

## **Estrutura da paisagem e qualidade de fragmentos: análise integrada em uma área de Mata Atlântica, no Rio de Janeiro.**

Mariella Camardelli Uzêda <sup>1</sup>  
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo <sup>2</sup>  
Mariana de Andrade Iguatemy <sup>3</sup>  
Janaina Ribeiro Costa Rouws <sup>1</sup>  
Rodrigo Condé Alves <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Agrobiologia  
Rodovia BR 465, km 7 - 23891-000 - Seropédica - RJ, Brasil  
{mariella, janaina}@cnpab.embrapa.br; rconde@gmail.com

<sup>2</sup> Embrapa Solos  
Rua Jardim Botânico, 1024 - 22460-000 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
efidalgo@cnpas.embrapa.br

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Rodovia BR 465, km 7 - 23891-000 - Seropédica - RJ, Brasil  
m\_iguatemy@hotmail.com

**Abstract.** Research is needed to achieve conditions to create a landscape structure that allows sustainable management of natural resources, conservation of biodiversity, and the socioeconomic viability of rural areas. To support planning methods to this end, this work was developed aiming to analyze the relationship between the quality of fragments and structural features of the landscape, considering land use around it. The methodology was applied to six forest patches in the watershed of Guapi-Macacu river, in Guanabara Bay, Rio de Janeiro State. Thirteen variables related to the structure of the landscape were selected, one of which concerning the agricultural use in their boundaries. Another 13 indicators of patch quality was selected, resulting from surveys of species composition and floristic structure. The variables were divided in two groups for the correlation analysis in pairs, one group of explanatory variables that includes structural features of the landscape, and response variables which are the indicators of patch quality. A multivariate method of canonical ordination, RDA, that allows testing the correlation between two groups of variables, was applied. Despite of the insignificant correlation of the explanatory variables, the multivariate analysis showed a significant correlation detected between the agricultural use in the patches' boundaries and the response variables ( $p = 0,0460$ ). The results, either in univariate or multivariate analysis show the possible influence of land use in patches' boundaries affecting their quality and the influence of landscape structure in some attributes of the floristic structure of the patches. They indicate the importance of continuing studies to evaluate these effects aiming to a better understanding of the phenomenon.

**Palavras-chave:** landscape ecology, landscape metrics, species composition, ecologia da paisagem, métricas da paisagem, composição de espécies.

### **1. Introdução**

Nos últimos vinte anos, pesquisas têm sido realizadas buscando subsidiar o planejamento do uso da terra voltado ao estabelecimento de áreas produtivas com potencialidades múltiplas, tais como a manutenção ou criação de uma estrutura da paisagem que permita o manejo sustentável dos recursos naturais, a conservação da biodiversidade e a viabilidade socioeconômica das áreas rurais (OECD, 2001).

No caso do bioma Mata Atlântica, é fundamental o desenvolvimento de metodologias que permitam este perfil de planejamento, uma vez que possui áreas altamente alteradas, onde os remanescentes florestais se encontram fragmentados, muitas vezes isolados uns dos outros e imersos em uma matriz onde as atividades agropecuárias são uma constante.

Caracterizar a comunidade da flora quanto ao estágio sucessional e quantificar a presença de indivíduos nos diferentes estágios (abundância, densidade e dominância) e o crescimento vegetativo são procedimentos frequentemente utilizados para inferir sobre a qualidade de fragmentos florestais. De forma complementar, alguns estudos ressaltam a grande importância de características relacionadas à análise espacial da estrutura da paisagem, como relevantes para conhecimento das alterações sofridas. Ganham destaque medidas relacionadas ao tamanho dos fragmentos, formato e isolamento (Turner, 1989; Sih e Luikart, 2000; Nascimento e Laurence, 2006; McGarigal, 2011).

Entretanto, poucos são os estudos que levam em consideração as medidas estruturais da paisagem relativas ao uso da terra no entorno dos remanescentes florestais estudados. Cosentino et al. (2011) relata que tentativas recentes de integrar dados de estrutura da paisagem em estudos ecológicos têm falhado ao desconsiderar os diferentes usos da terra e as formas de manejo inerentes a cada um deles. Os autores consideram que estes aspectos têm papel relevante na conectividade da matriz. Tabarelli al. (2008) ressaltam que o uso da terra no entorno dos fragmentos provoca reações em cadeia que avançam além do limite da borda para dentro do fragmento. Já os usos mais intensivos da terra tendem a causar alterações mais acentuadas não só pela formação de bordas abruptas nas áreas limítrofes entre os fragmentos de mata nativa e as áreas cultivadas, mas também devido às práticas de manejo e cultivos adotados (Werneck et al., 2001).

Com base nessas considerações, o presente trabalho tem como objetivo verificar as relações existentes entre a qualidade de fragmentos localizados na bacia Guapi-Macacu e as características estruturais da paisagem, destacando o uso da terra no seu entorno.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de estudo**

A bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, localizada na parte leste da baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, abrange em torno de 1.260 km<sup>2</sup> e pertence aos municípios de Cachoeiras de Macacu (72%), Guapimirim (24%) e Itaboraí (4%). Ela se estende das escarpas serranas, com altitudes que alcançam 2000 metros, às planícies costeiras, próximas ao nível do mar, passando por colinas e maciços e costeiros, abrangendo uma diversidade de ambientes onde ocorrem ecossistemas diversos como florestas, campos de altitude, restingas e mangues.

O relevo escarpado de parte da bacia contribuiu para a manutenção da cobertura da vegetação natural, e resultou na criação de diversas Unidades de Conservação (UCs), desde 2006, reunidas no Mosaico Mata Atlântica Central Fluminense.

As terras da bacia são ocupadas predominantemente por florestas em diversos estágios de sucessão, 45%, e pastagens, 43,6% (Fidalgo et al., 2008). A agricultura tem destaque nas áreas de baixada, principalmente do município de Cachoeiras de Macacu, onde foram implantados diversos assentamentos a partir de 1940, e atualmente apresentam como principais culturas o aipim, o milho e o inhame.

### **2.2 Seleção da área amostral, obtenção e descrição dos atributos de qualidade dos fragmentos.**

Para seleção dos fragmentos foram adotados os critérios de estrutura da vegetação nativa (dada pela estratificação, porte das árvores e formas de vida), manejo e histórico de uso. Houve um grande esforço para identificar fragmentos de estrutura similar e com dinâmicas semelhantes no seu entorno nos últimos dez anos no que se refere aos sítios representativos de uso intensivo e extensivo do solo.

Neste estudo o uso intensivo foi representado por áreas ocupadas por cultivo de milho verde (*Zea mays*) rotacionado com o cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), portanto dependendo de frequente revolvimento do solo para o plantio das culturas e uso de insumos agroquímicos. As áreas com pastagem formada por *Brachiaria brizantha* representam um sistema produtivo extensivo, onde ocorre pastoreio rotacionado com a alternância periódica do rebanho para outras pastagens da propriedade. Os pastos são regularmente limpos utilizando roçagem e queima e a lotação é em média de 1 cabeça/ ha.

Em todos os fragmentos selecionados o agroecossistema termina em contato com o fragmento e possuem entre 10 e 15 anos de uso contínuo seguindo uma mesma rotina de manejo. A localização dos fragmentos estudados na bacia do rio Guapi-Macacu está destacada na Figura 1, sendo denominados: Ana Milho (AnaM), Daniel (Dan), Moisés (Moi), Ana Pasto (AnaP), Alê (Ale) e Consorciadas (Cons).

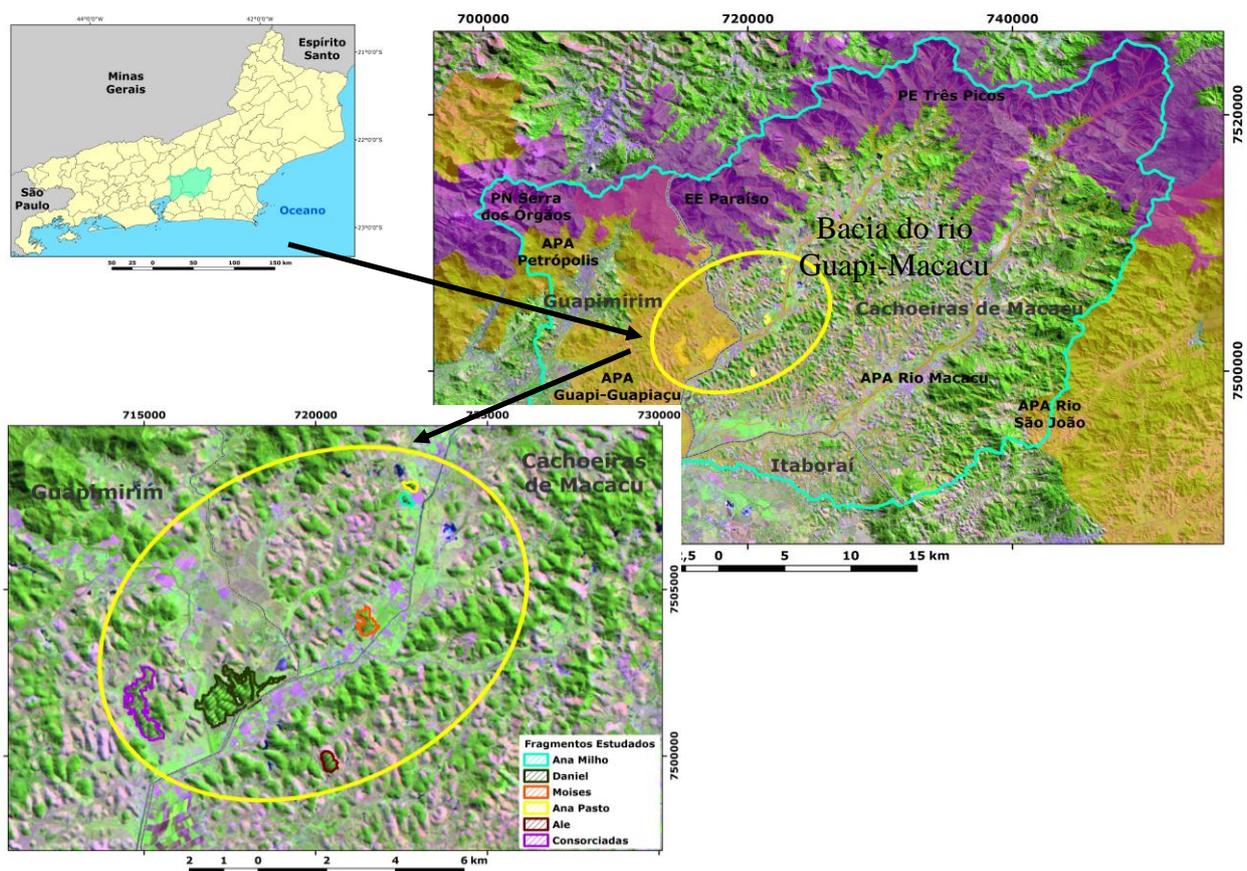


Figura 1. Localização da área de estudo na bacia do rio Guapi-Macacu e no estado do Rio de Janeiro.

Para obtenção dos atributos de qualidade, os fragmentos selecionados foram avaliados quanto a sua estrutura e realizados inventários florísticos em nove parcelas distribuídas entre a borda, o núcleo e a clareira buscando uma representatividade média do fragmento. Cada uma das parcelas possui 250 m<sup>2</sup> (50 X 5 m) o que totaliza uma área caracterizada de 2 250 m<sup>2</sup> por fragmento. Nessas parcelas todos os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP) maiores ou iguais a 15 foram identificados e mensurados quanto ao seu CAP individualmente.

A partir do levantamento florístico realizado as espécies foram classificadas nas categorias sucessionais pioneira (Pi), secundária inicial (Si) e secundária tardia (St), de acordo com as propostas de Gandolfi (1991), Leitão Filho et al. (1993) e Gandolfi et al. (1995). A

partir da medida de CAP foram calculadas as variáveis de estrutura fitossociológica da comunidade, obtidos de acordo com Mueller-Dumbois e Ellenberg (1974). Para este trabalho foram utilizados os atributos estruturais de área basal do fragmento (AB), densidade relativa (Dr%), dominância relativa (Dom%) e percentual de espécies de cada uma das categorias sucessionais (Pi, Si e St), além da área basal total do fragmento (ABt). Uma descrição dos atributos de qualidade dos fragmentos utilizados podem ser encontrados em Uzêda et al. (2011).

### **2.3 Obtenção e descrição das variáveis estruturais da paisagem e relativas à posição dos fragmentos no relevo**

O mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu em 2007, em escala 1:50 000 (Pedreira et al., 2009) foi utilizado para a identificação das áreas sob cobertura de vegetação natural da área de estudo. Esse mapa foi elaborado a partir da classificação de imagens do sensor TM-Landsat 5, com resolução de 30 metros. Ele foi recortado para o limite da área da bacia do Guapi-Macacu e extraídas as áreas de formações naturais: floresta em estágios inicial, médio e avançado de regeneração. Estas áreas, para efeito de simplificação, são denominadas neste trabalho como fragmentos. As demais classes mapeadas e localizadas na área de estudo são pastagem, agricultura, solo exposto, água e área urbanizada.

Os dados de fragmentos foram assim espacializados, em formato digital, raster, com resolução de 30 metros e utilizado o programa Fragstats (McGarigal, 2011) para cálculo das medidas estruturais da paisagem. Neste caso, buscou-se utilizar diferentes medidas disponíveis no programa que expressassem a extensão e a forma dos fragmentos, bem como sua posição em relação a outros fragmentos e no relevo. As medidas selecionadas são: a) área (AREA), como indicador da extensão do fragmento; b) raio de giro (GYRATE), razão área-perímetro (PARA), índice de forma (SHAPE), índice de dimensão fractal (FRAC), círculo circunscrito (CIRCLE) e índice de contiguidade (CONTIG), como indicadores de forma; e c) índice de proximidade (PROX) e distância euclidiana do vizinho mais próximo (ENN), como indicadores de distância de outros fragmentos. Uma descrição detalhada de cada índice pode ser encontrada em McGarigal (2011).

Para complementar a posição do fragmento na paisagem, foi analisada sua vizinhança. Para tal, foram observados seus limites com os outros usos, delimitados no mesmo mapa de uso e cobertura. Calculou-se qual a proporção de seus limites que faz divisa com os diferentes tipos de uso da terra. Devido ao fato de que os fragmentos estudados são circundados apenas por pastagem e agricultura e, portanto, os percentuais desses dois tipos de limites totalizam 100, optou-se por utilizar apenas o percentual de limite com agricultura (LIMAGRI) e, com isso, eliminar informação desnecessária e altamente correlacionada.

Informações sobre as características do relevo foram atribuídas a cada fragmento. Neste caso, utilizou-se o modelo de elevação criado para a bacia dos rios Guapi-macacu (Fidalgo et al., 2009) com resolução de 30 metros, sendo derivadas as informações ou variáveis: orientação da vertente (ASP), declividade (DECL) e altitude (ALT). Para cada fragmento, foram calculadas estatísticas zonais referentes às três variáveis associadas ao relevo: média, moda, desvio padrão, valor mínimo e máximo. Esse cálculo foi realizado no programa ArcGIS 9.3 da ESRI. Como as estatísticas são zonais, ou seja, uma única medida para toda a extensão de cada fragmento, buscou-se selecionar todas disponíveis no programa para posteriormente analisá-las e selecionar as melhores respostas. Foi selecionada uma estatística referente a cada variável tendo como critério aquela que apresentou maior variação nos resultados entre fragmentos.

## 2.4 Análise das correlações entre as variáveis estruturais, de posição na paisagem e os indicadores de qualidade dos fragmentos.

As variáveis foram divididas em dois grupos para análise da correlação entre pares: as variáveis explicativas, compostas pelas variáveis estruturais e de posição na paisagem; e as variáveis de resposta, que são os indicadores de qualidade de fragmento. Essa análise permitiu eliminar variáveis altamente correlacionadas no grupo de variáveis explicativas, tomando-se o cuidado de manter ao menos uma variável referente a cada um dos atributos estruturais analisados: extensão e forma do fragmento, uso da terra em seus limites e características do relevo. Em seguida foi realizada uma análise de correlação univariada entre pares formados por variáveis explicativas selecionadas e variáveis de resposta para verificar se muitas eram significativas, o que indica a favorabilidade ao uso de métodos multivariados.

A primeira técnica multivariada, realizada com os dados transformados em  $\log(x+1)$ , foi a análise de correspondência ‘não tendenciosa’ (do inglês, *Detrended Correspondence Analysis-DCA*) com o intuito de verificar se o conjunto de variáveis de resposta apresentava uma resposta linear em relação ao eixo do gradiente. Confirmada a resposta linear, passou-se à realização da RDA entre as variáveis estruturais e de posição na paisagem e de resposta (indicadores de qualidade do fragmento). Para tal, os dados foram transformados em  $\log(x+1)$  visando normalidade dos mesmos e centrados em relação a média, por terem unidades de medidas distintas. Inicialmente foram selecionadas as variáveis explicativas significativas por meio do método *Forward Selection*, eliminando-se casos de colinearidade. Após esta seleção, a hipótese de correlação significativa entre os dois conjuntos de variáveis foi verificada na RDA por meio do teste de Monte Carlo. Todas as análises foram realizadas no programa Canoco 4.5 (Braak e Smilauer, 2002), versão para teste.

## 3. Resultados e discussão

Uma primeira análise dos resultados mostrou a elevada correlação entre variáveis estruturais. As variáveis SHAPE, FRAC e CIRCLE somente apresentaram correlação com AREA E GYRATE e com eles mesmos, sendo retirados da análise. A variável CONTIG também foi retirada porque apresentou alta correlação com PARA. Já a variável GYRATE, por apresentar alta correlação com AREA, também foi retirada. As variáveis de distância, PROX e ENN, apresentaram correlação somente entre elas. O LIMAGRI não apresentou correlação com quaisquer das demais variáveis analisadas, sendo mantido. Considerando o critério estabelecido, foi mantida uma variável relacionada à extensão do fragmento, AREA, uma relacionada à forma, PARA, uma relacionada à distância entre fragmentos, ENN, e uma representando o uso no entorno, LIMAGRI. No caso das variáveis referentes ao relevo, a correlação entre ALT e DECL foi significativa a 10%. Como ALT também apresentou correlação com outra variável selecionada para a análise de redundância, PARA, optou-se por manter DECL. Assim, no caso das variáveis relacionadas à posição na paisagem, selecionou-se DECL e ASP.

O resultado gráfico final obtido da análise de redundância para os dois conjuntos de variáveis selecionados é apresentado na Figura 2. É importante salientar que não foi verificada correlação significativa a 10% ( $P=10,80\%$ ) entre as variáveis de resposta e as explicativas.

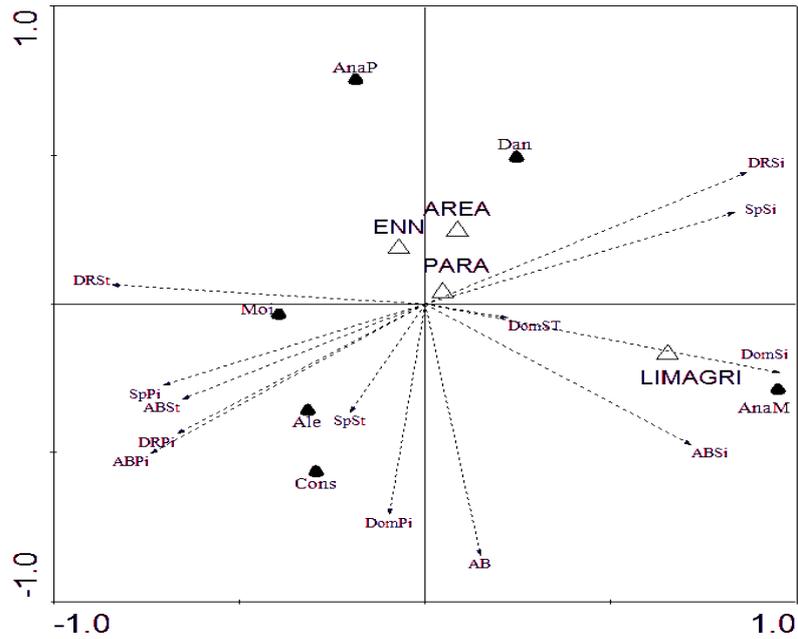


Figura 2. Gráfico resultante da análise de redundância.

Na análise de redundância, os resultados do teste de Monte-Carlo mostraram que o eixo canônico 1 e todos os eixos canônicos juntos não foram significativos ( $p = 0,3720$  e  $0,1080$ , respectivamente), sendo possível então concluir que não há correlação das variáveis de resposta com as variáveis explicativas selecionadas. Em relação às variáveis de posição no relevo, isso se justifica uma vez que se buscou selecionar fragmentos de condições similares em termos de altitude e formato do relevo. Como resultado houve pouca variação entre esses indicadores de posição e, portanto, não foi possível identificar sua influência na qualidade dos fragmentos.

Apesar da não significância das variáveis explicativas, detectou-se, com base nos valores de probabilidade de significância do teste de Monte Carlo, correlação significativa entre LIMAGRI e as variáveis de resposta ( $p = 0,0460$ ). Esse resultado mostra que o uso da terra no entorno do fragmento pode influenciar a florística e estrutura do fragmento, alterando sua qualidade. Esse resultado aponta para a necessidade de ampliar o esforço amostral dos fragmentos visando à detecção dessas relações, entre as variáveis estruturais e de posição na paisagem e as indicadores de qualidade do fragmento, de forma mais evidente.

Alguns dos resultados da correlação univariada entre pares formados por variáveis explicativas selecionadas e variáveis de resposta mostraram algumas tendências que merecem ser melhor exploradas. Todos os resultados detalhados podem ser encontrados em Uzêda et al. (2011).

A correlação positiva significativa existente entre a relação área/perímetro (PARA) e a dominância relativa das espécies secundárias tardias aponta para o fato de que fragmentos menos recortados, ou mais compactos, sofrem menos o efeito de borda. Os resultados encontrados se assemelham aos da literatura, que justificam a possível ação do efeito de borda sobre remanescentes, destacadamente em fragmentos com maior área de contato externo, alterando o microclima e comprometendo a diversidade florística e funcional encontradas (Murcia, 1995; Harper et al. 2005).

A medida de distância testada, Distância Euclidiana entre fragmentos (ENN), apresentou correlação significativa e negativa com a área basal total dos fragmentos, indicando que o grau de isolamento dos fragmentos tem papel fundamental no aporte de propágulos de

espécies de estágio sucessional mais avançado, o que em geral confere maior área basal aos fragmentos.

O conjunto dos resultados para formato dos fragmentos e distância entre eles, PARA e ENN, nos indicam que deve ser dada ênfase a recentes discussões existentes na literatura entre perda de habitat e fragmentação. A perda de habitat, redução da quantidade de habitat, tem forte efeito sobre perda de indivíduos de uma população ou comunidade e aumenta a distância entre populações que estão sediadas em diferentes fragmentos (Schmiegelow e Mönkkönei, 2002, Farig, 2003).

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos, sejam na análise das correlações par a par ou na análise multivariada entre variáveis explicativas e de resposta selecionadas, embora sem resultados estatisticamente significativos, apontam para a influência do uso da terra no entorno dos fragmentos sobre sua qualidade e para a influência da estrutura da paisagem sobre alguns dos atributos de estrutura fitossociológica dos fragmentos. Este resultado indica a importância de dar continuidade a estudos que avaliem esses efeitos para uma melhor compreensão do fenômeno.

#### Agradecimentos

À Embrapa pelo financiamento da pesquisa e aos moradores locais que permitiram o acesso a suas propriedades.

#### Referências Bibliográficas

Cosentino, B.J.; Schooley, R.L.; Philips, C.A. Connectivity of agroecosystems: dispersal costs can vary among crops. **Landscape ecology**, v. 26, p. 371- 379, 2011.

Fahrig, L. Effects of habitat fragmentation on bio-diversity. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 34, p. 487–51, 2003.

Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso; Carvalho Júnior, Waldir de; Godoy, Mário Duarte Pinto. Análise da qualidade do modelo digital de elevação para representação da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14 (SBSR). 25-30 abril 2009, Natal, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p. 3785-3791. DVD, Online. ISBN: 978-85-17-00044-7. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.17.11/doc/6005-6012.pdf>. Acesso em 25.jul.2009.

Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso; Pedreira, Bernadete da C. C. G.; Abreu, Marcelo Bueno de; Moura, Iuri Barroso de; Godoy, Mário Duarte Pinto. **Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. (Série Documentos, 105).

Gandolfi, S. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, município de Guarulhos, SP**. 1991. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.

Gandolfi, S., Leitão Filho, H.F. & Bezerra, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 55, p. 753-767, 1995.

Harper, K.A.; Macdonald, E.; Burton, P.J.; Chen, J.; Brososke, K.D.; Saurders, S.C.; Euskirchen, E.S.; Roberts D.; Jaiteh M.S.; Essen, P.A. Edge influence on forest structure and composition in fragments landscape. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

Leitão-Filho, H.F., Pagano, S.N., Cesar, O., Timoni, J.L. & Rueda, J.J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: Editora UNESP, Campinas: Editora da UNICAMP, 1993.

McGarigal, Kevin. **Fragstats: user guideline, version 3**. Disponível em: [http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/User\\_guidelines/User\\_guidelines\\_content.htm](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/User_guidelines/User_guidelines_content.htm). Acesso em: 09.set.2011.

Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

Nascimento, Henrique E. M., Laurance, William F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 183 – 192, 2006.

OECD. **Multifunctionality**: Towards an analytical framework. Paris, 2001. 27p.

Pedreira, B.C.C.G.; Fidalgo, E.C.C; Prado, R.B.; Fadul, M. J.; Bastos, E.C.; Silva, S.A.; Zainer, N.G.; Peluzo, J. **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Guapi-Macacu e Caceribu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 66p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 136).

Schmiegelow, F.K.A., Mönkkönen M. Habitat loss and fragmentation in dynamic landscapes: avian perspectives from the boreal forest. **Ecol Appl**, v. 12, p. 375–389, 2002.

Sih, A., B. G.; Luikart, G. Habitat loss: ecological, evolutionary and genetic consequences. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, p.132-134, 2000.

Tabarelli, M., Lopes, A.V., Peres, C.A. Edge-effects drive Tropical Forest fragments towards an early-successional system. **Biotropica**, v. 40, p. 657–661, 2008.

Turner, Mônica G. Landscape ecology: The effect of pattern on process. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 20, p 171 – 197, 1989

Uzêda, Mariella Camardelli; Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso; Iguatemy, Mariana de Andrade. **Explorando as relações entre estrutura da paisagem e atributos de qualidade de fragmentos em região de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 190).

Werneck, M. S., Pedralli, G. & Gieseke, L. F. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p.195-198, 2001.