

## Utilização de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil.

Michelle Bandeira Trindade<sup>1</sup>  
Hernande Pereira da Silva<sup>2</sup>  
Ana Carolina Borges Lins e Siva<sup>3</sup>  
Michael Schessl<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – Depto. de Biologia  
CEP 52171-900 Recife – PE, Brasil  
amistadmbt@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco – Depto. de Tecnologia Rural  
GEOSERE - Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto  
CEP 52171-900 Recife – PE, Brasil  
hernande@ufrpe.br

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco – Depto. de Biologia  
CEP 52171-900 Recife – PE, Brasil  
anacbls@elogica.com.br

<sup>4</sup>Universidade de Ulm, Alemanha – Depto. de Biologia Sistemática e Ecologia  
mschessl@web.de

**Abstract.** In the present work, we aimed at characterizing the fragmentation of the Atlantic Rainforest in the coast of Pernambuco State, Brazil using satellite images of high resolution and remote sensing techniques. The study was carried out in 247km<sup>2</sup>, within which the predominant land use is sugarcane plantations. Fragments were classified according to their shapes and sizes. 106 forest fragments were identified, covering 66.639km<sup>2</sup> (27% total area). From this, 32% are small (<10ha) (2.7% of forest areas) and 16% are big (>100ha) (69.3% of forest areas). Possible explanations to the predominant irregular shapes of big fragments are: fragments protect the springs of rivers that usually occur in the fragments, crossing their longest axis or the forest occurs on steep areas. Regular-shaped fragments add up to 10% (1.3% of forest areas), whereas irregular-shaped ones occupy 73% (95.2% of forests). The results indicate that parts of fragments are exposed to edge effect. Certainly, creation of ecological corridors would represent the best alternatives to maintenance of the present biodiversity.

**Keywords:** Satellite images, remote sensing, edge effect, Imagens de satélite, sensoriamento remoto, efeito de borda.

## 1. Introdução

O território original da Mata Atlântica perfazia uma extensão, no período pré-colonial, de pelo menos 1.290.692,46 km<sup>2</sup>, que correspondia a cerca de 15% do território brasileiro (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE & ISA, 1998). Hoje, a Mata Atlântica acha-se reduzida a 8,8% de sua cobertura original (MMA, 1998) e está bastante fragmentada, embora se saiba que este complexo bioma contém uma alta diversidade de espécies e é caracterizado por alto nível de endemismo (MORELLATO & HADDAD, 2000).

Entende-se por fragmentação o grau de ruptura de uma unidade da paisagem inicialmente contínua (METZGER, 2003). Um dos processos que levou à fragmentação da Mata Atlântica, em particular no nordeste do Brasil, onde resta apenas 1% de sua área original (SECTMA, 2002), foi o cultivo de extensas áreas de cana-de-açúcar, resultando em fragmentos de diversos tamanhos, formas e distâncias entre eles (RANTA *et al.*, 1998).

Dentre as principais conseqüências do processo de fragmentação florestal, destacam-se: 1) a diminuição do número de indivíduos em populações; 2) a perda de variação genética; 3) a deriva genética; 4) a endogamia; 5) o isolamento de populações (KAGEYAMA & GANDARA, 1998); 6) a perda de espécies (WOODROFFE & GINSBERG, 1998) e 7) grandes áreas sob o efeito de borda (MURCIA, 1995). Este último é um processo de mudanças bióticas e abióticas nas margens dos fragmentos, que leva a borda da mata a uma condição diferente do habitat interior devido a mudanças microclimáticas (MURCIA, 1995), como aumento de temperatura e diminuição da umidade (YOUNG & MITCHELL, 1994). Estas mudanças, por sua vez, acarretam alterações na estrutura do fragmento, como o aumento da densidade do estrato arbustivo na borda, enquanto que a do estrato arbóreo diminui devido a maior mortalidade de indivíduos arbóreos (MURCIA, 1995) e maior quantidade de espécies trepadeiras na borda da mata (TABANEZ, 1997). Desta forma, o efeito de borda deve exercer grandes conseqüências nos fragmentos florestais, uma vez que estes apresentam grandes extensões de borda, ocorrem em elevado número e de forma irregular (RANTA *et al.*, 1998).

Segundo o MMA (2003), além da evidente redução na área original dos habitat, estudos relatam extinções locais e alterações na composição e abundância de espécies que levam à alteração, ou mesmo à perda, de processos naturais das comunidades. As respostas das comunidades vegetais e de cada espécie à fragmentação variam de acordo com diversos fatores como histórico da fragmentação, tamanho e forma, impactos das ações humanas atuais, grau de isolamento e a sensibilidade da comunidade e dos indivíduos de cada espécie a estes processos (MMA, 2003).

O mapeamento de fragmentos florestais é de extrema importância para obtenção de diversas informações que possibilitem possíveis planos de conservação, como a implantação de corredores ecológicos, que são essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem, reduzindo os riscos de extinção local e favorecendo recolonizações (METZGER, 2003). Silva & Tabarelli (2000) ressaltam que, em toda floresta Atlântica brasileira, as reservas são muito pequenas e são insuficientes para manter importantes processos biológicos. Os autores sugerem que um novo modelo para a conservação da floresta Atlântica é urgentemente necessário, além de um planejamento de abordagem biorregional, envolvendo a proteção da paisagem composta de arquipélagos de fragmentos, conectados por corredores de vegetação original ou restaurada e representando alguns milhares de hectares de floresta.

Alguns estudos foram realizados recentemente para avaliar a fragmentação da Mata Atlântica. Dentre estes, pode-se destacar o trabalho de Jorge & Garcia (1997), em Botucatu, São Paulo; Tanizaki & Moulton (2000), realizado no Rio de Janeiro; o de Martins *et al.* (2002), no Município de Lagoa da Confusão, Tocantins; o de Ditt (2002) no Pontal do Paranapanema, São Paulo; o de Saatchi *et al.* (2001), realizado no sudeste da Bahia, onde

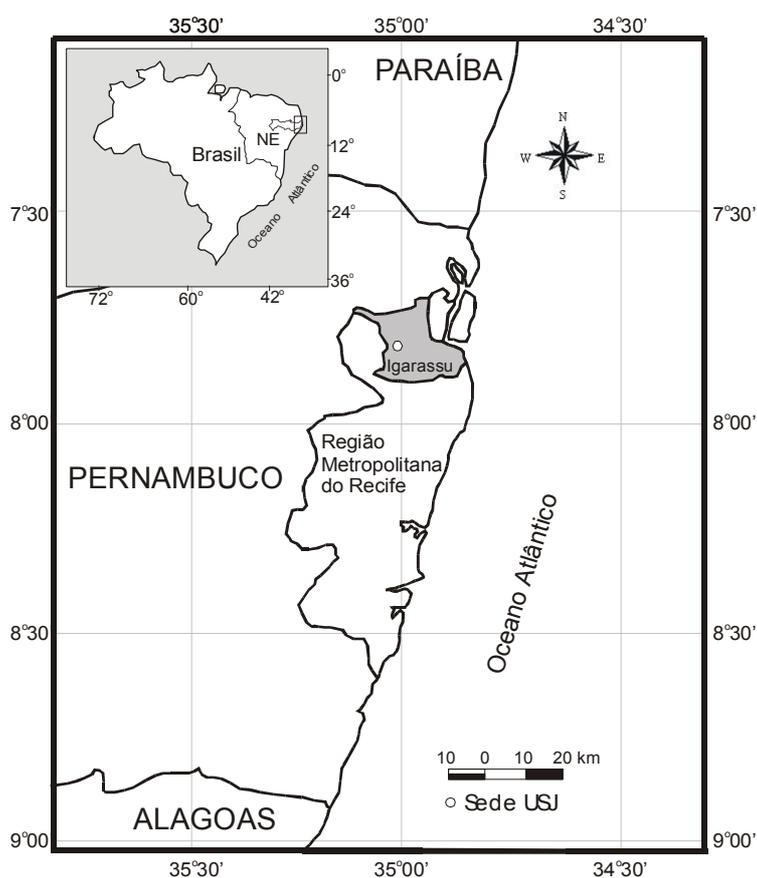
foram utilizadas imagens de radar para o mapeamento de diversos ecossistemas, entre eles fragmentos de Mata Atlântica. Em Pernambuco, o primeiro mapeamento de fragmentos da Mata Atlântica foi realizado por Ranta *et al.* (1998), na região sul do Estado, no qual os autores classificaram os fragmentos quanto a sua distribuição, forma e tamanho.

Tendo em vista a necessidade do conhecimento da estrutura da paisagem para a preservação da Mata Atlântica, este trabalho teve como objetivo caracterizar a fragmentação da Mata Atlântica ao norte do Estado de Pernambuco utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Usina São José, localizada entre as coordenadas 07°41'04,9" e 07°54'41,6"S; 34°54'17,6" e 35°05'07,2"W, no município de Igarassu, região metropolitana do Recife, Pernambuco (FIDEM, 1987) (Figura 1). A área analisada ocupa uma extensão de 247 km<sup>2</sup> (Figura 2). O clima é do tipo As' (Köppen), quente e úmido, com precipitação média anual de 1689 mm (dados da Usina São José).



**Figura 1.** Localização do município de Igarassu, inserido na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco/ Brasil, com destaque para a localização da sede da Usina São José.

### 2.2. Metodologia

Para levantamento dos fragmentos, foram utilizadas imagens multiespectrais de alta resolução espacial (4 metros) do satélite Ikonos II. As imagens de satélite foram adquiridas em formato TIFF. O período de imageamento foi de dezembro de 2004 a fevereiro de 2005.

Essas imagens foram georreferenciadas com base nas ortofotocartas de 1975 (TRINDADE, 2005). O sistema de projeção utilizado foi UTM (Universal Transversa Mercator).

As imagens foram tratadas digitalmente no software ENVI 4.1, onde foram realizadas correções radiométricas e balanço de cores. Em seguida, os arquivos digitais foram exportados para o Arcview 3.2, onde foi feita a vetorização dos fragmentos de Mata Atlântica. A composição colorida utilizada foi 321 em RGB.

Com as imagens de satélite digitalizadas e georreferenciadas, foi montado um mosaico digital que envolve toda área de estudo. A partir deste mosaico, foi feita a vetorização dos fragmentos de Mata Atlântica existentes na área, numa escala de 1: 5.000.

O grau de fragmentação foi medido através do índice “número de fragmentos” (NF) (KLEINN *et al.* 1993 *apud* METZGER, 2003), que revela o número total de fragmentos existentes na área de estudo.

Os fragmentos foram classificados quanto ao tamanho e forma. Quanto ao tamanho, foram atribuídas três categorias: pequeno (< 10 ha), médio (10-100 ha) e grande (> 100 ha).

Quanto à forma, foram classificados em “muito irregulares”, “irregulares” e “regulares”, de acordo com o procedimento descrito por Meunier (1998). Com este método, calcula-se o índice de fragmentação a partir da razão entre a área de um fragmento e a área de um círculo hipotético com o perímetro do fragmento, assumindo o valor 1,0 no caso de áreas perfeitamente circulares. Portanto, fragmentos com índice < 0,4 foram classificados como “muito irregulares”, com índice entre 0,4 e 0,65, como “irregulares” e fragmentos com índice > 0,65, como “regulares”.

### **3. Resultados e discussão**

#### **3.1. Número de fragmentos:**

Foram identificados 106 fragmentos que correspondem a 66,639km<sup>2</sup>, representando 27% da área total da Usina São José (**Figura 2**).

#### **3.2. Tamanho:**

Dos 106 fragmentos, 32% são pequenos (<10 ha) perfazendo 2,7% da área total de mata. 52% dos fragmentos são de tamanho médio e correspondem a 28% do total da floresta. Por outro lado, 16% dos fragmentos são maiores do que 100 ha correspondendo a 69,3% da área florestal (**Figura 3 A**).

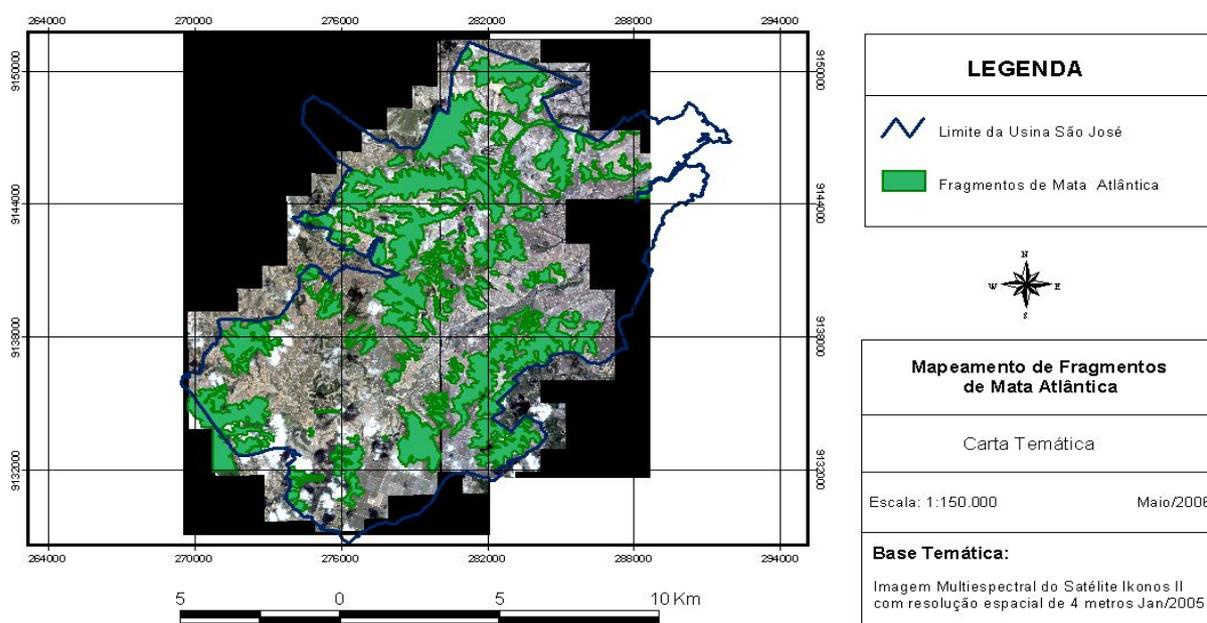
#### **3.3. Forma:**

Quanto à forma foi verificado que 73% dos fragmentos são “muito irregulares”, abrangendo 95,2% da área total dos fragmentos. 17% possuem forma “irregular” e representam 3,5% da área de mata. Ao contrário, fragmentos “regulares” representam apenas 10%, cobrindo 1,3% da área total dos fragmentos (**Figura 3 B**).

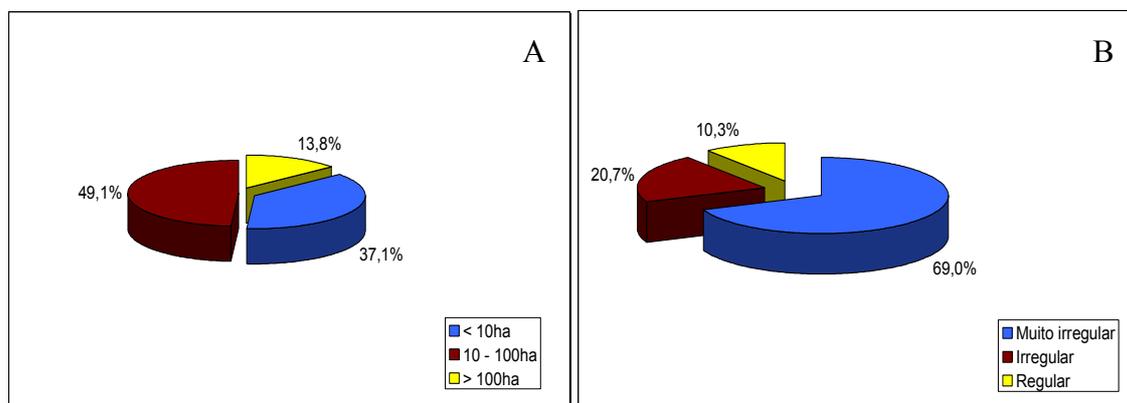
#### **3.4. Forma x Tamanho**

Dos fragmentos “muito irregulares”, 58% têm tamanho médio. Todos os fragmentos grandes são “muito irregulares. Aproximadamente 73% dos fragmentos regulares são pequenos e os 27% restantes são de tamanho médio. Os resultados encontrados neste trabalho se

assemelham aqueles encontrado por Ranta *et al.* (1998) na região sul do Estado de Pernambuco. Uma dos principais pontos em comum é que existem muitos fragmentos pequenos e de forma muito irregular, enquanto que os maiores são mais escassos na paisagem. Atualmente, 58% dos fragmentos possuem forma “muito irregular”. Todos os fragmentos atualmente considerados grandes possuem forma “muito irregular” e cobrem uma área de 46km<sup>2</sup> (69,3% da área total de mata). Desta forma, estes fragmentos devem ser protegidas porque oferecem melhores possibilidades para as espécies que sobrevivem somente no habitat de interior do que os pequenos fragmentos.



**Figura 2.** Fragmentos de mata identificados em campo, na Usina São José, Igarassu - PE e na imagem do satélite IKONOS II, composição colorida 321 em RGB.



**Figura 3:** Em “A” Porcentagem de fragmentos de Mata Atlântica nas três classes de tamanho (pequeno, <10 ha; médio, 10-100 ha; grande, >100 ha). Em “B” Porcentagem de fragmentos de Mata Atlântica nas três classes de forma (muito irregular, irregular e regular), no ano de 2005, na Usina São José, Igarassu - PE.

Turner & Corlett (1996) comentam que os grandes fragmentos devem ser de alta prioridade para conservação. Além disso, os grandes fragmentos podem ser uma fonte de propágulos daquelas espécies que só sobrevivem em habitat de interior e possivelmente poderiam dali se dispersar para outros fragmentos que oferecessem condições para estabelecimento e regeneração da floresta. Alguns modelos de reflorestamento indicam que um fragmento consideravelmente maior do que os outros funciona com uma fonte permanente de emigrantes para os demais fragmentos (MMA, 2003). Desta forma, ressalta-se a importância de preservação dos grandes fragmentos ainda existentes na Usina São José para possíveis planos de conservação e reflorestamento.

Uma possível explicação para a forma “muito irregular” dos grandes fragmentos é que eles abrigam nascentes de rios e cursos d’água, que na sua maioria acompanha toda sua extensão. Dos 16 fragmentos grandes atuais, apenas em um deles não há rios. Portanto, pode-se destacar a importância dos rios para a manutenção dos remanescentes de floresta e vice-versa, e dos corpos d’água que estão inseridos na Usina São José, tal como a barragem de Botafogo, que é um reservatório de grande porte com 202ha e abastece parte da Região Metropolitana do Recife (CPRH, 2003). Foi verificado também que todos os grandes fragmentos de mata estão em áreas de declive, de difícil acesso. Portanto, esta situação topográfica certamente tenha impedido a destruição destes remanescentes.

Os fragmentos “regulares” representam apenas 1,3% da área de mata, e na sua maioria, são pequenos (73%). Fragmentos com forma mais próxima da circular seriam o ideal para a manutenção de habitat de interior, uma vez que áreas mais regulares têm uma menor área de habitat de borda e maior área de habitat interior. A forma de um fragmento afeta diretamente a relação entre o seu perímetro e área. Quanto menor for esta relação, menor também será a borda. Quanto maior a proporção de borda de um fragmento, menor será a área central, que é a área efetivamente preservada e mais similar à vegetação original da região. Portanto, fragmentos com áreas maiores e menos recortadas são preferíveis, pois têm menor proporção de borda-área (MMA, 2003, RANTA *et al.*, 1998).

#### **4. Conclusão**

Apesar da intensa cobertura de nuvens na Região Metropolitana do Recife, foi possível obter as imagens em um pequeno espaço de tempo (não mais de três meses). Isto foi incomum considerando as condições climáticas da região Nordeste.

A alta resolução espacial das imagens do satélite Ikonos foi adequada para a visualização dos fragmentos de Mata Atlântica, o que permitiu a vetorização dos limites com precisão em relação a escala utilizada (1:5000). Dessa forma, a mensuração dos fragmentos nas três classes de tamanhos foi precisa para a metodologia proposta. As três classes de forma dos fragmentos também foram interpretadas em função da visualização proporcionada pelas imagens de alta resolução.

Tendo em vista o acentuado grau de fragmentação da área estudada, bem como muitos fragmentos de forma muito irregular, recomenda-se que seja criada formas de conexão (corredores ecológicos e “trampolins” ecológicos) entre estes fragmentos para maximizar o fluxo gênico entre as populações e recolonização das áreas mais perturbadas, reduzindo assim os efeitos negativos resultantes da fragmentação da mata.

## 5. Referências Bibliográficas

- CPRH (Companhia Pernambucana do Meio Ambiente). **Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife: CPRH, 2003. 214p.
- Ditt, E. H. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. Ed. Annablume. São Paulo. 140p. 2002. FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE & ISA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995**. São Paulo: 1998. 54p.
- Jorge, L. A. B.; Garcia, G. J. A study of habitat fragmentation in Southeastern Brazil using remote sensing and geographic information systems (GIS). **Florest Ecology and Management** 98: 35 – 47. 1997.
- Kageyama, P. Y.; Gandara, F. B. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**. v. 12, n. 32, p. 65 - 70. 1998.
- Martins, I. C. de M.; Soares, V. P.; Silva, E.; Brites, R. S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais “ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore** 26(3): 299 – 309. 2002.
- Metzger, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JUNIOR, L., PÁDUA, C. V. & RUDRAN, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. UFPR/ Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 539-553. 667p.
- Meunier, I. Conservação da Reserva Ecológica de Dois Irmãos – Potencial e carências para a condução de um plano de manejo de área silvestre. In: MACHADO, I. C., LOPES, A. V. & PÓRTO, K. C. *Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos de um remanescente de Mata Atlântica em área urbana*. Recife: Imprensa Universitária - UFPE. 1998.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal). **Programa piloto para proteção da Mata Atlântica (PPG-7/MA)**. Brasília: Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente, 1998. 54p.
- MMA. **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília –DF. 508p. 2003
- Morellato, L. P. C.; Haddad, C. F. P. Introduction: The Brazilian Atlantic forest. **Biotropica**. v. 32, n. 4b, p. 786-792. 2000.
- Murcia, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends Ecology and Evolution** 10: 58-62. 1995.
- Ranta, P.; Blon, T.; Niemelä, J.; Joensuu, E.; Siitonen, M. The fragmented Atlantic rain Forest of Brazil: size, shape and distribution of Forest fragments. **Biodiversity and Conservation** 7: 385-403. 1998.
- Saatchi, S.; Agosti, D.; Alger, K.; Delabie, J.; Musinsky, J. Examining fragmentation and loss of primary forest in the Southern Bahian Atlantic forest of Brazil with radar imagery. **Conservation Biology** 15(4): 867 – 875. 2001.
- SECTMA (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente/ Governo de Pernambuco). **Ações e áreas prioritárias para a conservação da Biodiversidade em Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2002.
- Silva, J. M. C.; Tabarelli, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of northeast Brazil. **Nature**. v. 404, p. 72 - 74. 2000.
- Tabanez, A. A. J.; Viana, V. M.; Dias, A. S. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto, SP. **Revista Brasileira de Biologia** 57: 47- 60. 1997.

Tanizaki, K.; Moulton, T. P. A fragmentação da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro e a perda de biodiversidade. In: BERGALLO, H.G., C.F.D. ROCHA, M.A.S. ALVES & M.V. SLUYS (orgs.). **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UERJ, 2000. 166p.

Trindade, M. B.; Silva, H. P. da.; Lins E Silva, A. C. B.; Schessl, M. Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto (SBSR), 12., 2005 Goiânia: Goiás, GO. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2004. Artigo, p. 705-712. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.09.16/doc/705.pdf> Acesso em: 07 nov. 2006.

Turner, I. M.; Corlett, R. T. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 11, n. 8, p. 330 - 333. 1996.

Woodroffe, R.; Ginsberg, J. R. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. **Science**. v. 280, p. 2126 - 2128. 1998.

Young, A.; Mitchell, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. **Biological Conservation** 67: 63-72. 1994.