



Análise da estrutura da paisagem para o estabelecimento de estratégias conservacionistas em fragmentos de Mata Atlântica

Landscape structure analysis for the establishment of conservation strategies in Atlantic Forest patches

Valquiria Rodrigues de Oliveira Pires¹

Maria Alice Garcia²

Marcos Roberto Martines³

Rogério Hartung Toppa^{4(*)}

Resumo

Para o planejamento voltado à conservação de áreas naturais fragmentadas é importante obter dados representativos por meio de métricas da paisagem como indicadores de qualidade dessas manchas. O uso de Sistemas de Informação Geográfica proporciona a interação e a análise das características da paisagem, facilitando o processo de tomada de decisão relacionado às questões vinculadas ao planejamento ambiental e à organização do espaço geográfico. O presente trabalho teve como objetivo analisar a estrutura da paisagem para subsidiar estratégias conservacionistas no município de Salto de Pirapora-SP. O mapeamento dos remanescentes florestais foi realizado pelo método de vetorização manual, baseada nas técnicas de fotointerpretação, em escala de projeto de 1:10.000 por meio de ortofotos, referente ao ano de 2011. Para análise da estrutura da paisagem, foram

-
- 1 Bióloga; Mestranda do Programa de Pós-Graduação Sustentabilidade na Gestão Ambiental da Universidade Federal de São Carlos; Endereço: Rodovia João Leme dos Santos, (SP-264), Km 110, s/n – Itinga, CEP: 18052-780; Sorocaba – São Paulo, Brasil.
 - 2 Graduanda em Geografia na Universidade Federal de São Carlos; Endereço: Rodovia João Leme dos Santos, (SP-264), Km 110, s/n – Itinga, CEP: 18052-780, Sorocaba – São Paulo, Brasil.
 - 3 Doutor; Geógrafo; Professor adjunto do Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades da Universidade Federal de São Carlos; Endereço: Rodovia João Leme dos Santos, (SP-264), Km 110, s/n – Itinga, CEP: 18052-780, Sorocaba – São Paulo, Brasil.
 - 4 Doutor; Biólogo; Professor adjunto do Departamento de Ciências Ambientais e do Programa de Pós-Graduação Sustentabilidade na Gestão Ambiental da Universidade Federal de São Carlos; Endereço: Rodovia João Leme dos Santos, (SP-264), Km 110, s/n – Itinga, CEP: 18052-780, Sorocaba – São Paulo, Brasil.; E-mail: rhtoppa@gmail.com (*) Autor para correspondência.

Ambiência Guarapuava (PR) v.12 Ed. Especial p. 765 - 774 Novembro 2016 ISSN 2175 - 9405
DOI:10.5935/ambiencia.2016.Especial.01



utilizadas as métricas: área, área-núcleo, índice de forma e vizinho mais próximo, com o auxílio do *software* ArcGis 10.2 e da extensão V-Late 2.0. O mapeamento dos remanescentes apresentou uma área total de 5996,03 ha, correspondendo 21,32% de cobertura florestal. Os resultados revelaram um mosaico de manchas com diferentes tamanhos e formas, cujos fragmentos maiores estão concentrados na porção sudeste do município, tendo em sua área central fragmentos menores e mais esparsos. Entretanto, a maioria dos fragmentos não se encontram isolados na paisagem. A fragmentação do município está intrinsecamente relacionada ao processo desordenado do uso e ocupação da terra. Os resultados obtidos nesse trabalho fornecem informações sobre o cenário atual, facilitando as tomadas de decisões do município frente às questões relacionadas ao planejamento ambiental e ordenamento do território a fim de se restaurar a paisagem.

Palavras chave: Ecologia da Paisagem; Planejamento Ambiental; Geoprocessamento.

Abstract

For environmental planning is important to obtain data representative about reality through landscape metrics as fragments quality indicators. The use of geographic information systems provides interaction and analysis of landscape features, further the decision making process related to issues linked to environmental planning and geographical space organization. This study aimed to analyze the landscape structure as support for environmental planning of Salto de Pirapora, SP. The forest fragments mapping was based on the manual vectorization method based on photointerpretation techniques on a scale of 1:10,000 by using orthophotos, from the year 2011. For the landscape structure analysis were used metrics: (1) area (2) core-area, (3) shape index (4) nearest neighbor by software ArcGis 10.2 and 2.0 V-Late extension. The mapping presented a 5996.03 ha total area, representing 21.32% forest cover. The results showed a mosaic of patches with different shapes and sizes, where larger fragments are concentrated in the southeastern area, in its central area smaller and scattered fragments. However, most of the fragments are not isolated in the landscape. The territory fragmentation is intrinsically related to the land use and occupation disorderly process. The results provide information on the current situation by facilitating decision making on issues related to environmental planning and territorial arrangement aiming to restore the landscape.

Key words: Landscape Ecology; Environmental management; Geoprocessing.

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015
Eixo temático: Planejamento, avaliação, zoneamento e gestão ambiental
www.sasgeo.eco.br



Introdução

Os ecossistemas naturais se encontram ameaçados devido à intensa fragmentação florestal, resultante de um processo desordenado do uso da terra. Essas modificações na paisagem de origem antrópica transformam os remanescentes, que anteriormente ocupavam grandes extensões, em várias pequenas manchas, em diversos estágios de sucessão secundária, cortadas por estradas, campos, áreas urbanas, entre outras atividades humanas. O crescimento rápido e mal planejado do município suprime e pressiona os remanescentes florestais e modifica a paisagem, causando, em muitos casos, problemas ao meio ambiente (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Essas alterações antrópicas causam impactos ambientais. E, para amenizar esses problemas, mantendo a qualidade de vida da população e o equilíbrio ambiental, são necessárias muitas vezes tomadas de decisões urgentes por parte da gestão do município, o que implica geralmente um tempo curto para o gestor ou o técnico tomar decisões diante de um problema, requerendo bom senso e experiência dos envolvidos, além da disponibilidade de informações para subsidiar as decisões (PIRATELLI; FAVORETTO; BELLEMO, 2013).

A estrutura de um processo de decisão é complexa e está fadada ao fracasso caso não haja um planejamento adequado. O processo decisório envolve estudos, planos ou projetos que permitem a escolha diante de um quadro de opções existentes. As decisões finais

estão ligadas à experiência dos tomadores de decisão baseadas em suas concepções epistemológicas (FITZ, 2008). Para que o uso da terra e sustentabilidade ambiental, social e econômica se compatibilizem, é imprescindível o planejamento da ocupação e a conservação ambiental como um todo (METZGER, 2001).

É importante para o planejamento ambiental obter dados representativos da realidade, sendo necessário quantificar e qualificar com precisão as estruturas espaciais e processos ecológicos da paisagem fundamentados na Ecologia da Paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009). Pode-se considerar que a Ecologia da Paisagem lida com as relações entre os organismos vivos, inclusive o ser humano e o meio ambiente (LANG; BLASCHKE, 2009; METZGER, 2001) e possui duas principais abordagens: a geográfica, que estuda as influências antrópicas na paisagem como um todo e a gestão de território; e a ecológica, que analisa o contexto espacial sobre os processos ecológicos e a importância destas relações em termos de conservação biológica (METZGER, 2001).

Uma das formas de se obter esses dados é por meio de métricas da paisagem como indicadores de qualidade de fragmentos (MELLO, 2012). Esses indicadores métricos permitem a comparação e a identificação das principais diferenças entre as paisagens e a determinação das relações entre os processos funcionais e os padrões da paisagem (VALENTE; VETORAZZI, 2002). O uso de métricas da paisagem



possui uma distinta vantagem, uma vez que é relativamente fácil a obtenção dos dados por meio de imagens de satélite ou fotografias aéreas quantificadas por programas, que, em alguns casos, encontram-se disponíveis gratuitamente (BANKS-LEITE et al., 2011).

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) proporciona a interação e a análise dos diferentes planos de informação que caracterizam a paisagem (VALENTE; VETORAZZI, 2002). Dessa forma, facilita o processo de tomada de decisão, especialmente no que se refere às questões vinculadas ao planejamento e à organização do espaço geográfico (FITZ, 2008).

Diante desse contexto, este trabalho buscou realizar uma análise do padrão espacial dos remanescentes de vegetação florestal de Mata Atlântica, por meio de indicadores métricos da paisagem, para subsidiar planos e ações futuras para o estabelecimento de estratégias conservacionistas no município de Salto de Pirapora, estado de São Paulo.

Material e Métodos

Área de Estudo

O município de Salto de Pirapora está localizado na região sudeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Possui uma área total de 281,27 km². Os remanescentes de florestas pertencem ao Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2015), considerado um *hotspot* de biodiversidade (MYERS et al., 2000) e está inserido em um importante contexto hidrográfico, na sub-bacia Baixo Sorocaba

- Sarapuí/Pirapora – Tatuí, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos -Tietê/Sorocaba (UGRHI 10). Segundo informações do CEPAGRI/ UNICAMP (2015), o clima é tipo Cwa (Köppen), caracterizado pelo clima tropical de altitude, com verões quentes e úmidos e invernos secos ou pouco chuvosos. A temperatura média é 20,8 °C. A precipitação é de 1.260 mm anual, com uma precipitação maior entre os meses outubro e março. O município apresenta um grau de urbanização de 78,53%(SEADE, 2015), com uma população estimada para o ano de 2015 de 43.574 habitantes (IBGE, 2015).

Organização dos dados e mapeamento

O mapeamento dos remanescentes florestais foi realizado pelo método de vetorização manual baseada nas técnicas de fotointerpretação (MARCHETTI; GARCIA, 1989), em escala de projeto de 1:10.000, por meio de ortofotos com resolução espacial de 1 m, referente ao ano de 2011, que abrangem o município de Salto de Pirapora. Para validação da interpretação do mapeamento, foi realizado um fieldcheck com o auxílio de receptor GPS modelo Garmin 12XL. Esse procedimento visou identificar pontos de interesse de vegetação, com o propósito de ajuste do mapeamento, para diferenciar a vegetação natural dos remanescentes de floresta das áreas de reflorestamento. Os remanescentes de floresta considerados neste trabalho foram todos os fragmentos de vegetação nativa em



vários estágios de sucessão que apresentem extrato arbóreo.

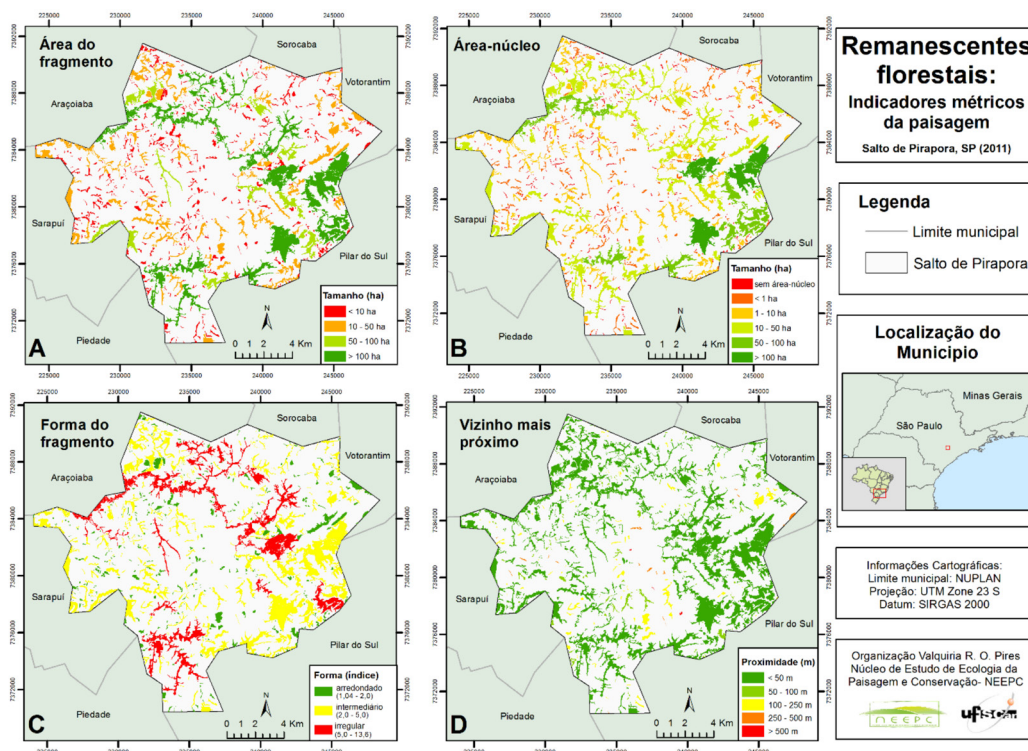
Foram calculados para cada fragmento as métricas estruturais da paisagem: (1) *área*: calculada em hectares, (2) *área-núcleo*: o efeito de borda definido foi de 35 m (*buffer* negativo) para obtenção das áreas-núcleo calculadas em hectares; (3) *índice de forma*: o índice obtido como forma mais próxima à circular é estabelecido como 1. Quanto mais distante do padrão redondo, maior será o valor; e (4) *vizinho*

mais próximo: calcula a menor distância do fragmento-alvo ao mais próximo em metros. As análises foram realizadas por meio do *software* ArcGIS10.2 e a extensão V-LATE 2.0 (Vector-based Landscape Analysis Tool Extension), conforme as definições de Lang; Blaschke (2009).

Resultados e Discussão

O mapeamento dos remanescentes florestais (Figura 1) apresentou um total de

Figura 1 – Fragmentos florestais de vegetação de Mata Atlântica no município de Salto de Pirapora- SP



Fonte: Pires, V. R. O. (2015).

Nota: A - Área do fragmento; B - Áreas-núcleo; C - Forma do fragmento e D - Vizinho mais próximo.

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Planejamento, avaliação, zoneamento e gestão ambiental

www.sasgeo.eco.br



700 fragmentos, apresentando uma área total de 5996,03 ha, correspondendo a 21,32% de cobertura florestal de Mata Atlântica no município. Essa porcentagem é maior do que a encontrada para o Estado de São Paulo, que possui 13,94% de remanescente de vegetação nativa (NALON; MATOS; FRANCO, 2008). E esse valor é ainda maior em relação ao território brasileiro, que possui 11,73% de remanescentes de vegetação original de Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009). De acordo com o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, no município é possível encontrar fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Montana e regiões em contato com Savana e Floresta Ombrófila (KRONKA et al., 2005).

Área do fragmento

A escala utilizada nesse trabalho (1:10.000) permitiu o mapeamento de fragmentos menores que 1 ha com precisão. Do total de fragmentos, 599 manchas possuem uma área menor que 10 ha, correspondendo a 1.063,64 ha, representando 17,74% do total da cobertura florestal do território (Figura 1A).

Esses fragmentos de tamanho reduzido estão mais suscetíveis ao efeito de borda. A predominância de fragmentos florestais com área inferior a 10 hectares também foi observada por Mello (2012) para o município de Sorocaba, e Pinto (2014), para a APA Tietê. Em relação aos fragmentos maiores, apenas 16 manchas possuem uma área superior a 100 ha, o que representa 43,18% da cobertura florestal,

sendo que o maior fragmento encontrado no município possui 294,61 ha. De forma geral, os fragmentos maiores estão concentrados na porção sudeste do município. Na área central há um predomínio de fragmentos menores que 10 ha distribuídos esparsamente pela matriz urbana. Além disso, destaca-se o fragmento ao longo do rio Piracicaba que, juntamente com o córrego Santo Antônio, são utilizados para o abastecimento urbano (BRASIL, 2015).

Segundo Metzger (1999), esse é o parâmetro mais importante para explicar a variação de riqueza em função da área do fragmento. Áreas maiores são mais adequadas para se manter as espécies em longo prazo, pois abrigam populações maiores e possuem uma variedade de habitats, além de possuírem efeitos de borda reduzidos (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Área-núcleo

As áreas-núcleo representam os espaços internos dos fragmentos ecologicamente efetivos, que não são afetados pelo efeito de borda (LANG; BLASCHKE; 2009). Do total de fragmentos, 330 apresentam áreas-núcleo (Figura 1B), sendo que 152 remanescentes apresentaram mais que uma área-núcleo, totalizando 1.371 áreas-núcleo, o que corresponde a 2.324,14 há. Isso representa 38,76% de toda a área de cobertura florestal. Foram observados 191 fragmentos com áreas-núcleo menores que 1 ha, o que representa 10,57 ha (1,75%). E em apenas 11 observou-se áreas-núcleo maiores



que 50 ha, totalizando 1089,05 ha (46,86%), sendo o fragmento que apresentou maior soma de área nuclear, com 7 áreas-núcleo, foi de 214,04 ha.

O microambiente do interior do fragmento é diferente daquele da borda. O efeito de borda é mais evidente nos primeiros 35 m (RODRIGUES, 1998), sendo gradualmente minimizado à medida que se aproxima do núcleo, interferindo diretamente na abundância e distribuição das espécies (MURCIA, 1995).

Forma do fragmento

Foi observada uma grande diversidade de formas dos fragmentos, variando de 1,042, que é a forma próxima do padrão circular, a 13,635, que é a forma mais irregular (Figura 1C). Foram observados 449 fragmentos com valores de índice de forma até 2. E, acima desse valor, encontram-se 251 fragmentos. O maior valor atribuído para essa métrica (13,635) deve-se ao fato do fragmento possuir uma grande extensão e se encontrar associado ao longo do curso d'água, compondo a sua Área de Preservação Permanente. Já os fragmentos com os menores valores de índice foram aqueles que possuem um tamanho reduzido, menores que 30 ha, sendo que grande parte (97,55%) possui uma área inferior a 10 ha.

Fragmentos de forma irregular podem apresentar um maior efeito de borda devido a sua maior interação com a matriz (VIDOLIN; BIONDI; WANDEMBRUCK, 2011). Já os fragmentos que possuem uma forma

próxima ao circular minimizam a relação borda/área, já que o centro da área está mais distante da borda do que em fragmentos de formas mais irregulares, próximas a alongadas. Sendo assim, áreas arredondadas possuem menor efeito de borda (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Vizinho mais próximo

Por meio dessa métrica foi possível avaliar o grau de isolamento dos fragmentos. Independente do tamanho, grande parte dos fragmentos (72,14%) não se encontram isolados na paisagem. Dos 700 fragmentos mapeados, 505 estão próximos a uma distância de até 50m. Mesmo que alguns desses fragmentos sejam menores que 1 ha, estes podem servir de trampolins ecológicos, o que poderá facilitar os movimentos das espécies entre os fragmentos (BOSCOLO, et. al., 2008).

Dos fragmentos mais isolados, apenas 17 estão a uma distância entre 250 e 500 m do vizinho mais próximo. Acima de 500 m, apenas 3 fragmentos, sendo que o mais distante está a 543 m. Dos fragmentos observados a uma distância acima de 250 m (20 fragmentos), 10 encontram-se concentrados na região central do município. Em paisagens fragmentadas, o arranjo espacial desses fragmentos é muito importante (ANDRÉN, 1994). O isolamento de um fragmento age diretamente na perda da diversidade de espécies (METZGER, 1999).



Conclusão

O uso de indicadores métricos da paisagem constitui um importante método para a análise da estrutura da paisagem, proporcionando uma rápida avaliação do cenário referente aos remanescentes florestais. Essas métricas aplicadas aos fragmentos permitiram analisar, de maneira satisfatória o padrão espacial, assim como a fragmentação florestal do território. Quando avaliadas de forma conjunta, as métricas permitem a compreensão dos efeitos da fragmentação na paisagem em relação às características físicas e à distribuição espacial dos remanescentes de floresta.

Dessa forma, a análise permitiu afirmar que o município teve uma redução da cobertura vegetal em quase 80%, transformando a paisagem em um mosaico de manchas com diferentes tamanhos e formas. Essa redução é mais evidente na área central do município, onde se concentra a área urbana e observam-se os fragmentos mais isolados na paisagem e de tamanhos reduzidos.

Entretanto, de uma forma geral, pode se afirmar que os fragmentos, em

sua maioria, encontram-se próximos estruturalmente, mesmo que por pequenas manchas, as quais podem ser utilizadas como corredores ou trampolins ecológicos pelas populações. Além disso, o uso de métricas da paisagem na análise da cobertura florestal possibilitou a identificação de um padrão de estrutura florestal com remanescentes aptos à preservação, por possuírem áreas extensas que potencialmente abrigam maior riqueza de espécies. Portanto, são ideais para a manutenção da biodiversidade.

O município apresenta um alto grau de fragmentação relacionado ao processo de uso e ocupação da terra, tais como atividades relacionadas à agropecuária, à silvicultura e ao processo de urbanização. Os resultados obtidos nesse trabalho fornecem informações sobre o cenário da fragmentação florestal no território e permitem que os tomadores de decisão, frente ao planejamento territorial, interpretem o espaço de forma a redefinir e melhorar as propostas e mudanças no uso e ocupação da terra, em favor da restauração da paisagem para o estabelecimento de estratégias conservacionistas.

Referências

ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, Copenhagen, v. 71, p. 355- 366, 1994.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) **Atlas do abastecimento urbano de água no Brasil**. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=6#>>. Acesso em: 9 out. 2015.

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015
Eixo temático: Planejamento, avaliação, zoneamento e gestão ambiental
www.sasgeo.eco.br



BANKS-LEITE, C. et al. Comparing species and measures of landscape structure as indicators of conservation importance. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 46, p. 706-714, 2011.

BOSCOLO, D. et al. Importance of Interhabitat Gaps and Stepping-Stones for Lesser Wood creepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, v.40, n.3, p. 273-276, 2008.

CEPAGRI/UNICAMP. **Dados hidroclimáticos do município de Salto de Pirapora**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_511.html>. Acesso em: 21 ago. 2015.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. **Perfil municipal de Salto de Pirapora**. 2015. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/>>. Acesso em: 27 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades@**. Perfil Municipal. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=354530>>. Acesso em: 20 set. 2015.

KRONKA, F.J. N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. 199 p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos. 2009. 424p.

MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1989. 257p.

MELLO, K. **Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de unidades de conservação**. 82 f. Dissertação (Mestrado Diversidade Biológica e Conservação) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2012.

METZGER, J.P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, p.445-462, 1999.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n.1/2, 2001.



MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree Review**, [S.I.], v. 10, p. 58-62, 1995.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403. p. 853-858, 2000.

NALON, M. A.; MATOS, I. F.; FRANCO, G. A. D. C. Meio físico e aspectos da fragmentação da vegetação. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2008. 248 p.

PINTO, B. G. C. **Uso da terra e fragmentos de vegetação de Mata Atlântica na APA Tietê: subsídios para o planejamento ambiental e a gestão territorial**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2014.

PIRATELLI, A. J.; FAVORETTO, G. R.; BELLEMO, A.C. Biologia da Conservação: Uma ciência multidisciplinar. In: PIRATELLI, A. J.; FRANCISCO, M. R. **Conservação da biodiversidade: dos conceitos às ações**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013. p.19-40.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Editora Planta, 2001. 328 p

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implication for conservation. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 142, n. 6, p. 1141- 1153, 2009.

RODRIGUES, E. Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil. 172f. Tese (Doutorado) - Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1998.

VALENTE, R. O. A.; VETORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na bacia Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 114-129, 2002.

VIDOLIN, G. P; BIONDI, D.; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com Araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.515-525, 2011.