



Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa  
Brasil

do Nascimento, Melchior Carlos; Soares, Vicente Paulo; Álvares Soares Ribeiro, Carlos Antônio; Silva,  
Elias

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, vol. 30, núm. 3, maio-junho, 2006, pp. 389-398

Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48830309>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# MAPEAMENTO DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO FLORESTAL NATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE, ESPÍRITO SANTO, A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE IKONOS II<sup>1</sup>

Melchior Carlos do Nascimento<sup>2</sup>, Vicente Paulo Soares<sup>3</sup>, Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro<sup>3</sup> e Elias Silva<sup>3</sup>

**RESUMO** – O estudo teve como objetivos elaborar o mapa de uso da terra e diagnosticar, em nível de paisagem, os fragmentos de vegetação florestal nativa por meio da classificação visual da imagem do satélite IKONOS II. A pesquisa foi desenvolvida na bacia hidrográfica do rio Alegre, situada no extremo sul do Estado do Espírito Santo, Brasil. Foram mapeadas 12 classes de uso da terra, destacando-se 475 fragmentos florestais. As classes cafezal (2.086,2 ha), pastagem (14.130,1 ha) e fragmento florestal (2.978,9 ha) ocuparam 92,16% (19.195,2 ha) da área total da bacia, que é de 20.819,8 ha. A maioria dos fragmentos florestais possui formas fortemente alongadas e área média de 6,3 ha. Também se constatou que a maior parte está sujeita a um elevado nível de perturbação, com 452 e 166 fragmentos florestais vizinhos às classes pastagem e cafezal, respectivamente.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento e uso da terra.

## ***NATIVE FOREST FRAGMENTATION MAPPING OF THE ALEGRE RIVER WATERSHED, ESPIRITO SANTO STATE, BRAZIL, USING IKONOS II DATA***

**ABSTRACT** – The main objective of this study was to create land use and diagnosis maps, at landscape level, of the native forest fragmentation through visual classification using IKONOS II data. The study was conducted in the river Alegre watershed, situated in the south region of State of Espírito Santo, Brazil. Twelve land use classes were mapped, pointing out 475 forest fragments. The classes of coffee plantation (2,086.2 ha), pasture (14,130.1 ha) and forest fragmentation (2,978.9 ha) occupied 92.16% (19,195.2 ha) of the total study area, which was about 20,819.8 ha. The majority of the forest fragments presented strongly elongated shapes, with an average of 6.3 ha. It was also noticed that most of them presented a high level of disturbance, with 452 and 166 forest fragments neighboring the pasture and coffee plantation classes, respectively.

**Keywords:** Geoprocessing and land use.

### **1. INTRODUÇÃO**

A atividade desordenada de uso e ocupação da terra impulsionado pelo modelo econômico vigente e o crescimento populacional tem resultado na degradação, fragmentação e esgotamento dos recursos florestais. A conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada

no Rio de Janeiro em 1992, enfatizou essas preocupações, posteriormente evidenciadas em diversas conferências complementares (FAO, 2000). Além disso, as mudanças ocorridas nas características de uso da terra decorrentes do desmatamento têm provocado efeitos negativos sobre a manutenção da biodiversidade (BIERREGARD JÚNIOR et al., 1992), reduzindo as grandes áreas de

<sup>1</sup> Recebido em 15.09.2004 e aceito para publicação em 05.04.2006.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFV. 36570-000 Viçosa-MG. E-mail: <mgeop@bol.com.br>.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Florestal da UFV. 36570-000 Viçosa-MG. E-mail: <vicente@ufv.br>, <cribeiro@ufv.br>, <eshamir@ufv.br>.

florestas a fragmentos, trazendo conseqüências danosas para o conjunto de seus organismos (MURCIA, 1995). Dependendo das condições e dos padrões particulares envolvidos na fragmentação, podem haver respostas altamente variáveis das espécies (SANTOS e TELLERÍA, 1994). As estimativas assinaladas por Simberlof (1986) sobre o potencial de extinção nas regiões tropicais evidenciam os possíveis efeitos decorrentes da fragmentação florestal. Aproximadamente, 2% das famílias botânicas existentes e 15% de todas as espécies vegetais podem ser dizimadas, caso não sejam implementadas medidas enérgicas de manejo e conservação.

Embora o Brasil apresente uma superfície de florestas por pessoa de aproximadamente 3,2 ha, valor bem acima da média mundial que é 0,6 ha, a disparidade entre as diferentes regiões brasileiras, por exemplo na Região Sudeste, que apresenta um valor abaixo da média mundial, aproximadamente 0,3 hectare de superfície de floresta por pessoa (BRASIL, 2002), acentua ainda mais a necessidade das ações para minimizar os efeitos do processo de fragmentação das florestas nativas. Somando-se a essas questões, são considerados também como conseqüências desse processo impactante os efeitos pronunciados na estrutura e biomassa dessas formações florestais, que resultam em modificações da luminosidade, temperatura, umidade e velocidade do vento, principalmente nas bordas dos remanescentes, provocando alterações microclimáticas que interferem na reprodução das plantas (VIANA, 1990; BIERREGAARD JÚNIOR et al., 1992; MURCIA, 1995; AIZEN e FEINSINGER, 1994).

Outro fator relevante sobre os distúrbios contínuos a que os fragmentos florestais são expostos denota da constatação de que apenas a proteção contra as perturbações antrópicas não é suficiente, pois esses fragmentos não são auto-sustentáveis e dependem também de um manejo ativo para conservar suas populações ameaçadas de extinção (VIANA, 1995). Embora os critérios usados para escolha dos fragmentos a serem conservados sejam bastante incipientes (PEREIRA, 1999), as análises devem considerar, entre outros fatores, a sua importância sistêmica (HARRIS, 1984) para manutenção do equilíbrio ambiental e, principalmente, da biodiversidade. Dessa maneira, diversos trabalhos utilizando o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas como ferramentas de suporte da análise ambiental têm sido desenvolvidos. Dentre estes, podem ser citados os

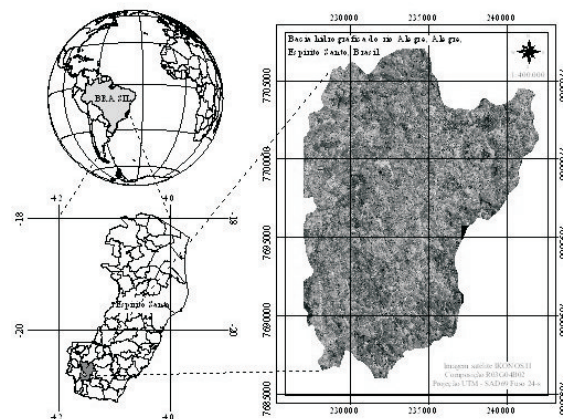
trabalhos de Silva et al. (1997), Oliveira et al. (1997) e Martins et al. (2002), que analisaram os efeitos da fragmentação florestal em nível de paisagem, bem como os estudos conduzidos por Jorge (1996), que consistiu em avaliar a estrutura da paisagem e a fragmentação das formações florestais, por meio de imagens orbitais do satélite TM/Landsat-5 e dos recursos disponíveis em SIG. A eficiência desses recursos tecnológicos, aliados aos conhecimentos técnico e teórico, possibilitou a esses autores modelar as relações de distribuição de tamanhos de fragmentos de vegetação natural, relação perímetro/área, número/área e os efeitos de borda originada pela fragmentação do “habitat”.

Nesse contexto, o estudo teve como objetivos elaborar o mapa de uso da terra e diagnosticar os fragmentos de vegetação florestal nativa, em nível de paisagem, na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área

A bacia hidrográfica do rio Alegre está situada no Município de Alegre, extremo sul do Estado do Espírito Santo, entre as latitudes 20° 46' e 20° 55' sul e longitudes 41° 28' e 41° 37' oeste de Greewinch. Com uma área de aproximadamente 208,2 km<sup>2</sup>, pertence à bacia hidrográfica do rio Itapemirim, sendo o seu curso d'água principal o rio Alegre (Figura 1).



**Figura 1** – Localização da bacia hidrográfica do rio Alegre, Estado do Espírito Santo.

**Figure 1** – Location of the Alegre river watershed, State of Espírito Santo, Brazil.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso. Com um relevo bastante movimentado, a área é constituída por uma paisagem fortemente ondulada e montanhosa. A hidrografia é constituída por uma rede de drenagem densa e diversificada, formando rios encaixados e algumas cachoeiras.

As unidades de solo são caracterizadas principalmente por Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (*Lvd3*), que ocorrem na maior parte da área, associados com Cambissolos (*Lvd4*); Latossolos Vermelho-Amarelos Húmicos (*Lvd10*), em uma faixa pequena a sudeste do povoado Café; Nitossolos (*Trpe2*) ao longo das margens do rio Alegre; e os Argissolos (*Pv3*) em uma faixa a nordeste do núcleo urbano de Alegre (BRASIL, 1978, atualizado conforme BRASIL, 1999).

Na referida área, encontram-se basicamente culturas de subsistência, café e um grande predomínio de pastagens, além de remanescentes florestais nativos localizados, principalmente, nos topos dos morros.

## 2.2. Materiais utilizados

Para a obtenção dos dados necessários à realização deste estudo, utilizou-se a imagem digital do satélite IKONOS II com resolução espacial de 4 m, espectral de 0,45-0,90 µm, discriminados nos seguintes intervalos espectrais (azul - 0,45-0,52 µm, verde - 0,52-0,60, vermelho - 0,63-0,69 e IV próximo - 0,76-0,90) e resolução radiométrica de 11 “bits” (2.048 níveis de cinza), obtida em dezembro de 2002. Além disso, foram utilizadas as bases cartográficas planialtimétricas em formato digital na escala de 1:50.000, digitalizadas a partir das folhas SF-24-V-A-V-1, SF-24-V-A-IV-2, SF-24-V-A-V-3 e SF-24-V-A-IV-4 (IBGE, 1977), contendo as áreas urbanas, estradas, hidrografia e curvas de nível. O tratamento e análise dos dados foram realizados por meio dos softwares IDRISI 32, release II (EASTMAN, 1999) e ArcGIS, versão 8.2 (ESRI, 2002). Além desses, foi utilizado também o Sistema de Posicionamento Global Diferencial – DGPS, modelo GTR, para coleta dos Pontos de Controle no Terreno – PCTs usados na correção geométrica, e o Sistema Global de Posicionamento – GPS, modelo Garmin III Plus, para aferição das informações obtidas da classificação da imagem.

## 2.3. Mapeamento do uso da terra e diagnóstico ambiental dos fragmentos florestais

### 2.3.1. Classificação visual da imagem

Inicialmente, foram coletados Pontos de Controle Terrestres (PCTs) para o georreferenciamento da imagem, obtendo-se um RMSe (Root Mean Square Error) de 0,37 *pixel*. Em seguida, realizou-se a interpretação visual da imagem IKONOS II, usando as bandas 2 (0,51-0,60 mm), 3 (0,63-0,70 mm) e 4 (0,76-0,85 mm), seguida da digitalização das classes de uso da terra, por meio do software IDRISI. Posteriormente, foram realizadas visitas a campo, objetivando identificar a fidedignidade das classes de uso da terra geradas na classificação preliminar e também para eliminar possíveis dúvidas. Essa etapa consistiu na seleção de 30 pontos de controle na imagem IKONOS II, os quais foram checados no campo. De posse dessas informações, foi possível chegar à classificação final do uso da terra. Com a finalidade de verificar a confiabilidade do mapa gerado, foi realizada uma avaliação da exatidão, por meio do índice Kappa, conforme a equação a seguir:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_i + *x + i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_i + *x + i)}$$

sendo:  $\hat{K}$  = índice de concordância Kappa; r = número de linhas na matriz;  $x_{ii}$  = número de observações na linha[i] e coluna[i];  $x_i + e x + i$  = totais marginais da linha[i] e coluna[i], respectivamente; e N = número total de observações.

Posteriormente, as classes mapeadas foram exportadas para o formato “shapefile” e realizadas análises, especialmente, dos fragmentos de vegetação florestal.

### 2.3.2. Análises dos dados

A análise dos dados foi realizada no módulo ArcMap, do software ArcGIS. Inicialmente, foram calculados o perímetro e área das classes de uso da terra com a finalidade de quantificar a participação de cada classe na bacia hidrográfica do rio Alegre. Além disso, objetivando diagnosticar a fragmentação florestal em nível de paisagem, foram analisadas as variáveis relativas a área, perímetro, forma, vizinhança e histórico de perturbação.

Com os valores de área e perímetro de cada fragmento florestal, determinaram-se as características correspondentes à forma de cada fragmento com base no índice de circularidade (compactness ratio) ou C, que é obtido por meio da raiz da área de cada fragmento florestal, dividido pela área circular do seu referido perímetro, conforme descrito na equação a seguir:

$$IC = \frac{2\sqrt{\pi \cdot S}}{P}$$

sendo IC = índice de circularidade; P = 3,1416; S = área do fragmento florestal; e P = perímetro do mesmo fragmento florestal.

O cálculo dos valores de C permitiu identificar se os fragmentos florestais possuem tendências de formas alongadas ou circulares. Assim, os valores de C igual a 1 indicam fragmentos com tendência circular e, à medida que esse valor se torna menor, o fragmento apresenta-se com tendência mais alongada.

A análise de vizinhança foi realizada de maneira individualizada para cada fragmento florestal. Essa etapa consistiu na determinação das distâncias euclidianas entre as feições adjacentes a cada feição-alvo. Para tanto, utilizou-se a extensão *Boundary Maker* (<http://arcsripts.esri.com/disclaimer.asp>), que identificou as classes vizinhas a cada fragmento florestal.

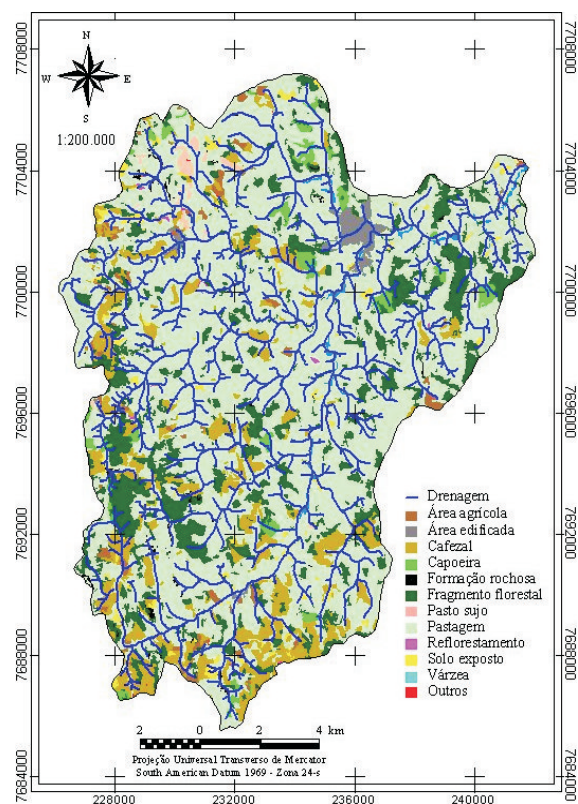
O histórico de perturbação da área foi realizado por meio das verificações de campo e consultas à literatura regional disponível. Oportunamente, foram realizados contatos com a comunidade local e representantes do Poder Público Municipal objetivando identificar a ocorrência de possíveis peculiaridades na área ou em sua vizinhança.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Classes de uso da terra

A imagem do satélite IKONOS II, bandas 2, 3 e 4, obtida em dezembro de 2002, e os levantamentos de campo permitiram identificar e mapear 12 classes de uso da terra, destacando-se os 475 fragmentos florestais (Figura 2).

O mapa representado pela Figura 2 teve a sua acurácia verificada pela matriz de erros, usando-se o índice de concordância Kappa, que considera a proporção de amostras corretamente classificadas, correspondentes à razão entre a soma da diagonal principal da matriz de erros (amostras corretamente classificadas) e a soma de todos os elementos dessa matriz (número total da amostra), tendo como referência o número total de classes (COHEN, 1960, citado por ROSENFELD e FITZPATRICK-LINS, 1986).



**Figura 2** – Classes de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo.

*Figure 2* – Land use classes in the Alegre river watershed, State of Espírito Santo, Brazil.

O resultado obtido com a utilização do estimador de acerto Kappa (matriz de erros) para a classificação realizada foi, assim, de 0,85, valor considerado excelente ( $0,8 < K \leq 1$ ) (FOODY, 1992; CONGALTON e GREEN, 1998), indicando que a classificação alcançou resultado satisfatório (Quadro 1).

Com relação às classes mapeadas, a análise do Quadro 2 evidencia que a pastagem e os fragmentos florestais foram as classes de maiores ocorrências na área, com 14.130,1 ha (67,87%) e 2.979,9 ha (14,31%), respectivamente. No entanto, o reflorestamento (17,0 ha) e a classe denominada como outros (9,8 ha) apresentaram as menores contribuições na composição da paisagem. Considerando as atividades agrícolas como uma das principais responsáveis pela transformação da paisagem natural, constatou-se que as classes cafezal (10,02%), área agrícola (1,50%), reflorestamento (0,08%)



e pastagem (67,87%) corresponderam a 80,21% da área. A expressiva participação dessas classes na composição da paisagem indica os intensos processos de antropização a que a área tem sido submetida. Vale ressaltar que, devido à sua importância para a economia da região, procurou-se distinguir a classe Cafezal da área agrícola, caracterizada, assim, pela indefinição na distinção dos padrões espectrais da imagem e na consulta realizada durante a verificação de campo.

### 3.2. Diagnóstico ambiental dos fragmentos florestais

Foram considerados os parâmetros relacionados ao histórico de perturbação, área (tamanho), perímetro, forma e tipos de vizinhança como resultados do diagnóstico ambiental, no contexto da paisagem, para os 475 fragmentos florestais mapeados.

#### 3.2.1. Histórico de perturbação

A partir das informações disponíveis em bibliografia

regional e depoimentos de antigos moradores, elaborou-se o histórico de perturbação da área. Assim, com base nos levantamentos de campo, que possibilitou conhecer, de maneira detalhada, a área e também estabelecer contatos com diversos atores sociais, constatou-se que o processo de devastação da paisagem natural do extremo sul capixaba, assim como na área de estudo, teve como fatores motivadores a atividade desordenada de ocupação da terra e, principalmente, a introdução da cafeicultura na região.

O marco histórico do povoamento aconteceu a partir de 1820, quando a expedição exploradora chefiada pelo capitão-mor português Manoel José Esteves Lima, procedente de Mariana, MG, chegou à região onde hoje se encontra localizada a sede do Município de Alegre (FERRAZ, 1996). Nessa oportunidade, conforme os relatos desse autor, as formações florestais apresentavam-se bastante conservadas, e a fauna silvestre era abundante e diversificada.

**Quadro 1** – Resultado da classificação pelo estimador de acerto Kappa, bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, Brasil

**Table 1** – Classification results based on Kappa index, Alegre river watershed, State Espírito Santo, Brazil

| Classes de Uso da Terra              | AG             | AE             | CZ           | PS            | FR             | FF             | OT            | PG            | RF             | CP           | SE            | VZ             | TOTAL        |
|--------------------------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| AG Área agrícola                     | 1115<br>[100%] | 0              | 0            | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 1115         |
| AE Área edificada                    | 0              | 1916<br>[100%] | 0            | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 1916         |
| CZ Cafezal                           | 261            | 0              | 773<br>[75%] | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 1034         |
| PSPasto sujo                         | 0              | 0              | 0            | 265<br>[100%] | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 265          |
| FR Formação rochosa                  | 0              | 0              | 0            | 0             | 1260<br>[100%] | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 1260         |
| FF Fragmento Florestal               | 0              | 0              | 0            | 0             | 0              | 1608<br>[100%] | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 1608         |
| OT Outros                            | 0              | 0              | 0            | 0             | 0              | 0              | 801<br>[100%] | 0             | 0              | 0            | 0             | 0              | 801          |
| PG Pastagem                          | 125            | 0              | 0            | 1310          | 0              | 74             | 57            | 1650<br>[51%] | 0              | 0            | 20            | 0              | 3236         |
| RF Reflorestamento                   | 0              | 0              | 0            | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 1292<br>[100%] | 0            | 0             | 0              | 1292         |
| CP Capoeira                          | 0              | 0              | 0            | 0             | 0              | 0              | 4             | 0             | 0              | 534<br>[99%] | 0             | 0              | 538          |
| SE Solo exposto                      | 189            | 0              | 0            | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 1498<br>[89%] | 0              | 1687         |
| VZ Várzea                            | 0              | 0              | 0            | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0            | 0             | 1057<br>[100%] | 1057         |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>1690</b>    | <b>1916</b>    | <b>773</b>   | <b>1575</b>   | <b>1260</b>    | <b>1682</b>    | <b>862</b>    | <b>1650</b>   | <b>1292</b>    | <b>534</b>   | <b>1518</b>   | <b>1057</b>    | <b>15809</b> |
| <b>Coeficiente Kappa<sup>1</sup></b> |                |                |              |               |                |                |               |               |                |              |               |                | <b>0,85</b>  |

<sup>1</sup> Coeficiente Kappa:  $K \leq 0,2$  – péssimo;  $0,2 < K \leq 0,4$  – razoável;  $0,4 < K \leq 0,6$  – bom;  $0,6 < K \leq 0,8$  – muito bom; e  $0,8 < K \leq 1$  – excelente.

**Quadro 2** – Classes de uso da terra mapeadas na imagem do satélite IKONOS II na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo**Table 2** – Land use classes mapped on the IKONOS II image, Alegre river watershed, State of Espírito Santo, Brazil

| Nº    | Classe de Uso e Ocupação | Área     |        | Perímetro   |        |
|-------|--------------------------|----------|--------|-------------|--------|
|       |                          | Ha       | %      | Metros      | %      |
| 1     | Pastagem                 | 14.130,1 | 67,87  | 947.726,5   | 41,66  |
| 2     | Fragmento florestal      | 2.979,9  | 14,31  | 591.042,8   | 25,98  |
| 3     | Cafezal                  | 2.086,2  | 10,02  | 319.988,4   | 14,07  |
| 4     | Capoeira                 | 385,8    | 1,85   | 63.135,4    | 2,78   |
| 5     | Solo exposto             | 314,9    | 1,51   | 117.624,9   | 5,17   |
| 6     | Área agrícola            | 312,9    | 1,50   | 75.418,7    | 3,32   |
| 7     | Área edificada           | 253,3    | 1,22   | 34.494,0    | 1,52   |
| 8     | Pasto sujo               | 135,4    | 0,65   | 23.304,1    | 1,02   |
| 9     | Várzea                   | 112,0    | 0,54   | 39.051,9    | 1,72   |
| 10    | Formação rochosa         | 83,4     | 0,40   | 47.158,4    | 2,07   |
| 11    | Reflorestamento          | 17,0     | 0,08   | 8.158,8     | 0,36   |
| 12    | Outros                   | 9,8      | 0,05   | 7.714,9     | 0,34   |
| TOTAL |                          | 20.819,8 | 100,00 | 2.274.818,8 | 100,00 |

Nesse contexto, pode-se dizer que os antecedentes históricos que marcaram o processo de ocupação da área estão associados ao desenvolvimento socioeconômico do Estado de Minas Gerais, em particular das cidades produtoras de ouro Mariana e Ouro Preto. Segundo Bravo (1998), a atual sede do Município de Alegre foi utilizada nessa época como rancho de apoio às tropas que se deslocavam da região mineira para o Porto de Itapemirim. Um fato relevante que caracterizou esse período ocorreu em 1811, com a abertura da primeira estrada que dava acesso ao litoral capixaba.

Com o início do povoamento, a agropecuária se estabeleceu, assim, na região, tendo como principais atividades a cafeicultura e a bovinocultura. Contudo, com o desenvolvimento do comércio local, motivado sobretudo pelos laços econômicos e culturais entre os povoados de Alegre e Itapemirim, bem como os centros consumidores da Zona da Mata de Minas Gerais, a área tornou-se bastante atrativa, sendo implantadas novas propriedades rurais, colaborando para o estabelecimento dessas atividades agrícolas. Além dos aspectos relacionados com o desenvolvimento da agricultura e da pecuária, antecedeu essas atividades a extração de madeira que era utilizada como matéria-prima para a construção das casas dos colonos e também como lenha para atendimento da demanda energética. Como consequência, as áreas florestais nativas situadas no Município de Alegre e, em particular, na bacia hidrográfica em estudo foram desmatadas, dando lugar à cultura do café e às extensas pastagens.

### 3.2.2. Área e Perímetro

Os 475 fragmentos florestais mapeados na bacia hidrográfica do rio Alegre ocupam uma área total de 2.979,9 ha (14,31%), conforme o Quadro 2. Pela análise do Quadro 3, nota-se que o tamanho médio desses fragmentos é de 6,3 ha, verificando-se, porém, que apenas 10,32% (49 fragmentos) estão próximos da média. Todavia, uma vez que 56,63% dos fragmentos apresentaram área inferior a 2 ha, vale ressaltar que o tamanho mediano correspondente é de 1,77 ha.

Ainda de acordo com o Quadro 3, 269 fragmentos (56,63%) possuíam áreas de até 2,0 ha, representando 7,95% (236,9 ha) da área total. Embora esses fragmentos florestais apresentem área bastante reduzida, torna-se importante evidenciar que a sua conservação contribui para a manutenção ou o aumento da diversidade biológica local. Foi observado também que 35 fragmentos possuíam em média 14,3 ha, ocupando 16,82% da área total relativa aos fragmentos mapeados, ou seja, 501,1 ha. O maior fragmento identificado, com 252,9 ha, ocupava 8,49% da área total dos fragmentos mapeados na bacia hidrográfica do rio Alegre.

A análise do Quadro 4 indica que os fragmentos de maiores perímetros apresentaram valores de 25.730,7 m e 12.179,1 m. De maneira geral, os fragmentos florestais mapeados corresponderam a um perímetro total de 591.042,8 m e apresentaram um perímetro médio de 1.244,3 m. Contudo, observando ainda os resultados do Quadro 4, pode-se constatar que, dos 475 fragmentos florestais,

300 (63,16%) possuíam perímetro inferior a 1.000 m e apenas 70 fragmentos (14,74%) apresentavam valores próximos da média.

### 3.2.3. Forma e o tipo de vizinhança

A forma dos fragmentos foi determinada por meio da análise do Índice de Circularidade (IC), ou relação borda/interior. A importância dessa análise para os estudos da dinâmica e estrutura dos fragmentos florestais evidencia-se na possibilidade de indicar o nível de proteção de seu interior em relação aos efeitos de borda. Pela análise do Quadro 5, verifica-se que 40 fragmentos (8,42%) apresentaram tendências de formas arredondadas, com valores de IC acima de 0,850. Observou-se também que a maior parte dos fragmentos mapeados, em torno de 255 (53,68%), apresentou forte tendência de formas

alongadas, com valores de IC entre 0,219 e 0,650, e um total de 180 (37,89%) fragmentos florestais possuíam uma tendência moderadamente alongada, com valores de IC entre 0,650 e 0,850.

O tipo de vizinhança representa um dos mais relevantes fatores de distúrbio a serem considerados no diagnóstico ambiental, em nível de paisagem, dos fragmentos florestais. De acordo com o tipo de vizinhança, um fragmento florestal estará mais suscetível aos efeitos de borda, que por sua vez podem comprometer o equilíbrio desses ecossistemas. Neste estudo, foram identificados 11 tipos de vizinhanças, sendo cinco sistemas fitofisionômicos naturais e sete decorrentes das ações antrópicas (Quadro 6). Além desses, vale ressaltar que foram identificados 52 fragmentos florestais nos limites da área de estudo.

**Quadro 3** – Classes de área (ha) dos fragmentos florestais mapeados na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo  
**Table 3** – Acreage forest fragments (ha) mapped in the river Alegre watershed, State of Espírito Santo, Brazil

| Classes de Área (ha) |  | Fragmentos Florestais |        |         |        |       |
|----------------------|--|-----------------------|--------|---------|--------|-------|
|                      |  | Número de Ocorrências |        | Área    |        | Média |
|                      |  | Absoluto              | %      | ha      | %      |       |
| Até 2,0              |  | 269                   | 56,63  | 236,9   | 7,95   | 0,9   |
| 2,0 —  4,0           |  | 61                    | 12,84  | 175,1   | 5,88   | 2,9   |
| 4,0 —  6,0           |  | 34                    | 7,16   | 161,8   | 5,43   | 4,8   |
| 6,0 —  10,0          |  | 49                    | 10,32  | 385,2   | 12,93  | 7,9   |
| 10,0 —  20,0         |  | 35                    | 7,37   | 501,1   | 16,82  | 14,3  |
| 20,0 —  40,0         |  | 17                    | 3,58   | 463,2   | 15,55  | 27,2  |
| 40,0 —  80,0         |  | 5                     | 1,05   | 308,6   | 10,36  | 61,7  |
| 80,0 —  160,0        |  | 3                     | 0,63   | 322,5   | 10,83  | 107,5 |
| 160,0 —  200,0       |  | 1                     | 0,21   | 171,6   | 5,76   | 171,6 |
| > 200,0              |  | 1                     | 0,21   | 252,9   | 8,49   | 252,9 |
| TOTAL                |  | 475                   | 100,00 | 2.979,9 | 100,00 | 6,3   |

**Quadro 4** – Classes de perímetro (m) dos fragmentos florestais mapeados na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo  
**Table 4** – Perimeter classes (m) of forest fragments mapped in the river Alegre watershed, State of Espírito Santo, Brazil

| Classes de Perímetro (m) |  | Fragmentos Florestais |        |           |        |          |
|--------------------------|--|-----------------------|--------|-----------|--------|----------|
|                          |  | Número de Ocorrência  |        | Perímetro |        | Média    |
|                          |  | Quantidade            | %      | Metros    | %      |          |
| 121 —  500               |  | 154                   | 32,42  | 53.559,7  | 9,06   | 347,8    |
| 500 —  1000              |  | 146                   | 30,74  | 103.021,5 | 17,43  | 705,6    |
| 1000 —  1500             |  | 70                    | 14,74  | 85.813,2  | 14,52  | 1.225,9  |
| 1500 —  2000             |  | 36                    | 7,58   | 61.216,2  | 10,36  | 1.700,5  |
| 2000 —  4000             |  | 50                    | 10,53  | 137.466,9 | 23,26  | 2.749,3  |
| 4000 —  8000             |  | 13                    | 2,74   | 76.345,2  | 12,92  | 5.872,7  |
| 8000 —  12000            |  | 4                     | 0,84   | 35.710,1  | 6,04   | 8.927,5  |
| 12000 —  16000           |  | 1                     | 0,21   | 12.179,1  | 2,06   | 12.179,1 |
| > 16000                  |  | 1                     | 0,21   | 25.730,7  | 4,35   | 25.730,7 |
| TOTAL                    |  | 475                   | 100,00 | 591.042,8 | 100,00 | 1.244,3  |



**Quadro 5** – Classes do índice de circularidade (IC) dos fragmentos florestais mapeados na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo

**Table 5** – *Circularity Index classes (IC) of forest fragments mapped in the river Alegre watershed, State of Espírito Santo, Brazil*

| Classes IC     | Fragmentos Florestais |               |
|----------------|-----------------------|---------------|
|                | Número de Ocorrências | %             |
| 0,219 —  0,300 | 4                     | 0,84          |
| 0,300 —  0,350 | 10                    | 2,11          |
| 0,350 —  0,450 | 40                    | 8,42          |
| 0,450 —  0,550 | 88                    | 18,53         |
| 0,550 —  0,650 | 113                   | 23,79         |
| 0,650 —  0,750 | 107                   | 22,53         |
| 0,750 —  0,850 | 73                    | 15,37         |
| 0,850 —  1,000 | 40                    | 8,42          |
| <b>TOTAL</b>   | <b>475</b>            | <b>100,00</b> |

Dependendo da vizinhança, os fragmentos florestais mapeados podem estar sofrendo vários tipos de distúrbios, principalmente entre as classes resultantes das ações antrópicas. As práticas de manejo tradicionalmente desenvolvidas nas culturas agrícolas, como o uso de agroquímicos, a forma inadequada de limpeza do terreno (queimada) ou a poluição sonora decorrente da movimentação de máquinas e veículos motorizados estão entre os principais tipos de distúrbios que afetam a fauna e a flora dos fragmentos de vegetação florestal nativa.

As conseqüências dessas práticas que estão diretamente associadas à atividade agropecuária são, dentre outras, a deposição excessiva de particulados na cobertura vegetal dos remanescentes, a produção de lixo, o afugentamento de animais silvestres ou o impedimento da locomoção de espécies dispersoras.

No Quadro 6, mostra-se também que aproximadamente 452 fragmentos florestais (95,16%) se encontram vizinhos a pastagens e 166 a cafezais (34,95%). De maneira geral, esses tipos de vizinhança podem influenciar, de maneira negativa, a dinâmica e os processos sucessionais dos fragmentos florestais, devido às práticas que estão comumente associadas a essas atividades, como a caça, o extrativismo ou a abertura de trilhas. Entretanto, a vizinhança do tipo pastagem pode oferecer algumas vantagens, pois apresenta menos dificuldade para a implantação de técnicas de recuperação, destacando-se a introdução de corredores ecológicos interligando os remanescentes.

Outro tipo de vizinhança que, em geral, causa forte pressão antrópica são as áreas edificadas ou núcleos urbanos. Segundo Matlack (1993), os fragmentos florestais próximos dessas áreas podem sofrer alterações significativas em sua estrutura e composição, devido ao fato de as atividades humanas não serem distribuídas ao acaso em seu interior. Assim, identificaram-se 12 fragmentos florestais vizinhos a áreas edificadas que, dependendo da intensidade de uso, podem estar sujeitas a vários tipos de perturbação, como a caça e a deposição de lixo e extração de madeira, entre outros.

Foram totalizados 92 fragmentos florestais vizinhos às classes de solo exposto e área agriculturada que, dependendo do tipo de uso a ser dado a essas áreas, podem provocar diversos prejuízos. Além disso, devido à ausência de cobertura vegetal, o escoamento superficial pode promover efeitos erosivos, principalmente nas bordas dos fragmentos.

**Quadro 6** – Fragmentos florestais e suas vizinhanças com classes de uso da terra mapeados na bacia hidrográfica do rio Alegre, ES.

**Table 6** – *Forest fragments and their neighborhood with land use classes mapped in the river Alegre watershed, State of ES, Brazil*

| Tipo de Vizinhança           |                  | Fragmentos Florestais Afetados |       |           |        |
|------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-----------|--------|
|                              |                  | Quantidade                     |       | Perímetro |        |
|                              |                  | Absoluto                       | %     | Metros    | %      |
| Sistema antrópico            | Área agrícola    | 38                             | 8,00  | 7.709,3   | 1,30   |
|                              | Área edificada   | 12                             | 2,53  | 3.987,2   | 0,67   |
|                              | Cafezal          | 166                            | 34,95 | 80.477,5  | 13,62  |
|                              | Pastagem         | 452                            | 95,16 | 440.954,2 | 74,61  |
|                              | Reflorestamento  | 2                              | 0,42  | 259,6     | 0,04   |
|                              | Solo exposto     | 54                             | 11,37 | 13.305,1  | 2,25   |
|                              | Outros           | 3                              | 0,63  | 262,4     | 0,04   |
| Sistema fitosionômico        | Pasto sujo       | 8                              | 1,68  | 841,0     | 0,14   |
|                              | Capoeira         | 34                             | 7,16  | 17.112,3  | 2,90   |
|                              | Formação rochosa | 25                             | 5,26  | 10.839,0  | 1,83   |
|                              | Várzea           | 10                             | 2,11  | 773,4     | 0,13   |
| Limite BHRA*                 |                  | 52                             | 10,95 | 14.521,8  | 2,46   |
| Total de Ocorrência          |                  | 856                            |       | 591.042,8 | 100,00 |
| Total de Fragmentos Mapeados |                  |                                |       | 475       |        |

\*Limite BHRA (bacia hidrográfica do rio Alegre).

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados do presente estudo foi possível concluir que:

a) O uso integrado das ferramentas básicas do geoprocessamento (Sensoriamento Remoto e SIG) mostrou-se eficiente para esse tipo de trabalho, produzindo informações peculiares em formato de mapas e tabelas, necessárias para a melhor compreensão dos resultados.

b) Considerando a excelente resolução espacial da imagem utilizada (IKONOS II), foi possível mapear detalhadamente, a partir da classificação visual e verificações de campo, 12 classes de uso da terra, destacando-se 475 fragmentos de vegetação florestal nativa.

c) A área total da bacia hidrográfica do rio Alegre é de 20.819,8 ha, dos quais 67,86% são cobertos por pastagens, 14,30% por fragmentos florestais e 10,00% por cafezais.

d) Eram 269 os fragmentos de vegetação florestal nativa com áreas de até 2,0 ha (56,63%), sendo que 49 fragmentos apresentavam áreas próximas à média, que é de 6,3 ha.

e) Eram 255 (53,68) fragmentos de vegetação florestal nativa que possuíam formas alongadas, estando sob intenso efeito de borda, e apenas 40 (8,42%) apresentavam formas arredondadas com valores do Índice de Circularidade (IC) próximos de 1.

f) A análise de vizinhança apontou que os fragmentos florestais estavam sujeitos a um elevado nível de perturbação, com 452 fragmentos (95,15%) vizinhos às áreas de pastagem e 166 (34,94%) às culturas de café.

g) O maior fragmento de vegetação florestal nativa correspondia a 252,9 ha. Considerando a sua importância para manutenção do equilíbrio ambiental na bacia hidrográfica do rio Alegre, recomenda-se a criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA), conforme as orientações dispostas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

#### 5. AGRADECIMENTO

À equipe do Núcleo de Estudos e Difusão Tecnológica (NEDTEC) da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, pelo importante apoio e suporte na coleta dos dados de campo, bem como pela cessão da imagem IKONOS II.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in Chaco dry forest, Argentina. **Ecology**, v. 75, p. 330-351, 1994.
- BIERREGAARD JÚNIOR., R. O. et al. The biological dynamics of tropical rainforest fragments a prospective comparison of fragment and continuous forest. **Bioscience**, v. 42, p. 859-866, 1992.
- BRASIL. **O estado do meio ambiente no Brasil: o estado das florestas**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Florestais Renováveis, 2002. p. 99-108.
- BRASIL. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- BRAVO, C. M. R. **Nossas raízes, o Alegre até o ano de 1920: Fatos e biografias**. Alegre: 1998. 214p.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998. 137p.
- EASTMAN, J. R. **Guide to Gis and Image Processing: IDRISI, 32**. Wocester: Clark University, 1999.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 8.2**. 2002.
- FAO. **Diretrizes para avaliação de países tropicais e subtropicais**. Roma: 2000. 44p.
- FERRAZ, M. P. **Alegre a terra e povo: resenha histórica**. Alegre: Jornal Mensagem, 1996. 200p.

- FOODY, G.M. On the compensation for chance agreement in image classification accuracy assessment. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 10, p. 1459-1460, 1992.
- HARRIS, L. D. **The fragmented forest: Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity**. Chicago: The University of Chicago, 1984. 211p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cartas topográficas: Anitiba, Divino São Lourenço, Guaçuí e Muqui**. Escala 1:50.000, 1977.
- JORGE, L.A.B. **Estudos de fragmentos de florestas naturais na região de Botucatu – SP, através de técnicas de geoprocessamento**. 1996. 108f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita”, Rio Claro, 1996.
- MARTINS, I. C. M. et al. Diagnóstico ambiental no contexto de paisagem de fragmentos florestais “Ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 299-309, 2002.
- MATLACK, G. R. Sociological edge effects: spatial distribution of human impact in suburban forest fragments. **Environmental Management**, v. 17, p. 829-835, 1993.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Tree**, v. 10, p. 58-62, 1995.
- OLIVEIRA, L. M. T. et al. Diagnóstico de fragmentos nativos, em nível de paisagem, Eunápolis, BA. **Revista Árvore**, v. 21, n. 4, p. 501-510, 1997.
- PEREIRA, R. A. **Mapeamento e caracterização de fragmentos de vegetação arbórea e alocação de áreas preferenciais para sua interligação no município de Viçosa, Minas Gerais**. 1999. 250f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- ROSENFELD, G.H.; FITZPATRICK-LINS, K. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 52, n. 2, p. 223-227, 1986.
- SANTOS, T.; TELLERÍA, J. L. Influence of forest fragmentation on seed consumption and dispersal of spanish juniper *Juniperus thurifera*. **Biological Conservation**, v. 70, p. 129-134, 1994.
- SILVA, E. et al. Diagnóstico de fragmentos florestais nativos, em nível de paisagem, Itabira, MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 4, p. 511-520, 1997.
- SIMBERLOFF, D. S. Are we on the verge of a mass extinction in tropical rain Forest? In: ELLIOT, D. K. **Dynamics of extinction**. New York: John Wiley, 1986. p. 165-180.
- VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade de Engenheiros Florestais, 1990. p. 113-118.
- VIANA, V.M. Conservação da biodiversidade de fragmentos florestais em paisagens tropicais intensamente cultivadas. In: **ABORDAGENS interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra**. Belo Horizonte: 1985. p. 135-154.