausência dos fragmentos com até 2 ha; a categoria 4, com a ausência dos fragmentos com até 3 ha; e assim sucessivamente até a categoria 9, com a ausência dos fragmentos com até 100 ha.

## 2.3 Modelos de simulação da paisagem

Para este estudo foram realizadas três simulações da fragmentação florestal para efeito de comparação com a vegetação natural (VN) da área, com a finalidade de checar a diferença nos padrões da paisagem para os diferentes

cenários e verificar se a ampliação das áreas naturais existentes acarretaria em modificações na estrutura da paisagem.

Na primeira simulação (VB1) foi criado um *buffer* de um 1 metro ao redor dos fragmentos florestais. Para a segunda simulação (VB5), foi criado um *buffer* de 5 metros ao redor de todos os fragmentos florestais. Para a terceira simulação (VA), foi feito um cruzamento entre as áreas de preservação permanente existentes na área APA e a vegetação natural, recompondo com vegetação natural as APPs não preservadas.

Em todos os cenários foram criadas duas categorias temáticas divididas em: área ocupada por vegetação natural e área não ocupada. Foram também computadas para cada cenário as métricas de paisagem, sendo utilizados os mesmos parâmetros da cobertura florestal: área, densidade, forma, proximidade e isolamento e conectividade dos fragmentos para cada paisagem.

As simulações foram escolhidas devido ao número de pequenos fragmentos existentes na área de estudo.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Análise da fragmentação da paisagem**

##### **3.1.1 Classe de uso da terra**

Por meio da avaliação dos índices de paisagem foi possível observar que a paisagem é dominada por atividades agropastoris (pastagem, cafeicultura, outras culturas e reflorestamento), com área de 4273,13 ha (CA), ocupando 62,49% (PLAND) da área total, como mostrado na Tabela 11. Isso também pode ser comprovado quando analisado o índice de porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento (LPI), que mostra que a classe pastagem ocupa 17,99%, enquanto a classe floresta estacional semidecidual é representada por apenas 2,45%. Outra classe que ocupa uma quantidade semelhante à de mata é a classe corpo d'água com 2,95% da paisagem. Isso ocorre porque a represa de Furnas ocupa grande parte dessa classe. Resultados semelhantes foram encontrados por Tonial (2003), com 47,19% para área de pastagem e Valente (2001), que quantificou entre 2% e 4% de vegetação nativa na área de estudo, em uma região do estado de São Paulo. As outras classes de uso não apresentaram resultados significativos. Dessa forma, esses resultados corroboram para aferir que a paisagem da APA é dominada por atividades agrícolas.

De acordo com os valores obtidos com o índice de número de fragmentos (NP), foi possível verificar que a paisagem é constituída por um total de 704 manchas distribuídas entre as diferentes classes de uso da terra. As classes que mais se destacaram com maior número de fragmentos foram a floresta estacional semidecidual, com 265 manchas e a pastagem, com 130. Apesar de a classe mata apresentar um número de fragmentos maior do que a



pastagem pode-se inferir que, com base na área ocupada, a classe floresta estacional semidecidual está distribuída em manchas menores, não sendo a classe dominante, pois a área de pastagem é maior que a de floresta.

As classes outras culturas e café também se mostraram significativas no número de manchas (NP), com 102 e 83 manchas, respectivamente. Esse resultado corrobora a noção de que a paisagem tem predominância agrícola e, portanto, pode ser considerada bastante fragmentada, o que, segundo Tabarelli e Gascon (2005), diminui a sua biodiversidade. A classe de uso Cerrado foi quase inexpressiva, com apenas 13 manchas em toda paisagem, representando uma área de 103,72 ha.

O tamanho médio das manchas (AREA\_MN) é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação em função do número de fragmentos e da área total ocupada por vegetação natural (MACGARIGAL; MARKS, 2002). Quando é avaliado juntamente com a densidade de fragmentos (PD), permite o entendimento de diferentes aspectos da estrutura de uma paisagem, dentre eles a fragmentação florestal. Dessa maneira pode-se começar a ter um perfil do grau de fragmentação florestal da paisagem avaliada.

As classes de uso que apresentam os menores tamanhos médios (AREA\_MN) são as que apresentam a maior densidade de fragmentos (PD). São elas: pastagem (AREA\_MN = 25,99; PD = 1,01 fragmentos/100 ha) e floresta estacional semidecidual (AREA\_MN = 6,96; PD = 2,06 fragmentos/100 ha) (Tabela 10). Com base neste resultado é possível aferir que a paisagem em estudo está bastante fragmentada. As outras classes de uso da terra não obtiveram resultados.

Tabela 11 Valores dos índices de paisagem para as classes de uso e ocupação da terra

Usos da terra/variáveis								
<b>Classes</b>	<b>CA (ha)</b>	<b>PLAND(%)</b>	<b>NP</b>	<b>PD</b>	<b>LPI(%)</b>	<b>AREA_MN</b>	<b>SHAPE_MN</b>	<b>ENN_MN</b>
<b>Corpos d'água</b>	387,56	5,66	26	0	2,95	14,91	1,00	545,77
<b>Pastagem</b>	3378,96	49,42	130	1,01	17,99	25,99	16,15	21,02
<b>Floresta Estacional Semidecidual</b>	1844,01	26,97	265	2,06	2,45	6,96	6,11	38,24
<b>Outras culturas</b>	50,87	0,74	102	0	0	0	1,84	280,78
<b>Café</b>	776,17	11,35	83	0	0	9,35	2,26	184,20
<b>Outros usos</b>	52,46	0,76	25	0	0	2,1	1,88	489,12
<b>Reflorestamento</b>	67,13	0,98	26	0	0	2,58	2,37	398,8
<b>Cerrado</b>	103,72	1,51	13	0	0	7,98	2,92	492,84
<b>Rocha exposta</b>	175,29	2,56	34	0	0	5,16	2,92	168,98

O valor de densidade de manchas foi semelhante aos encontrados por Oliveira (2000), na avaliação de uma paisagem com Floresta Atlântica Semidecidual, altamente fragmentada, que encontrou densidade de fragmentos de 3,3 fragmentos/100 ha, para fragmentos com tamanho médio de 1,7 ha, e por Valente (2001), em paisagens de bacias hidrográficas. Esta mesma autora encontrou, para a sua área de estudo, os seguintes resultados: sub-bacias do Médio Corumbataí (AREA\_MN = 2,1 ha; PD = 3,35 fragmentos/100 ha); do Baixo Corumbataí (AREA\_MN = 3,2 ha; PD = 2,88 fragmentos/100ha) e do Ribeirão Claro (AREA\_MN = 3,5 ha; PD = 2,48 fragmentos/100ha).

Os valores de índice de forma (SHAPE\_MN) mostram que a paisagem deste estudo apresenta manchas de formas mais complexas, irregulares, o que é evidenciado pelo valor encontrado para os diferentes tipos de classes de uso. MacGarigal e Maks (1995) afirmam que manchas com valores mais distantes de 1 são considerados irregulares. A classe de uso que apresentou a maior irregularidade de fragmentos foi floresta estacional semidecidual, com 2,23 (Tabela 11). A classe cerrado também apresentou alto índice de forma, com 1,95. As classes que apresentaram formas simples, com manchas regulares, foram Corpos D'água e Outras Culturas. As demais classes de uso também apresentaram manchas de formas mais complexas, com resultados superiores a 2. Resultados semelhantes foram encontrados por Tonial (2003), com 2,40 para a mesma classe. Resultados distintos foram encontrados por Calegari et al. (2010), que mostraram fragmentos mais próximos às formas simples. Manchas com formas mais complexas indicam elevado nível de perturbação, uma vez que se tem aumento da área sujeita ao efeito de borda (NASCIMENTO et al., 2006), em função da sua maior interação com a matriz.

A distância média do vizinho mais próximo (ENN\_MN) apresentou valores diversificados (Tabela 11) para as diferentes classes de uso da terra. As classes que apresentaram os menores valores foram pastagem, com 21,02 m e

floresta estacional semidecidual, com 38,24 m, o que mostra que as manchas dessas classes estão bastante aglutinadas. A classe de vegetação cerrado apresentou valor de ENN\_MN bastante elevado, com 492,84 m, devido ao fato de esta classe apresentar um baixo número de fragmentos (13). De acordo com Almeida (2008), distâncias de 60, 120, 200 e >200 m são classificadas como de baixo, médio, alto e muito alto isolamento, respectivamente. Dessa forma, de acordo com essa classificação, a paisagem deste estudo demonstrou isolamento baixo para as classes de floresta estacional semidecidual e pastagem, e muito alto para as demais classes de uso.

Resultados distintos foram encontrados por Calegari et al. (2010), Basile (2006) e Tonial (2003), para área de vegetação natural, com distâncias 244,5; 410 e 119 m, respectivamente. Outros resultados semelhantes para área de Cerrado foram encontrados por Valente (2001), com valor 156,65 m.

Este resultado indica menor comprometimento da classe floresta estacional semidecidual, por demonstrar uma pequena distância entre os fragmentos desta classe e maior capacidade de colonização de espécies em direção a fragmentos de mata, ajudando, assim, o fluxo gênico desta área (TABARELLI; GASCON, 2005).

### **3.1.2 Vegetação natural**

Por meio das análises dos índices de paisagem foi possível avaliar o grau de fragmentação encontrado na vegetação natural (Figura 13). Como é possível observar na Tabela 12, o número de fragmentos (NP) diminuiu de 265, quando avaliada a paisagem como um todo, para 254, quando avaliada a classe de vegetação natural. Isso ocorreu devido à junção da classe floresta estacional semidecidual e cerrado, pois alguns fragmentos acabam unindo-se e formando um único fragmento. O que é possível observar também é que, diferente da

quantidade de fragmentos, a área (CA) desta classe aumentou, passando de 1.844,01 para 1.948,13. Esse fato se deve, também, à junção das duas classes de uso (cerrado e floresta estacional semidecidual). 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 este índice é a base para o cálculo de outras métricas.

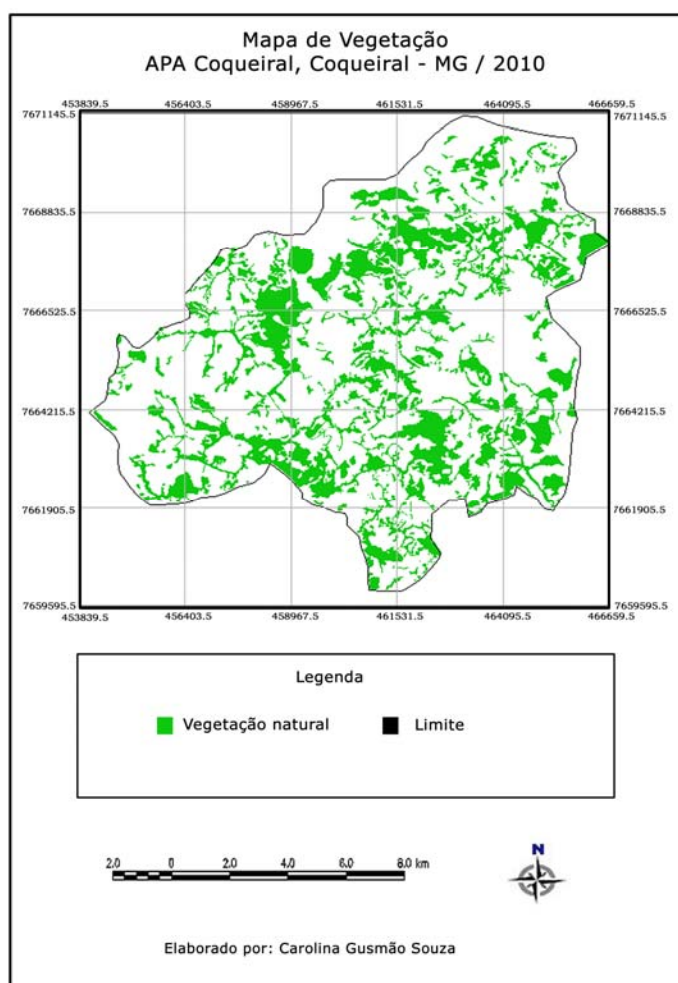


Figura 13 Mapa de vegetação natural (floresta estacional semidecidual e cerrado) da APA Coqueiral - 2010

A porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento (LPI) ficou em 2,47%. Calegari et al. (2010), em um município de Minas Gerais, encontraram resultados semelhantes, quando avaliada a classe vegetação natural, com 1,55%. De acordo com Tonial (2003), fatores como o número de fragmentos de áreas naturais na paisagem, o tamanho reduzido dos fragmentos, a falta de corredores para conectar estas áreas e a estrutura fundiária são os principais fatores que limitam a sustentabilidade ambiental das mesmas.

Tabela 12 Valores dos índices de paisagem para vegetação natural

<b>Classe de vegetação natural</b>	
<b>Variáveis</b>	<b>Valores</b>
<b>CA (ha)</b>	1948,13
<b>PLAND (%)</b>	28,49
<b>NP</b>	254
<b>PD</b>	1,99
<b>LPI (%)</b>	2,47
<b>AREA_MN</b>	7,66
<b>SHAPE_MN</b>	2,27
<b>ENN_MN (m)</b>	38,9
<b>COHESION</b>	99,67

Analisando-se os resultados do Gráfico 3 pode-se verificar que os fragmentos de vegetação da APA, em sua maioria, são muito pequenos. De um total de 360, 137 são menores que 1 hectare e 70 são menores que 2 ha, o que representa quase 58% dos fragmentos, mais da metade do total de fragmentos. Cerca de 75% da paisagem é composta por fragmentos menores que 5 ha (Tabela 13). É notório o quanto estes fragmentos são importantes para a paisagem, uma vez que se eles não existissem praticamente a vegetação da área estaria extinguida, o que comprometeria a biodiversidade local. Outro dado importante é que os fragmentos entre 5 e 50 hectares ocupam 23,39% do total de fragmentos da área. Apenas 4 fragmentos na paisagem são maiores que 50 ha, o

que representa apenas 1,10% da área total de fragmentos de vegetação. Estes resultados são importantes para mostrar que os fragmentos pequenos são fundamentais na paisagem da APA, uma vez que são eles que proporcionam a manutenção da biodiversidade nesta área.

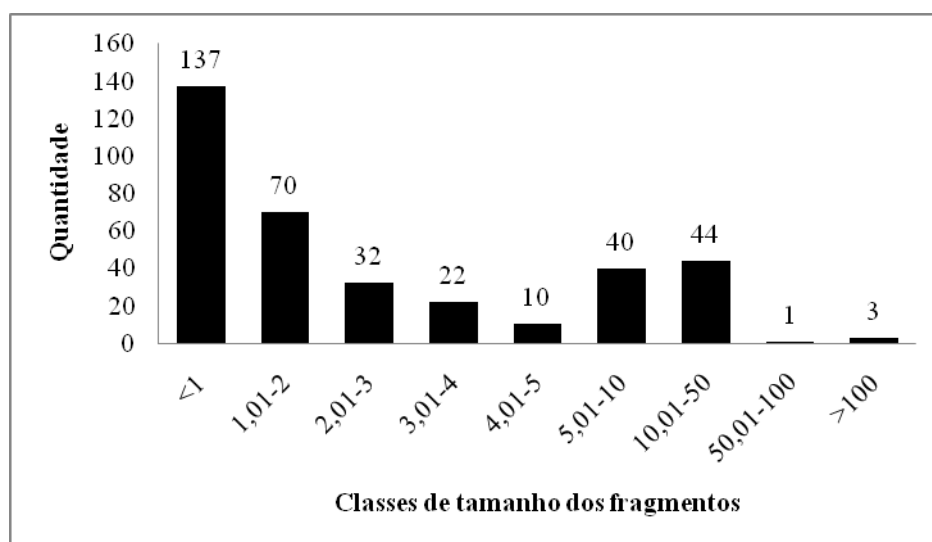


Gráfico 3 Número de fragmentos de vegetação natural por classe de tamanho

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).

Tabela 13 Porcentagem de fragmentos por classe de tamanho

<b>Fragmentos</b>	
<b>Classes</b>	<b>%</b>
<1	38,16
<b>1,01 - 2</b>	19,49
<b>2,01 - 3</b>	8,91
<b>3,01 - 4</b>	6,12
<b>4,01 - 5</b>	2,78
<b>5,01 - 10</b>	11,14
<b>10,01 - 50</b>	12,25
<b>50,01 - 100</b>	0,27
<b>&gt;100</b>	0,83

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, em uma área de Floresta Atlântica, 48% dos fragmentos apresentaram área menor que 10 ha e somente 7% desses tinham área maior que 100 ha. 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.

As paisagens que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmentos devem ser consideradas como as mais fragmentadas (MCGARIGAL; MAKES, 2002). O tamanho médio do fragmento (AREA\_MN) (Tabela 11) para a classe de vegetação natural foi de 7,66 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. Este índice obtido foi de 1,99 (fragmentos/100 ha). Alguns autores encontraram resultados similares em seus estudos, entre 1 e 2 (TONIAL, 2003) e 3,3 (OLIVEIRA, 2000), o que corrobora para aferir 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 acaba tendo que escolher as melhores áreas para o plantio, as quais, na maioria



das vezes, não são próximas umas das outras, o que acaba promovendo esse padrão de distribuição espacial.

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 estariam sujeitas ao efeito de borda (RODRIGUES, 1993).

Para o índice de forma (SHAPE\_MN), foi encontrado o valor de 2,27 (Tabela 12), o que demonstra uma paisagem com formas complexas e irregulares (MCGARIGAL; 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 susceptíveis a apresentar maior efeito de borda, principalmente àqueles de menor área, em função da sua maior interação com a matriz (CEMIM et al. 2009). Com o aumento do efeito de borda, tem-se, proporcionalmente, a diminuição da área nuclear desses fragmentos, o que em curto, médio ou longo espaço de tempo poderá influenciar a qualidade estrutural desses ecossistemas (VALENTE, 2001).

Para análise de isolamento e proximidade, foi utilizado o índice do vizinho mais próximo (ENN\_MN) (Tabela 12) no qual foi obtido um valor de 38,9 m, no qual é possível verificar que os fragmentos estão bastante próximos, o que diminui o isolamento médio da paisagem, uma vez que, segundo Almeida (2008), distâncias entre fragmentos menores que 60 m são classificadas como baixo isolamento. Para esta mesma autora, fragmentos distantes menos de 100 m podem ser considerados como “não muito isolados”, mas pode ser considerada uma distância limitante para algumas espécies. Awade e Metzger (2008) mostraram, em um trabalho realizado na Mata Atlântica, que algumas espécies

de aves de sub-bosque evitam cruzar áreas abertas com distâncias superiores a 40 m.

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. Em contrapartida, em outros trabalhos realizados por autores como Calegari et al. (2010) e Rempel et al. (2009), também em regiões do RS, para área de mata estacional, foram encontradas distâncias com 244,50 m, entre 72,00 e 83,00 m, respectivamente, o que demonstra serem áreas com o grau de isolamento variando de muito alto a médio.

Por meio da análise de retirada dos pequenos fragmentos (Gráfico 4), foi possível verificar que o isolamento médio da paisagem aumentou à medida que fragmentos menores foram sendo retirados. Nota-se que a vegetação natural com a presença de todos os fragmentos tem um isolamento de 38,9 m, enquanto que com a retirada na categoria 2 esse valor sobe pra 65,7 m, passando de baixo para médio isolamento médio (ALMEIDA, 2008). Quando os fragmentos com até 5 ha foram retirados, a paisagem passou a apresentar isolamento de mais 100 m. Nesse sentido, é possível afirmar que, para a paisagem da APA, os fragmentos até 10 ha são fundamentais em termos de conectividade estrutural, pois podem ser considerados como pontos de ligação (*stepping stones*), ou como corredores de vegetação para auxiliar na movimentação das espécies. Também foi possível observar que há uma diferença discrepante quando os fragmentos da categoria 8 foram removidos, pois o isolamento passou para 666,24 m, o que coloca 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.

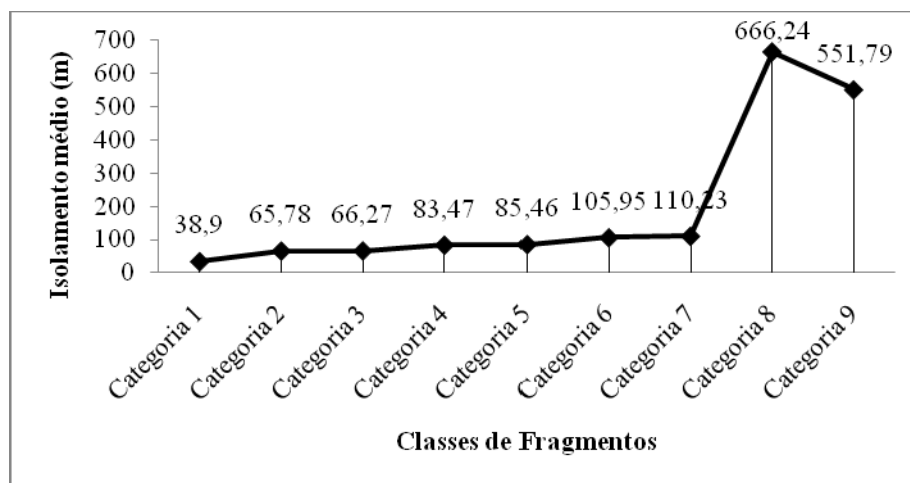


Gráfico 4 Índice de isolamento a partir da retirada dos pequenos fragmentos. Categoria 1 (com todos os fragmentos); categoria 2 (- 0-1ha); categoria 3 (- 1-2ha); categoria 4 (- 2-3ha); categoria 5 (-3-4ha); categoria 6 (- 4-5ha); categoria 7 (- 5-10ha) categoria 8 (- 10-50ha); categoria 9 (- 50-100ha)

Ribeiro et al. (2009) relataram resultados semelhantes em um estudo desenvolvido no bioma Mata Atlântica, ou seja, a retirada dos menores fragmentos também aumentou o isolamento médio da paisagem. Pequenos fragmentos podem desempenhar papel importante no movimento dos animais nas paisagens, ou podem funcionar como trampolins, ou redes de formação de áreas funcionalmente ligadas, o que pode permitir a persistência de espécies em paisagens antropizadas. Eles também podem atuar como fontes estáveis de sementes e indivíduos (RIBEIRO et al., 2009).

O grau de isolamento afeta diretamente a qualidade de um fragmento de mata, por influenciar a movimentação de organismos e a dispersão das espécies. A conectividade da paisagem possivelmente explica que a área do fragmento é um fator importante na qualidade de riqueza abundância e composição de espécies (MARTENSEN et al., 2008). Quanto maior for o grau de isolamento de um fragmento, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que

podem chegar a ocupar todo o remanescente (JARVINEN, 1982). Para calcular a conectividade dos fragmentos foi utilizado o índice COHESION (Tabela 12), 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, obteve 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). De acordo com o mesmo autor, o isolamento dos fragmentos promove influência negativa na riqueza de espécies ao diminuir a taxa de migração.

### **3.1.3 Modelos de simulações da paisagem**

A modelagem por meio dos Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto são importantes pela possibilidade de reconstruir o sistema investigado e prever o seu comportamento, transformações e tendências (CHRISTOFOLETTI, 1999). Os modelos de simulação apresentaram resultados ecologicamente favoráveis, pois viabilizam verificar padrões para situações futuras, que podem melhorar a paisagem.

Por meio das simulações realizadas foi possível observar mudanças na paisagem florestal da APA Coqueiral. No Gráfico 5 verifica-se que houve um aumento da área de vegetação (CA) para as diferentes paisagens, em comparação com a vegetação natural. Todos os cenários apresentaram aumento na área ocupada pela classe. A classe que teve maior aumento foi a VA, com 2.299,02 ha, o que dá um acréscimo de um pouco mais de 5% na área total da classe na paisagem (PLAND), como pode ser observado Gráfico 6 (PLAND). Com este resultado verifica-se 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 pedido no Código Florestal, Costa (2000) afirma que o Código pode ter evitado a retirada total da vegetação, mas favoreceu a fragmentação das inúmeras propriedades rurais, à medida que priorizava a proteção das APPs e da reserva legal.

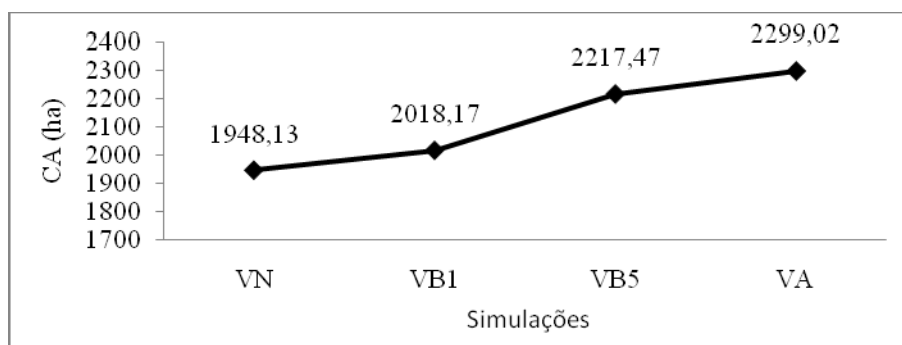


Gráfico 5 Área ocupada pela classe, em hectares (CA), para as diferentes paisagens

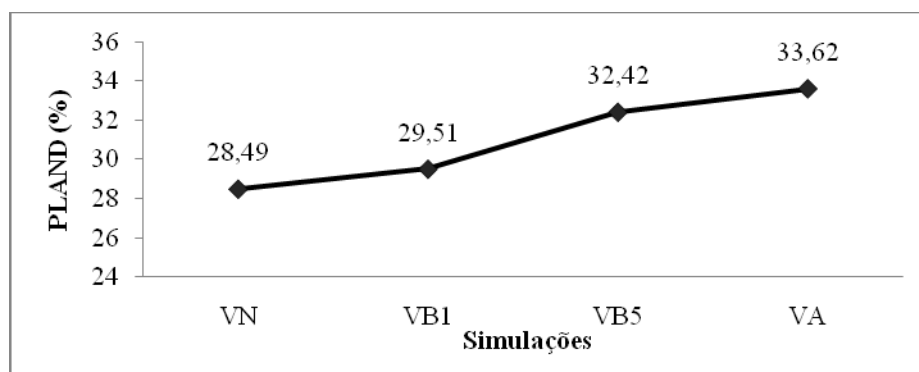


Gráfico 6 Porcentagem da classe ocupada na paisagem (PLAND) para as diferentes paisagens

A paisagem de vegetação natural 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

14). Isso ocorre porque os fragmentos se tornaram maiores e acabaram unindo-se a outros e pode ser observado quando se avaliou o índice de maior fragmento (LPI), que passou de 2,47, na área VN, para 16,14 na área VA (Tabela 14) e quando verificado o índice de CA (Gráfico 5), pelo qual as paisagens aumentaram de tamanho. É notório que estes índices vão aumentando à medida que o número de fragmentos diminui o que permite concluir que as áreas dos fragmentos se tornam maiores.

Tabela 14 Índices de números de fragmentos (NP) e de maior fragmento da classe (LPI), para cada simulação da paisagem

<b>Variáveis</b>		
<b>Classes</b>	<b>NP</b>	<b>LPI</b>
<b>VN</b>	254	2,47
<b>VB1</b>	234	2,61
<b>VB5</b>	190	6,30
<b>VA</b>	146	16,14

O tamanho médio dos fragmentos (AREA\_MN) para os cenários criados aumentou em relação à VN. O maior aumento foi na simulação VA, que passou de 7,66 para 15,75 (Tabela 15). Como este índice pode ser considerado um bom indicativo do grau de fragmentação de uma área, pode-se afirmar que a paisagem mais fragmentada é a VN, uma vez que aquelas que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmento devem ser consideradas como as mais fragmentadas (MCGARIGAL; MAKES, 1995). Avaliando este índice, juntamente com a densidade de fragmentos (PD), é possível ver que este índice é maior à medida que a AREA\_MN diminui (Tabela 15). As paisagens que apresentam os menores tamanhos médios (AREA\_MN) são aquelas com maior densidade de fragmentos. São 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 paisagens.

Tabela 15 Índices de tamanho médio dos fragmentos (AREA\_MN) e densidade de fragmentos (PD) para cada paisagem

<b>Variáveis</b>		
<b>Classes</b>	<b>AREA_MN</b>	<b>PD</b>
<b>VN</b>	7,66	1,99
<b>VB1</b>	8,62	1,84
<b>VB5</b>	11,67	1,49
<b>VA</b>	15,75	1,15

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, o que é evidenciado pelos valores encontrados para as diferentes simulações (VN: 2,27, VB1: 2,25 e VB5: 2,15), como observado no Gráfico 7. A paisagem que apresentou maior irregularidade foi a classe VN. A paisagem VA, com índice computado em 1,93, pode ser considerada como uma paisagem com formas um pouco mais simples, o que demonstra que está menos susceptível a efeitos de borda (FORMAN, 1997), sofrendo menor interação da matriz (CEMIM; PERICO; REMPEL, 2009). Resultados semelhantes foram encontrados por Rempel et al. (2009), em áreas de preservação permanente.

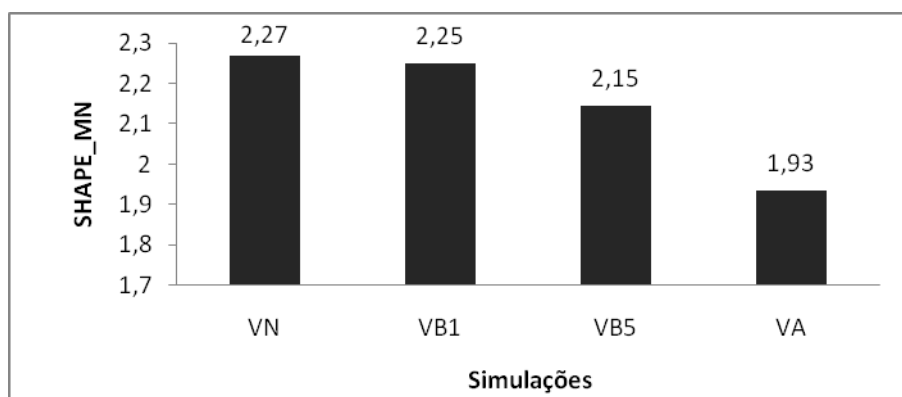


Gráfico 7 Índice de forma (SHAPE\_MN) para as diferentes simulações da paisagem

Para análise de isolamento e proximidade foi utilizado o índice do vizinho mais próximo (ENN\_MN), como verifica-se na Tabela 16. Nesta tabela observa-se um valor de 38,9 m para a paisagem VN; 40,64 para VB1; 42,89 para VB5 e 39,75 para VA. A paisagem com maior proximidade dos fragmentos foi a VN. Mas, para todas as paisagens, foi possível verificar que os fragmentos estão bastante próximos, o que diminui o isolamento médio.

Como já citado anteriormente, fragmentos com distâncias menores que 60 m podem ser classificadas como baixo isolamento. Resultados distintos foram encontrados por Rampel et al. (2009), para uma área de APP, com distância de 82,22m, o que demonstra tratar-se de uma área com o grau de isolamento classificado em médio, enquanto as áreas analisadas deste estudo são classificadas como de isolamento baixo.



Tabela 16 Índice do vizinho mais próximo (ENN\_MN) e de conectividade estrutural (COHESION) para as diferentes simulações

<b>Variáveis</b>		
<b>Classes</b>	<b>ENN_MN</b>	<b>COHESION</b>
<b>VN</b>	38,9	99,67
<b>VB1</b>	40,64	99,69
<b>VB5</b>	42,89	99,83
<b>VA</b>	39,75	99,96

Para calcular a conectividade dos fragmentos foi utilizado o índice COHESION. Pelos dados da Tabela 15 observa-se que os índices praticamente se mantiveram iguais para todas as paisagem, variando de 99,69 (paisagem VB1) a 99,96 (paisagem VA). Cabacinha et al. (2010), em um estudo realizado em no estado de Goiás, relatou resultados semelhantes, com um índice de COHESION de 97,32.

Todas as paisagens demonstraram que, apesar de serem altamente fragmentadas, possuem uma conectividade estrutural (FORRERO-MEDINA; VIEIRA, 2007), sendo ligadas por estruturas físicas (corredores), o que pode ser considerado como favorável para a conservação desses remanescentes e para aumentar a taxa de migração de espécies (METZGER, 1999). De acordo com o mesmo autor, áreas naturais não conectadas apresentam uma influência negativa na riqueza de espécies ao diminuir a taxa de migração.

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 a desequilíbrio presente (RIBEIRO et al., 2009). Por tratar-se de uma unidade de conservação, a regeneração na área foco desta pesquisa deve ser estimulada. Ainda de acordo com RIBEIRO et al. (2009), alternativas práticas de conservação devem ser implementadas para a manutenção dos remanescentes existentes.

#### **4 CONCLUSÃO**

Por meio do mapa de uso e ocupação da terra foi possível caracterizar e quantificar a área dos diferentes tipos de uso, bem como quantificar o número de fragmentos de vegetação natural (floresta estacional semidecidual e cerrado) da APA Coqueiral. Mas, para a caracterização da composição e da configuração dessa vegetação, foram necessários os índices de Ecologia de paisagens. Os grupos de índices que se mostraram eficientes para essa caracterização foram os de área, densidade, tamanho, forma, proximidade e isolamento, e de conectividade.

Na APA Coqueiral ocorre uma alta fragmentação florestal na APA Coqueiral, provocada, principalmente, por atividades agropastoris, sendo que medidas como a conservação dos fragmentos florestais, devem ser tomadas para a melhoria da qualidade ambiental dos fragmentos da região.

As áreas de vegetação de Cerrado apresentarem baixo número de fragmentos (13), esses fragmentos apresentam tamanhos pequenos (menores que 10 hectares), sendo necessário criar uma política, juntamente com as autoridades municipais, de preservação destes remanescentes, bem como os remanescentes de florestas estacionais semidecíduais existentes na APA.

Como a paisagem é composta por fragmentos pequenos, eles devem ser unidos para a formação de fragmentos maiores, por meio da recomposição da vegetação. Isso também acarretará no aumento da área de vegetação natural, das áreas centrais e pode aumentar também a conectividade desses fragmentos.

Os fragmentos da área são considerados de formas complexas (irregulares), sendo assim, para transformá-los em formas mais simples, é necessário realizar a recomposição da vegetação no entorno, para a formação de áreas circulares nas quais o efeito de borda, provavelmente, é menor. Isso também favorecerá o aumento das áreas centrais.

Deve ser realizada a restauração das Áreas de Preservação Permanente, uma vez que os resultados demonstraram que, com a recuperação dessas áreas, a área e a proximidade dos fragmentos se tornam maiores.

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. Seria importante que estes cenários fossem executados, para que efetivamente pudesse assegurar a manutenção da biodiversidade da APA.

## 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.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações geográficas:** aplicadas na agricultura. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 1998.
- 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.
- BASILE, A. **Caracterização estrutural e física de fragmentos florestais no contexto da paisagem da Bacia do Rio Corumbataí, SP.** 2006. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BIERREGAARD, R. O. et al. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, Washington, v. 42, n. 1, p. 859-866, Dec. 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, MG, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- 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, July 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, MG, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo. E. Blucher, 1999.

COSTA, S. S. M. C. **Caracterização ambiental da reserva extrativista Chico Mendes (Acre-Brasil):** subsídios ao plano de manejo. 2000. 165p. 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.

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.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010**. São Paulo: INPE, 2010.

HARRIS, L. D. **The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity**. Chicago: University of Chicago, 1984. 229 p.

JARVINEN, O. Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves? **Oikos**, Buenos Aires, v. 38, n. 3, p. 301-307, May 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, Oct. 1997.

KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 2003. 131f. 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 p. Tese (Doutorado em Floresta) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.
- LINDBORG, R.; ERIKSSON, O. Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. **Ecology**, Durham, v. 85, n. 7, p. 1840-1845, July 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, Oct. 2008.
- 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, Sept. 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. 122p.
- METZGER, J. P. Editorial conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, June 2009.
- 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.
- METZGER, J. P. Landscape ecology: perspectives based on the 2007 IALE world congress. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 23, n. 5, p. 501-504, May 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, Aug. 2000.

NASCIMENTO, M. C. et al. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da Bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do Satélite Ikonos II. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006.

OLIVEIRA, E. M. **Caracterização e qualidade ambiental em dois fragmentos florestais na perspectiva da conservação de *Alouatta guariba* (Humboldt, 1812) no interior do Estado de São Paulo**. 2009. 93p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

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. 103p. 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. 328p.

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, June 2009.

RICOTTA, C. et al. Quantifying the network connectivity of landscape mosaics: a graph-theoretical approach. **Community Ecology**, Budapest, v. 1, n. 1, p. 89-94, 2000.

RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina - PR**. 1993.102p. 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, June 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, Aug. 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, jul. 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.

URBAN, D.; KEITT, T. H. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective. **Ecology**, Durham, v. 82, n. 5, p. 1205-1218, 2001.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 161p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.