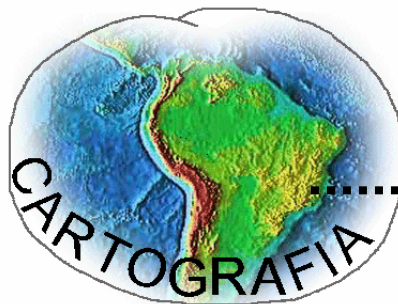


Douglas Felipe Lucas

Análise Espacial dos Fragmentos
Florestais no Município de São
Gonçalo do Rio Abaixo/MG

XIII Curso de Especialização em
Geoprocessamento
2011



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

DOUGLAS FELIPE LUCAS

**ANÁLISE ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE
SAO GONÇALO DO RIO ABAIXO/MG**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Bráulio Magalhães Fonseca

BELO HORIZONTE

2011

L933a Lucas, Douglas Felipe.
2011 Análise espacial dos fragmentos florestais no município de São
Gonçalo do Rio Abaixo/MG [manuscrito] / Douglas Felipe Lucas. – 2011.
x, 45 f. : il. (color.)

Monografia (especialização em Geoprocessamento) – Universidade
Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.
Orientador: Bráulio Magalhães Fonseca.
Bibliografia: f. 39-44.
Inclui anexos.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Ecologia florestal. 3.
Sensoriamento remoto. I. Fonseca, Bráulio Magalhães. II. Universidade
Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 504.54

Dedico

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

A minha família, pelo apoio e compreensão.

Ao meu amigo José Renato Pereira de Jesus, pelo incentivo e confiança.

Agradeço

A Universidade Federal de Minas Gerais, através da Fundação Universitária Mendes Pimentel, pela concessão de bolsa.

A GEOTEC Consultoria e Treinamentos LTDA., pelo apoio logístico.

Ao meu orientador, Professor Bráulio Magalhães Fonseca, pelo aprendizado.

população de uma região. Neste contexto, o mapeamento de fragmentos florestais apresenta-se como subsídio para a preservação e reconstrução ambiental. A aplicação dos índices de Ecologia da Paisagem, através do uso de Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto, permite rápida e eficiente análise da estrutura da paisagem de quais os fragmentos florestais estão inseridos, permitindo a geração de informações essenciais para tomada de decisão no desenvolvimento de planos de conservação e recuperação ambiental. No município de São Cosme do Rio Aratu/MG, a fragmentação florestal é o resultado do uso predatório das reservas naturais ao longo do tempo, conseqüência do processo histórico de ocupação, tornando-se necessário quantificar e analisar as condições da cobertura florestal. Neste contexto, o objetivo desta estudo é analisar e mapear a estrutura da paisagem de São Cosme do Rio Aratu por meio de índices de ecologia da paisagem. A classificação de imagens de satélite RapidEye foi realizada no software SPRING, enquanto o cálculo das métricas de fragmentação foi realizada no software ArcGIS 9.3, por meio da extensão V-I ATE. Num contexto geral, a paisagem florestal do município encontra-se degradada, destacando-se o predatório ocupado pela classe Floresta Secundária Semidecidual (37,5%). No entanto, o grau de fragmentação da

Aluno (a) Douglas Felipe Lucas

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 21 de novembro de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Palavras-chave: Análise Espacial, Ecologia da Paisagem, SIG, SPRING.


Prof(a). Msc. Bráulio Magalhães Fonseca


Prof(a). Dr(a). Marcos Antônio Timbó Elmiro

RESUMO

A fragmentação florestal é uma das causas maiores da perda da biodiversidade, comprometendo a disponibilidade e qualidade de recursos naturais relevantes para a população de uma região. Neste contexto, o mapeamento de fragmentos florestais apresenta-se como subsídio para o planejamento e conservação ambiental. A aplicação dos índices de Ecologia da Paisagem, através do uso de Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto, permite rápida e eficiente análise da estrutura da paisagem na qual os fragmentos florestais estão inseridos, permitindo a geração de informações essenciais para tomada de decisão no desenvolvimento de planos de conservação e recuperação ambiental. No município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG, a fragmentação florestal é o resultado do uso predatório dos recursos naturais ao longo do tempo, condicionado pelo processo histórico de ocupação, tornando-se necessário quantificar e monitorar as condições de cobertura florestal. Neste contexto, o objetivo deste estudo é analisar e mapear a estrutura da paisagem florestal no município de São Gonçalo do Rio Abaixo por meio de índice de ecologia da paisagem. A classificação de imagens do satélite RapidEye foi realizada no software SPRING, enquanto o cálculo das métricas dos fragmentos foi realizada no software ArcGIS 9.3, por meio da extensão V-LATE. Num contexto geral, a paisagem florestal do município encontra-se poupada, destacando-se o percentual ocupado pela classe Floresta Estacional Semidecidual (37,5%). No entanto, o grau de fragmentação da paisagem é elevado. Mais de 90% da cobertura florestal encontra-se em fragmentos com área inferior a 10 hectares, gerando padrões de forma média mais regulares (1 a 2) e menor distanciamento dos fragmentos vizinhos (80,1% dos fragmentos encontram-se a menos de 100 metros).

Palavras-chave: Análise Espacial, Ecologia da Paisagem, SERE, SIG.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	X
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Objetivos.....	2
2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	3
3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
3.1 Fragmentação Florestal.....	7
3.2 Ecologia da Paisagem.....	8
3.2.1 Estrutura da paisagem.....	9
3.2.2 Descrição quantitativa da estrutura da paisagem.....	11
3.3 Geoprocessamento na Ecologia da Paisagem.....	14
4 - METODOLOGIA	17
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXO 1 – Matriz de Confusão referente à classificação pelo algoritmo MAXVER	43
ANEXO 2 – Índices de Ecologia da Paisagem empregados	44

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Mapa de localização do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG.....	3
2 - Mapa Hipsométrico	5
3 - Modelo mancha-corredor-matriz.....	10
4 - Fluxograma metodológico.....	17
5 - Diferenças de tonalidades na banda 1 das cenas utilizadas para mosaico	20
6 - Cenas ajustadas da banda 1	22
7 - Mapa dos Fragmentos Florestais do Município de SGRA em 2009.....	28
8 - Mapa dos Fragmentos Florestais do Município de SGRA em 2009.....	29
9 - Classificação das métricas dos fragmentos florestais em 2009.....	31
10 - Coleção de Mapas Métricas de Paisagem Floresta Estacional Semidecidual - 2009.....	33
11 - Coleção de Mapas Métricas de Paisagem Campo Rupestre - 2009	34
12 - Coleção de Mapas Métricas de Paisagem Reflorestamento – 2009.....	35

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Especificações técnicas gerais dos satélites do sistema RapidEye	18
2 - Bandas espectrais dos satélites do sistema RapidEye	18
3 - Valores de Ganho e Offset utilizados na correção radiométrica	21
4 - Áreas das classes de uso e ocupação do solo em 2009	28
5 - Índices de Ecologia da Paisagem dos Fragmentos Florestais	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CA	- Área da Classe
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MAXVER	- Máxima Verossimilhança
MNN	- Distância média do vizinho mais próximo
MPE	- Comprimento médio da borda
MPS	- Tamanho médio dos fragmentos
MSI	- Índice de forma médio
NCA	- Número de áreas centrais
NUMP	- Número de fragmentos
PSSD	- Desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos
SERE	- Sensoriamento Remoto
SGRA	- São Gonçalo do Rio Abaixo
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
TCAI	- Índice de Área Central
TCCA	- Área Central Total
TE	- Total de bordas
V-LATE	- Vector-based Landscape Analysis Tools Extension

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O crescimento acelerado das atividades humanas; principalmente ao longo dos dois últimos séculos; modificou a superfície do planeta. Observa-se um intenso processo de substituição de paisagens naturais por outros usos do solo e a conversão de áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, ocasionando a perda da biodiversidade e, muitas vezes, comprometendo a disponibilidade e qualidade de recursos naturais relevantes para a população de uma região.

Nesse cenário encontra-se o município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Localizado na região geográfica denominada Quadrilátero Ferrífero, região na parte central de Minas Gerais que possui grandes reservas de minerais, o município encontra-se em região de grande importância econômica, principalmente sob o ponto de vista do desenvolvimento industrial. Originalmente, o município era coberto principalmente por Floresta Estacional Semidecidual, e em áreas menores, por Campos Naturais de Altitude, que se assemelham a campos sujos do cerrado. Seu processo de degradação iniciou-se no século XVIII com a fixação de bandeirantes (JESUS, 2010).

A promoção eficiente de conservação e preservação florestal se fundamenta na análise da estrutura da paisagem na qual os fragmentos florestais estão inseridos. O entendimento das relações espaciais entre os fragmentos florestais, das interações e das mudanças estruturais de uma paisagem, tem sido objeto de estudo da Ecologia da Paisagem (VALENTE E VETTORAZZI, 2002). Segundo Pirovani (2010), a habilidade em quantificar a estrutura da paisagem, através de seus índices ou métricas, tem proporcionando um aumento dos estudos em Ecologia da Paisagem.

Para a aplicação prática dos conceitos de ecologia da paisagem, é necessária uma prévia caracterização da paisagem. Neste sentido, o uso do geoprocessamento, em especial o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas, vem assumindo papel estratégico nesse ramo da ciência. O sucesso da aplicabilidade do sensoriamento remoto se dá pela sua capacidade de coleta de dados em diferentes escalas, épocas e a análise sinóptica dos mesmos, permitindo uma melhor caracterização dos atributos de uma paisagem. Os sistemas de informações geográficas tem se destacado pela possibilidade de

aquisição, manipulação e análise de grandes bancos de dados de maneira integrada, proporcionando resultados mais ágeis e precisos sobre as características das paisagens.

Neste contexto, o presente trabalho por objetivo analisar e mapear a estrutura da paisagem florestal no município de São Gonçalo do Rio Abaixo por meio de índice de ecologia da paisagem, utilizando técnicas do Geoprocessamento.

1.2 Objetivos

O objetivo geral é analisar e mapear a estrutura da paisagem florestal no município de São Gonçalo do Rio Abaixo por meio de índice de ecologia da paisagem, utilizando técnicas do Geoprocessamento.

Objetivos Específicos

- Mapear e caracterizar o uso e ocupação do solo, utilizando técnicas de sensoriamento remoto,
- Caracterizar a configuração e composição da cobertura florestal por meio de índices de ecologia da paisagem.

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Gonçalo do Rio Abaixo está localizado na região central do estado de Minas Gerais. Abrangendo uma área de aproximadamente 364 km², São Gonçalo do Rio Abaixo integra a Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte e a Microrregião de Itabira. Limita-se ao norte como município de Itabira, a nordeste com Bom Jesus do Amparo, a oeste com Barão de Cocais, ao sul com Santa Bárbara, a sudeste com Rio Piracicaba e a leste com João Monlevade. O município não apresenta o território dividido em distritos, contando apenas com a sede e dezoito comunidades rurais. Essas comunidades são: Água Limpa, Bexiga, Bom Sucesso, Borges, Fernandes, Timirim, Jurubeba (ou Bamba), Mãe D'Água, Matias, Pedras, Placas, Ponte Coronel, Recreio, Santa Rita de Pacas, São José do Limoeiro, Una, Vargem Alegre e Vargem da Lua. As principais vias de acessos rodoviários são: BR-381/262, MG-434 e MG-129. Dista da capital mineira, Belo Horizonte, cerca de 80 quilômetros (SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO, 2011). (Figura 1).

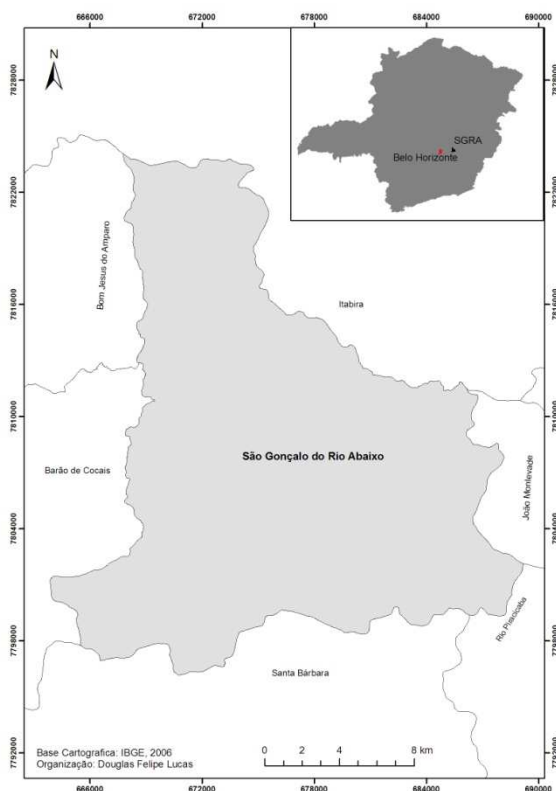


Figura 1: Mapa de localização do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG

A ocupação e desbravamento do território se deram, em grande parte, pela procura de terras férteis para a prática da agricultura às margens do Rio Una, em decorrência da grande carência na região das minas, e a procura de ouro no Rio Santa Bárbara. Com a fixação dos bandeirantes no início do século XVIII, surge o povoado do Rio Abaixo, as margens do Rio Santa Bárbara. Ao longo das décadas a população foi crescendo e passados dois séculos o povoado se transformou em cidade. Sua emancipação ocorreu em 30 de dezembro de 1962. Devido à forte influência portuguesa, o topônimo dá-se em homenagem ao padroeiro São Gonçalo do Amarante (SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO, 2011; IBGE, 2011). Atualmente, de acordo com os resultados preliminares do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), a população de São Gonçalo do Rio Abaixo é de 9.777 habitantes, sendo 52,4% em ambiente rural e 47,6%, urbano.

A exploração mineral constitui a mais dinâmica atividade econômica no município. A mina Brucutu, inaugurada em 2006, pertencente à Vale, está localizada no extremo sudoeste do município, há cerca de 10 km da sede municipal, próximo aos municípios de Barão de Cocais e Santa Bárbara. Esta mina apresenta-se como uma das maiores e mais produtivas minas de minério de Ferro em operação do mundo (SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO, 2011). Além do extrativismo mineral, município também possui extração vegetal. A CENIBRA, empresa produtora de celulose, possui no município extensa área de floresta de eucalipto. Também são encontradas no município, agroindústrias, indústrias de gêneros alimentícios, confecções e carvoarias.

A atividade agropecuária no município é representada, principalmente, pelo cultivo de milho, feijão, horticultura e pecuária leiteira. O setor de serviços é bastante diversificado, contando com ampla variedade de produtos e serviços prestados (JESUS, 2010).

O relevo do município é predominantemente ondulado (50%). A topografia montanhosa contabiliza 40% e a plana 10%. Na parte sul, são encontradas as maiores cotas altimétricas, onde predominam as serras, divergindo da porção norte, onde predominam relevos de mares de morros (ver Figura 2) (JESUS, 2010; MATOS, 2010).

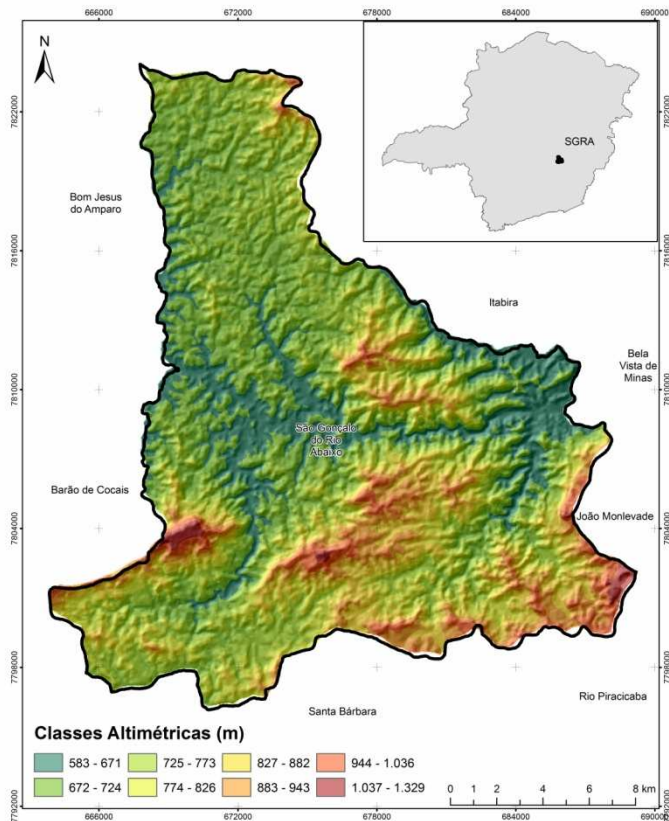


Figura 2: Mapa Hipsométrico

Do ponto de vista geotectônico, o território sangonçalense está inserido na província São Francisco. O município está também inserido no Quadrilátero Ferrífero. A geologia da região é caracterizada pela presença principalmente de quartzitos, granitos, gnaisses-graníticos, itabiritos. Predominam solos do tipo Latossolo, que são caracterizados como solos muito antigos, portanto solos profundos. Aparecem também solos do tipo Podzólicos, Cambissolo, Litossolos e solos aluviais. Os Litossolos presentes no município ocupam relevos forte-ondulado a montanhoso, com presença constante de pedregosidade e rochividade, associados aos afloramentos de rocha. Esta classe é constituída de solos pouco desenvolvidos. (JESUS, 2010; SILVA et. al., 2010).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região enquadra-se no tipo Cwa, ou seja, clima mesotérmico de verões quentes com invernos secos (JESUS, 2010). A temperatura média anual é de 20,1°C, tendo média máxima e mínima de 26,5°C e 15,9°C respectivamente. A pluviometria apresenta média anual de 1.372 mm (ALMG, 2011).

O município de São Gonçalo do Rio Abaixo está inserido no domínio fitogeográfico da Província Atlântica, segundo Fernandes e Bezzerá (1990) citado por Matos (2011), a qual corresponde às formações que acompanham a linha da costa leste brasileira por trás da faixa litorânea, desde o Rio Grande do Sul até o sul da Bahia. As principais feições de

vegetação que cobrem o solo do município são: floresta estacional semidecidual em estágio de regeneração avançado (capoeirão), floresta estacional semidecidual em estágio de regeneração intermediário (capoeira), floresta estacional semidecidual em estágio de regeneração inicial (capoeirinha), campos rupestres, pastagem; além de reflorestamento feito com eucalipto e pinus (MATOS, 2010; OLIVEIRA FILHO et al., 2006).

Na hidrografia do município destacam-se os rios Una e Santa Bárbara. Este possui em seu leito com área no município: a Represa de Peti. Observa-se que os alinhamentos serranos da porção sul, geram um padrão de drenagem retangular, condicionado por falhas e fraturas. Na parte norte, o predomínio do mares de morros, com vales chatos, estruturalmente controlados, e os terraços aluviais configuram um padrão de drenagem dendrítico. O município está inserido na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, tributário da bacia hidrográfica do Rio Doce.

3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Fragmentação Florestal

De acordo com Viana (1990), citado por Pirovani (2010), um fragmento florestal é qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas ou naturais capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. É, portanto, produto de uma ação natural ou antrópica. Mas, atualmente, tem sido um produto intimamente relacionado à expansão das atividades humanas, tais como: agricultura, pecuária, exploração florestal, mineração, urbanização e construção de barragens e de estradas (Cunha et al., 2007). Portanto, a fragmentação, pode ser entendida como a separação artificial do hábitat em fragmentos espacialmente isolados e envolvidos por uma matriz altamente modificada ou degradada, que pode ser constituída por culturas agrícolas ou outro tipo de uso do solo (ISHIHATA, 1999 apud PIROVANI, 2010).

A fragmentação caracteriza-se pela ruptura de uma unidade contínua em unidades menores, que irão apresentar dinâmicas e processos ecológicos diferentes da original. Podemos apontar como possíveis conseqüências da fragmentação florestal a redução da área de ecossistemas naturais, distúrbio no regime hidrológico das bacias hidrográficas, mudanças climáticas, erosão do solo, inundações e assoreamento das bacias hidrográficas, degradação dos recursos naturais, favorecimento ao estabelecimento de espécies invasoras, e, ainda, mudanças nos fluxos químicos e físicos da paisagem, incluindo os movimentos de calor, vento, água e nutrientes (PIROVANI, 2010).

Do ponto de vista da conservação da diversidade genética, a fragmentação ocasiona grande impacto. A diminuição no tamanho populacional efetivo de uma espécie aumenta os efeitos negativos da deriva genética, endogamia e perda de alelos; a perda dessa variabilidade genética, matéria prima para adaptação dos organismos e espécies a um ambiente dinâmico, pode comprometer sua sobrevivência e elevar as taxas de extinção (BENSUAN, 2002).

A fragmentação florestal representa um dos principais impactos ambientais provenientes da exploração excessiva e desordenada do solo, onde o crescimento urbano e a expansão da fronteira agrícola têm gerado enormes pressões sobre os ecossistemas florestais, intensificando os processos de fragmentação e perda da diversidade biológica (LIMA E ROCHA, 2011). O interesse no estudo das conseqüências da fragmentação florestal tem aumentado significativamente nos últimos anos. A justificativa para este crescente interesse é a constatação de que a maior parte da biodiversidade se encontra hoje localizada

em pequenos fragmentos florestais, pouco estudados e historicamente marginalizados pelas iniciativas conservacionistas (VIANA E PINHEIRO, 1998). De acordo com Metzger (2001) o processo de fragmentação leva à formação de uma paisagem em mosaico com a estrutura constituída por manchas ou fragmentos, corredores e a matriz. O estudo desses elementos de uma paisagem, bem como suas interações, constitui-se de grande relevância para proposições de técnicas de manejo e conservação dos remanescentes florestais.

3.2 Ecologia da Paisagem

Considerando a etimologia das palavras paisagem (origem latina) e landscape (origem germânica) observam-se sentidos similares para os seus núcleos pais e land ('região', 'terra', 'território') e diferenciação em relação aos sufixos -agem ("conjunto, coleção, classes" ou "ação, resultado de ação") e -cape ("cobertura, o que cobre" ou "descrição, o que descreve"). Portanto, do ponto de vista etimológico, paisagem (ou landscape) engloba a descrição das características estáticas e dinâmicas de uma determinada região, nos aspectos naturais e culturais (MARTINS et al., 2002 apud OLIVEIRA et al., 2007).

A primeira referência à palavra paisagem na literatura aparece no "Livro dos Salmos", poemas líricos do Antigo Testamento. Nestes, paisagem é refere-se à bela vista do conjunto de templos, castelos e palacetes de Jerusalém. Essa noção, associada à beleza da natureza, é empregado até metade do século XVIII, quando escritores pré-românticos, românticos, simbolistas e impressionistas incorporam ao termo a "paisagem interior", dos sentimentos (METZGER, 2001). Como termo científico, paisagem é introduzido por Alexander Von Humboldt, no século XIX, que a definiu como a "característica total de uma região terrestre" (METZGER, 2001; PIROVANI, 2010; VALENTE, 2001). Portanto, conforme Metzger (2001) citado por Pirovani (2010), a palavra paisagem possui conotações diversas em função do contexto e da ciência que a emprega: Artes, Geografia, Geologia, Arquitetura, Ecologia, todas tem uma interpretação própria do que é paisagem. Apesar da diversidade de conceitos, a noção de espaço aberto, espaço "vivenciado" ou de espaço de inter-relação do homem com o seu ambiente está imbuída na maior parte dessas definições.

A Ecologia da Paisagem é citada pela primeira vez por Carl Troll, em 1939. Como área de conhecimento da Ecologia, ela permite que a paisagem seja avaliada sob diversos pontos de vista, permitindo o estudo de seus processos em diferentes escalas temporais e espaciais. Seu campo de pesquisa é marcado por duas principais abordagens: (1) uma

geográfica, nascida na Europa em meados do século passado, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território, portanto sua preocupação recai sobre o planejamento de ocupação territorial através do conhecimento dos limites e das potencialidades de cada “unidade da paisagem”¹, estudo de “paisagens culturais”² e análises de escalas temporais e espaciais amplas; e outra (2) ecológica, que surgiu a partir de um workshop norte-americano em Illinois na década de 1980, que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos e a importância destas relações em termos de conservação biológica (METZGER, 2001; CARNEIRO et al., 2009).

Na atualidade, segundo Valente (2001), a Ecologia da Paisagem é uma ciência básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem. No entanto, é considerada emergente, em busca de arcabouços teóricos e conceituais sólidos (METZGER, 2001; PIROVANI, 2010). Sua aplicação pode contribuir, pois propõe estudos de espaços antropizados, na escala de atuação do homem. Na abordagem geográfica, possibilita o estudo dos impactos estruturais e funcionais gerados pelo homem no espaço heterogêneo e as inter-relações presentes entre os componentes que o compõem, tanto naturais como culturais. Na abordagem ecológica, permite o enfrentamento dos problemas ambientais. A compatibilização entre o uso das terras e a sustentabilidade econômica, social e ambiental requer o planejamento da ocupação e conservação da paisagem como um todo (METZGER, 2001). A Ecologia da Paisagem adota um ponto de vista correto para a proposição de soluções de problemas ambientais, pois lida com a paisagem de forma holística, integrando seus aspectos naturais e culturais, assim como, o homem, em seu sistema de análise.

3.2.1 Estrutura da paisagem

A ecologia da paisagem é uma ciência que trabalha com três características da paisagem: **estrutura**, que são as relações entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes em relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração; **funcionamento**, que se traduz nos fluxos de energia, matéria e espécies dentro da paisagem; e **alterações** que são as

¹ Cada tipo de componente da paisagem. Por exemplo; unidades de recobrimento e uso do território, ecossistemas, tipos de vegetação (METZGER, 2001).

² Paisagens fundamentalmente modificadas pelo homem. Predominam no espaço europeu (METZGER, 2001).

modificações observadas na estrutura e fluxos do mosaico ecológico (FORMAN E GODRON, 1986 apud REFOSCO, 1996).

O conceito de estrutura da paisagem é relativamente jovem dentro da ecologia de paisagens. Trata-se do estudo do mosaico da paisagem que aparece como padrão e o ordenamento espacial específico das unidades de paisagem numa determinada seção de pesquisa. Trabalha com as feições espaciais/estruturais observáveis e mensuráveis na paisagem e caracteriza as suas condições, seu desenvolvimento e sua mudança temporal. Seu desenvolvimento foi fortemente determinado por ferramentas computacionais e por métodos de processamento de informações geográficas, bem como de processamento digital de imagens. Para a avaliação analítica da estrutura da paisagem, desenvolveu-se um conjunto de métodos designado medidas da estrutura da paisagem (métricas). Ele deve ser considerado o coração metodológico do conceito de estrutura da paisagem (LANG E BLASCHKE, 2009).

Segundo Forman e Godron (1986), citados por Pirovani (2010) e Valente (2001), a estrutura da paisagem é composta pelos elementos: fragmento, corredor e matriz (ver Figura 3).

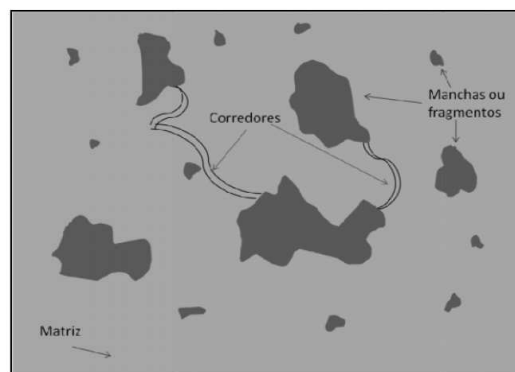


Figura 3: modelo mancha-corredor-matriz, adaptado de Lang e Blaschke, 2009.

O **fragmento**, também designados de mancha (*patch*), ecótopo, biótopo, componente da paisagem, elemento da paisagem, célula da paisagem, *site*, refere-se ao elemento básico que forma uma paisagem (URBAN et al.,1987 apud VALENTE, 2001). Segundo Zonneld (1989), citado por Lang e Blaschke (2009), corresponde ao menor elemento individual observável da paisagem, de acordo com a escala de detecção e observação. É considerados, de acordo com autores norte americanos citados por Lang e Blaschke (2009), a mais importante unidade espacial da paisagem a ser estudada.

Para Forman e Godron (1986), segundo Pirovani (2010), os fragmentos são superfícies não lineares, que estão inseridas na matriz e diferem em aparência do seu entorno, variam em

tamanho, forma, tipo de heterogeneidade e limites. Kotliar e Wiens (1990), conforme Valente (2002), complementam que os fragmentos são dinâmicos, ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais e possuem uma estrutura interna.

Os **corredores**, por sua vez, são estreitas faixas, naturais ou antrópicas, que diferem da matriz em ambos os lados. A grande maioria das paisagens são, ao mesmo tempo, divididas e unidas por corredores (FARINA, 1998 apud VALENTE, 2001). Segundo Pirovani (2010), os corredores se apresentam como estruturas lineares, funcionando como linhas-guia para espécies de animais migratórios, contribuindo, significativamente, para o aumento da variedade de espécies e do conjunto de indivíduos. São responsáveis pela conexão entre os fragmentos florestais, favorecendo o intercâmbio genético entre suas populações, contribuindo para a conservação da biodiversidade.

Os corredores variam no comprimento e na função. Os corredores em linha são resultantes de atividades humanas, geralmente são estreitos e têm como função movimentação de espécies de borda. Os corredores em faixas têm por função o movimento de espécies características do interior de um fragmento florestal e, na maioria dos casos, são grandes o bastante para apresentarem um efeito de borda e um microambiente em seu interior (FORMAN, 1997 apud VALENTE, 2001).

A **matriz** da paisagem corresponde ao tipo de superfície dominante. Forman e Godron (1986), citado por Lang e Blaschke (2009), definem matriz como um elemento estendido da paisagem relativamente homogêneo, que inclui manchas e corredores de diferentes tipos. Corresponde ao elemento com maior conectividade e que ocupa a maior extensão, e por esse motivo, exerce maior influência nos processos ecológicos da paisagem.

As matrizes que permitem a maior conectividade entre os fragmentos florestais são consideradas as de maior porosidade, fator que terá influência direta na conservação e preservação dos remanescentes florestais (VALENTE, 2001).

3.2.2 Descrição quantitativa da estrutura da paisagem

A Ecologia da Paisagem, visando à compreensão dos diversos processos naturais e sua dinâmica, requer a descrição quantitativa dos padrões e da estrutura das paisagens. Para as caracterizações quantitativas da estrutura da paisagem tem se empregado os índices ou métricas da Ecologia da Paisagem. Esses índices permitem a comparação entre paisagens, à identificação das principais diferenças e a determinação dos processos funcionais e os

padrões das paisagens. Isto porque eles conseguem quantificar a composição e configuração da paisagem (VALENTE E VETTORAZZI, 2002; VALENTE, 2001).

A **composição** refere-se à presença ou ausência dos elementos na paisagem, sem considerar sua distribuição espacial. O foco está na abundância e variedade dos elementos na paisagem, sem se importar com sua localização. A **configuração** refere-se à distribuição física ou caracterização espacial dos elementos na paisagem. Aqui o grau de isolamento dos fragmentos, a localização desses fragmentos em relação a outros, a vizinhança dos fragmentos, entre outros, são aspectos importantes (MCGARIGAL E MARKS, 1995 apud VALENTE, 2001).

Conforme Pirovani (2010), a grande variedade de índices existentes em ecologia da paisagem levou autores como McGarigal e Marks (1995) a agruparem esses índices nas seguintes categorias: índices de área; índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos; índices de forma; índices de borda; índices de área central ou nuclear; índices de proximidade; entre outros.

Os **índices de área** quantificam a composição das paisagens. Para Forman e Godron (1986), citado por Valente e Vettorazzi (2002), a área de um fragmento é uma das mais importantes informações de uma paisagem, não somente porque é a base para o cálculo de outros índices, como também porque é por si só, uma informação de grande valor.

Qualquer alteração na área de um fragmento pode levar a redução do tamanho populacional de espécies, perturbar os processos e serviços ecológicos, comprometendo assim, a biodiversidade. Como índices de área têm-se: área de cada fragmento; índice de similaridade da paisagem; área da classe; porcentagem da paisagem e índice do maior fragmento (TURNER E GARDNER, 1990 apud PIROVANI, 2010).

Os **índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica** são medidas da configuração da paisagem. Como exemplos desses índices têm-se: o número de fragmentos; o tamanho médio dos fragmentos nas suas respectivas classes; o desvio padrão e o coeficiente de variação do tamanho (MCGARIGAL E MARKS, 1995 apud PIROVANI, 2010).

Segundo Volotão (1998) os índices de densidade e tamanho são importantes por caracterizarem os fragmentos (número de fragmentos, tamanho médio, densidade, variação etc.) e por permitirem que se ordene por grau de fragmentação, heterogeneidade de fragmentos ou outros aspectos relacionados aos fragmentos na paisagem.

Os **índices de borda** usualmente são considerados como representantes da configuração da paisagem, porém nem sempre sua distribuição espacial é explícita. São considerados

índices de borda: o perímetro; o índice de contraste de borda; o total de borda (perímetro) de uma classe e a densidade de borda, entre outros (MCGARIGAL, K.; MARKS, B. 1995 apud VALENTE, 2001).

Para Valente e Vettorazzi (2002), a borda é a região do fragmento sob maior influência da matriz e, por conseqüência, das ações antrópicas que contribuem para o processo de fragmentação florestal. O efeito de borda, definido pelas diferenças de fatores bióticos e abióticos que existem ao longo da borda de um fragmento em relação ao seu interior, pode ter diversas implicações no equilíbrio do ambiente, alterando as relações ecológicas entre fauna, flora e meio abiótico (PIROVANI, 2010).

Os **índices de forma** são indicadores da configuração da paisagem. Sua quantificação é complicada, sendo necessária à adoção de uma paisagem padrão, para efeito de comparação. Quando se utiliza do formato vetorial, a forma padrão adotada é o círculo; para o formato raster ou matricial, a forma padrão corresponde ao quadrado. Dessa maneira, o índice de forma é igual a 1 quando todas as manchas ou fragmentos forem circulares (para polígonos) ou quadrados (para raster) e aumenta com irregularidade de forma de mancha crescente. Os índices de forma objetivam comparar a razão perímetro/área com a forma padrão, indicando a regularidade da forma (PIROVANI, 2010).

Segundo Valente (2001), a análise da forma de um fragmento florestal não pode ser feita de maneira isolada, devendo ser considerados outros aspectos desses fragmentos, entre os quais estão sua vizinhança e seu efeito de borda. Conforme Lima e Rocha (2011), o índice de forma indica o quanto o fragmento está vulnerável a influência externa, ou seja, está relacionado à intensidade do efeito de borda.

Os fragmentos de habitats mais próximos ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está equidistante das bordas. Assim sendo, a área central encontra-se “protegida” dos fatores externos. Áreas mais recortadas têm maior proporção de bordas que as menos recortadas, então, fragmentos com área maiores e menos recortadas são preferíveis, porque apresentam menor proporção de borda /área (ALMEIDA, 2008 apud PIROVANI, 2010).

Os **índices de área central ou nuclear** refletem tanto a composição quanto a configuração de uma paisagem e, na maioria dos casos, dependem de outros índices (densidade, número de fragmentos, índices de borda e de forma) para serem melhor interpretados (MCGARIGAL E MARKS, 1995 apud VALENTE E VETTORAZZI, 2002). Os autores

citam os seguintes índices de área central: área central dos fragmentos; número de áreas centrais; porcentagem de área central da paisagem, entre outros.

A área central é definida por uma área dentro de um fragmento separada da borda por uma distância predefinida (ou operação de buffer). É considerado melhor indicativo da qualidade dos fragmentos do que sua área total, sendo afetado diretamente pela forma e borda dos fragmentos. Sendo assim, pode-se pensar que os fragmentos podem apresentar área total capaz de abrigar dado número de espécies, mas pode não apresentar área central capaz de manter este conjunto de espécies. (VALENTE E VETTORAZZI, 2002; PIROVANI 2010).

Os **índices de proximidade** são calculados com base na distância euclidiana entre fragmentos de mesma classe, tendo por base as suas bordas. São medidas da configuração da paisagem e são representados pelo índice de distância do vizinho mais próximo, pelo índice de proximidade entre fragmentos e por seus derivados (VALENTE, 2001).

A análise de destes índices pode levar a conclusões sobre o nível de isolamento dos fragmentos e ao grau de fragmentação da paisagem. O predomínio de habitats menores, pelo processo de fragmentação, contribui para a perda da biodiversidade; tanto pela diminuição das populações e sua variabilidade genética, como pela dificuldade imposta pela distância e nível de resistência da matriz circundante para os vários grupos de espécies (PIROVANI, 2010).

De acordo com Volotão (1998) existem mais de 50 métricas para avaliar a estrutura da paisagem, porém muitas delas são redundantes para determinadas situações, em razão disso, faz-se necessário à seleção de grupos de índices ou métricas que atenda a análise dos padrões requeridos pelo estudo, facilitando a interpretação dos resultados e evitando a repetição de valores.

Neste contexto, Valente (2001) conclui que a caracterização das paisagens fragmentadas e a quantificação de suas estruturas, pelo uso de índices ou métricas da Ecologia da Paisagem, possibilitam contextualizar a distribuição espacial de seus elementos e determinar as alterações resultantes desse processo que, por sua vez, permitem o melhor direcionamento das ações de conservação e preservação dos recursos florestais.

3.3 Geoprocessamento na Ecologia da Paisagem

Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de técnicas, ferramentas e métodos para a coleta, armazenamento, processamento, representação e análise de dados

georreferenciados. Suas técnicas mais empregadas são o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas. Segundo Valente (2001), essas técnicas tornaram-se essenciais em ecologia da paisagem, porque tem a capacidade de caracterizar no espaço e no tempo, os padrões de uso e cobertura do solo, que são a base para posterior quantificação da estrutura e definição dos padrões da paisagem. Lang e Blaschke (2009) complementam afirmando que a forma de expressão espacial da influencia humana sobre a paisagem é a forma específica de uso do solo. Este pode ser considerado como um tipo de sobreposição ou integração dos sistemas naturais e socioeconômicos.

O termo sensoriamento remoto (SERE) refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles (INPE, 2001). Os sensores são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações (NOVO, 1992 apud Valente, 2001). Sua aplicabilidade, na área ambiental, é função de sua capacidade de coletar dados multiespectrais em diferentes escalas, diferentes épocas, oferecendo a oportunidade de analisar os vários fenômenos sinopticamente através do tempo.

As imagens digitais de sensoriamento remoto, que podem ser obtidas por satélites ou aeronaves, representam à forma de captura de informação espacial do sensoriamento remoto mais relevante para os estudos de ecologia da paisagem. O emprego destas imagens permite o mapeamento das classes de uso e ocupação da terra, por meio da classificação de imagens ou por técnicas de fotointerpretação.

Os sistemas de informações geográficas (SIG's) podem ser definidos como sistemas destinados ao processamento de informações espaciais. Estes sistemas possuem como característica a capacidade de lidar com informações de diversas fontes (mapas, cadastros, tabelas, imagens, etc), permitindo a consulta e/ou recuperação de dados, bem como, a combinação dos mesmos para os mais variados tipos de análise.

Para a ecologia da paisagem os SIG's são uma ferramenta fundamental, especialmente quando permitem a manipulação de modelos e dados reais e a transferência de informações implícitas para análises explícitas (FARINA, 1998 apud PIROVANI, 2010), como é o caso da caracterização quantitativa da estrutura de uma paisagem a partir de seu mapa de uso e cobertura do solo.

Segundo Lang e Blaschke (2009) nos últimos anos, com o crescimento das pesquisas com índices de ecologia da paisagem, foram produzidos diversos pacotes de aplicativos

computacionais, que disponibilizam, de maneiras diferentes, métricas descritoras da paisagem. Estes autores destacam o programa *Fragstats* de McGarigal et. al. (2002), como sendo um quase padrão dos pacotes de software disponíveis para a análise quantitativa da estrutura da paisagem. Também apresentam a extensão gratuita do aplicativo SIG ArcGIS *Patch Analyst* (REMPEL, 2011), como um formato comprimido do *Fragstats* integrado ao ArcGIS. O aplicativo *V-LATE (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension)* (Z_GIS, 2011), extensão gratuita do ArcGIS desenvolvido pela Universidade de Salzburg, pode operacionalizar as métricas a partir de dados no formato vetorial, dispensando a conversão para raster, necessária em outros softwares.

4 - METODOLOGIA

Para a análise da paisagem florestal do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG foram necessários mapeamento e caracterização do uso e ocupação do solo, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. O fluxograma da figura 4 expõe as etapas empregadas.

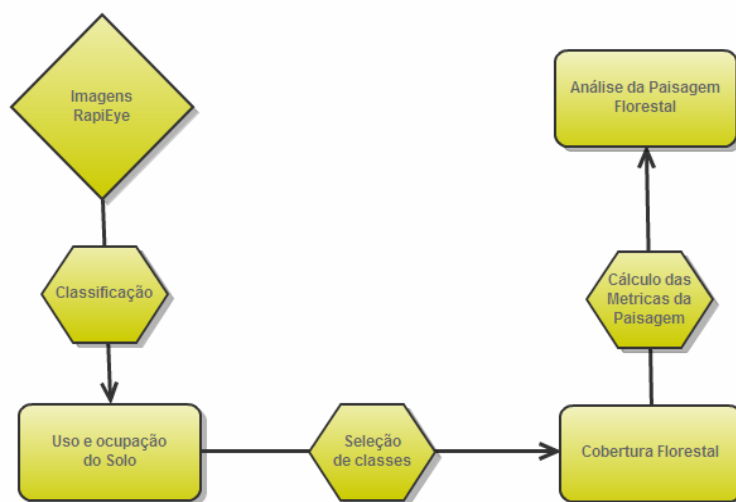


Figura 4: Fluxograma metodológico

Foram adquiridas imagens orbitais do sistema RapidEye, do ano de 2009, da área de estudo. Este sistema de observação da Terra é composto por cinco satélites, seus sensores a bordo podem coletar imagens sobre a superfície da Terra ao longo de uma faixa de 77 km de largura por 1500 km de extensão. O período de revisita dos satélites é de 24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir). A resolução espacial oferecida pelo sensor é de 6,5 metros e 5 metros nas ortoimagens (ver Tabela 1).

Tabela 1 – Especificações técnicas gerais dos satélites do sistema RapidEye.

Número de Satélites	5
Altitude da Órbita	630 km, órbita síncrona com o Sol
Hora de Passagem no Equador	11:00 hs (aproximadamente)
Velocidade	27.000 km/h
Largura da Imagem	77 km
Tempo de Revisita	Diariamente (off-nadir); 5,5 Dias (nadir)
Capacidade de Coleta	4,5 milhões de Km ² /dia
Tipo do Sensor	Multiespectral (<i>pushbroom imager</i>)
Bandas Espectrais	5 (<i>Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR</i>)
Resolução Espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do Pixel (ortorretificado)	5 m
Armazenamento de Dados a Bordo	1.500 km de dados de imagens por órbita
Resolução Radiométrica	12 bits
Velocidade de Download (banda X)	80 Mbps

Fonte: adaptada de Felix et. al., 2009

Desta forma, obtêm imagens da Terra em cinco faixas espectrais, sendo estas: Azul, Verde, Vermelho, Red-Edge – banda sensível a alterações do teor de clorofila das plantas, específica para o monitoramento de atividade fotossintética da vegetação - e Infravermelho Próximo. A Tabela 2 expõe as bandas espectrais e os seus intervalos eletromagnéticos.

Tabela 2 – Bandas espectrais dos satélites do sistema RapidEye

440 – 510 μm	Azul
520 – 590 μm	Verde
630 – 685 μm	Vermelho
690 – 730 μm	<i>Red-Edge</i>
760 – 850 μm	Infravermelho próximo

Fonte: adaptada de Felix et. al., 2009

Para o tratamento e classificação das imagens utilizou o software livre, SPRING 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido e fornecido pelo INPE. Em seguida iniciou-se o processo de interpretação das imagens, que de acordo com Florenzano (2002), citado por Jesus (2010), consiste em identificar objetos nelas representadas e dar um significado a esses objetos. Para isto, devemos levar em consideração alguns elementos básicos como, tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, sendo possível identificar padrões espaciais, ou objetos individualizados.

Após o reconhecimento de certas feições da imagem, iniciou-se o processamento digital realce de contraste, que é a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída sejam uma imagem. Este processo tem como objetivo melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua devida interpretação, visando à identificação de objetos, bem com a criação de padrões espaciais. De acordo com Moreira (2005), este procedimento auxilia o analista no reconhecimento de padrões espectrais de alvos nas imagens de satélite. Ainda segundo o autor, este processo procura rotular cada pixel da imagem conforme a ocupação do solo, semelhante ao que se faz na abordagem visual.

No entanto, para as imagens do sistema RapidEye anteriormente ao processo de realce de contraste, foi necessária a correção radiométrica de duas cenas, em função de diferença de tonalidade entre as três cenas que cobrem o município no momento de mosaicagem³. Isso significa que áreas correspondentes terão diferentes tonalidades ou cores, fazendo com que o mosaico mostre as linhas de corte (ver Figura 5).

De acordo com Milgram (1975), citado por Langhi (2009), um problema frequentemente encontrado durante a mosaicagem de duas ou mais imagens de uma mesma cena, é o surgimento de áreas de transição na junção das imagens. Tais áreas podem ser percebidas quando há diferenças geométricas e radiométricas perceptíveis na área de sobreposição das imagens devido às degradações sofridas no momento da aquisição. Uma vez que a região de sobreposição tenha sido identificada nas imagens a serem mosaicadas, um histograma relacionado a cada região de sobreposição pode ser calculado. Idealmente, os histogramas deveriam ser idênticos, visto que, representam distribuições dos níveis de cinza de regiões topograficamente idênticas, porém, fatores sazonais, meteorológicos, tendem a afetar os histogramas, tornando-os diferentes.

³ Processamento digital de imagens que consiste na junção de imagens adjacentes e sobrepostas.

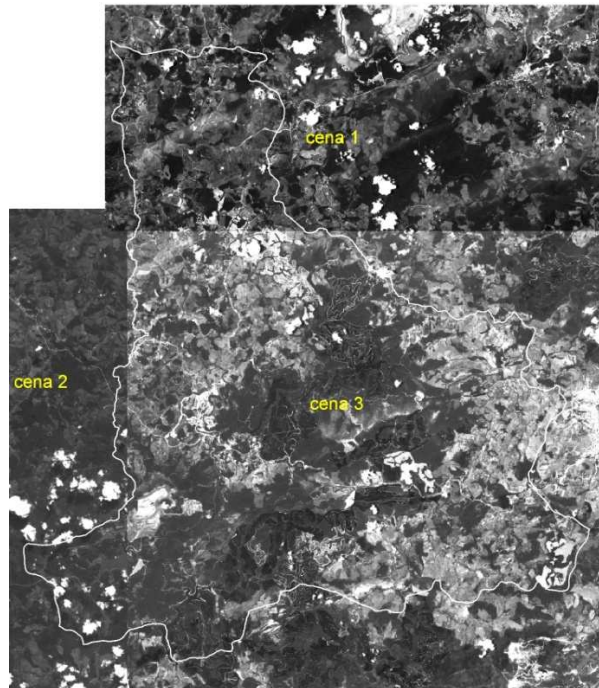


Figura 5: Diferenças de tonalidades na banda 1 das cenas utilizadas para mosaico

De acordo Langhi e Tommaselli (2008), o processo de correção radiométrica em imagens aéreas digitais tem como principal objetivo tornar semelhantes os histogramas de imagens que possuam sobreposição, facilitando os processos posteriores de correspondência de pontos homólogos e a formação de mosaicos.

Para compensar tais diferenças, as imagens necessitam de uma etapa de pré-processamento, de tal forma que as diferenças sejam eliminadas ou pelo menos minimizadas. A etapa de pré-processamento das imagens é denominada Ajuste Global (MILGRAM, 1975 apud LANGHI, 2009). Hord (1982) citado por Langhi e Tomasseli (2008) menciona que, os valores de brilho de duas imagens de uma mesma cena, podem ser compatibilizados através de ajuste na média e desvio padrão de ambas as imagens. Este ajuste das imagens, conforme Du et. al. (2001) citado por Langhi (2009), baseia-se em uma comparação linear das estatísticas referentes ao par ou a subconjuntos na área de sobreposição das imagens. Em geral, quando duas imagens são concatenadas para produzir um mosaico, uma é considerada como imagem de referência e a outra é a imagem a ser ajustada.

O ajuste é baseado na transformação linear $y=ax +b$, onde y é a imagem (matriz) ajustada; a é um valor de escala ou ganho, correspondendo à razão entre os desvios padrão das bandas espectrais da imagem referência e imagem a ser ajustada; x é a imagem (matriz) a

ser ajustada e b é um valor de translação ou offset, correspondendo à diferença das médias das bandas espectrais da imagem de referência pelo produto das médias das bandas espectrais da imagem a ser ajustada e o valor de a referente a cada banda. As formulações matemáticas de a (1) e b (2) podem ser observadas abaixo:

$$a_j = \frac{s_{jr}}{s_{ji}} \quad (1)$$

Onde a_j = valor de escala ou ganho da banda j ;

s_{jr} = desvio padrão da banda j na imagem referência r ;

s_{ji} = desvio padrao da banda j na imagem a ser ajustada i .

$$b_j = \bar{x}_{jr} - (\bar{x}_{ji} a_j) \quad (2)$$

Onde b_j = valor de translação ou offset da banda j ;

\bar{x}_{jr} = média da banda j na imagem referência r ;

\bar{x}_{ji} = média da banda j na imagem a ser ajustada i ;

a_j = valor de escala ou ganho da banda j .

Para o mosaico do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, a cena 3 foi considerada a imagem referência; por abrigar a maior parte do território do município (maior espaço amostral), e as cenas 1 e 2 como imagens a serem ajustadas. Os valores de ganho e offset utilizados na correção radiométrica podem ser observados Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de Ganho e Offset utilizados na correção radiométrica

Bandas	Cena 1		Cena 2	
	A (ganho)	B (offset)	A (ganho)	B (offset)
1	1,44	15,95	2,95	-3,44
2	1,23	21,65	1,84	4,14
3	1,14	10,44	2,54	-7,79
4	1,21	-11,01	1,00	-15,23
5	1,16	-37,55	0,92	-11,04

Esse procedimento consiste em deixar a matriz de uma cena semelhante ou próxima de outra cena sobreposta. Assim as respostas espectrais dos alvos ficaram semelhantes também, de forma que a classificação da imagem fique de acordo a realidade da paisagem. Como exemplo dos resultados obtidos pela correção radiométrica observa-se a Figura 6.

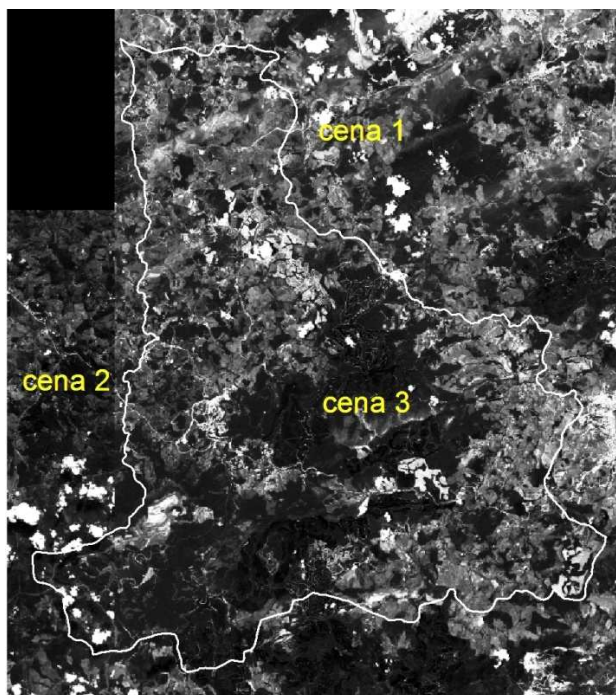


Figura 6: Cenas ajustadas da banda 1

A próxima etapa foi à classificação das imagens, que consiste na extração de amostras dos pixels do mosaico para reconhecer padrões e objetos homogêneos com o objetivo de mapear as áreas da superfície terrestre. O resultado final de uma classificação é uma imagem ou mapa temático, onde os pixels classificados são representados por símbolos gráficos ou cores. Cada cor ou símbolo está associado a uma classe. Para o presente trabalho foram elencadas as classes e seus alvos a seguir:

- Água: lagoas, represas, rios e ribeirões.
- Floresta Estacional Semidecidual: floresta primária e secundária, matas-galerias, matas ciliares, capões, tipologias de Floresta Estacional Semidecidual que caracterizam o município como ecótopo entre os biomas da Mata Atlântica e do Cerrado.
- Reflorestamento: Eucalipto e Pinus.
- Área Urbana: áreas urbanas, distritos e construções.

- Mineração: área de mineração e barragens de rejeito.
- Solo Exposto: solo desnudo, áreas de extração mineral irregular.
- Pastagem: pasto para o gado, lavouras temporárias e permanentes.
- Campo Rupestre: campo, campo sujo, campo limpo, campestres, campina. Geralmente associado a afloramentos areníticos e quartzíticos e formações ferrugionosas.

Empregou-se o algoritmo de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança (MAXVER), o qual é utilizado para análises pixel a pixel. Este algoritmo utiliza apenas a informação espectral isolada de cada pixel para identificar as regiões homogêneas e considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

Para que a classificação utilizando o método MAXVER seja precisa, é necessário um número razoavelmente elevado de amostras, para cada classe elencada. Para a extração das amostras das classes empregou-se de as seguintes composições RGB:

- Composição RGB 541: Água, Reflorestamento, Floresta Estacional Semidecidual, Campo Rupestre e Mineração
- Composição RGB 341: Pastagem, Solo Exposto e Área Urbana

Fato a ressaltar é que, a presença na área de estudo de culturas em diferentes estádios de desenvolvimento, em alguns casos de variedades distintas de reflorestamento e variações nos tipos de solo exposto, teve como consequência variações no comportamento espectral dessas classes de uso e cobertura do solo, levando a necessidade de subdividi-las. As referidas classes foram divididas em duas subclasses.

A partir disso, é feita a análise das amostras, onde ocorre validação das mesmas. Estipulou-se que o valor mínimo de 95% para aceitação das amostras e desempenho geral (ver anexo 1). Em seguida, definidas as bandas e amostras, realiza-se a classificação. Por fim, ocorre a pós-classificação, onde são eliminados alguns ruídos nas imagens, ou seja, áreas classificadas erroneamente são corrigidas, utilizando-se a edição matricial, disponível no software.

Com a imagem classificada, efetuou-se o recorte do plano de informação utilizando o limite municipal. A partir disso, fez-se a junção das classes anteriormente divididas e o cálculo das áreas das classes resultantes, identificando a área de cada classe existente no município.

Para o cálculo das métricas dos fragmentos florestais, empregou-se a extensão gratuita V-LATE do software SIG ArcGIS 9.3. Para tanto, a imagem classificada em formato raster foi convertida para o formato vetorial (*shapefile*), e em seguida selecionados os polígonos referentes à cobertura florestal, ou seja, classe temática Floresta Estacional Semidecidual, Campo Rupestre e Reflorestamento. Esta conversão foi executada, pois o formato *shapefile* é a geometria exigida pela extensão V_LATE como entrada para o cálculo das métricas. Destes fragmentos foram realizados o cálculo de índices de ecologia da paisagem referentes à área, tamanho, forma, borda, área central e proximidade. Para os cálculos das métricas de área central utilizou-se o valor de 100 metros como distância predefinida (ou operação de buffer). Este valor foi escolhido devido ao maior desempenho computacional apresentado.

A seguir são apresentadas as equações dos índices, empregados para o presente estudo, propostas por McGarigal e Marks (1995), segundo Pirovani (2010):

a) Área da classe (CA): (3)

$$CA = \sum_{i=1}^n c_i \quad (3)$$

Em que:

CA = Soma das áreas de todas as manchas que pertencem a uma determinada classe, em hectare; c_i = Área da i -ésima mancha correspondente à classe avaliada.

b) Número de fragmentos (NUMP): (4)

$$NUMP = \sum n_i \quad (4)$$

Em que:

NUMP = Número total de manchas ou fragmentos dentro de uma mesma classe ou paisagem; n_i = Quantidade de manchas de uma classe se NUMP for a nível de paisagem ou uma mancha ou fragmento se NUMP for a nível de classe.

c) Tamanho médio dos fragmentos (MPS): (5)

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}$$

(5)

Em que:

MPS = Tamanho médio dos fragmentos em hectare; a_{ij} = área do fragmento i na classe j ; $j = 1$ a n número de fragmentos; n_i = número de fragmentos da classe.

d) Desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos (PSSD): (6)

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n |a_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}|^2}{n_i}}$$

(6)

Em que:

PSSD = Desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos em hectare; a_{ij} = área do fragmento i na classe j ; $j = 1$ a n número de fragmentos; n_i = número de fragmentos da classe.

e) Índice de forma média (MSI): (7)

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

(7)

Em que:

MSI = Índice de forma média; p_{ij} = perímetro do fragmento ij ; a_{ij} = área do fragmento i na classe j ; $j = 1$ a n número de fragmentos; n_i = número de fragmentos da classe.

f) Total de Bordas (TE): (8)

$$TE = \sum_{i=1}^n e_i$$

(8)

Em que:

TE = soma de todas as bordas da classe ou paisagem em metros; e_i = borda (perímetro) da i -ésima mancha ou fragmento.

g) Comprimento médio da borda (MPE): (9)

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{NUMP} \quad (9)$$

Em que: MPE = comprimento medio da borda em metros; e_i = borda (perimetro) da i -ésima mancha; NUMP = = Número total de manchas ou fragmentos dentro de uma mesma classe ou paisagem.

h) Número de fragmentos com área central (NCA): (11)

$$NCA = \sum_{j=1}^n n_{ij}^e \quad (10)$$

Em que:

NCA = número de fragmentos com área central; n_{ij}^e = número de áreas interiores dos fragmentos; $j = 1$ a n número de fragmentos.

i) Área Central Total (TCCA): (12)

$$TCCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^e \quad (11)$$

Em que:

TCCA= Área Central Total em hectares; a_{ij}^e = área interior do fragmento ij em hectares.

j) Índice de área central total (TCAI): (13)

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

Em que:

TCAI = Índice de área central total em porcentagem; a_{ij}^e = área interior do fragmento ij ; $j = 1$ a n número de fragmentos.

Distância média do vizinho mais próximo (MNN): (14)

$$MNN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n'_i}$$

Em que:

MNN = Distância média do vizinho mais próximo em metros; h_{ij} = distância (m) mínima do fragmento ij ao vizinho mais próximo de mesma classe; $n'_i = n'_i$ = número de fragmentos da classe i na paisagem, que tenham vizinho próximo.

O anexo 2 apresenta as métricas utilizadas divididas em seus respectivos grupos. Apresentam também as unidades empregadas e uma breve explicação sobre cada índice.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa de uso e ocupação do solo do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, em 2009, pode ser observado na Figura 7. A Tabela 4 apresenta as áreas das classes apresentadas na Figura 7.

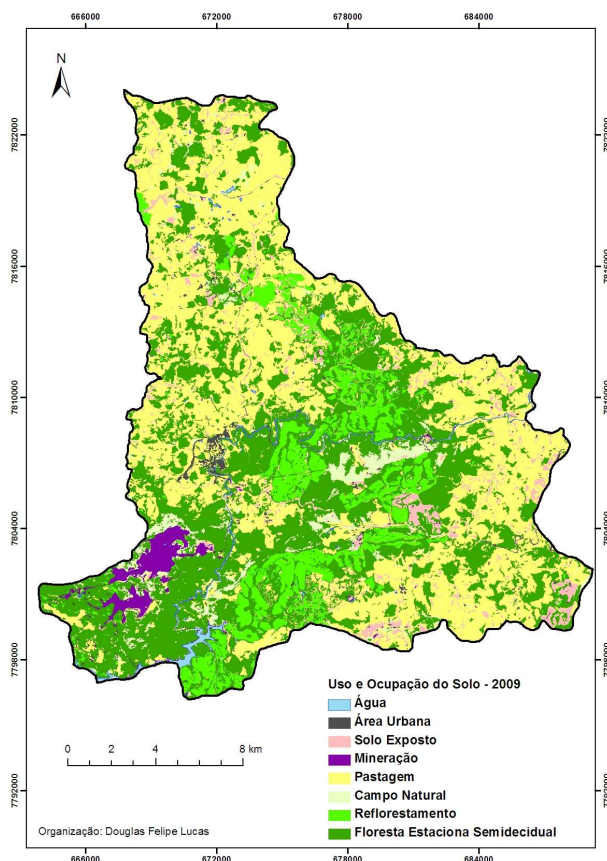


Figura 7: Mapa do Uso e Ocupação do Solo do Município de SGRA em 2009

Tabela 4 - Áreas das classes de uso e ocupação do solo em 2009

Classes	Área (ha)	Porcentagem (%)
Água	289,92	0,80
Floresta Estacional Semidecidual	13.666,06	37,49
Reflorestamento	3.494,59	9,59
Área Urbana	416,64	1,14
Mineração	622,23	1,71
Solo Exposto	1.625,38	4,46
Pastagem	14.759,06	40,49
Campo Rupestre	1.575,04	4,32
Total	36.448,95	100

A partir da análise do mapa de uso e ocupação do solo nota-se que o município apresenta a classe Pastagem como elemento matriz da paisagem. Esta classe apresenta a maior área de cobertura na área de estudo, correspondendo a aproximadamente 41% de área total. A cobertura florestal ocupa grande parte do território do município. O somatório das classes Floresta Estacional Semidecidual, Campo Rupestre e Reflorestamento contabiliza 51,4 % do uso e cobertura da terra. Destaque para a classe Floresta Estacional Semidecidual, que cobre 37,5%.

Os fragmentos florestais pertencentes às classes eleitas para estudo totalizaram 2.593 fragmentos, ocupando uma área de 18.735,5 hectares (Figura 8).

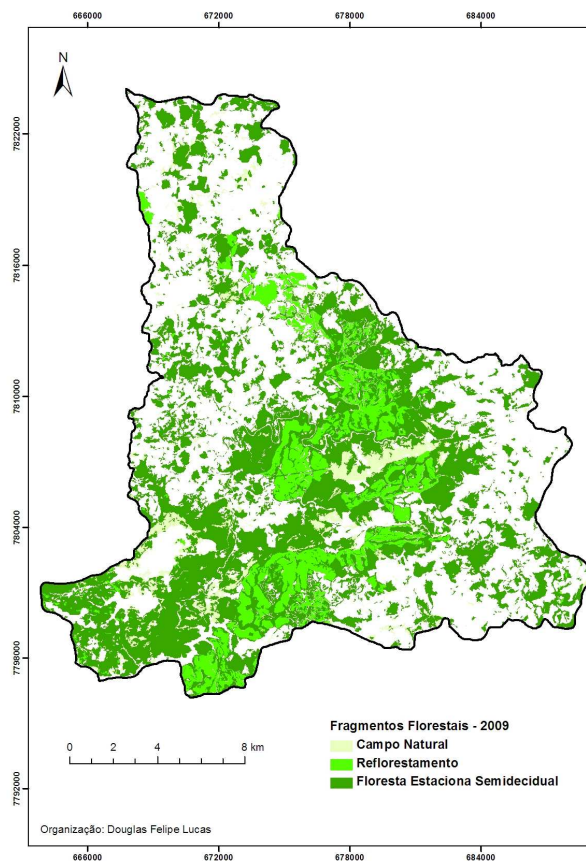


Figura 8: Mapa dos Fragmentos Florestais do Município de SGRA em 2009

A Tabela 5 apresenta os índices de ecologia da paisagem obtidos para os fragmentos florestais.

Tabela 5 – Índices de Ecologia da Paisagem dos Fragmentos Florestais

GRUPO	Métrica	Fragmentos Florestais		
		Floresta Estacional Semidecidual	Campo Rupestre	Reflorestamento
Área	Área da Classe/Tamanho (ha)	13.665,89	1.575,05	3.494,59
Densidade e Tamanho	Número de fragmentos (Adimensional)	1230	883	480
	Tamanho médio do fragmento (ha)	11,11	1,78	7,28
	Desvio padrão do tamanho do fragmento (ha)	99,30	8,33	30,88
Forma	Índice de forma médio (Adimensional)	2,10	2,06	2,02
Borda	Total de bordas (m)	2.890.659,00	772.506,46	803.993,32
	Comprimento médio da borda (m)	2.350,13	874,87	1.674,99
Área Central	Número de áreas centrais (Adimensional)	1.454	895	565
	Área Central Total (ha)	2.719,81	76,44	369,31
	Índice de Área Central (%)	19,9	4,85	10,57
Proximidade	Distância média do vizinho mais próximo (m)	44,30	129,02	84,64

O índice de número de fragmentos aponta um predomínio de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (1.230) na paisagem do município. O índice de tamanho médio do fragmento indica que estes fragmentos são pequenos (11,11 hectares), no entanto o elevado valor do índice desvio padrão de tamanho (99,30 hectares) aponta uma grande variabilidade do tamanho dos fragmentos desta classe, mostrando a existência de muitos fragmentos com tamanho acima da média. As classes Campo Rupestre e Reflorestamento não apresentaram grande variabilidade no tamanho dos fragmentos, apresentando 8,33 e 30,88 hectares de desvio padrão do tamanho do fragmento, respectivamente.

O índice de borda total novamente mostrou um predomínio da classe Floresta Estacional Semidecidual sobre as demais classes. Isto é devido à maior área e número de fragmentos desta classe. Apesar de possuir menor número de fragmentos que a classe Campo Rupestre, a classe Reflorestamento apresentou valor de borda total maior. Isto pode ter ocorrido devido a seu maior valor de área e a compactação da classe Campo Rupestre (elevado número de fragmentos e pouca área). Os valores do índice comprimento médio da borda confirmam as conclusões acima citadas.

A análise do índice de forma médio revela que as formas dos fragmentos florestais são, de modo geral, irregulares. A classe Reflorestamento apresenta índice mais regular de forma (2,02). Os fragmentos da classe Floresta Estacional Semidecidual possui as formas mais irregulares (2,10).

O índice número de áreas centrais contabilizou maiores valores que o índice número de fragmentos. Isto é devido às formas irregulares dos fragmentos, que dificultaram a conectividade das áreas centrais, extraídas com uma profundidade de borda de 100 metros. As áreas centrais abrigaram cerca de 35,0% da área total de cobertura florestal no município. A classe Campo Rupestre apresentou somente 4,85% de sua área contida em área central, revelando maior fragilidade a pressões antrópicas e naturais.

A proximidade dos fragmentos florestais, indicado pelo índice de distância média do vizinho mais próximo, apontou um maior grau de isolamento da classe Campo Rupestre (129,0 metros). Na classe Floresta Estacional Semidecidual, os fragmentos distam, em média, 44,3 metros. A classe Reflorestamento apresentou a média de distância de 84,6 metros.

O agrupamento das métricas (área da classe (A), forma médio (B), área central total (C) e distância média do vizinho mais próximo (D)) em classes é apresentado na Figura 7.

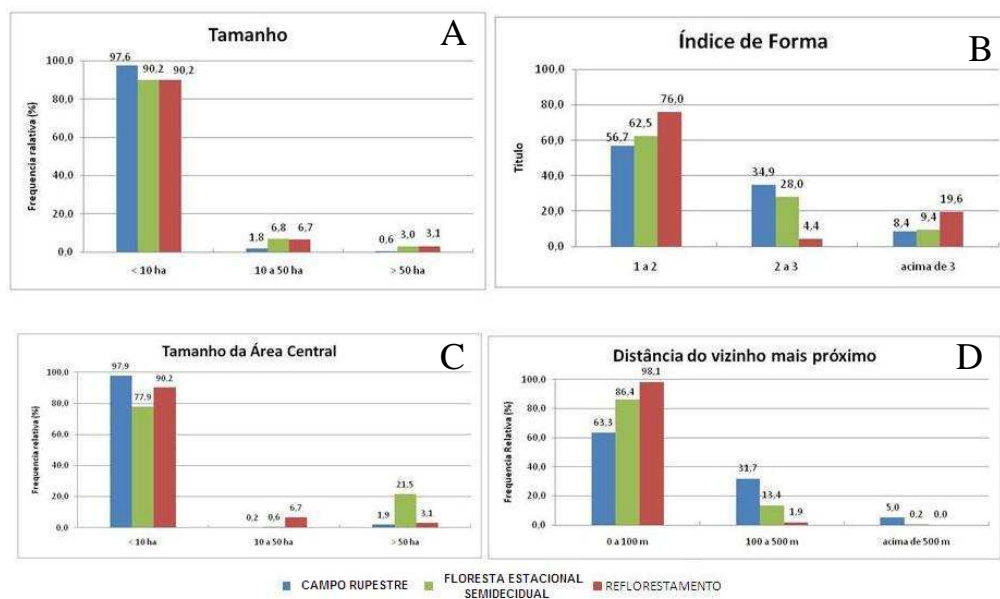


Figura 9: Classificação das métricas dos fragmentos florestais em 2009

Através da distribuição em classes de tamanho, observa-se que os fragmentos florestais menores, com tamanho até 10 hectares, concentram mais de 90% dos fragmentos florestais em todas as classes de cobertura estudados. Os fragmentos maiores, acima de 50 hectares, não ultrapassam 7% da cobertura florestal do município.

O índice de forma dos fragmentos florestais, agrupados em classes, apontou que os formatos mais regulares (ou mais circulares), com valores entre 1 a 2, predominam na paisagem. Destaca-se a classe Reflorestamento, com 76,0% dos fragmentos na classe de formato mais regular.

As áreas centrais dos fragmentos, distribuídos em classes de tamanho, caracterizou-se por apresentarem tamanhos reduzidos. Aproximadamente 80 % das áreas centrais apresentam áreas inferiores a 10 hectares. A classe Floresta Estacional Semidecidual possui maior número de áreas centrais maiores (acima de 50 hectares) dentre as classes de fragmentos florestais analisadas.

Com relação ao grau de isolamento, medido pela distância média do vizinho mais próximo, nota-se que predominam os fragmentos menos isolados, com distância entre 0 a 100 metros, que perfazem mais de 60% dos fragmentos florestais em todas as coberturas florestais.

A espacialização do agrupamento das métricas (área da classe (A), forma média (B), área central total (C) e distância média do vizinho mais próximo (D)) em classes dos fragmentos florestais é apresentada nas Figuras 8, 9 e 10. Para a métrica distância média do vizinho mais próximo empregou-se maior número de classes para uma melhor visualização da mesma.

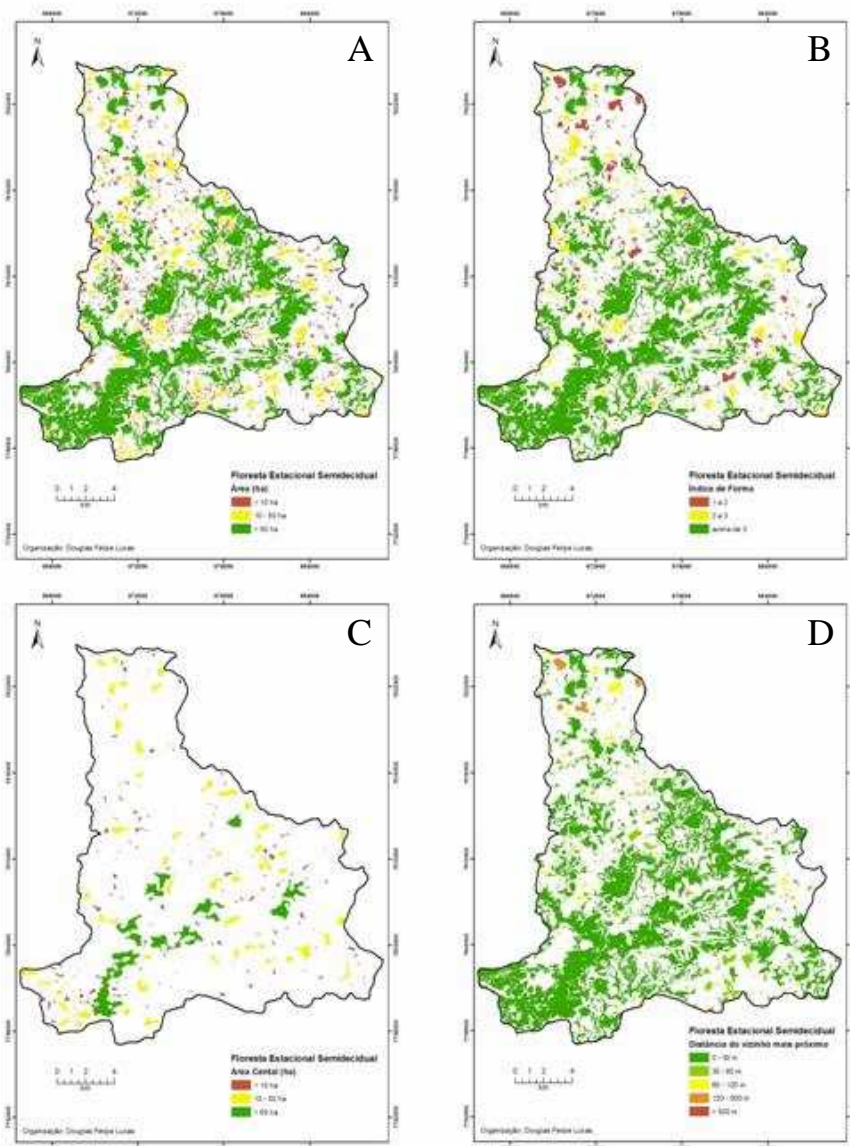


Figura 10: Coleção de Mapas Métricas de Paisagem Floresta Estacional Semidecidual-2009

Podemos notar que as maiores áreas da classe Floresta Estacional Semidecidual ocorrem na porção central e extremo sudoeste do município (ver Figura 10). As porções norte e sudoeste, onde o uso agrícola predomina a Floresta Estacional Semidecidual apresenta-se em fragmentos de menor área, geralmente localizados nos topos de morros. O índice de forma demonstra que os fragmentos de maior tamanho são mais irregulares que os de menor área. Portanto, estes fragmentos estão mais suscetíveis ao efeito de borda.

A localização das áreas centrais coincide com a dos fragmentos de maior tamanho ou área, evidenciando uma maior preservação na porção sudoeste e central do município. Devido

ao elevado número de fragmentos e a maior área ocupada por estes, os fragmentos apresentaram menores distância dos vizinhos. As maiores distâncias estão nas porções norte e sudoeste, onde o uso agrícola predominante condiciona maior isolamento dos fragmentos.

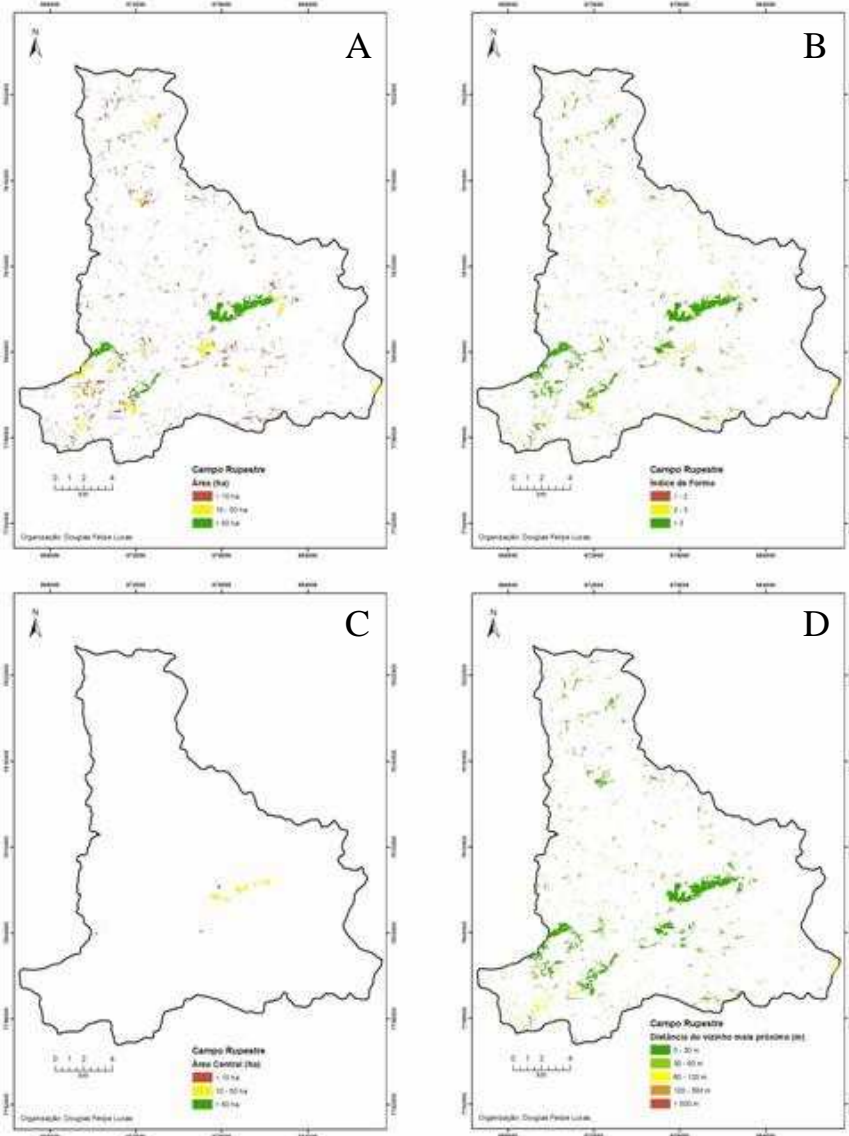


Figura 11: Coleção de Mapas Métricas de Paisagem Campo Rupestre - 2009

Os maiores fragmentos da classe Campo Rupestre estão localizados na porção central e sudoeste, assim como na classe Floresta Estacional Semidecidual (ver Figura 11). Estas áreas apresentam maiores cotas altimétricas e geralmente associam-se a afloramentos

rochosos. Os fragmentos de menor área encontram-se dispersos nas demais áreas do território. Como na Classe Floresta Estacional Semidecidual, os fragmentos de maior área apresentaram formas mais irregulares, apresentando assim maior interação com a matriz. As maiores áreas centrais da classe Campo Rupestre estão na porção central, coincidindo com seus fragmentos de maior área. Nota-se uma maior proximidade, ou seja, uma menor distância do vizinho mais próximo dos fragmentos de maior área. A redução do tamanho apresenta relação com maior isolamento do fragmento.

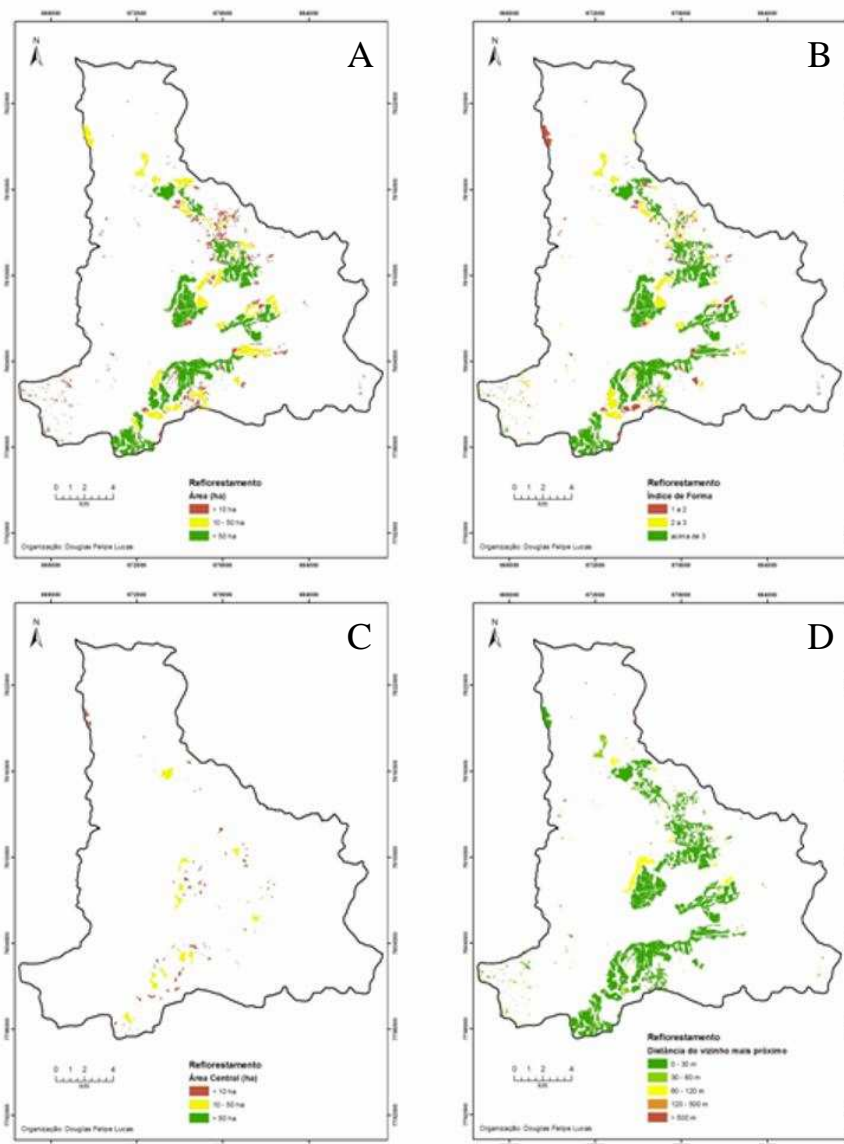


Figura 12: Coleção de Mapas Métricas de Paisagem Reflorestamento – 2009

Os fragmentos da classe Reflorestamento estão concentrados na porção central do município (ver Figura 12). Por constituir uma monocultura, seus fragmentos apresentam

maior área. Os fragmentos de menor tamanho apresentaram formas mais regulares. As formas mais irregulares coincidem com as maiores áreas.

As áreas centrais não ultrapassaram 50 ha de área e acontecem nos maiores maciços florestais. Como nas demais classes, o grau de isolamento foi maior para os fragmentos de menor tamanho.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das imagens RapidEye, após o pré-processamento e a classificação supervisionada e a utilização da extensão V-LATE para o cálculo automático das métricas da estrutura da paisagem, possibilitaram o mapeamento e análise da estrutura da paisagem florestal do município de São Gonçalo do Rio Abaixo em 2009 de forma rápida e eficiente. Num contexto geral, a paisagem florestal do município encontra-se poupada, destacando-se o percentual ocupado pela classe Floresta Estacional Semidecidual (37,5%). No entanto, o grau de fragmentação da paisagem é elevado. Mais de 90% da cobertura florestal encontra-se em fragmentos com área inferior a 10 hectares, gerando padrões de forma média mais regulares (1 a 2) e menor distanciamento dos fragmentos vizinhos (80,1% dos fragmentos encontram-se a menos de 100 metros).

Devido a esta configuração da paisagem, as áreas centrais também apresentam predomínio de núcleos menores que 10 hectares (86% das áreas centrais apresentam áreas de até 10 hectares), gerando áreas centrais disfuncionais, ou seja, com área igual a 0 hectares. Deve-se ressaltar, contudo, que a profundidade de borda de 100 metros pode ter dito influência nos resultados obtidos; cabendo-se realizar testes com outros valores.

Quanto às classes de fragmentos florestais, observa-se uma maior fragmentação da classe Floresta Estacional Semidecidual, devido a seu maior número de área e fragmentos. A classe Campo Rupestre apresenta-se mais compactada na paisagem, pois, contabiliza menor área e devido às características topográficas de sua área de ocorrência. O Reflorestamento, por ser monocultura, apresenta formas mais regulares e menores distâncias entre seus fragmentos.

Sob a ótica da conservação e preservação da biodiversidade, a caracterização da estrutura da paisagem florestal obtida aponta que a Floresta Estacional Semidecidual, por apresentar maiores valores de área central acima de 10 hectares, tem maior possibilidade de oferecer áreas mínimas para a sobrevivência das populações (METGZER, 1999 apud PIROVANI, 2010). O Campo Rupestre encontra-se em maior fragilidade ambiental. Sua menor área e área central funcional devem ser alvos de políticas e ações de preservação, que façam jus a importância de sua diversidade ecológica como representante dos campos rupestres da região do Quadrilátero Ferrífero.

O presente trabalho constitui um retrato atual da composição e configuração da paisagem florestal da área de estudo. Para uma análise das alterações e evolução do processo de fragmentação recomenda-se um estudo comparativo temporal da cobertura florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMG. Assembléia Legislativa de Minas Gerais. **Municípios Mineiros**. 2011. Disponível em:

<<http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=estado&diretorio=munmg&arquivo=municipios&municipio=61908>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

BENSUAN, Nurit. Biodiversidade. In: **Meio Ambiente Brasil. Avanços e obstáculos pós-Rio-92**. A. Camargo, J.P.R. Capobianco e J.A.P. Oliveira (orgs). Editora Estação Liberdade. Instituto Socioambiental – ISA, São Paulo e Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro. 2002. p. 229-244. Disponível em:

<<http://api.ning.com/files/wefbxEavQeDQsOgj8xMO3dSI8WM-y0Dzv0fzWE7z4O6EheXZGlcXcNXn7VoBQsCpQKCwvnMrdcZ15D417A7SJxqpsbg7kc0U/Biodiversidade.PDF>>. Acesso em: 07 abr. 2011.

CARNEIRO, Gabriel Tenaglia et al. FRAGMENTAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE (GO) ENTRE 2005 E 2008 COM O USO DO FRAGSTATS - DADOS PRELIMINARES EM SENSORIAMENTO REMOTO. **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada**. Universidade Federal de Viçosa. 2009

CUNHA, Héliida F.; FERREIRA, Anamaria A.; BRANDAO, Divino. Composição e fragmentação do Cerrado em Goiás usando Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Boletim Goiano de Geografia**. v.27, n. 2, jan./jun. 2007.

FELIX et. al. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7619-7622.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 2001.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. v. 4.3.3. 2011. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso 23 ago. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2011: Resultados Preliminares**. 2011. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=31> Acesso em: 25 mar. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso 23. Jul. 2011.

JESUS, José Renato Pereira. **Análise da Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo no Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG – 1988 a 2009**. Monografia de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências, UFMG.

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

LANGHI, Paula J. Piloto. **Ajuste radiométrico de imagens aéreas digitais**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente: [s.n], 2009. p 110.

LANGHI, Paula J. P.; TOMMASELLI, Antônio M. G. Correção radiométrica de imagens aéreas digitais por meio de ajuste polinomial. **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008.

LIMA, Ricardo N. S.; ROCHA, César H. B. Técnicas de sensoriamento remoto e métricas de ecologia da paisagem aplicadas na análise da fragmentação florestal no município de Juiz de Fora – MG em 1987 e 2008. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2067

MATOS, Thiago Vieira da Silva. **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo**. Monografia de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências, UFMG.

McGarigal, K. et al. 2002. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponível em :<<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em 23 ago. 2011.

METGZER, Jean Paul. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v.1,n. 1/2, Campinas, SP, 2001.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. Ed. Atual. Ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2005.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Definição e delimitação de domínios e subdomínios das paisagens naturais do estado de Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.(Ed.). **Mapeamento e Inventário da Flora e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. cap. 1, p.21-35.

OLIVEIRA, Sandro Nunes de et al. Identificação de unidades de paisagem e sua implicação para o ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8,n.1,p.87-107, 2007.

PIROVANI, Daiani Bernado. **Fragmentação, florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias, 2010.

REFOSCO, Julio C. Ecologia da paisagem e Sistema de Informações Geográficas no estudo da interferência da paisagem na concentração de Sólidos Totais no reservatório da usina de Barra Bonita, SP. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 343-349.

REMPEL, R. **Patch Analyst v.4.2**. 2011. <<http://flash.lakeheadu.ca/~rempel/patch/>>. Acesso em 23 de ago. 2011.

SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO. **Perfil**. São Gonçalo do Rio Abaixo: Prefeitura Municipal. Portal oficial na internet. 2011. Disponível em: <<http://www.saogoncalo.mg.gov.br/>>. Acesso em 23 jul. 2011.

SILVA, Sandro Heleno Lage da; BRAGA, Francisco de Assis; FONSECA, Alysso Rodrigo. Uso de Geotecnologias para Análise de Conflito entre Legislação e Uso da Terra: Avaliação das Áreas de Preservação Permanente (APP) do Município de Itabira, MG. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.11, n.34, p. 131 – 144, jul/2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/10895/6430>> Acesso em: 18 mar. 2011.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2001”.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena; VETTORAZZI, Carlos Alberto. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **SCENTIA FLORESTALIS**, n. 62, p. 114-129, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr62/cap10.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2011.

VIANA, Virgílio M.; PINHEIRO, Leandro A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **SÉRIE TÉCNICA IPEF**. v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998

VOLOTÃO, Carlos.F.S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE,. 1998. 45 p

Z_GIS Centro de Geoinformação. **V-LATE - Vector-based Landscape Analysis Tools Extension**. 2011. Universidade de Salzburg, Áustria. Disponível em: <<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm>>. Acesso 23 ago. 2011.

ANEXO 1 – Matriz de Confusão referente à classificação pelo algoritmo MAXVER

	REFLORESTA	REFLORESTA	MATA	CAMPO	MINERACAO	PASTAGEM	SOLOEXPOST	SOLOEXPOST	ÁGUA	URBANO	Abstencao	Soma lin.
REFLORESTA1	9097 2.78%	0 0.00%	179 0.05%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	9276
REFLORESTA2	13 0.00%	47361 14.49%	770 0.24%	10 0.00%	0 0.00%	22 0.01%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4 0.00%	0 0.00%	48180
MATA	176 0.05%	377 0.12%	124605 38.13%	141 0.04%	0 0.00%	174 0.05%	0 0.00%	109 0.03%	0 0.00%	4 0.00%	0 0.00%	125586
CAMPO	0 0.00%	0 0.00%	253 0.08%	18553 5.68%	0 0.00%	27 0.01%	11 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	44 0.01%	0 0.00%	18888
MINERACAO	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	13 0.00%	20674 6.33%	28 0.01%	11 0.00%	238 0.07%	0 0.00%	577 0.18%	0 0.00%	21541
PASTAGEM	0 0.00%	0 0.00%	73 0.02%	44 0.01%	0 0.00%	57524 17.60%	15 0.00%	532 0.16%	0 0.00%	179 0.05%	0 0.00%	58367
SOLOEXPOST1	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4 0.00%	5523 1.69%	14 0.00%	0 0.00%	166 0.05%	0 0.00%	5707
SOLOEXPOST2	0 0.00%	0 0.00%	2 0.00%	0 0.00%	55 0.02%	184 0.06%	44 0.01%	9218 2.82%	0 0.00%	182 0.06%	0 0.00%	9685
ÁGUA	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	10 0.00%	9 0.00%	1 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	20821 6.37%	3 0.00%	0 0.00%	20844
URBANO	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	16 0.00%	307 0.09%	407 0.12%	451 0.14%	1116 0.34%	0 0.00%	6453 1.97%	0 0.00%	8750
Soma col.	9286	47738	125882	18787	21045	58371	6055	11227	20821	7612	0	326824

Matriz de confiabilidade estatística do mapeamento

	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário
REFLORESTA	97.96%	98.07%
REFLORESTA	99.21%	98.30%
MATA	98.99%	99.22%
CAMPO	98.75%	98.23%
MINERACAO	98.24%	95.98%
PASTAGEM	98.55%	98.56%
SOLOEXPOST	91.21%	96.78%
SOLOEXPOST	82.11%	95.18%
ÁGUA	100.00%	99.89%
URBANO	84.77%	73.75%

Desempenho geral: 97.86 %
 Confusão média : 2.14 %
 Abstenção média : 0.00 %
 Estatística KHAT : 97.27 %
 Variância KHAT : 1.034e-007
 Estatística TAU : 97.62 %

ANEXO 2 – Índices de Ecologia da Paisagem empregados

Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Observação
Área	CA	Área da Classe	Hectare (ha)	Somatório das áreas de todas as manchas ou fragmentos florestais presentes na área em estudo.
Densidade e Tamanho	NUMP	Número de fragmentos	Adimensional	Número total de manchas ou fragmentos na paisagem ou na classe.
	MPS	Tamanho médio do fragmentos	Hectare (ha)	Soma do tamanho dos fragmentos dividido pelo número de fragmentos.
	PSSD	Desvio padrão do tamanho medio dos fragmentos	Hectare (ha)	Razão da variância do tamanho dos fragmentos.
Forma	MSI	Índice de forma médio	Adimensional	É igual a um quando todas as fragmentos ou manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma do fragmento.
Bordas	TE	Total de bordas	Metro (m)	Extremidade total de todas os fragmentos. É a soma de perímetro de todos os fragmentos.
	MPE	Comprimento médio da borda	Metro (m)	Média do comprimento do perímetro das bordas dos fragmentos.
Area Central	NCA	Número de áreas centrais	Adimensional	Número total de áreas centrais dentro da paisagem ou dentro de cada fragmento ao nível de classe.
	TCCA	Área Central Total	Hectare (ha)	O tamanho total das áreas centrais.
	TCAI	Índice de Área Central	Porcentagem (%)	Medida da quantidade relativa de área central na paisagem.
Proximidade	MNN	Distância média do vizinho mais próximo	Metros (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média destas distâncias para classes individuais ao nível de classe

Fonte: adaptado de Lang e Blaschke (2009).

