

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

Bruno Rodrigues Ginciene

**Geoprocessamento e dados de campo na análise temporal
do efeito de borda sobre a vegetação de remanescentes de
Mata Atlântica no norte do Estado do Paraná**

Orientador: Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha

São Paulo

2011

RESUMO

O processo de ocupação humana tem alterado a distribuição dos recursos naturais na superfície terrestre. Uma das conseqüências à fragmentação florestal é o efeito de borda, que consiste em alterações microclimáticas promovidas pela exposição da porção marginal de um remanescente florestal que, em função de respostas adaptativas, desencadeia uma série de alterações bióticas, diretas e indiretas, no sentido borda-interior. Estas alterações têm sido associadas à redução e perda de hábitat e de recursos e às alterações ecológicas ecossistêmicas. Os efeitos de borda têm sido estudados sob diferentes parâmetros e em diferentes grupos de espécies, a fim de se minimizar os efeitos negativos da fragmentação florestal. O presente trabalho visa revisitar os transectos, analisados há 17 anos, nas bordas de remanescentes florestais localizados ao redor do município de Londrina, no norte do Estado do Paraná. Objetiva-se verificar a ocorrência de variações, ao longo do tempo, na composição, frequência, abundância e similaridade dos grupos de espécies da comunidade vegetal. O geoprocessamento será utilizado na caracterização do entorno dos remanescentes para a investigação sobre a existência de uma relação entre as modificações ocorridas na vegetação das bordas e as características da paisagem (tamanho dos fragmentos, orientação das bordas na paisagem e relevo). Dessa maneira, espera-se obter informações que contribuam com a conservação efetiva dos recursos florestais e para a alocação mais eficiente de áreas prioritárias à conservação.

ABSTRACT

The human occupation process has been changed the distribution of the natural resources on the earth surface. One of the imminent consequences of the forest fragmentation is the edge effect which consists in a conjunction of microclimate and biological transformations occurring from the edge to the interior of forest patches. These alterations have been associated with the loss and reduction of habitats, resources and ecological functions of the ecosystems. In order to reduce the negative effects of the fragmentation process the edge effect has been studied through different parameters and on a variety of species. This work aims to assess the vegetation of transects analyzed seventeen years ago on the edge of forest patches in Londrina - PR. The main objective is to verify the occurrence of frequency, abundance and similarity variations in the species composition of the edges. Georprocessing and remote sensing techniques will be used to characterize the physical features of the surrounding matrix and to investigate the existence of a relationship among the landscape features and the changes on the vegetation of the edges.

2. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, domínio responsável por cerca de 1 a 8 % do total das espécies de fauna e flora do mundo (SILVA; CASTELETI, 2003), teve aproximadamente 88,27 % de sua área original desmatada. Os 11,73 % restantes, aproximadamente 16 milhões de hectares, encontram-se sob a forma de 245 mil fragmentos florestais, dos quais 80 % possuem menos de 50 ha e quase que a metade do total de vegetação remanescente encontra-se a menos de 100 m de distância de suas bordas (RIBEIRO et al., 2009). Uma vez que as áreas originárias de mata encontram-se agora sob a forma de numerosos fragmentos florestais, estes se encontram sob a atuação de forças, como o efeito de borda, que comprometem a sua permanência e seu estado de conservação.

Forman e Grodon (1986) definiram o efeito de borda como uma modificação na abundância relativa e na composição de espécies na parte marginal de um fragmento. O efeito de borda também foi definido por Palik e Murphy (1990) como diferenças na estrutura e na composição da vegetação em resposta a um complexo gradiente microclimático, envolvendo aumento da umidade do solo e diminuição nos níveis de luminosidade e temperatura do ar, no sentido borda-interior.

A criação de novas bordas em remanescentes florestais, em decorrência da atividade humana, tem se tornando cada vez mais frequente ao redor do mundo (HARPER et al., 2005). Suas conseqüências têm sido associadas à degradação e a perda de hábitat, de recursos e de biodiversidade em paisagens fragmentadas (SAUNDERS et al., 1991; GASCON et al., 2000; LAURANCE et al., 2002).

Os efeitos de borda têm sido estudados sob diferentes aspectos: parâmetros microclimáticos, distribuição de espécies de plantas e a estrutura da vegetação (HARPER et al., 2005). Um dos padrões mais bem estabelecidos na literatura refere-se ao aumento na intensidade da radiação solar nas proximidades da borda, resultando no aquecimento do solo e do ar e na perda de umidade (CADENASSO et al., 1997; DIGNAN; BREN, 2003; DELGADO et al. 2007).

Em consequência da adaptação às novas condições microclimáticas, a composição de espécies vegetais varia entre a borda e o interior da mata (MATLACK, 1994; RODRIGUES, 1998; GODEFROID; KOEDAM, 2003; AVON et al., 2010). As bordas são freqüentemente descritas contendo alta diversidade e elevada abundância de espécies de regime de luz, como por exemplo, as espécies pioneiras (RODRIGUES, 1998; TABARELLI et al., 1999; OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000; GODEFROID; KOEDAM, 2003; PIESENS et al., 2006). Williams-Linera (1990) e Faria et al. (2009) apontam para a ocorrência de um padrão semelhante com lianas.

Em relação à estrutura da vegetação, variações estatisticamente significativas foram observadas entre a borda e o interior para a densidade e o diâmetro a altura do peito (DAP) de indivíduos arbóreos (WILLIAMS-LINERA, 1990; CHEN et al., 1992; CASENAVE et al., 1995; OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000; SCHESSL et al., 2008) e para a cobertura do dossel (CASENAVE et al., 1995; DELGADO et al., 2007; FARIA et al., 2009). Segundo Harper et al. (2005), as variações dos parâmetros estruturais da vegetação apresentam-se de maneira expressiva até aproximadamente 50 m a partir da borda.

Os efeitos de borda também apresentam relações com as características naturais e antrópicas da paisagem. Rodrigues (1998) estabeleceu

correlações entre o efeito de borda e o tamanho dos fragmentos florestais e também com a orientação das bordas. Diferenças na composição de espécies entre a borda e o interior foram encontradas penetrando mais profundamente em fragmentos pequenos e nas bordas voltadas para a linha do equador. Estas relações também puderam ser observadas por Laurance e Yensen (1991), Li et al. (2007) e Harper et al. (2007), quanto a influência do tamanho dos fragmentos, e por Fraver (1994), quanto à orientação das bordas. Barros (2006) observou que mudanças na estrutura e na composição de espécies vegetais são mais expressivas em bordas com matrizes agrícolas, quando comparadas a matrizes de pasto. Já os resultados obtidos por Blumenfeld (2008), indicam que parâmetros bióticos e abióticos respondem diferentemente entre matrizes urbanas e agrícolas.

A aquisição de informações sobre o efeito de borda na vegetação ao longo do tempo, e sua relação com as características antrópicas e geofísicas do entorno, configuram pré-requisitos necessários ao desenvolvimento de estratégias conservacionistas direcionadas à redução dos efeitos negativos da fragmentação florestal (MURCIA, 1995), bem como para a alocação mais eficiente de áreas prioritárias à conservação. A partir da estimativa das porções de vegetação afetadas pelas bordas, pode-se obter a proporção da paisagem que ainda representa as condições originais do ecossistema natural, capaz de suportar espécies características e manter processos ecológicos (WALDHOFF; VIANA, 1993).

O presente trabalho tem como objetivo revisar os transectos nas bordas de fragmentos florestais, localizados na região de Londrina (PR), analisados há 17 anos por Rodrigues (1998). Por intermédio do levantamento da atual composição de espécies vegetais, e de sua comparação com os dados pretéritos, objetiva-se verificar a ocorrência de variações na composição, frequência e

abundância dos grupos de espécies (pioneiras, clímax) nas bordas, ao longo do tempo. A hipótese a ser testada é a de que a composição de espécies teria mudado e que o grupo de espécies pioneiras apresentaria maior frequência e abundância a maiores distâncias da borda, sugerindo que os efeitos de borda tenham penetrado mais profundamente no interior da mata, com o passar dos anos.

Por meio de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto, objetiva-se caracterizar o entorno dos remanescentes analisados a fim de se verificar a existência de uma relação entre as características da paisagem (tamanho dos fragmentos, orientação das bordas e relevo) com as variações de frequência e abundância dos grupos de espécies vegetais e o índice de similaridade de espécies. A hipótese a ser testada é a de que bordas localizadas nos fragmentos menores, orientadas para o norte e perpendiculares à direção do escoamento superficial no relevo apresentariam maiores taxas de variação na frequência e abundância dos grupos de espécies vegetais e um índice de similaridade menor, ao longo do tempo.

Pela verificação das hipóteses estabelecidas, espera-se obter informações que embasem tomadas de decisão referentes à conservação efetiva dos recursos naturais terrestres, contribuindo para o planejamento ambiental e para a alocação mais eficiente de áreas prioritárias à conservação.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Revisitar os transectos, analisados há 17 anos, para a verificação das mudanças ocorridas na vegetação das bordas de remanescentes florestais, ao longo do tempo.

3.2. Objetivos Específicos

Verificar as mudanças ocorridas na composição de espécies, frequência e abundância de indivíduos arbóreos e dos grupos de espécies pioneiras e clímax, em função do efeito de borda sobre a vegetação, ao longo do tempo.

Caracterizar o entorno dos remanescentes pelas técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto, a fim de se investigar a existência de uma relação entre as características da paisagem (tamanho dos fragmentos, orientação das bordas e relevo) com as modificações ocorridas na composição, frequência e abundância de espécies vegetais, nas bordas dos remanescentes florestais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A área de estudo localiza-se ao redor do município de Londrina, no norte do estado do Paraná (Figura 1). Esta região encontra-se inserida no Domínio Tropical Atlântico (AB'SÁBER, 2003) e é caracterizada por um relevo suave, de baixa declividade (IPARDES, 1984; IPARDES, 1997) e pela ocorrência de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2004).

O processo de fragmentação no norte do Paraná sofreu diminuição a partir do início da década de 1970, em função do declínio da atividade cafeeira na região, dando lugar a entrada de outras atividades agropecuárias, como o cultivo de soja. Os fragmentos florestais, cujas bordas serão analisadas, possuem cerca de 60 anos de existência e se encontram inseridos em uma matriz composta por culturas de grãos (soja, café, trigo e milho) e pastagem.

4.2 Procedimentos Metodológicos

O procedimento consiste na revisitação dos transectos analisados por Rodrigues (1998) para o levantamento da atual composição e distribuição dos grupos de espécies, em função de diferentes distâncias da borda. Os dados pretéritos, disponibilizados pelo autor, resultam da análise de 48 transectos localizados nas faces norte e sul de 19 fragmentos florestais, cujos tamanhos variam de 1,16 ha a 390,06 ha. Os transectos possuem 100 m de comprimento por 4 m de largura, divididos em 20 parcelas de 4 m x 5 m, dispostos perpendicularmente à borda, em direção ao interior do fragmento (Figura 2).

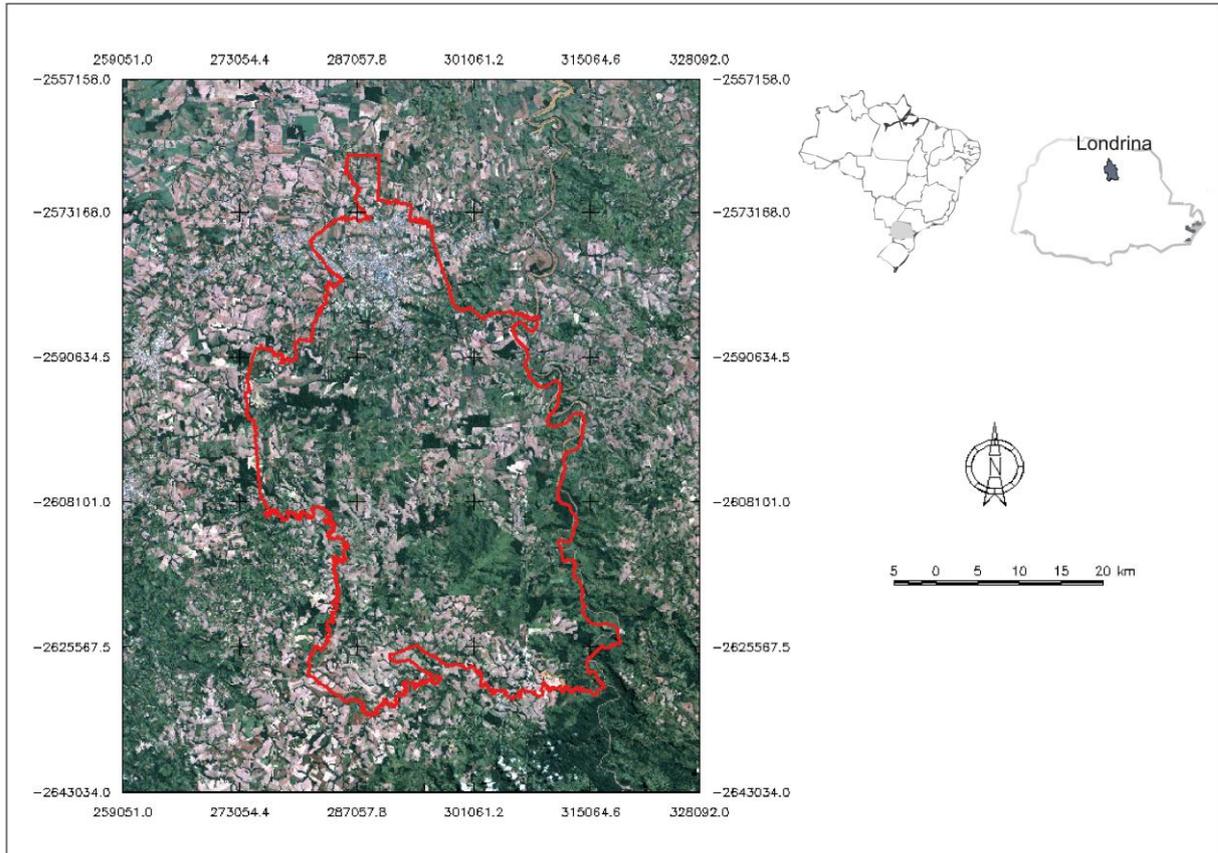


Figura 1. Localização da área de estudo. Composição 321-RGB, Landsat-TM de 07/04/2010. O limite em vermelho representa o limite do município de Londrina (INPE, 2008).

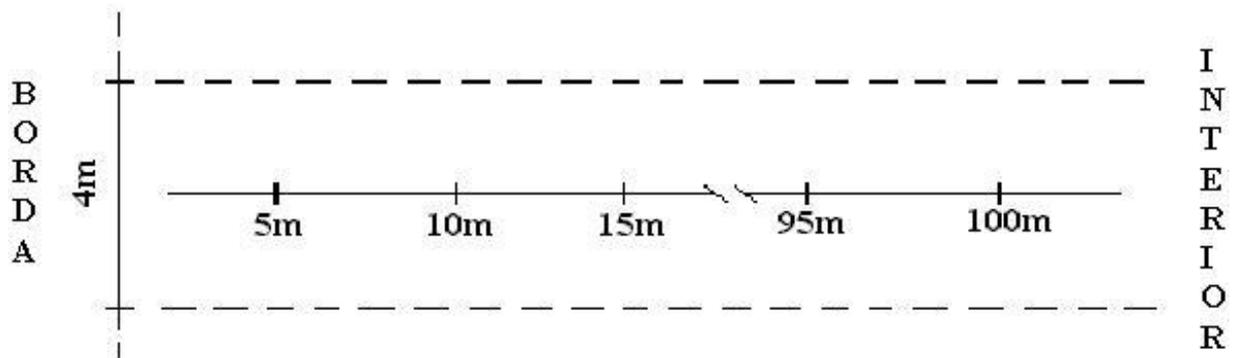


Figura 2. Esquema ilustrativo dos transectos de análise. Extraído e modificado de Rodrigues (1998).

A análise consistirá na comparação da composição de espécies e da distribuição de frequência e abundância dos grupos de pioneiras e clímax entre o levantamento atual e os dados pretéritos. A comparação entre os dados será feita pela Análise de Principais Componentes (PCA), através do programa PC-ORD, análises gráficas e pelo índice de similaridade de espécies obtido para os transectos ao longo do tempo.

Para que a comparação seja válida os critérios para a classificação das espécies em pioneiras e clímax, e para o cálculo de frequência, serão os mesmos utilizados por Rodrigues (1998). O autor classificou como espécies pioneiras e espécies clímax apenas aquelas assim consideradas simultaneamente por Gandolfi (1991), Durigan e Leitão-Filho (1995), Lorenzi (1992) e Tabanez e Viana (1998) apud Rodrigues (1998). A adoção deste critério possivelmente torna os grupos menores do que realmente são, porém, também diminui a probabilidade de erro na classificação das espécies entre os grupos, em função de desacordos entre os autores.

O cálculo utilizado por Rodrigues (1998) para a determinação das frequências encontra-se descrito pela Figura 3. O autor justifica a subtração da frequência média, na equação, em função do fato de que certas espécies são mais frequentes pelo simples fato de serem facilmente identificadas e não necessariamente pelo fato de serem mais abundantes em campo. Assim, a subtração da frequência média se faz necessária para a diminuição da influência proveniente da classificação de espécies na frequência relativa.

Técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto serão utilizadas para a caracterização da paisagem e do entorno dos remanescentes contendo os transectos analisados. A delimitação dos remanescentes florestais e a

caracterização de seu entorno será feita com base na classificação de imagens Landsat TM 5 atuais e as informações referentes ao relevo e à topografia serão extraídas a partir de dados Topodata (VALERIANO; ROSSETTI, 2011). O processamento das imagens Landsat e a extração das informações provenientes dos dados Topodata serão realizados através do programa IDRISI, versão Andes.

$$\text{Frequência relativa em uma dada distância da borda} = \frac{\text{Número de indivíduos de um grupo}}{\text{Número total de indivíduos em uma dada distância da borda}} - \text{Frequência média de indivíduos de um grupo em função de todas as distâncias da borda}$$

Figura 3. Equação para o cálculo de frequências. Extraído e modificado de Rodrigues (1998).

A partir da caracterização da paisagem, as variações ao longo do tempo na frequência e abundância e no índice de similaridade de espécies das bordas localizadas nos fragmentos menores, orientadas para o norte e perpendiculares à direção do escoamento superficial no relevo serão comparadas com as variações obtidas para as bordas localizadas nos fragmentos maiores, orientadas para o sul e paralelas à direção do escoamento superficial no relevo. Este procedimento tem como objetivo verificar a existência de uma relação entre estas variáveis ambientais da paisagem e as transformações ocorridas nas bordas ao longo do tempo. Pela verificação estatística dos resultados, espera-se obter informações que contribuam para tomadas de decisão sobre o planejamento ambiental e que sirvam como critérios para a alocação mais eficiente de áreas prioritárias à conservação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Os Domínios da Natureza no Brasil; potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AVON, C. et al. Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands. **Forest Ecology and Management**, v.259, p.1546–1555, 2010

BARROS, F. A. **Efeito de borda em fragmentos de floresta Montana, Nova Friburgo- RJ**. 2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006

BLUMENFELD, E. C. **Relações entre Vizinhança e Efeito de Borda em Fragmento Florestal**. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008

CADENASSO, M. L.; TRAYNOR, M. M.; PICKETT, S. T. A. Functional location of forest edges: gradients of multiple physical factors. **Canadian Journal of Forest Research**, v.27, p.774-782, 1997

CASENAVE, J. L. et al. Edge-interior differences in vegetation structure and composition in a Chaco semi-arid forest, Argentina. **Forest Ecology and Management**, v.72, p.61-69, 1995

CHEN, J. et al. Growing-Season Microclimatic Gradients from Clearcut Edges into Old-Growth Douglas-Fir Forests. **Ecological Applications**, v.5, n.1, p.74-86, 1995

DELGADO, J. D. et al. Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). **Landscape and Urban Planning**, n.81, p.328–340, 2007

DIGNAN, P. & BREN, L. Modelling light penetration edge effects for stream buffer design in mountain ash forest in southeastern Australia. **Forest Ecology and Management**, n.179, p.95–106, 2003

DURIGAN, G. & LEITÃO-FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Rev.Inst. Flor.**, v.7, n.1, p.97-239, 1995

FARIA, D. et al. Forest structure in a mosaic of rainforest sites: The effect of fragmentation and recovery after clear cut. **Forest Ecology and Management**, v.257, p.2226–2234, 2009

FORMAN, R.T.T. & GRODON, R. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, Inc.: New York, 1986, 712p.

FRAVER, S. Vegetation responses along edge-to-Interior gradients in the Mixed hardwood Forests of the Roanoke River Basin, North Carolina. **Conservation Biology**, v.8, n.3, p.822-832, 1994

- GANDOLFI, S. **Estudo florístico e fitossociologia de uma mata residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, município de Guarulhos - SP**. 1991. 232 p. Dissertação (Mestrado no Instituto de Biologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP
- GASCON, C.; WILLIAMSON, G. B.; FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, v.288, p.1356–1358, 2000
- GODEFROID, S.; KOEDAM, N. Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city–forest ecotone. **Landscape and Urban Planning**, v.65, p.169–185, 2003
- HARPER, K. A. et al. Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, n.3 p.768–782, 2005
- HARPER, K. A. et al. Interaction of edge influence from multiple edges: examples from narrow corridors. **Plant Ecology**, v.192, p.71–84, 2007
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa da vegetação**, 2004. Disponível em: <HTTP://www.ibge.gov.br>Acesso em 4 out. 2010
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco Atlas**, 2008. Disponível em: <HTTP:// http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html >Acesso em 4 ago. 2011
- IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Mapa de Declividade do Paraná**, 1984. Disponível em: <HTTP://www.ipardes.gov.br/index.php> Acesso em 16 set. 2010
- IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Mapa Hipsométrico do Paraná**, 1997. Disponível em: <HTTP://www.ipardes.gov.br/index.php> Acesso em 16 set. 2010
- LAURANCE, W. F. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v.16, p.605–628, 2002
- LAURANECE, W. F. & YENSEN, E. Predicting the Impacts of Edge Effects in Fragmented Habitats. **Biological Conservation**, v.55, p.77-92, 1991
- LI, Q. et al. Areas influenced by multiple edges and their implications in fragmented landscapes. **Forest Ecology and Management**, v.242, p.99–107, 2007
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras. Editora Plantarum Ltda, Piracicaba-Brasil, 1992, 387 p.
- MATLACK, G. R. Vegetation dynamics of the forest edge – trends in space and successional time. **Journal of Ecology**, v.82, p.113-123, 1994
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, v.10, n.2, p.58-62, 1995

- OOSTERHOORN, M.; KAPPELLE, M. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. **Forest Ecology and Management**, v.126, p.291-307, 2000
- PALIK, B. & MURPHY, P. G. Disturbance versus edge effects in sugar: maple/beechn forest fragments. **Forest Ecology and Management**, v.32, p. 187-202, 1990
- PIESSENS, K. et al. Biotic and abiotic edge effects in highly fragmented heathlands adjacent to cropland and forest. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.114, p.335–342, 2006
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, p.1141–1153, 2009
- RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil**. 1998. 172f. Tese (Doctor of Philosophy in the subject of Biology) Harvard University Cambridge, Massachusetts, 1998
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v.5, p.18–32, 1991
- SILVA, J. M. C. & CASTELETI, C. H. M. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: Galindo-Leal, C., Câmara, I. G. The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook. CABS and Island Press, Washington, p. 43-59, 2003
- SCHESSL, M. et al. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. **Flora**, v.203, p.215–228, 2008
- TABARELLI, M et al. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, v.91, p.119-127,1999
- VALERIANO, M. M. & ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v.32, p.300-309, 2011
- WALDHOFF, P. & VIANA, V. M. Efeito de borda em um fragmento de Mata Atlântica em Linhares, ES. In: Congresso Florestal pernambucano, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, v.2, p.41-44, 1993
- WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, v.78, p.356-373, 1990