

Relação entre qualidade de fragmentos florestais remanescentes da Mata Atlântica e formas de relevo na APA da Bacia do Rio São João/RJ: Elementos a serem considerados na proposição de corredores florestais

Christina Kelly Albuquerque^{1,2}
Carla Bernadete Madureira Cruz²
Rafael Silva de Barros²

¹ICMBio – APA da Bacia do Rio São João
Caixa Postal 109.981 – CEP 28.890–000 Casimiro de Abreu - RJ
christina.albuquerque@icmbio.gov.br

²Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, RJ
Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Bloco I Sala 010
CEP 21941-611 Rio de Janeiro - RJ – BR
{cmad; rafael.barros}@ufrj.br

Abstract - This study aimed to investigate the existence of relations between relief forms and state of forest disturbance in APA São João. A study previously developed by Albuquerque *et al.* (2011) in this Conservation Unit concluded that the median of NDVI can be used to establish the separation threshold between non forest coverage, disturbed forest and little disturbed forest. The utilization of the threshold established on that case study was able to classify the forest fragments of the area in three categories (very disturbed, disturbed and little disturbed), according to the predominant class of their pixel set. The classified map analysis indicated that the size of the fragments, isolated, didn't seem to be a good indicator of its conservation state; the increase of the declivity and the relief amplitude provides the increase of the forest vegetation covered area, the decrease of the fragmentation of this vegetation and the presence of large fragments. The results achieved lead to the conclusion that the methodology to be proposed, aiming to configurate the forest corridors in the study area must consider the difference existing on the geomorphologic domain and that in multicriterial analysis the size of the fragments must be pondered due to relief, and where the forest cover is low and very fragmented, little fragments are relevant.

Palavras-chave: NDVI, forest disturbance, florestal corridors, atlantic rain forest, perturbação florestal corredores florestais, Mata Atlântica.

1. Introdução

O presente trabalho teve por objetivo investigar relações existentes entre a forma de relevo e o estado de perturbação de remanescentes florestais da Mata Atlântica em morros, morrotes e colinas da APA São João, no Estado do Rio de Janeiro.

Remanescentes florestais menos perturbados possuem maior biodiversidade e sua contribuição é estratégica para a regeneração de áreas degradadas por meio da promoção do fluxo da fauna na paisagem e da dispersão de propágulos da flora. Dessa forma, é possível concluir que o mapeamento do estado de conservação das florestas representa um importante subsídio para o planejamento de ações visando a conservação da biodiversidade. O favorecimento da conectividade da paisagem por meio de corredores ecológicos na APA São João deve proporcionar a diminuição dos efeitos deletérios provocados pelo isolamento e contribuirá para que, em longo prazo, os maciços florestais bem conservados localizados nesta Unidade de Conservação e nas Reservas Biológicas Poço das Antas e União, suas limítrofes, continuem exercendo o seu importante papel ecológico.

Há uma gama variada de metodologias desenvolvidas para priorizar áreas a serem conservadas ou restauradas. Em linhas gerais, sugere-se a proteção de fragmentos relevantes segundo análises de mapas de vegetação elaborados a partir de imagens de satélite ou

fotografias aéreas. Estas fontes fornecem informações sobre a geometria dos fragmentos florestais (área, perímetro, forma) e permitem a geração de índices obtidos por métricas da paisagem. Outras áreas podem ser indicadas segundo critérios muitas vezes determinados pela disponibilidade momentânea de informações ou pela facilidade de produzi-las em um curto período de tempo a um custo relativamente baixo.

Para a conformação de corredores, recomenda-se a adoção de critérios como: diminuição de distâncias entre áreas com cobertura florestal; aumento da área de fragmentos existentes; uso das terras situadas no entorno de fragmentos; proteção de áreas com maior suscetibilidade à erosão; proteção dos recursos hídricos através de ações como o alargamento das faixas de vegetação ao longo dos corpos d'água, e proteção das cabeceiras das bacias e áreas de recarga de aquíferos; relações entre elementos da paisagem, tais como proximidade a elementos favoráveis como rede hidrográfica ou outros fragmentos florestais com atributos relevantes (ex. maior área nuclear, grande tamanho, etc) e distância de elementos desfavoráveis como malha viária e centros urbanos (Ranieri & Souza, 2003; Korman, 2003; Ferraz & Vetorazzi 2003; Valente & Vettorazzi, 2005; e Metzger *et al.*, 2008).

Trabalhos desenvolvidos com o objetivo de delinear corredores, muitas vezes utilizam como ponto de partida para eleger os fragmentos que deverão ser conectados, critérios como os anteriormente citados, dos quais, dada a frequência com que são usados, merecem ser destacados os critérios baseados em métricas de paisagem. Dentre as metodologias empregadas para indicar as áreas não florestadas que poderão integrar os corredores, podem ser citadas: Análise multicriterial (Caldas, 2006 e Muchailh *et al.*, 2009); AHP - Analytic Hierarchy Process (Almeida *et al.* 2010) e metodologias que utilizam o conceito de caminho de menor custo, onde alto custo representa maior dificuldade para o deslocamento da fauna (Rocha *et al.*, 2007 e Alonso, 2010). Destacamos que a teoria dos grafos tem sido utilizada para identificar fragmentos e conexões-chave na paisagem, fundamentais para garantir a sua conectividade e maximizar a eficiência de fluxos em uma rede de corredores (Urban & Keith, 2001; Metzger, 2006; Pereira *et al.*, 2007 e Alonso, 2010). Sob esta ótica, o uso de dados acerca da qualidade florestal agregará mais um elemento para a determinação dos fragmentos-chave (nós) e das ligações (arcos) que tornam uma paisagem conectada.

2- Metodologia de trabalho

Albuquerque (2010) e Albuquerque, *et al* (2011) propuseram critérios para avaliar em campo o estado de perturbação de fragmentos florestais da APA São João e associaram os resultados alcançados a índices de vegetação obtidos de uma imagem do sensor HRG a bordo do satélite Spot-5 corrigida atmosféricamente. Estes autores concluíram que a mediana do NDVI pode ser usada para o estabelecimento de limiares de separação entre a cobertura não florestal, a floresta perturbada e a floresta pouco perturbada. A partir do mapeamento produzido por estes autores, e dos limiares estabelecidos naquele estudo de caso, foi desenvolvida uma metodologia para o mapeamento do estado de conservação dos remanescentes florestais daquela área utilizando o software ArcGis que seguiu duas etapas, a saber: 1- Individualização dos fragmentos florestais da área de estudo a partir da imagem NDVI reclassificada segundo o limiar estabelecido entre floresta e não floresta; 2- Classificação do estado de perturbação de cada fragmento em três categorias (muito perturbado, perturbado e pouco perturbado) de acordo com a classe predominante do seu conjunto de pixels.

2.1 Individualização dos fragmentos florestais da área de estudo a partir da imagem NDVI reclassificada segundo o limiar estabelecido entre floresta e não floresta

Para a extração do contorno dos fragmentos florestais da APA São João, a imagem NDVI foi reclassificada em duas classes (floresta e não floresta) utilizando como limites os valores da mediana do NDVI apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Limiares de classificação entre Floresta e Não Floresta segundo a mediana do NDVI obtida na área de estudo.

Valor da mediana do NDVI	Classe	Descrição
Até 0,79	1	Não floresta
Maior que 0,79	2	Floresta

Usando a função *extract by mask* com o contorno da APA São João como máscara foi gerada a imagem NDVI da APA São João. O raster gerado foi convertido em polígonos e foi eliminado o único polígono que representava a matriz não florestal. Contudo, como ainda restavam polígonos que representavam áreas de não floresta no interior dos fragmentos (clareiras), para obter apenas o contorno, foi necessário unir as áreas de clareiras ao fragmento como um todo utilizando a ferramenta *dissolve*, obtendo finalmente apenas o contorno dos fragmentos.

Como a área de estudo não abrangeu o relevo montanhoso e o relevo plano, houve a necessidade de excluir os fragmentos situados nestas formas de relevo. Como o mapa das unidades de relevo foi produzido a partir do DEM do satélite Aster, com 30 metros de resolução espacial, foi necessário um trabalho de edição manual com a finalidade de refinar o contorno das áreas planas. Também foi preciso identificar pequenos morrotes que, por estarem situados no domínio de relevo plano, não estavam representados no mapa de unidades de relevo. Com o auxílio da função *select by location*, a cada fragmento foi associado um código para indicar a forma de relevo onde ele ocorria.

Foram calculadas as áreas com a função *calculate area* e os fragmentos menores que 0,5 ha foram eliminados.

2.2 Classificação do estado de perturbação dos fragmentos de acordo com a classe predominante do seu conjunto de pixels

Utilizando a imagem NDVI original (não classificada) foi feita nova extração utilizando como máscara o contorno dos fragmentos florestais da área de estudo. O raster gerado foi reclassificado em três classes utilizando como limites os valores da mediana do NDVI apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Limiares de classificação segundo a mediana do NDVI obtido na área de estudo.

Valor da mediana do NDVI	Classe	Descrição
Até 0,79	1	Não floresta (clareiras)
de 0,79 até 0,85	2	Floresta perturbada
Maior que 0,85	3	Floresta pouco perturbada

Utilizando a função *tabulate area* foi gerada uma tabela contendo o número de pixels de cada classe contido em cada fragmento. A seguir, foram calculados os seus respectivos percentuais utilizando função *field calculator*. Em seguida, foi estabelecida uma nova classificação qualitativa considerando os percentuais calculados anteriormente. A Tabela 3 apresenta o critério utilizado nesta classificação.

Tabela 3 – Classificação qualitativa dos fragmentos segundo o estado de perturbação predominante dos seus pixels componentes

Pixel de floresta pouco perturbada no fragmento	Classe	Classificação do fragmento
até 25%	1	Muito Perturbado
de 25% até 50%	2	Perturbado
Mais de 50%	3	Pouco Perturbado

A Figura 1 apresenta o mapeamento dos remanescentes florestais na área de estudo segundo a classificação qualitativa obtida através do emprego da metodologia proposta.

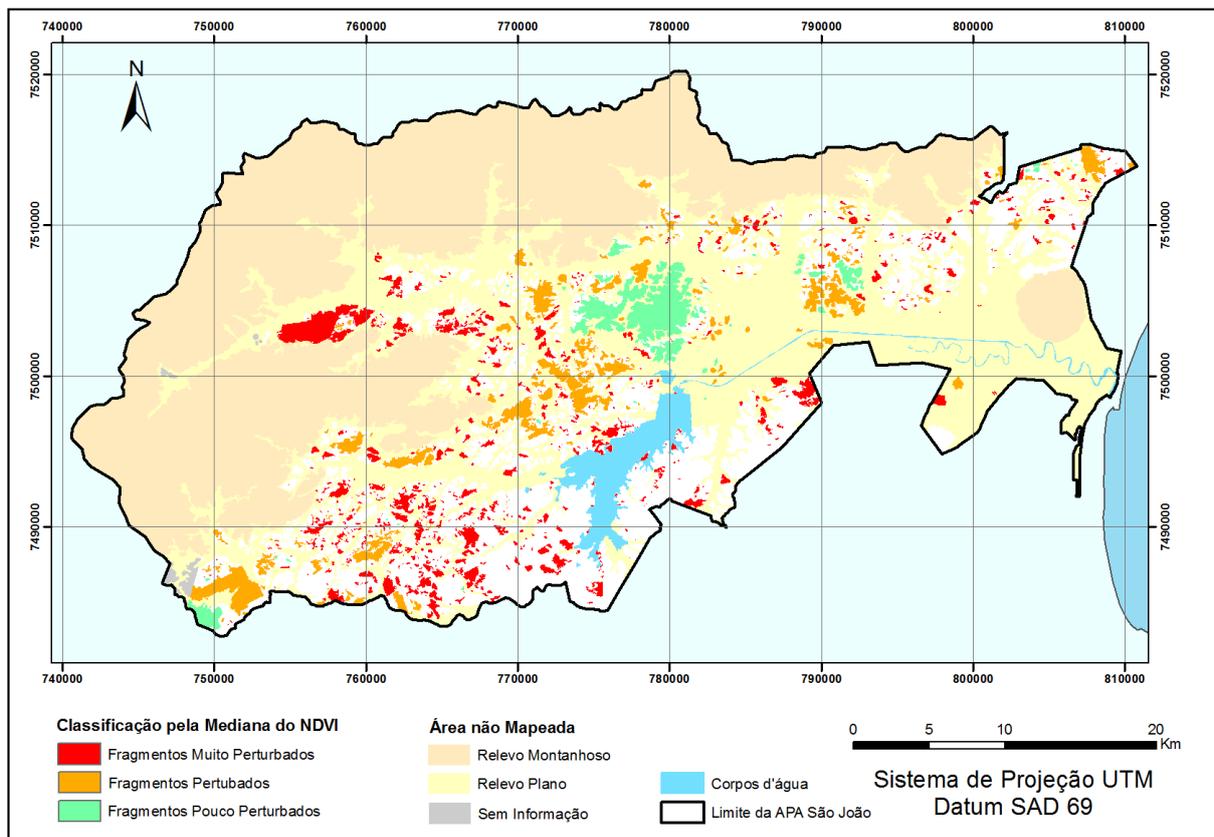


Figura 1. Estado de Conservação dos Fragmentos florestais na área de estudo

3- Resultados e discussão

De modo geral, o estado de conservação da área de estudo não pode ser considerado ruim e há um certo equilíbrio entre as áreas ocupadas pelos fragmentos das três classes de qualidade mapeadas. Ao considerar a área de estudo como um todo, observou-se que o somatório da área ocupada por fragmentos florestais classificados como pouco perturbados e por fragmentos no estado intermediário de perturbação representou a maioria da área ocupada por florestas (60,5%). Os fragmentos muito perturbados e os perturbados ocupam áreas totais que podem ser consideradas semelhantes (39,5% e 38,6% respectivamente). A área ocupada pelos fragmentos pouco perturbados correspondeu a 21,9% da área de estudo.

Na área de estudo, os remanescentes florestais estão concentrados em fragmentos de tamanho grande. Embora os fragmentos grandes representem apenas 2,8% do número total de fragmentos mapeados, ocupam 51,7% da área total de cobertura florestal. Fragmentos pequenos (menos de 30 ha) predominam em número (91,5%), mas representam apenas um

terço (31,4%) da área total de remanescentes florestais mapeados. Fragmentos médios (de 30 a 80 ha) são pouco representativos tanto em número (5,7%) quanto em área (16,8%).

O tamanho dos fragmentos, isoladamente, não pareceu ser um bom indicador do seu estado de conservação. Quando se considerou a área de estudo integrada, mereceu destaque o elevado número de fragmentos pequenos e muito perturbados (68,9%), que corresponderam a 21,4% da área ocupada pelas florestas. Também foi evidenciada a importância dos fragmentos de tamanho grande, com significativo percentual de florestas em estado intermediário ou bom de conservação (25% perturbado e 18,4% pouco perturbado). Os resultados indicam que os grandes fragmentos apresentam menor perturbação. Entretanto, quando foi feita uma análise mais detalhada, observando as percentagens em relação ao número de fragmentos de cada classe de tamanho e a área ocupada pelos fragmentos, percebeu-se que não foi possível afirmar que o tamanho dos fragmentos, isoladamente, fosse um bom indicador do seu estado de conservação, porque a maioria dos fragmentos médios (56%) apresentou comportamento semelhante aos fragmentos pequenos, também sendo classificados como muito perturbados. Se o tamanho dos fragmentos, isoladamente, fosse um bom indicador, não seria esperado que a maioria dos fragmentos grandes fosse classificada como perturbada (62,5%) e apenas 20,8% dessa classe de tamanho fosse classificada como pouco perturbada. A área ocupada pelas classes de tamanho, também seguiu um padrão semelhante ao anteriormente descrito: 67,9% da área ocupada pelos fragmentos pequenos correspondeu ao estado muito perturbado; a maioria da área coberta por fragmentos de tamanho médio (58,7%) foi muito perturbada e, boa parte da área ocupada pelos fragmentos grandes foi considerada perturbada (48,4%). Dentre os grandes fragmentos, deve ser destacado que apenas os fragmentos com área superior a 100 ha foram classificados como pouco perturbados, correspondendo a 35,6% da área coberta pelos grandes fragmentos.

O relevo exerce influência sobre a distribuição dos fragmentos florestais, segundo as classes de qualidade e tamanho. O aumento da declividade e da amplitude do relevo proporciona o aumento da área coberta por vegetação de porte florestal e a diminuição da fragmentação desta vegetação. A primeira afirmação pode ser evidenciada pela distribuição das áreas cobertas por florestas nas formas de relevo estudadas: 15,9% no colinoso; 39,2% nos morrotes e 44,9% nos morros. Entretanto, a segunda afirmação não pode ser evidenciada de forma tão direta quanto a primeira. Considerando apenas a distribuição percentual do número de fragmentos em relação ao número total de fragmentos mapeados, percebe-se que o maior número ocorreu nos morrotes (43,7%), aparentemente contrariando a conclusão anterior. Contudo, quando se utilizou a área média dos fragmentos para calcular quantos fragmentos seriam necessários para atingir uma área de referência (neste caso, a área de florestas mapeada na forma de relevo de morros) concluiu-se que seriam necessários 747 fragmentos no relevo colinoso, 435 fragmentos no relevo de morrotes e o relevo de morros, cuja área de florestas foi usada como valor de referência, permaneceria com os 226 fragmentos mapeados, ficando assim demonstrado que o relevo pode ser associado à fragmentação da cobertura florestal.

O aumento da amplitude e da declividade do relevo pareceu favorecer a presença de grandes fragmentos. No relevo de morros, 69% da área de florestas ocorreu em fragmentos de tamanho considerado grande. Nos morrotes os fragmentos de tamanho grande conservaram 48,6% da área de florestas daquela forma de relevo e no relevo colinoso apenas 10,5% de todos os fragmentos florestais mapeados possuíam tamanho grande.

A melhoria da qualidade dos fragmentos florestais também pareceu estar relacionada ao relevo e, comparando as três formas de relevo, podemos afirmar que o relevo de morros está em melhor estado de conservação, seguido pelo relevo de morrotes e que o relevo colinoso está em pior estado de conservação quando comparado aos demais. O número de fragmentos considerados pouco perturbados cresceu com o aumento da declividade e amplitude do

relevo, conforme demonstrou a distribuição percentual do número de fragmentos desta classe de qualidade na área de estudo: colinoso 19,6%; morrotes 39,2% e morros 41,2%. A mesma conclusão foi obtida quando a análise foi dirigida para a área ocupada por esta classe de fragmentos: colinoso 2,0%; morrotes 18,4% e morros 79,6%. Fragmentos muito perturbados foram predominantes em todas as formas de relevo, e esta predominância foi mais acentuada na forma de relevo colinoso onde 86,4% do número de fragmentos mapeados foram classificados como muito perturbados e onde tais fragmentos ocuparam 85,9% da área de remanescentes florestais. Além disso, os fragmentos pouco perturbados corresponderam a somente 2,8% da área total de fragmentos florestais, o menor percentual obtido em comparação às demais formas de relevo, o que levou a concluir que o relevo colinoso está em pior estado de conservação que os demais. Nos morros, a classe dos fragmentos pouco perturbados não foi predominante, esta classe correspondeu a 38,8% da área total enquanto a classe intermediária de conservação (perturbados) correspondeu a 46,7% da área total mapeada nesta forma de relevo. Este comportamento também foi observado na forma de relevo de morrotes (perturbado 40,3%, pouco perturbado 10,3%). Considerando que a área ocupada por fragmentos perturbados nas duas formas de relevo pode ser considerada semelhante; a área ocupada pelos fragmentos pouco perturbados na forma de relevo de morros foi bem maior; e finalmente, os percentuais relativos de fragmentos muito perturbados que ocorreram na forma de relevo de morros (14,5%) foi bem menor que o percentual que ocorreu na forma de relevo de morrotes (49,4%) pode ser concluído que o relevo de morros possui melhor estado de conservação que o relevo de morrotes.

4- Conclusão

O mapeamento produzido se constitui em um dado diferenciado, que poderá ser associado aos outros já disponibilizados acerca da área de estudo e se constituir em mais um critério que pode ser considerado na seleção dos fragmentos a serem conectados.

Porém, deve-se ter em mente que qualquer que seja a opção metodológica para configurar os corredores na APA São João, esta não poderá ser aplicada sem considerar as diferenças existentes nos domínios geomorfológicos existentes nesta Unidade de Conservação: em relação às formas de relevo que não foram abrangidas no presente estudo, deve ser lembrado que no relevo montanhoso, os fragmentos florestais são considerados funcionalmente conectados e que no relevo plano, dada a raridade da fisionomia florestal que nele ocorre (floresta ombrófila densa aluvial) e sua importância ecológica, todos os fragmentos remanescentes têm altíssima prioridade para a conservação. Também devem ser levados em conta os resultados obtidos nas análises efetuadas: o relevo exerce influência sobre a distribuição dos fragmentos florestais segundo as classes de qualidade e tamanho; o aumento da declividade e da amplitude do relevo proporciona o aumento da área coberta por vegetação de porte florestal e a diminuição da fragmentação desta vegetação; a melhoria da qualidade dos fragmentos florestais pareceu estar relacionada ao relevo; e, comparando as três formas de relevo estudadas, concluiu-se que o relevo de morros está em melhor estado de conservação, seguido pelo relevo de morrotes e que o relevo colinoso está em pior estado de conservação quando comparado aos demais.

Finalmente, sugerimos que um parâmetro normalmente utilizado em análises multicriteriais – o tamanho dos fragmentos – seja ponderado em função do relevo, pois conforme ficou demonstrado no presente estudo, o tamanho dos fragmentos, isoladamente, não pareceu ser um bom indicador do seu estado de conservação e onde a cobertura florestal é baixa e muito fragmentada, fragmentos de pequeno tamanho são relevantes.

Referências bibliográficas

- Albuquerque, C. K. **Avaliação Qualitativa de Fragmentos Florestais com Dados de Sensoriamento Remoto como Subsídio à Formação de Corredores Ecológicos na APA São João**. 2010. 223 p. Dissertação (mestrado em geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010.
- Albuquerque, C. K.; Cruz, C. B. M. ; Barros, R. S de. Sensibilidade de índices de vegetação para classificação do estado de conservação da cobertura florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1652- 1659.
- Almeida, A.; Batista J. L. & Damascena L. S.(2010). **Análise sobre a fragmentação dos remanescentes da Mata Atlântica na APA do Pratigi para a identificação de áreas com maior potencial para a Construção de Corredores Ecológicos**. In III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife-PE.
- Alonso, A. C. (2010). **Delineamento e avaliação de corredores lineares multi-habitat: estudo de caso com bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) em mosaico urbano-rural**. Porto Alegre, RS. Dissertação (mestrado) 66 p., Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Caldas, A. J. F. S.(2006). **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba - RJ**. Seropédica, RJ. Dissertação (mestrado) 110p. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas
- Ferraz, S. F. B. & Vetorazzi, C. A. (2003). **Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia da paisagem**. **R. Árvore**, v.27, n.4, p.575-583.Viçosa-MG.
- Korman, V. (2003). **Proposta de interligação das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. Piracicaba, SP. Dissertação (mestrado em ecologia de agroecossistemas)131 p. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP.
- Metzger, J. P. (2006). **Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas**. *Natureza & Conservação* 4(2): 11-23.
- Metzger J. P., Ribeiro M. C, Ciocheti G. & Tambosi L. R. (2008). **Uso de índices de paisagem para a definição de ações**. In: Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no estado de São Paulo. São Paulo: Programa biota /Fapesp. Instituto de Botânica (Ed.) p.123-129.
- Muchailh, M. C., Roderjan C. V., Campos J. B., Machao A. L. T. & Curcio G. R. (2009). **Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos**. **FLORESTA**, v.40, n.1, 2010, p.147-162
- Pereira, M. a. S., Neves, N. A. G. D. S. & Figueiredo, D. F. C.(2007). Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. **Geografia** - v. 16, n. 2, jul./dez. 2007, v.16, n.2, p.5-23.
- RanieriI, V.E.L. & Souza, M. P. (2003). **Estratégias para a implantação de reservas legais com vistas à conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos: critérios para escolha de áreas**. In: VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza, Anais.
- Rocha, C. C., Silva A. B., Nolasco M. C. & Franca-Rocha W. (2007). **Modelagem de Corredores Ecológicos em ecossistemas fragmentados utilizando Processamento Digital de Imagens e Sistemas de Informações Georreferenciadas**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, SC. INPE, anais p.3065-3072.
- Urban, D. & Keitt, T. (2001) *Landscape Connectivity: A graph-theoretic perspective*. **Ecology** 82(5): 1205–1218.
- VALENTE, R. de O. A. & VETTORAZZI, C. A. (2005). **A abordagem multicriterial na definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, GO. Anais. p. 1681-1683.