

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS DE SOROCABA
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação

KALINE DE MELLO

**ANÁLISE ESPACIAL DE REMANESCENTES FLORESTAIS COMO
SUBSÍDIO PARA O ESTABELECIMENTO DE UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO**

SOROCABA
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS DE SOROCABA
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação

KALINE DE MELLO

**ANÁLISE ESPACIAL DE REMANESCENTES FLORESTAIS COMO
SUBSÍDIO PARA O ESTABELECIMENTO DE UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação, para a obtenção do título de Mestre em Diversidade Biológica e Conservação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliana Cardoso Leite
Coorientador: Prof. Dr. Rogério Hartung
Toppa

SOROCABA
2012

KALINE DE MELLO

**ANÁLISE ESPACIAL DE REMANESCENTES FLORESTAIS
COMO SUBSÍDIO PARA O ESTABELECIMENTO DE
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação para obtenção do título de
mestre em Diversidade Biológica e Conservação.
Universidade Federal de São Carlos.
Sorocaba, 09 de Fevereiro de 2012.

Orientadora:



Prof. Dra. Eliana Cardoso Leite
Universidade Federal de São Carlos – *Campus Sorocaba*

Co-Orientador:



Prof. Dr. Rogério Hartung Toppa
Universidade Federal de São Carlos – *Campus Sorocaba*

Examinadores:



Prof. Dra. Roberta de Oliveira Avena Valente
Universidade Federal de São Carlos – *Campus Sorocaba*



Dr. Milton Cezar Ribeiro
Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP/Rio Claro

Dedico esse trabalho à instituição mais importante na minha carreira: minha família querida que sempre foi e sempre será a minha jóia rara.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Eliana Cardoso Leite, por acreditar em mim e me dar essa grande oportunidade, pelo apoio e pelas orientações.

Ao meu coorientador, Rogério Hartung Toppa, por me acompanhar desde a graduação me orientando, apoiando, ouvindo paciente e ensinando, sempre presente.

À CAPES, pela bolsa de estudos, fundamental para a realização do trabalho.

À minha banca de qualificação: Roberta Valente, Kelly Tonello e Rosalina Burgos pelas contribuições e sugestões.

Ao professor Miltinho da UNESP de Rio Claro, por todos os ensinamentos, por me receber atenciosamente em Rio Claro, pela contribuição no processo de análise dos dados e por aceitar participar da banca.

A todos os professores do PPGDBC que proporcionaram uma ampliação da visão da ecologia e do estudo científico, e contribuíram com meu crescimento como bióloga. Em especial aos professores Alexander e Maurício Cetra pelos ensinamentos que foram incorporados na elaboração do meu trabalho.

À Luciana, secretária do PPGDBC, pela prontidão e apoio nas questões administrativas, burocráticas e logísticas da pesquisa.

À Secretaria de Meio Ambiente de Sorocaba, em especial ao Vidal, pela concessão dos dados e por todo o apoio.

Aos colegas que me ajudaram em campo: Ana Pavão, Douglas, Isabella, Ana Carolina, Marina, Giovana, Adriana, Mariana e Thaís.

Às meninas do NEEPEC: Juliana, Laís, Mariana Castro, Bruna e Mayra pela amizade e pelo apoio tanto no laboratório como em campo.

Aos meus pais, Arlete e Luiz, e às minhas queridas irmãs, Andressa e Nátali, por todo o apoio sempre, em tudo que precisei, e pelos momentos felizes de família, família unida que somos! Agradeço às minhas irmãs também por sempre revisarem meu inglês!

A todos meus familiares (são muitos para colocar os nomes) que me acompanham, me dão força, torcem por mim e comemoram junto a cada conquista.

À minha grande amiga Aline (Castanha) por toda a amizade e companheirismo desde 2004 até hoje, tanto na vida pessoal como as contribuições acadêmicas, sempre lendo pacientemente meus trabalhos e dando sugestões.

Aos meus amigos da UNESP, grande família que continua até hoje mesmo com caminhos tão diversos sendo seguidos, porém sempre cruzados: Navala, Mary, Mariana, Cristal, Castanha, Macu, Farofeiro e Aline Sta Branca.

À Ana Pavão, amizade que conquistei no mestrado, companheira de casa, de disciplina, de caminhadas e de conversas e risadas, e claro, por trocarmos experiências com estatísticas e gráficos.

À Juliana pela amizade e tantos forrós em Sorocaba, que proporcionaram momentos de distração nessa caminhada.

À Mariana e todos os Castros, por me darem um novo lar em Sorocaba.

Aos meus amigos do mestrado: Ana Pavão, Laíne, Gregório, Marcelo, Vitor, Fred, Ana Yoko, Puera, PV, Minoro e Alex, pelas risadas, descontrações, trocas de ideias e claro, pelos churrascos.

Às minhas amigas do PROSGAM, Mayra e Gabi, pelo companheirismo, apoio e grande amizade que surgiu em tão pouco tempo, e pelo abrigo nos últimos tempos em Sorocaba.

Por fim e mais importante agradeço a Deus por me permitir viver, conhecer, aprender e desfrutar de tudo que já passou pela minha vida e por tudo que virá.



“O Fragmento”, por Nátali de Mello

RESUMO

O quadro atual de fragmentação dos remanescentes de vegetação natural no interior de São Paulo gera a necessidade de ações urgentes para a conservação. A priorização de áreas é o primeiro passo para a elaboração de estratégias para conservação da biodiversidade, pois permite o direcionamento dos esforços e recursos para conservação e subsidia a elaboração de políticas públicas de ordenamento territorial. Nesse sentido, o presente estudo objetivou analisar a distribuição espacial dos fragmentos de vegetação natural e fornecer subsídios para o estabelecimento de Unidades de Conservação no Município de Sorocaba/SP. Elaborou-se o mapa de remanescentes de vegetação natural (escala 1:2.000) por meio de vetorização em tela utilizando-se fotografias aéreas de 2006 com escala 1:20.000. Os mapas de hidrografia e curvas de nível foram utilizados na elaboração do mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP). Para a elaboração do mapa de áreas prioritárias à conservação foram empregadas as seguintes métricas: Área (em hectares); PROX (conectividade entre os fragmentos) e SHAPE (relação entre perímetro e área). As métricas foram valoradas e atribuiu-se peso a cada uma delas. Os resultados apresentaram um alto grau de fragmentação de habitat, com apenas 16,68% do território municipal com cobertura florestal e 62% dos fragmentos menores que 1ha, e o maior fragmento apresentando cerca de 300ha. 19% do território municipal é APP, e desta área apenas 45% possui cobertura florestal (50% de toda a cobertura florestal do município). A restauração de todas as APP representaria um incremento de 11% na cobertura florestal de todo o território, passando de 16,68% para 28% e também o surgimento de fragmentos maiores que 3.000 ha. As áreas com maior prioridade para conservação apresentam-se na região sudeste do município, maior parte nas áreas rurais ainda existentes. Outra área com alta prioridade apareceu na margem do rio Pirajibú. Com exceção da área pública denominada Parque Mário Covas, as demais áreas com prioridade muito alta encontram-se em propriedades particulares, o que deve levar a um incentivo de criação de UC particulares. O atual quadro de escassez de remanescentes florestais do município gera uma demanda por ações imediatas de conservação e restauração ecológica. As estratégias devem envolver a parada e se possível a

reversão do processo de degradação dos ecossistemas naturais. Desse modo, o município deve assegurar a conservação dos remanescentes por meio de UC públicas ou particulares, e deve implantar um programa de restauração ecológica envolvendo diversos atores como escolas, indústrias, ONGs e outros setores. Considerando que a expansão da cidade é um processo contínuo, o planejamento territorial deve ser feito de forma a conciliar as demandas por infra-estrutura com a conservação dos remanescentes florestais. Os planos de expansão urbana e industrial devem ser integrados aos planos de conservação e restauração das áreas naturais, previstos na Política Municipal de Meio Ambiente.

Palavras-chave: Fragmentação. Sorocaba. Floresta Estacional Semidecidual.
Sistema de Informações Geográficas

SPATIAL ANALYSIS OF REMAINING FOREST AS SUBSIDY FOR THE ESTABLISHMENT OF PROTECTED AREAS

ABSTRACT

The current state of fragmentation of remaining natural vegetation in São Paulo generates the need for urgent action for conservation. The prioritization of areas is the first step toward developing strategies for biodiversity conservation because it allows the targeting of efforts and resources to subsidize the maintenance and development of public policies on land use. In this sense, this study aimed to diagnose the distribution of fragments of natural vegetation in the municipality of Sorocaba / SP and identify priority areas for conservation through the use of landscape metrics in order to support the creation of protected areas (PA). The remnants of natural vegetation's map was elaborated (1:2.000) through vectorization screen using aerial photographs with scale 1:20.000 of 2006. The maps of hydrography and contour lines were used in the preparation of the Permanent Preservation Areas' map (PPA). The following metrics were used for the map of priority areas for conservation: Area (hectares) PROX (connectivity between fragments) and SHAPE (relationship between perimeter and area). The metrics were valued and assigned to a weight to each of them. The results showed a high degree of habitat fragmentation, with only 16.68% of municipal land with forest cover and 62% of fragments smaller than 1ha, and the largest fragment showing approximately 300 ha. 19% of the territory is PPA, and this area has only 45% forest cover (50% of the total forest cover of the municipality). The restoration of all PPA represents an increase of 11% of forest cover in the entire territory, from 16,68% to 28% and also the appearance of fragments larger than 3.000 ha. The areas with the highest priority for conservation are located in the southeast region of the municipality, where most of rural areas still exist. Another high priority area appeared on the waterfront Pirajibú. Except of the public area called Mario Covas Park, the other fragments with very high priority areas are on private properties, which should lead to an incentive for the creation of PRNP and AMPA. The present situation of the scarcity of forest remnants of the city generates a demand for immediate action for conservation and ecological

restoration. The strategies should involve stopping and possibly reversing the process of degradation of natural ecosystems. Thus, the municipality must ensure the preservation of forest remnants through public or private PA, and must implement an ecological restoration program involving various stakeholders such as schools, industries, NGOs and other sectors. Whereas the expansion of the city is an ongoing process, territorial planning should be done to reconcile the demands for infrastructure with the conservation of forest remnants. Plans for urban and industrial expansion should be integrated into the plans of conservation and restoration of natural areas, as provided in Municipal Environmental Policy.

Key-words: Fragmentation. Sorocaba. Semi-deciduous Forest. Geographic Information System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Sorocaba, estado de São Paulo, Brasil.....	26
Figura 2: Climatograma do município de Sorocaba, estado de São Paulo.....	26
Figura 3: Malha viária do município de Sorocaba, estado de São Paulo ...	28
Figura 4: Localização da FLONA de Ipanema e da APA de Itupararanga em relação ao município de Sorocaba, estado de São Paulo – Imagem do satélite LANDSAT 5, sensor TM, 2010	29
Figura 5: Fragmento de vegetação natural, município de Sorocaba, estado de São Paulo	30
Figura 6: Monocultura de <i>Eucalyptus</i> spp, município de Sorocaba, estado de São Paulo	31
Figura 7: Imagem vertical dos pontos de controle utilizados na chave de classificação da vegetação. A: Vegetação natural; B e C: Plantação de <i>Eucalyptus</i> spp em diferentes estágios de crescimento; e D: <i>Leucaena</i> spp.....	31
Figura 8: Malha hidrográfica do Município de Sorocaba, estado de São Paulo. Destaque para os rios Sorocaba e Pirajibú.....	34
Figura 9: Declividade do município de Sorocaba, estado de São Paulo....	35
Figura 10: Remanescentes de vegetação natural do município de Sorocaba, estado de São Paulo	41
Figura 11: Hidrografia e remanescentes de vegetação natural do município de Sorocaba, estado de São Paulo	42
Figura 12: Número de fragmentos de vegetação natural por classes de tamanho e porcentagem de área acumulada	43
Figura 13: Distribuição dos remanescentes de vegetação natural por classes de tamanho no Município de Sorocaba, estado de São Paulo	43
Figura 14: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e conectividade (PROX) utilizando raios de : A = 50m, B = 100m, C = 500 m, D = 1000 m	44
Figura 15: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e forma (SHAPE) com linha de tendência	45

Figura 16: Áreas de Preservação Permanente do município de Sorocaba, estado de São Paulo	46
Figura 17: Vegetação associada a cursos de água dentro da área urbana do município de Sorocaba, estado de São Paulo. A) Horto Florestal, com vegetação associada ao curso de água; B) Área ao lado de condomínio fechado na zona nordeste	46
Figura 18: Fragmentos de vegetação natural e APP sem cobertura florestal do município de Sorocaba, estado de São Paulo	47
Figura 19: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural nos cenários atual e ideal em função da área e dos valores de conectividade (PROX)	48
Figura 20: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural nos cenários atual e ideal em função da área e dos valores de forma (SHAPE)	49
Figura 21: Áreas prioritárias para a conservação no município de Sorocaba, estado de São Paulo	50
Figura 22: Áreas prioritárias para conservação com os limites das áreas públicas (em vermelho) do município de Sorocaba, estado de São Paulo	51
Figura 23: Proposta de corredor biológico da região de Sorocaba, São Paulo.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de coeficiente de correlação de Spearman calculados para as métricas dos fragmentos (n = 2537). * p < 0.001.....	38
Tabela 2: Classes, notas e pesos das métricas utilizadas para o cálculo de prioridade de conservação	39
Tabela 3: Tamanho, área de cobertura florestal e classe de prioridade para as áreas verdes públicas	52

SUMÁRIO

1. Introdução.....	17
2. Objetivos.....	18
2.1. Objetivo geral.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
3. Revisão de literatura	19
3.1. Conservação em paisagens naturais fragmentadas.....	19
3.2. Unidades de Conservação	21
3.3. Áreas prioritárias para conservação	23
4. Material e Métodos.....	25
4.1. Área de Estudo.....	25
4.2. Procedimentos metodológicos.....	29
4.2.1. Banco de dados	29
4.2.1.1. Mapeamento de fragmentos de vegetação natural	30
4.2.1.1.1. Exatidão do mapa de fragmentos de vegetação natural	32
4.2.1.2. Hidrografia	33
4.2.1.3. Declividade	34
4.2.1.4. Áreas de Preservação Permanente	35
4.2.2. Áreas prioritárias para conservação.....	36
4.2.2.1. Valoração das métricas da paisagem	38
4.2.3. Áreas verdes municipais	40
5. Resultados	40
5.1. Remanescentes de vegetação natural.....	40
5.2. Áreas de Preservação Permanente.....	45
5.3. Áreas prioritárias para conservação.....	49
5.4. Áreas verdes municipais	51
6. Discussão	53
6.1. Remanescentes de vegetação natural	53
6.2. Áreas de Preservação Permanente	55
6.3. Áreas prioritárias para conservação	57
6.4. Áreas Verdes Municipais	60
6.5. Propostas e ações prioritárias para a conservação	63
7. Conclusões.....	67

8. Referências Bibliográficas.....	68
Anexo 1.....	82

1. Introdução

A modificação das paisagens naturais e as conseqüentes perda e fragmentação de habitat são, atualmente, as maiores ameaças à biodiversidade (Primack; Rodrigues, 2001; Fischer; Lindenmayer, 2007).

No estado de São Paulo, com exceção dos grandes maciços na região serrana, os remanescentes de vegetação natural, de forma geral, encontram-se em alto grau de fragmentação (Nalon et al., 2008). Dentre as formações vegetais existentes, a Floresta Estacional e as fisionomias de Cerrado, predominantes no interior do estado, foram as mais devastadas em função de estarem localizadas em topografias que favorecem a prática de atividades agropecuárias (Campos; Dolhnikoff, 1993).

Atualmente restam cerca de 8,2% da extensão original da Floresta Estacional Semidecidual (FES) e 8,5% da área original ocupada pelas fisionomias de Cerrado, sendo que apenas 6,5% do Cerrado e 8,8% da FES estão protegidos na forma de Unidades de Conservação de proteção integral (Metzger; Rodrigues, 2008).

Com um alto grau de fragmentação de habitat relacionado às atividades agropecuárias, plantações de *Eucalyptus* spp e aos processos de industrialização e urbanização (São Paulo, 2010), Sorocaba não possui atualmente Unidades de Conservação (UC) Estaduais ou Federais dentro de seus limites territoriais. No âmbito municipal, existem algumas áreas públicas com cobertura vegetal nativa, porém nenhuma delas é instituída como UC.

O Município de Sorocaba iniciou a elaboração da Política Municipal de Meio Ambiente no ano de 2010 e tem o interesse de criar um Sistema Municipal de Unidades de Conservação (SMUC). Nesse sentido, uma análise espacial dos fragmentos de vegetação natural existentes no município bem como a identificação de áreas prioritárias para a conservação pode subsidiar a criação dessas políticas públicas e as estratégias de conservação e gestão dessas áreas para a garantia de sua manutenção.

A priorização de áreas é o primeiro passo para a elaboração de estratégias para conservação da biodiversidade (Noss et al. 1997; Margules; Pressey, 2000), pois permite o direcionamento dos esforços e recursos para conservação e subsidia a elaboração de políticas públicas de ordenamento

territorial (Tabarelli; Silva, 2002). As métricas ou indicadores da paisagem em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) vêm sendo cada vez mais incorporadas nestes estudos, por alcançarem resultados rápidos e confiáveis, muitas vezes mais simples e menos custosos do que o uso de espécies indicadoras (Banks-Leite et al., 2011).

Com base em critérios como tamanho, conectividade e forma dos fragmentos podem-se priorizar áreas que sejam potencialmente mais diversas e representativas para a conservação das espécies. Sendo assim, uma visão do planejamento ambiental com base na Ecologia de Paisagens pode gerar informações importantes no que diz respeito ao entendimento dos processos ecológicos e a propostas de manejo de uma paisagem com fragmentos remanescentes de vegetação natural em meio a áreas ocupadas por atividades antrópicas (Metzger, 1999), como é o caso do Município de Sorocaba.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Analisar a distribuição espacial dos fragmentos de vegetação e fornecer subsídios para o estabelecimento de Unidades de Conservação no Município de Sorocaba/SP.

2.2. Objetivos específicos

- Descrever espacialmente a distribuição dos remanescentes de vegetação natural no Município de Sorocaba com base em métricas estruturais da paisagem em ambiente SIG;
- Analisar espacialmente a situação legal das áreas de preservação permanente do município;
- Determinar áreas prioritárias para criação de Unidades de Conservação no município com base na análise espacial dos remanescentes florestais;

- Avaliar a distribuição das áreas verdes municipais e o potencial para criação de Unidades de Conservação;

3. Revisão de literatura

3.1. Conservação em paisagens naturais fragmentadas

A paisagem é constituída por diversos elementos, originados por processos naturais ou por atividades humanas, e por suas inter-relações (Forman, 1995). Numa abordagem mais recente, Metzger (2001) conceitua a paisagem como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação.

Em geral, os estudos em Ecologia de Paisagens baseiam-se no modelo mancha-corredor-matriz (Forman, 1995), em que a mancha é a unidade da paisagem que se distingue das vizinhas e tem extensões espaciais reduzidas e não-lineares; corredor é o elemento linear que liga duas manchas; e matriz é a unidade que controla a dinâmica da paisagem, normalmente recobrando a maior parte da paisagem. Em estudos de fragmentação, a matriz pode ser entendida como o conjunto de unidades de não-habitat para uma determinada comunidade ou espécie estudada (Metzger, 2001).

A modificação das paisagens naturais e as conseqüentes perda e fragmentação de habitat são, atualmente, as maiores ameaças à biodiversidade (Primack; Rodrigues, 2001; Fahrig, 2003; Fischer; Lindenmayer, 2007). A fragmentação do habitat é definida por Wilcove; McLellan; Dobson (1986) como o processo pelo qual uma grande e contínua área de habitat é tanto reduzida em sua extensão, quanto dividida em duas ou mais partes. Outra definição proposta por Franklin; Noon; George (2002) considera como o conjunto de mecanismos que levam à descontinuidade na distribuição espacial de recursos e condições de uma área em uma determinada escala, que afeta a ocupação, reprodução e sobrevivência de uma espécie em particular.

Segundo Fahrig (2003), a fragmentação envolve a dissociação e perda de áreas naturais em quatro estágios distintos: perda de hábitat, acréscimo do

número de manchas de habitat, diminuição do tamanho das manchas e aumento do isolamento entre elas. Dessa forma, quanto mais fragmentada a paisagem, maior será a proporção de habitat sob efeito de borda. A borda pode ser definida como a região de contato entre o fragmento de vegetação natural e a matriz antrópica (Primack; Rodrigues, 2001), onde existe um microclima distinto que afeta a estrutura da vegetação, a composição florística, o recrutamento de sementes, a mortalidade de árvores e a distribuição de animais, acarretando a perda de diversidade (Gascon; Williamson; Fonseca, 2000; Harper et al., 2005). Espécies estritamente florestais particularmente são mais sensíveis ao efeito de borda, uma vez que possuem nichos muito especializados (Murcia, 1995; Hansbauer et al., 2008).

A importância do isolamento dos fragmentos para a sobrevivência das espécies é realçada quando essas apresentam dinâmicas de metapopulação (Levins, 1969; Hanski, 1998), que pode ser definida como um grupo de subpopulações, separadas por espaços ou barreiras e conectadas por movimentos de dispersão responsáveis pelo balanço de extinção e recolonização (Opdam, 1991). A fragmentação pode limitar o potencial de uma espécie de exercer esses movimentos na paisagem, interferindo no balanço de extinção/recolonização entre as manchas de habitat, a chamada conectividade funcional da paisagem.

A conectividade é definida como a capacidade da paisagem de facilitar ou dificultar os fluxos biológicos entre os fragmentos de habitat (Taylor et al., 1993). As taxas de colonização dos fragmentos dependem da conectividade entre as manchas de habitat, ou seja, quanto menor for a distância entre os fragmentos, maior será a probabilidade de um evento de (re)colonização acontecer (Hanski; Gilpin, 1997), possibilitando a manutenção de uma metapopulação em paisagens fragmentadas (Metzger, 2003b).

Neste sentido, muitos autores defendem que a conservação da biodiversidade em uma paisagem fragmentada depende, além dos grandes fragmentos, de uma rede de fragmentos menores, corredores e de uma matriz permeável, de forma a aumentar sua conectividade funcional (Metzger, 2003a; Baum et al, 2004; Fonseca et al., 2009). As Unidades de Conservação não devem ser vistas como ilhas onde se mantém as comunidades intactas, pois a matriz circundante tem papel fundamental na dispersão das espécies e

manutenção do fluxo gênico (Franklin, 1993; Knapp et al., 2008). Além disso, a gestão adequada da matriz antrópica se faz necessária uma vez que os remanescentes de mata nativa estão desaparecendo e as UCs existentes são escassas (Fonseca et al., 2009).

3.2. Unidades de Conservação

Na tentativa de diminuir os impactos sobre a biodiversidade e manter os remanescentes de áreas naturais da forma menos alterada possível, foram criadas as áreas protegidas, como são denominadas internacionalmente as Unidades de Conservação.

A União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 1994) conceitua a área protegida como uma área de terra e/ou mar especialmente dedicada à proteção e manutenção da diversidade biológica e de seus recursos naturais e culturais associados, e manejada por meio de instrumentos legais ou outros meios efetivos.

A fim de ordenar a terminologia confusa usada no mundo inteiro, em 1994, a IUCN o sistema de classificação das áreas protegidas com seis categorias de manejo: Reserva Natural Estrita/Área Silvestre; Parque; Monumento Natural; Santuário de Vida Silvestre; Paisagem Terrestre/Marinha Protegida; e Áreas Protegidas com Recursos Manejados (IUCN, 1994).

Inspirados nas experiências internacionais, como a criação do Parque Nacional de Yellowstone, em 1872 nos Estados Unidos, conservacionistas brasileiros preocupados com a proteção da natureza trabalharam em defesa da criação de parques nacionais (Rylands; Brandon, 2005). No entanto, os cenários político, econômico, social e cultural eram desfavoráveis para a concretização desse ideal (Araújo, 2007).

O Código Florestal de 1934 estabeleceu o marco legal dos parques nacionais no Brasil e em 1937 foi criado o primeiro parque, o Parque Nacional de Itatiaia, no Estado do Rio de Janeiro, como o objetivo de incentivar a pesquisa científica, oferecer lazer às populações urbanas e proteger a natureza. Logo após sua criação surgiram mais três parques em 1939: Serra dos Órgãos (Rio de Janeiro), Sete Quedas e Iguaçu (Paraná) (Mittermeier et al., 2005).

Após períodos conturbados de guerra, regime militar e expansão econômica, na década de 1980 surgem várias organizações não-governamentais com atuação marcante na conservação da natureza, refletindo no incremento das unidades de conservação na década de 1990 no Brasil. Em 1991 foi estabelecida a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, primeira dessa categoria.

Com o objetivo de implementar a Convenção sobre Diversidade Biológica, o governo criou, em 1994, o Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio), sendo que os países signatários devem comprometer-se a estabelecerem um sistema de áreas protegidas.

O desenvolvimento de um sistema de áreas protegidas no Brasil foi um processo histórico, com esforços da Secretaria Especial de Meio Ambiente e do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (ambos substituídos pelo IBAMA em 1989), iniciados por Paulo Nogueira-Neto e Jorge Pádua desde 1974 (Mittermeier et al., 2005). Em 1988, a ONG Fundação Pró-Natureza foi solicitada a formular um Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Em 2000, após mais de dez anos, o SNUC foi oficialmente instituído por lei, estabelecendo critérios e normas para a criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação (UC). Segundo o SNUC, entende-se por Unidade de Conservação um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (Brasil, 2000).

O SNUC define dois grupos de categorias de UC: Unidades de Proteção Integral e de Uso Sustentável (Brasil, 2000). O objetivo das unidades de proteção integral é preservar a natureza, sendo admitidos usos indiretos dos recursos naturais (mais restritivas), sendo elas: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. As unidades de uso sustentável prevêm a compatibilidade entre conservação da natureza e uso sustentável de parte de seus recursos (menos restritivas), englobando as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

3.3. Áreas Prioritárias para Conservação

Tradicionalmente a escolha de locais para a criação de áreas destinadas a conservação embasava-se principalmente em critérios cênicos ou de “virgindade” (áreas com uma idealizada ausência de interferência humana), havendo pouca influência de critérios biológicos (Metzger; Casatti, 2006). O uso desses critérios resultou em uma distribuição tendenciosa de UCs em áreas remotas, muitas vezes com altitudes mais elevadas, relevo mais acidentado e solos mais pobres, ou seja, áreas de difícil acesso ou menos rentáveis para a exploração humana (Pressey; Possingham; Margules, 1996). Esse processo empírico de seleção de áreas para conservação gera uma representatividade desigual dos ecossistemas, onde ambientes mais “produtivos” como áreas mais planas e de solos férteis são sub-amostrados (Margules; Pressey, 2000).

Nos EUA, a aplicação de critérios biológicos e de princípios científicos para identificar potenciais áreas a serem protegidas começou na década de 1920 (Noss et al., 1999). Entretanto, no Brasil, isso foi acontecer a partir da década de 1950, quando começaram a ser incorporados alguns elementos ligados a topografia, geologia, flora e fauna (Barros, 1952).

Mais recentemente a identificação de áreas potenciais para a conservação começou a ser baseada na distribuição de espécies ou na distribuição de habitats e ecossistemas (Franklin, 1993; Morsello, 2001), incorporando critérios como a representatividade da ampla gama de atributos relacionados à biodiversidade e integridade ecológica (Shafer, 1999). Também são empregados critérios como raridade, área (extensão do habitat), grau de ameaça por impactos antrópicos, valor educacional, recreacional, científico e recursos culturais (Ishihata, 1999).

Na maioria das vezes, porém, os dados biológicos são insuficientes para suportar um plano de conservação (Metzger et al., 2008), principalmente nas regiões tropicais onde a biodiversidade é pouco conhecida (Franklin, 1993; Lewinsohn; Prado, 2005) e os estudos investigativos são complexos, caros e demorados (Gardner et al., 2008). Além disso, as espécies indicadoras podem

passar despercebidas no momento da amostragem, levando ao problema de “ausência de informação” (Metzger et al., 2008).

Uma alternativa para o problema da ausência de dados biológicos é a utilização de algumas métricas da paisagem como indicadores de qualidade dos fragmentos, uma vez que fragmentos maiores, com forma mais arredondada e com alto grau de conexão com fragmentos vizinhos, são potencialmente mais ricos que fragmentos pequenos, alongados e isolados (Noss; O’Connel; Murphy, 1997; Metzger, 1999, Metzger et al., 2008). A área do fragmento é o parâmetro mais importante em ecologia para explicar as variações de riqueza das espécies (Metzger, 1999), e é elemento central da teoria da biogeografia de ilhas, proposta por MacArthur; Wilson (1967). A forma do fragmento está intimamente relacionada ao efeito de borda (Murcia, 1995), e a conectividade com a capacidade das espécies de se dispersarem entre as manchas de habitat, mantendo metapopulações na paisagem (Hansk, 1998; Metzger, 1999).

As métricas da paisagem são reconhecidas atualmente como bons indicadores de biodiversidade, e são usadas em diferentes etapas do planejamento em conservação (Lindenmayer et al, 2008). Neste sentido, as técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vêm sendo amplamente utilizadas, pois facilitam a visualização e manipulação dos dados com base em imagens e mapas, transformando dados em informações destinadas ao apoio à decisão (Silva; Zaidan, 2004).

Banks-Leite et al. (2011) compararam o uso de espécies indicadoras com o uso de métricas da paisagem para a definição de estratégias de conservação, e observaram que ambos são eficientes, porém as espécies indicadoras apresentaram resultados mais variáveis e sensíveis a mudanças na escala e na resolução, além de demandarem de trabalhos de campo extensos e demorados. Por outro lado, as métricas da paisagem permitem a rápida identificação de áreas prioritárias para conservação, e muitas vezes seu uso é mais simples e mais barato.

Phua; Minowa (2005) utilizaram um conjunto de preferências, critérios e métricas da paisagem para tomada de decisão na identificação de novas áreas protegidas para conservação florestal na Malásia com base em técnicas de SIG. Anacleto et al. (2005) selecionaram áreas de interesse ecológico com

base na heterogeneidade de habitats, por meio da integração de técnicas de SIG e dados biológicos para o município de Cocalinho, MT.

Ribeiro et al. (2009) analisou espacialmente a distribuição dos remanescentes de Mata Atlântica em todo o Brasil, com base em imagens de satélite e métricas da paisagem, e partir dessa análise traçaram uma série de ações prioritárias para a conservação do bioma.

Como parte do Projeto Biota FAPESP, Metzger et al. (2008) utilizaram algumas métricas de paisagem na indicação de áreas para criação de novas UC e de áreas para a o incremento da conectividade, com o objetivo de traçar metas de conservação e restauração para todo o Estado de São Paulo.

No interior do estado de São Paulo, Santos; Mantovani (1999) utilizaram indicadores espaciais no processo de seleção de reservas de Floresta Estacional Semidecidual dentro de duas bacias hidrográficas e Valente; Vettorazzi (2008) utilizaram abordagem multicriterial em ambiente SIG com o uso de uma série de características da paisagem para a definição de áreas prioritárias para a conservação florestal na Bacia do rio Corumbataí.

O uso das métricas da paisagem na definição de áreas prioritárias para conservação é crescente em decorrência das suas vantagens metodológicas, uma vez que os dados são relativamente fáceis de obter com o uso de imagens de satélite ou fotografias aéreas, e existem alguns programas disponíveis de forma gratuita para a quantificação dessas métricas (Banks-Leite et al., 2011).

4. Material e Métodos

4.1. Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado no município de Sorocaba, estado de São Paulo, com uma área total de 45007,85 ha, localizado entre as coordenadas UTM: 236243 – 265122 m E, 7388590 – 7415800 m N (Figura 1).

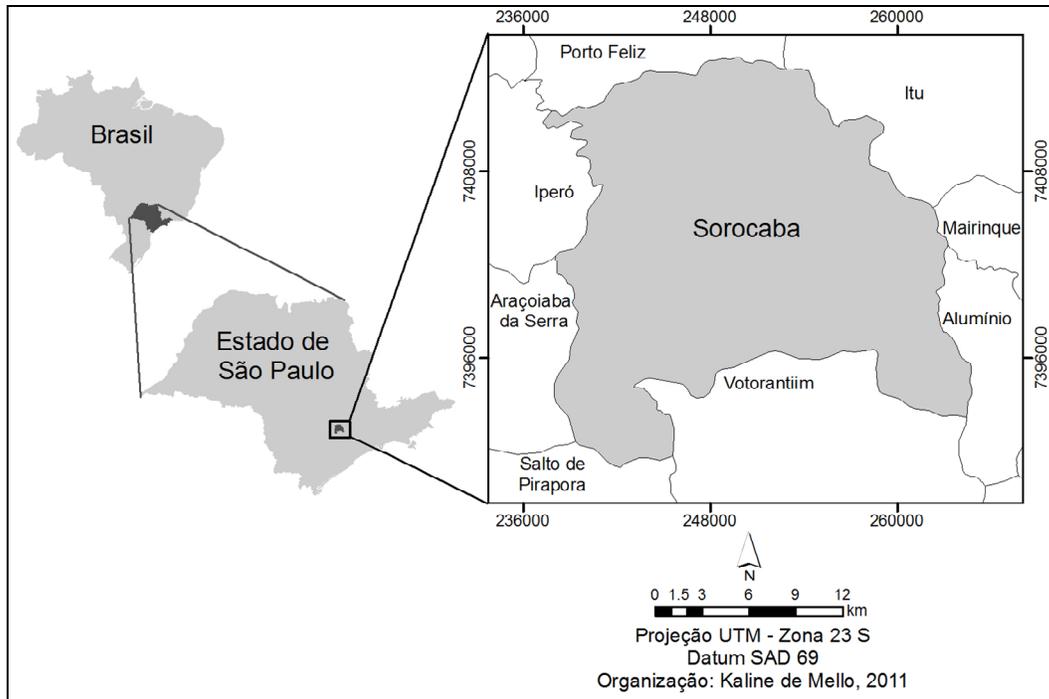


Figura 1: Localização do município de Sorocaba, estado de São Paulo, Brasil.

Segundo a classificação de Koeppen, Sorocaba encontra-se em uma faixa de transição entre o clima tipo Cfa (clima subtropical quente, o mês mais quente tem temperatura média superior a 22°C e o mês mais frio tem temperatura média inferior a 18°C, constantemente úmido, com inverno menos seco; precipitação do mês mais seco entre 30 e 60 mm) e o clima Cwa (clima subtropical quente, com inverno mais seco; precipitação do mês mais seco menor que 30 mm). As temperaturas médias e precipitação estão na Figura 2.

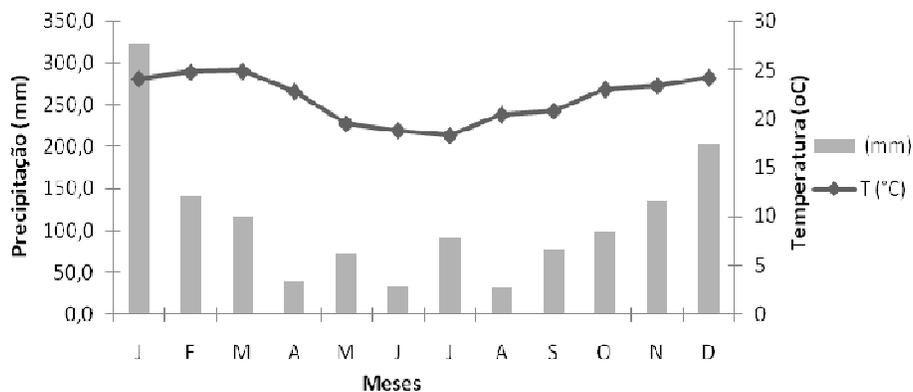


Figura 2: Climatograma do município de Sorocaba, estado de São Paulo. Médias de temperatura (°C) e pluviosidade (mm) entre 2005 e 2010 (CORRÊA, 2011).

O município localiza-se na zona de transição entre o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica, e o relevo é composto por Colinas Médias, Morretes Alongados Paralelos, Morretes Alongados e Espigões, com amplitudes locais inferiores a 100 metros (Ponçano et al., 1981). Na região ocorrem principalmente solos das classes Argissolos e Latossolos, embora ocorra também Cambissolos, Neossolos Litólicos e Gleissolos (Oliveira et al., 1999).

Todo o território de Sorocaba está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Tietê/Sorocaba (UGRHI 10). A Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê é formada pela Bacia do rio Sorocaba e de outros tributários do rio Tietê, no trecho compreendido entre as barragens do Rasgão e de Barra Bonita (IPT, 2006).

O rio Sorocaba é o afluente mais importante da margem esquerda do Médio Tietê, e é formado pelos rios Sorocabuçu e Sorocamirim. A barragem no município de Votorantim forma o reservatório de Itupararanga, principal manancial que abastece a região, abrangendo também parte dos municípios de Ibiúna, Mairinque, Alumínio e Piedade.

A maior parte da bacia sofreu retirada da vegetação nativa por conta da expansão de atividades agropecuárias, das plantações de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp e do processo de urbanização e industrialização (São Paulo, 2010). A maioria dos remanescentes florestais (55%) encontra-se no município de Ibiúna (Kronka, 2005).

O município de Sorocaba é o mais populoso da UGRHI 10, com cerca de 586.300 habitantes estimados para o ano de 2010 (IBGE, 2010a), e junto com Votorantim e parte dos outros municípios vizinhos, forma o maior adensamento urbano da bacia.

A transformação da paisagem de Sorocaba está ligada principalmente ao processo de industrialização, iniciado com a construção da Estrada de Ferro Sorocabana em 1870 e a chegada de algumas indústrias no século XX (Carvalho, 2008). O crescimento econômico e a proximidade com a capital São Paulo levaram Sorocaba a um intenso processo de conversão das áreas naturais em áreas urbanas (Figura 3), refletindo no atual quadro de fragmentação de habitat. Segundo o Plano Diretor (Sorocaba, 2007), Sorocaba possui apenas 17,5% de Zona Rural.

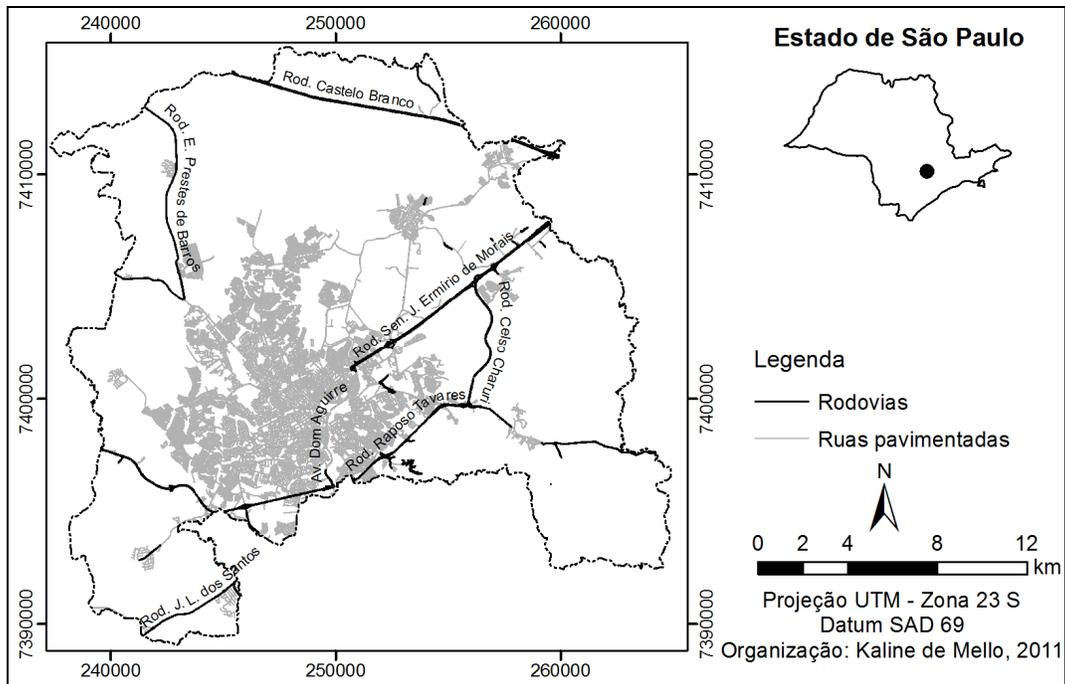


Figura 3: Malha viária do município de Sorocaba, estado de São Paulo.

Os remanescentes de vegetação fazem parte dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, com predomínio da formação vegetacional “Floresta Estacional Semidecidual” (Brasil, 1992). A UC mais próxima do município é a Floresta Nacional de Ipanema, a cerca de 700 metros de Sorocaba com 5.180 ha, seguida da Área de Preservação Ambiental de Itupararanga, que abrange cerca de 2.000 ha de vegetação natural (Kronka, 2005) (Figura 4).

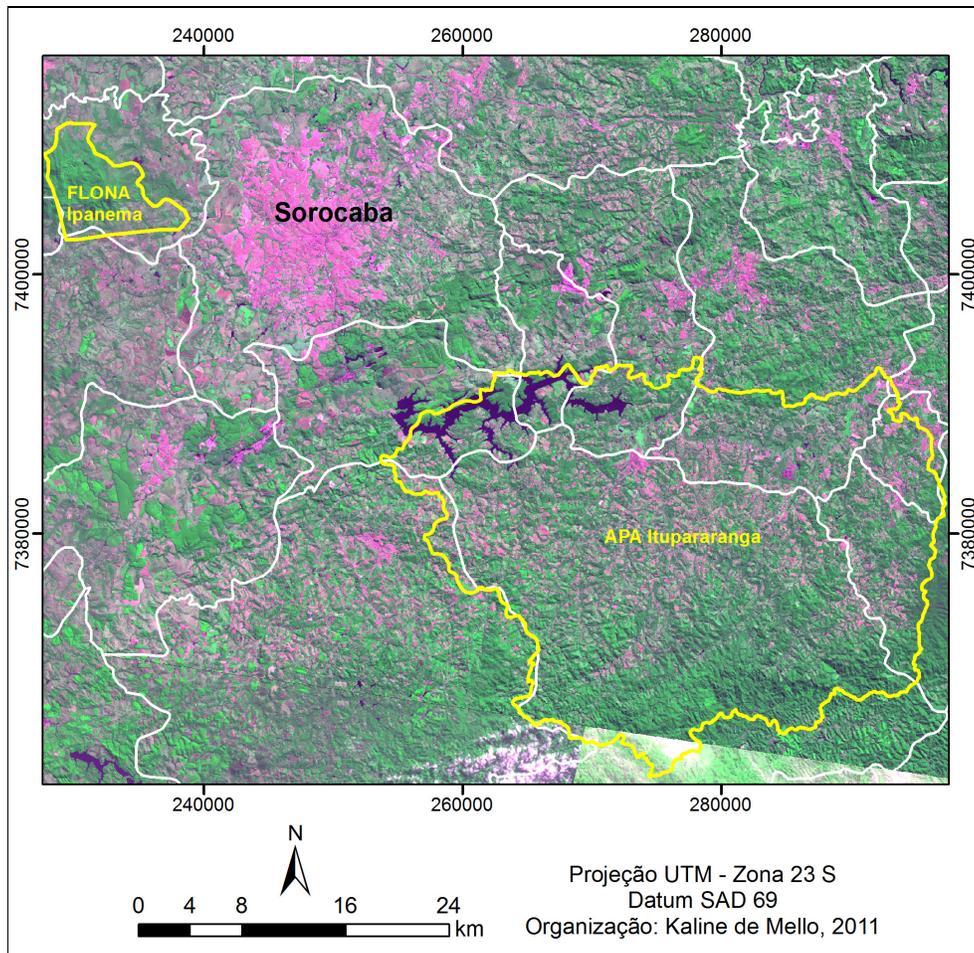


Figura 4: Localização da Floresta Nacional de Ipanema e da Área de Preservação Ambiental de Itupararanga em relação ao município de Sorocaba, estado de São Paulo – Imagem do satélite LANDSAT 5, sensor TM, 2010.

4.2. Procedimentos metodológicos

4.2.1. Banco de dados

Para atingir aos objetivos propostos foram utilizados os seguintes mapas: fragmentos de vegetação natural, hidrografia, declividade e Áreas de Preservação Permanente.

4.2.1.1. Mapeamento de fragmentos de vegetação natural

Inicialmente foram adquiridas junto à Prefeitura Municipal de Sorocaba 66 fotografias aéreas em escala 1:20.000, com resolução espacial de 0,4 metros, do ano de 2006 que compõem todo o território do município. Todas as fotografias foram georreferenciadas no programa MapInfo 9.5 com base em uma grade de coordenadas também fornecida pela prefeitura. Após a montagem do mosaico deu-se início ao mapeamento dos fragmentos (escala do projeto 1:2000) de vegetação natural pelo método de classificação digital visual, por meio de vetorização em tela.

Para este trabalho foi considerada vegetação natural todos os fragmentos de vegetação natural e/ou semi-natural em vários estados de conservação, porém que apresentassem extrato arbóreo. Dessa forma, foram mapeadas apenas formações florestais (FES e Cerradão).

Anteriormente ao mapeamento foi realizado um reconhecimento de campo com auxílio de um receptor GPS modelo Garmim 12XL para tomada de pontos de interesse como vegetação natural (Figura 5) e culturas de *Eucalyptus* spp (Figura 6). Com base nesses pontos conhecidos do terreno e atributos da imagem como tonalidade, textura e forma (Anderson, 1982; Toppa et al., 2006), foi elaborada uma chave de classificação para facilitar a interpretação digital da imagem (Marchetti; Garcia, 1989; Toppa et al.; 2006) (Figura 7).



Figura 5: Fragmento de vegetação natural, município de Sorocaba, estado de São Paulo.



Figura 6: Monocultura de *Eucalyptus* spp, município de Sorocaba, estado de São Paulo.

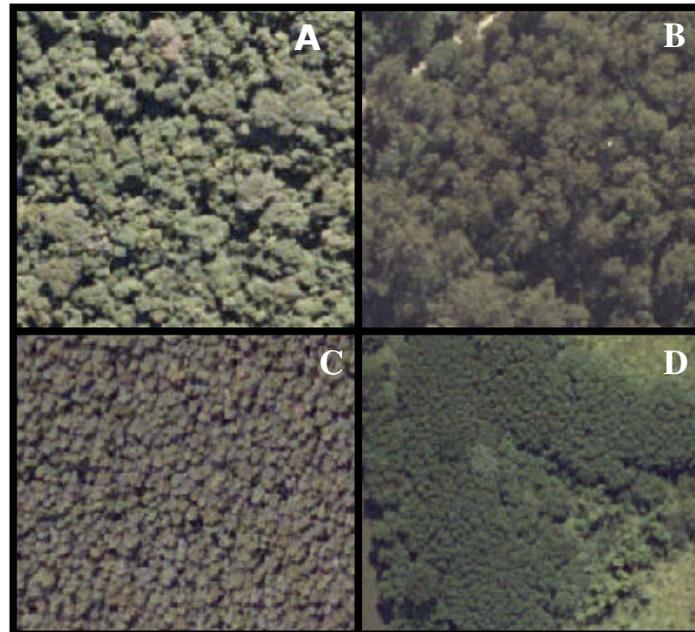


Figura 7: Amostras de imagens ortogonais de pontos de controle utilizados na chave de classificação da vegetação (fotografias aéreas ortogonais, ano de 2007). A: Vegetação natural; B e C: Plantação de *Eucalyptus* spp em diferentes estágios de crescimento; e D: *Leucaena* spp.

Após a digitalização de todos os polígonos de fragmentos de vegetação natural foi realizada a verdade terrestre, com auxílio de câmera fotográfica e receptor GPS modelo Garmim 12XL para o ajuste e confirmação do mapeamento, visando o esclarecimento de elementos duvidosos na

interpretação digital e o acréscimo de novas informações não determinadas durante o processo de interpretação.

4.2.1.1.1. Exatidão de classificação do mapa de fragmentos de vegetação natural

Para obter a concordância entre a verdade terrestre e o mapa de fragmentos de vegetação natural produzido, foi estimada a exatidão do mapa por meio de matriz de erro e coeficiente de *kappa* (Congalton; Green, 1998).

A matriz de erros ou de confusão identifica o erro global da classificação e, para cada categoria, os erros de omissão e comissão (Campbell, 2002). Erros de omissão podem ser definidos como a omissão no mapa de uma determinada feição constatada em campo, e erros de comissão são descritos como a atribuição no mapa de determinada feição a uma classe a qual a mesma não pertence, segundo verificação de campo (Campbell, 2002).

O índice *kappa* por sua vez é calculado pela seguinte fórmula (Congalton; Green, 1998):

$$K = \frac{X \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{X^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

sendo que:

X = número total de observações da matriz de erros;

R = número de categorias presentes na matriz de erros;

X_{ii} = elementos da diagonal principal;

X_{i+} = total da linha para uma dada categoria;

X_{+i} = total da coluna para uma dada categoria.

O valor do índice de *kappa* indica a qualidade da classificação, variando de 0 a 1, sendo que quanto mais se aproxima de 1, mais a classificação se aproxima da realidade (Moreira, 2001).

Para definição dos pontos de aferição em campo foi sobreposto o mapa da malha viária (Figura 3) com um de distâncias, no qual foram plotadas linhas concêntricas a cada 1.000 m a partir de um ponto central do município (Fushita, 2006). O cruzamento das linhas concêntricas com as estradas e principais vias foram os pontos de parada do automóvel onde se verificou dois pontos a uma distância de 150 m da rodovia, um de cada lado da pista, totalizando 141 pontos de verificação de campo para toda a área de estudo.

4.2.1.2. Hidrografia

O mapa de hidrografia (Figura 8) foi obtido junto à prefeitura, porém alguns ajustes foram necessários devido a possíveis distorções na transformação do arquivo CAD para o uso em SIG. Os ajustes foram realizados com base na interpretação da imagem e consulta a algumas cartas da área de estudo, sendo elas:

Carta do Brasil – Escala 1: 50.000

Ministério do Planejamento e Coordenação Geral – Fundação IBGE
(Instituto Brasileiro de Geografia) – Departamento de Cartografia

Sorocaba – Folha SF-23-Y-C-V-1 / ano de 1973

Itu - Folha SF-23-Y-C-II-3 / ano de 1981

Boituva - SF-23-Y-C-I-4 / ano de 1971

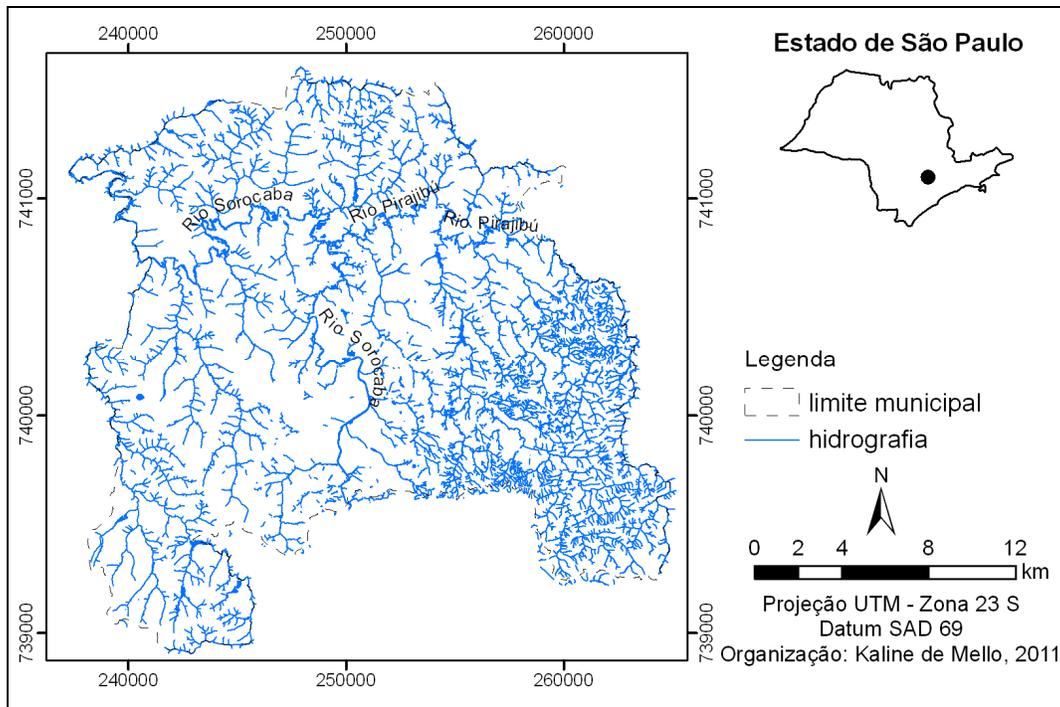


Figura 8: Malha hidrográfica do município de Sorocaba, estado de São Paulo. Destaque para os rios Sorocaba e Pirajibú.

4.2.1.3. Declividade

De posse das curvas de nível cedidas pela prefeitura, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT) para obtenção do mapa de declividade em graus (Figura 9), por meio do método TIN (*Triangular Irregular Network* ou Rede Triangular Irregular) no programa ArcGIS 9.2.

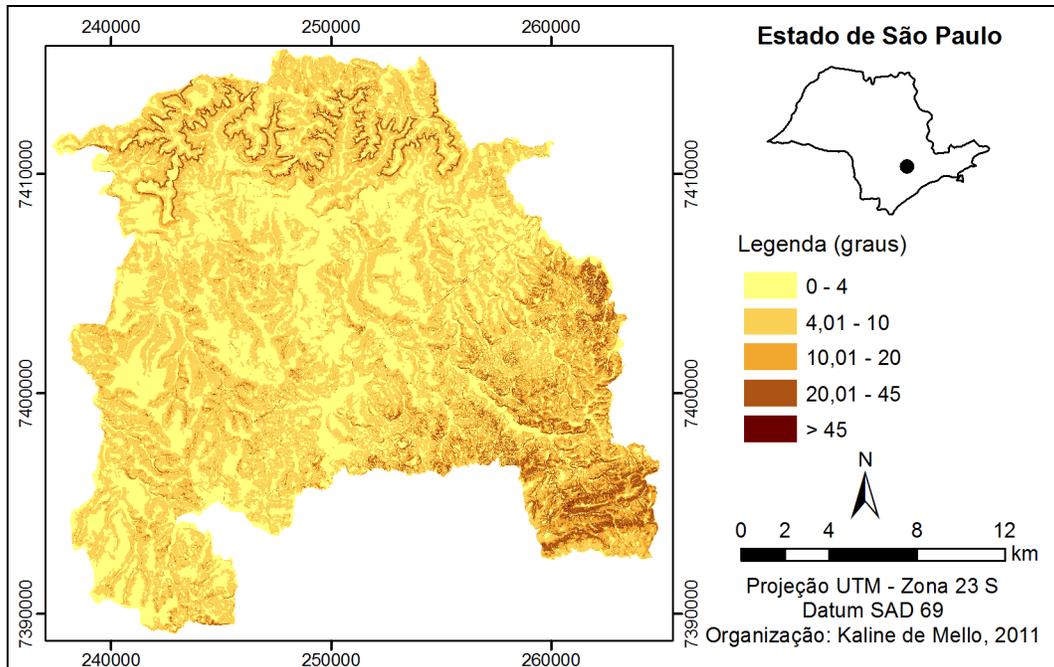


Figura 9: Declividade do município de Sorocaba, estado de São Paulo.

4.2.1.4. Áreas de Preservação Permanente

Entendendo que as políticas públicas voltadas para a conservação dos habitats naturais devem funcionar de maneira integrada, foi elaborado o mapa de APP para corroborar com a análise dos remanescentes florestais do município. Em uma paisagem fragmentada como as áreas urbanizadas, a importância das APP se estende no sentido de aumentar a conectividade funcional dessa paisagem, mantendo corredores ou trampolins ecológicos entre os remanescentes maiores de áreas naturais (Chetkiewicz et al., 2006; Lussier et al., 2006; Castélon; Sieving, 2007).

Os mapas de hidrografia (Figura 8) e declividade (Figura 9) foram utilizados para a geração do mapa de APP do município, com base no Código Florestal vigente, utilizando-se as seguintes medidas: 30 metros de cada lado dos cursos de água, visto que os rios do município possuem largura menor que 10 m, e encostas com declividade superior a 45 graus.

O mapa de APP com cobertura florestal foi elaborada com base na sobreposição entre os mapas de APP e de fragmentos de vegetação natural.

Para analisar o efeito da restauração das APP na estrutura da paisagem do município, elaborou-se um mapa do cenário ideal com todas as APP

preservadas, obtido com base na união do mapa de fragmentos de vegetação natural (cenário atual) com o mapa de APP. Para todos os fragmentos do cenário ideal calcularam-se as métricas descritas no item 4.2.2, as mesmas utilizadas para o mapa de fragmentos de vegetação natural do cenário atual.

4.2.2. Áreas prioritárias para conservação

O mapa das áreas prioritárias para conservação do município de Sorocaba foi gerado com base em métricas da paisagem determinadas frente aos objetivos da pesquisa, utilizando-se a extensão V-LATE 1.1. (*Vector-based Landscape Analysis Tools*) do programa ArcGIS 9.2. Foram calculadas as seguintes métricas estruturais da paisagem para o mapa de fragmentos de vegetação natural:

- **Área do fragmento**

A área do fragmento é o parâmetro mais importante em ecologia para explicar as variações de riqueza das espécies (Metzger, 1999), e é elemento central da teoria da biogeografia de ilhas, proposta por MacArthur; Wilson (1967). Segundo Connor, McCoy (1979) a relação espécie-área pode estar ligada a: (1) diversidade de habitats, pois conforme se aumenta o tamanho da área, novos habitats com suas espécies associadas são encontradas; (2) área “per se”, sendo que o número de espécies seria uma função das taxas de imigração e extinção; e (3) amostragem passiva, sendo que a correlação entre número de espécies e área é vista apenas como um fenômeno de amostragem passiva do conjunto de espécies, já que áreas maiores conteriam mais amostras do que menores.

Foi calculada a área de cada fragmento em hectares.

- **Forma do fragmento**

A forma de um fragmento de hábitat está diretamente ligada à relação entre o perímetro e a área desse fragmento. Quanto menor for esta relação, menor também será a borda e vice-versa.

Fragmentos de habitats mais próximos ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está equidistante das

bordas. A forma dos fragmentos foi calculada com a métrica de forma (SHAPE), obtido pelo seguinte cálculo:

$$P/\sqrt{A}/c$$

sendo que:

P = perímetro do fragmento

A = área de fragmento

c = constante

Para o cálculo matricial, o valor obtido teria seu mínimo no caso do círculo. Quanto mais recortado e com menos área, maior o valor desta métrica.

- **Conectividade**

As medidas de conectividade e isolamento com base em métricas da paisagem descrevem apenas relações estruturais entre os fragmentos, a chamada conectividade estrutural (Metzger, 1999), ou seja, são consideradas as relações físicas entre as manchas, como as distâncias entre elas (Forero-Medina; Vieira, 2007).

Foi utilizada a métrica PROX, na qual se calcula a área de todos os fragmentos dentro de um raio centrado no fragmento alvo, dividida pelas distâncias a esse fragmento elevado ao quadrado, como mostra a fórmula abaixo:

$$\Sigma A / (\Sigma D)^2$$

sendo que:

A = Área dos fragmentos dentro do *buffer*

D = Distância dos fragmentos dentro do *buffer* até o fragmento alvo

Os valores dessa métrica variam de 0 (quando não existe nenhum outro fragmento no *buffer* estipulado), ao infinito, sendo que os valores aumentam à medida que aumentam as áreas dos fragmentos e diminuem as distâncias ao fragmento alvo (Tambosi, 2008).

Inicialmente foi realizado o cálculo da métrica para quatro distâncias, simulando deslocamentos de diferentes grupos de animais de mata atlântica: 50 m para aves pequenas (Awade; Metzger, 2008), 100 m para aves e pequenos mamíferos (Boscolo; Metzger, 2009; Forero-Medina; Vieira, 2009),

500 m e 1000 m para alguns mamíferos e insetos (Tonhasca-Jr; Albuquerque; Blackmer, 2003; Lira et al., 2007; Prevedello; Delciellos; Vieira, 2009).

Foram aplicados testes de correlação no programa R Versão 2.12.0 para as métricas com o objetivo de descartar aquelas altamente correlacionadas. Como os dados não apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste de correlação de Spearman.

Os testes estatísticos mostraram alta correlação para os valores de PROX gerados com as diferentes distâncias (Tabela 1). Por outro lado, as métricas de ÁREA, SHAPE e PROX não apresentaram valores altos de correlação entre si. Por essa razão, o cálculo da prioridade de conservação utilizou as métricas ÁREA, SHAPE e PROX apenas com raio de 100 m, representando alguns grupos de aves e pequenos mamíferos de Mata Atlântica (Boscolo; Metzger, 2009; Forero-Medina; Vieira, 2009). Optou-se pela escolha do raio de 100 m por representar maior número de grupos de animais do que o raio de 50 m e também para evitar uma superestimativa da capacidade de deslocamento das espécies na matriz da área de estudo com a utilização das distâncias de 500 e 1000 m, uma vez que grande parte do município corresponde a áreas urbanizadas.

Tabela 1: Valores de coeficiente de correlação de Spearman calculados para as métricas dos fragmentos (n = 2537). * p < 0.001.

	AREA	SHAPE	PROX 50	PROX 100	PROX 500	PROX 1000
AREA	1					
SHAPE	0,52*	1				
PROX 50	0,17*	0,23*	1			
PROX 100	0,20*	0,22*	0,97*	1		
PROX 500	0,20*	0,21*	0,95*	0,98*	1	
PROX 1000	0,21*	0,22*	0,95*	0,98*	0,99*	1

4.2.2.1. Valoração das métricas da paisagem

Os valores gerados pelas métricas para todos os fragmentos foram agrupados em cinco classes de valores, e a essas classes foram atribuídas notas referente ao seu valor de importância, sendo: um (1) para menor importância, e cinco (5) para maior importância. Além disso, cada métrica

recebeu um peso, e para a nota final de prioridade para a conservação, foi realizado o seguinte cálculo:

$$\text{Prioridade} = P \times N(\text{AREA}) + P \times N(\text{SHAPE}) + P \times N(\text{PROX 50m}) \dots / \sum P$$

Sendo que:

N = Nota e;

P = Peso

Os pesos, classes e notas atribuídas a cada métrica são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Classes, notas e pesos das métricas utilizadas para o cálculo de prioridade de conservação.

Métrica	Classe	Nota	Peso da Métrica
Área (ha)	0 - 5	1	1
	5,01 - 20	2	
	20,01 - 60	3	
	60,01 - 120	4	
	> 120	5	
Shape	> 6	1	0.7
	3,51 - 6	2	
	2,51 - 3,5	3	
	1,51 - 2,5	4	
	1 - 1,5	5	
Prox (log)	0 - 1,89	1	0.7
	1,90 - 4,19	2	
	4,20 - 6,39	3	
	6,40 - 8,95	4	
	> 8,95	5	

Considerando que a área é o parâmetro mais importante para explicar a riqueza de espécies (Metzger, 1999), que algumas espécies florestais de Mata Atlântica não são encontradas ou apresentam densidades muito baixas em fragmentos pequenos (Pardini et al., 2005; Uezu, 2006; Ferraz et al., 2007; Pardini et al.; 2010) e seguindo diretrizes sugeridas por outros estudos em paisagens de Mata Atlântica (Geneletti, 2004; Metzger et al., 2008; Ribeiro et

al., 2009;), foi dado maior peso para ÁREA, obtendo-se a seguinte fórmula para a nota final de prioridade:

$$\text{Prioridade} = 1 \times N(\text{ÁREA}) + 0,7 \times N(\text{SHAPE}) + 0,7 \times N(\text{PROX 100m}) / 2,4$$

Após o cálculo das notas finais para todos os fragmentos, definiram-se cinco classes de prioridade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O intervalo das classes foi determinado com base nas quebras pré-definidas pelo programa ArcGIS, com pequenas alterações manuais estipuladas pela análise do histograma.

4.2.3. Áreas verdes municipais

O mapa com a delimitação das áreas verdes fornecido pela Secretaria de Meio Ambiente Municipal, contendo 18 áreas públicas, foi sobreposto ao mapa de vegetação natural para avaliar a representatividade dessas áreas em relação à manutenção de cobertura florestal e ao potencial de criação de UC. Considerou-se o tamanho do parque, a área total de cobertura vegetal e o valor de prioridade para conservação do fragmento presente dentro de seus limites.

5. Resultados

5.1. Remanescentes de vegetação natural

O município de Sorocaba possui um total de 45007,85 ha, dos quais 7509,02 ha apresentaram cobertura por remanescentes de vegetação natural para o ano de 2006 (ano da cobertura aerofotogramétrica utilizada no presente trabalho), representando 16,68% do território (Figura 10).

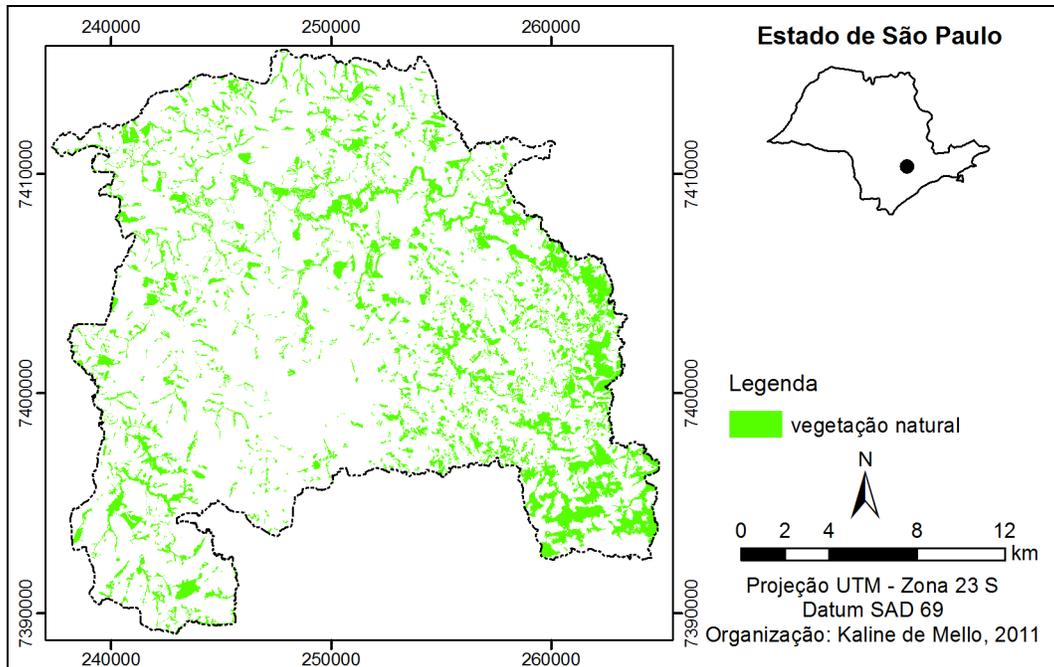


Figura 10: Remanescentes de vegetação natural do município de Sorocaba, estado de São Paulo.

Segundo Nusser; Klaas (2003), o processo de mapeamento está sujeito a numerosas fontes de erros, independente do método de classificação usado, e esses erros não podem ser desprezados, uma vez que a qualidade das informações espacializadas irá refletir na qualidade das decisões políticas e conclusões científicas extraídas de seus dados. O índice de *kappa* obtido para este trabalho foi de 0,79, indicando que o resultado pode ser considerado excelente, segundo classificação de Rosner (2006) que avalia como excelente valor de *kappa* maior que 0,75. Os erros de comissão se deram principalmente devido à confusão com alguns estágios de crescimento de *Eucalyptus spp*. Por outro lado, foi encontrado apenas um erro de omissão.

A escala refinada que foi utilizada neste trabalho (1:2.000) permitiu o mapeamento de pequenos fragmentos (< 1 ha) com precisão. Ribeiro et al. (2009) trabalhando com escala de 1:50.000 identificou erros do mapa em relação a dificuldade do mapeamento correto de fragmentos menores de 30 ha; matas de encosta, muitas vezes confundida com plantação de *Eucalyptus spp*; e mata ciliar, devido a sua forma estreita e área pequena.

Os remanescentes concentram-se principalmente no sudeste do município. Esta região apresenta relevo mais montanhoso (Figura 9) e faz

divisa com os municípios de Mairinque e Alumínio (Figura 1). Também nessa região encontram-se grande parte das propriedades rurais. De acordo com o Macrozoneamento de Sorocaba presente no Plano Diretor (Sorocaba, 2007), a região é considerada Zona com Grande Restrição à Ocupação – Áreas de Proteção a Mananciais.

A zona sul de Sorocaba, que faz divisa com o município de Votorantim, e a zona central não possuem fragmentos maiores que 10 ha. Esses fragmentos se distribuem pelos espaços livres dentro da matriz urbana com no máximo 300 metros de distância de cursos de água.

Além dos fragmentos da zona sudeste, destacam-se os remanescentes ao longo do rio Pirajibu, um dos principais afluentes do rio Sorocaba e importante manancial da região (Figura 11).

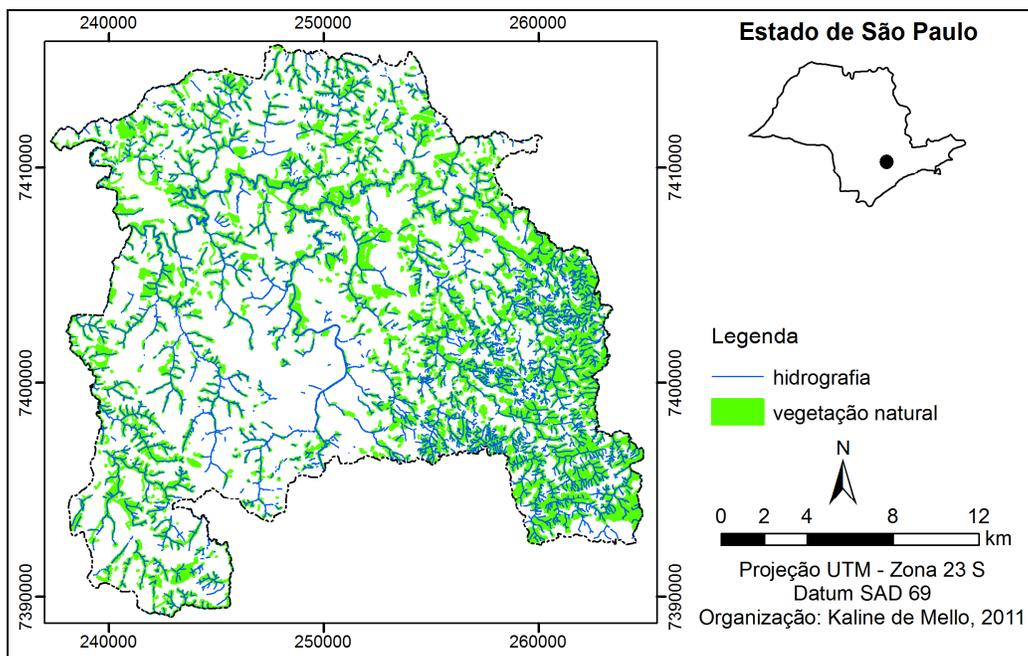


Figura 11: Hidrografia e remanescentes de vegetação natural do município de Sorocaba, estado de São Paulo.

O mapeamento da vegetação apresentou um total de 2.537 fragmentos, sendo 1.716 menores que 1 ha. Esses pequenos fragmentos possuem 7,29 % da área total de cobertura de vegetação natural. O número de fragmentos por classes de tamanho está ilustrado na Figura 12 e sua distribuição na Figura 13.

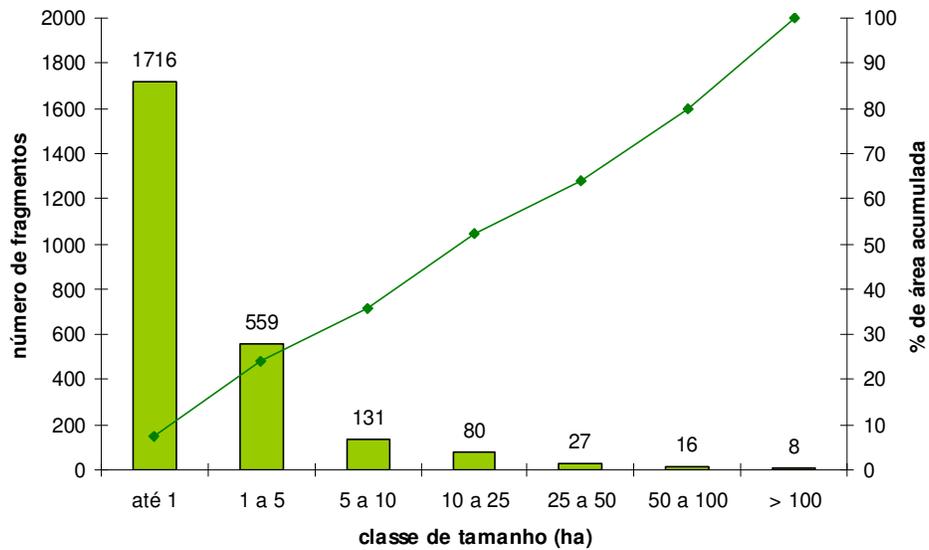


Figura 12: Número de fragmentos de vegetação natural por classes de tamanho e porcentagem de área acumulada.

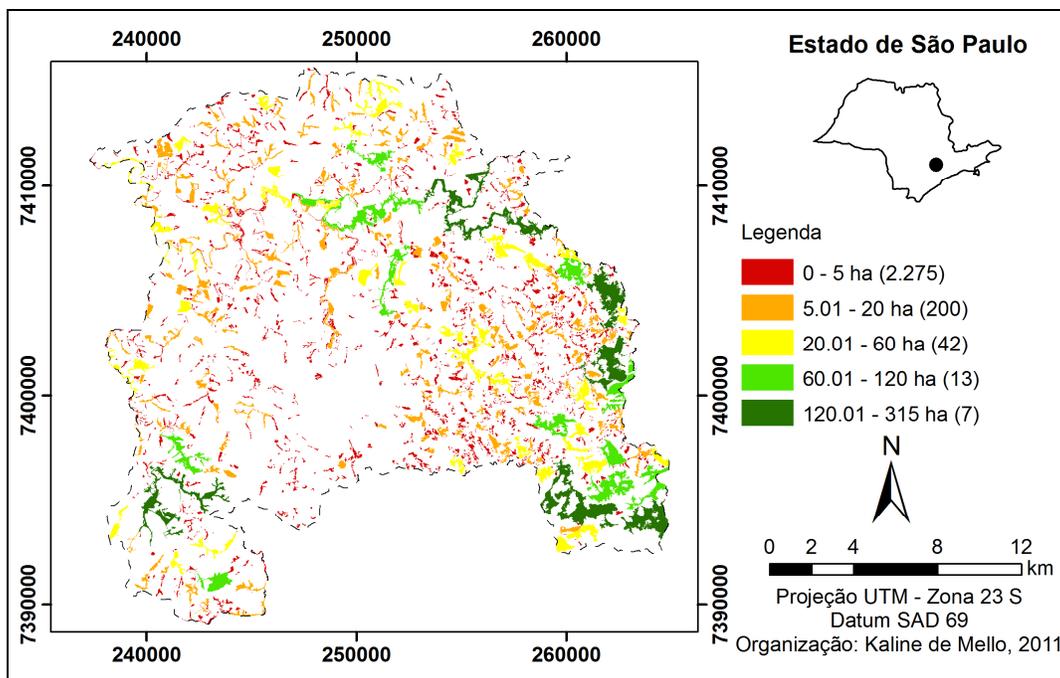


Figura 13: Distribuição dos remanescentes de vegetação natural por classes de tamanho no município de Sorocaba, estado de São Paulo.

O maior fragmento mapeado foi de 314 ha, localizado na região sudeste, próximo à divisa com Alumínio. Destacam-se ainda outros fragmentos com 120 ha, 130 ha, 163 ha, 184 ha, 190 ha, 193 ha e 229 ha (Figura 12).

Observa-se que a grande maioria dos fragmentos (94,84%) possui áreas pequenas (menores que 10 ha), um padrão comum para paisagens de Floresta Atlântica (Ranta et al., 1998), e encontrado em outros estudos realizados no interior do estado de São Paulo (Valente, 2001; Valente, 2005; Fushita, 2006; Moschini, 2005; Tambosi, 2008).

Em contrapartida, os valores de PROX mostram que muitos fragmentos menores de 10 ha possuem outros remanescentes próximos. Na Figura 14 pode-se observar que existem fragmentos com valor alto de conectividade, mesmo tendo áreas diminutas.

Os fragmentos maiores possuem valores intermediários a alto, e nenhum deles apresenta-se isolado considerando o *buffer* de 1 km. Por outro lado, alguns fragmentos pequenos a médios apresentaram valores de PROX próximos a zero.

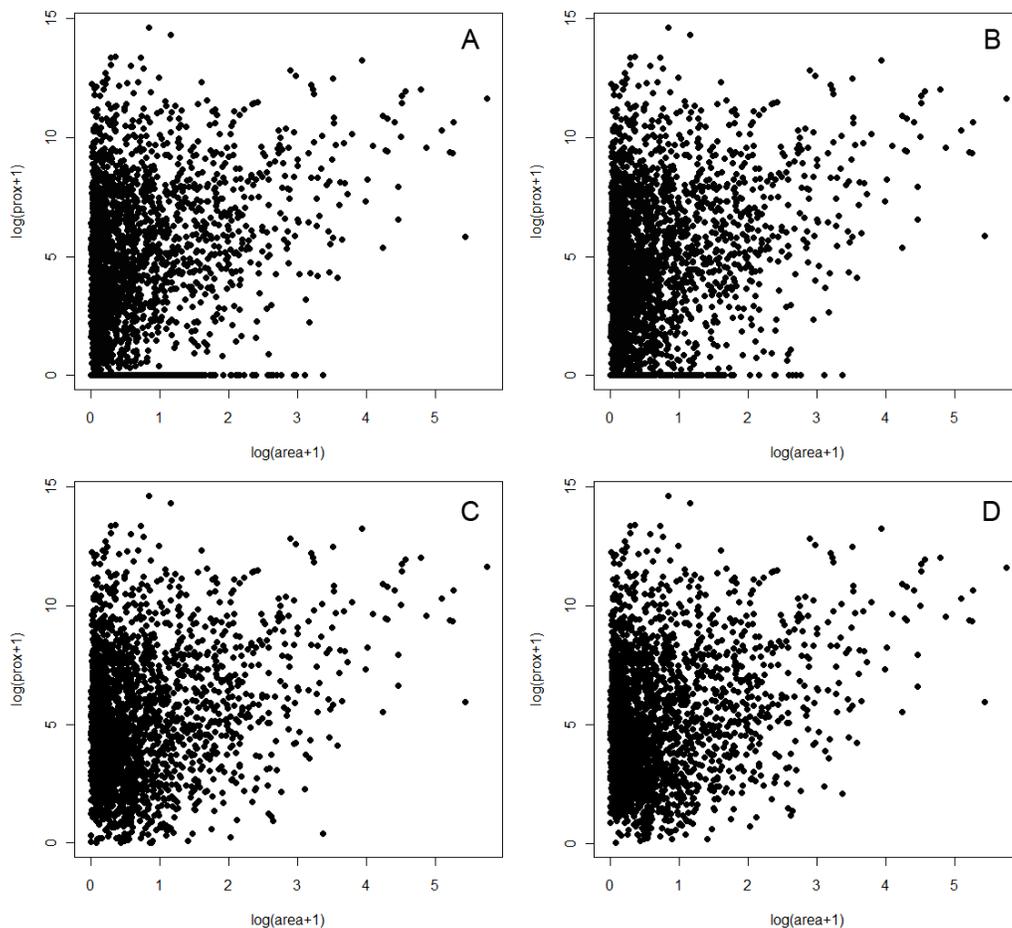


Figura 14: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e conectividade (PROX) utilizando raios de : A = 50m, B = 100m, C = 500 m, D = 1000 m.

A Figura 15 apresenta os valores de forma em função da área dos fragmentos. Existe uma tendência dos maiores fragmentos apresentarem formas mais complexas, e os fragmentos menores possuem formas mais arredondadas.

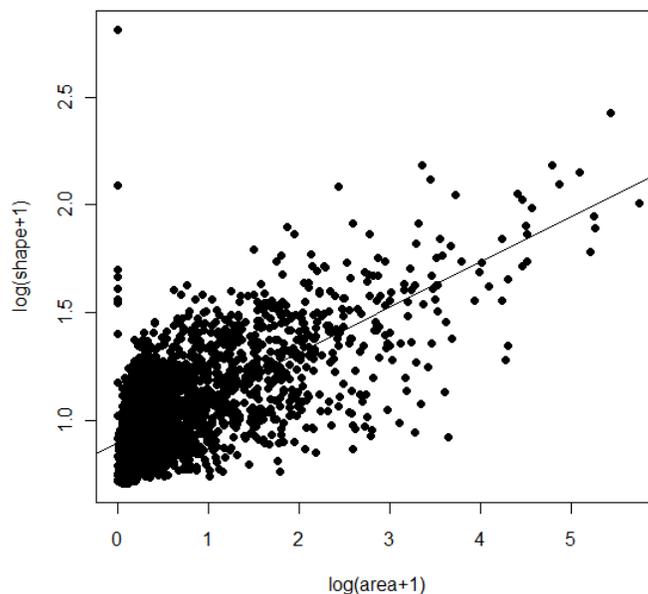


Figura 15: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e forma (SHAPE) com linha de tendência.

5.2. Áreas de Preservação Permanente

Obteve-se uma área total de APP de 8.499 ha (18,9% da área total do município). Desta área legalmente protegida, 44,7% possui cobertura florestal no cenário atual (2006), o restante encontra-se sob influência de áreas antropizadas (ou por atividades agrícolas ou ocupação urbana) (Figura 16), resultado semelhante encontrado por Fushita (2006) em Santa Cruz da Conceição (47% de APP preservadas). Uma das áreas com maior déficit de APP com cobertura florestal está entre a região central e sul, principalmente relacionado ao rio Sorocaba. Nesta parte de seu curso, o rio é acompanhado por uma das maiores avenidas da cidade, a Av. Dom Aguirre (Figura 3).

As APP preservadas representam 50,60% dos remanescentes de vegetação natural da área de estudo, principalmente relacionadas às margens de cursos de água (Figura 17).

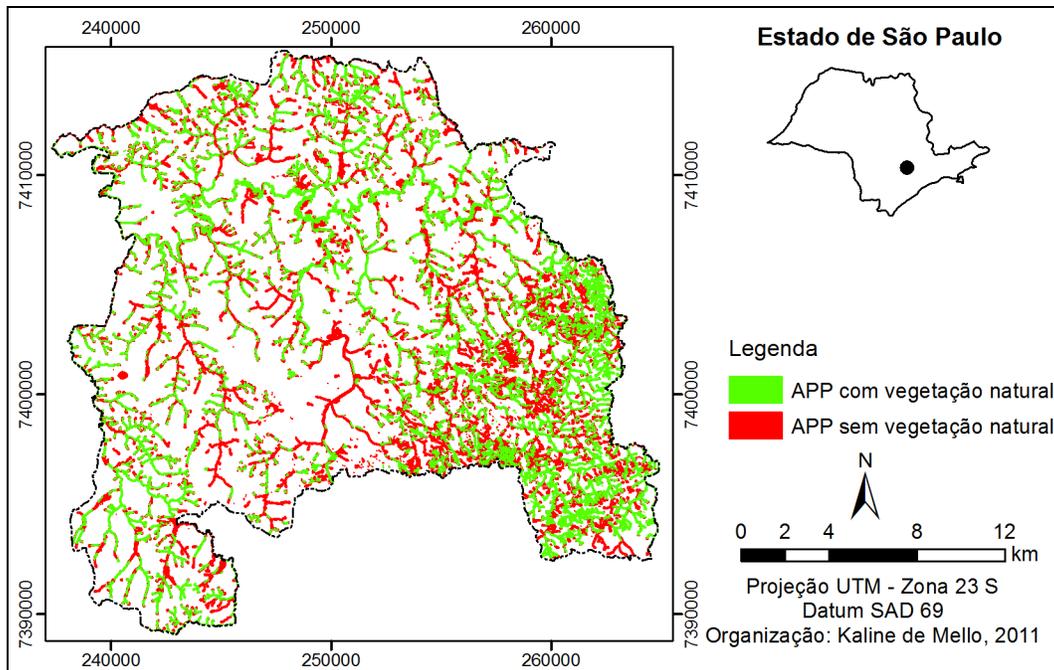


Figura 16: Áreas de Preservação Permanente do município de Sorocaba, estado de São Paulo.

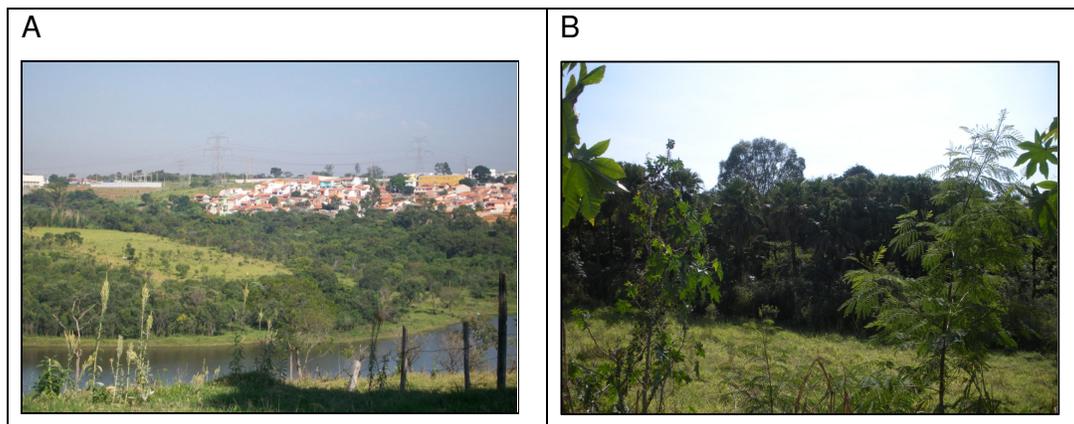


Figura 17: Vegetação associada a cursos de água dentro da área urbana do município de Sorocaba, estado de São Paulo. A) Horto Florestal, com vegetação associada ao curso de água; B) Área ao lado de condomínio fechado na zona nordeste.

Para o cumprimento total da legislação vigente, seria necessária a restauração de cerca de 3.800 ha (55,3% das APP). Essa restauração representaria o acréscimo de 11,43% de áreas naturais para Sorocaba, ou seja, o município passaria de 16,68% para 28,11% de cobertura florestal (Figura 18).

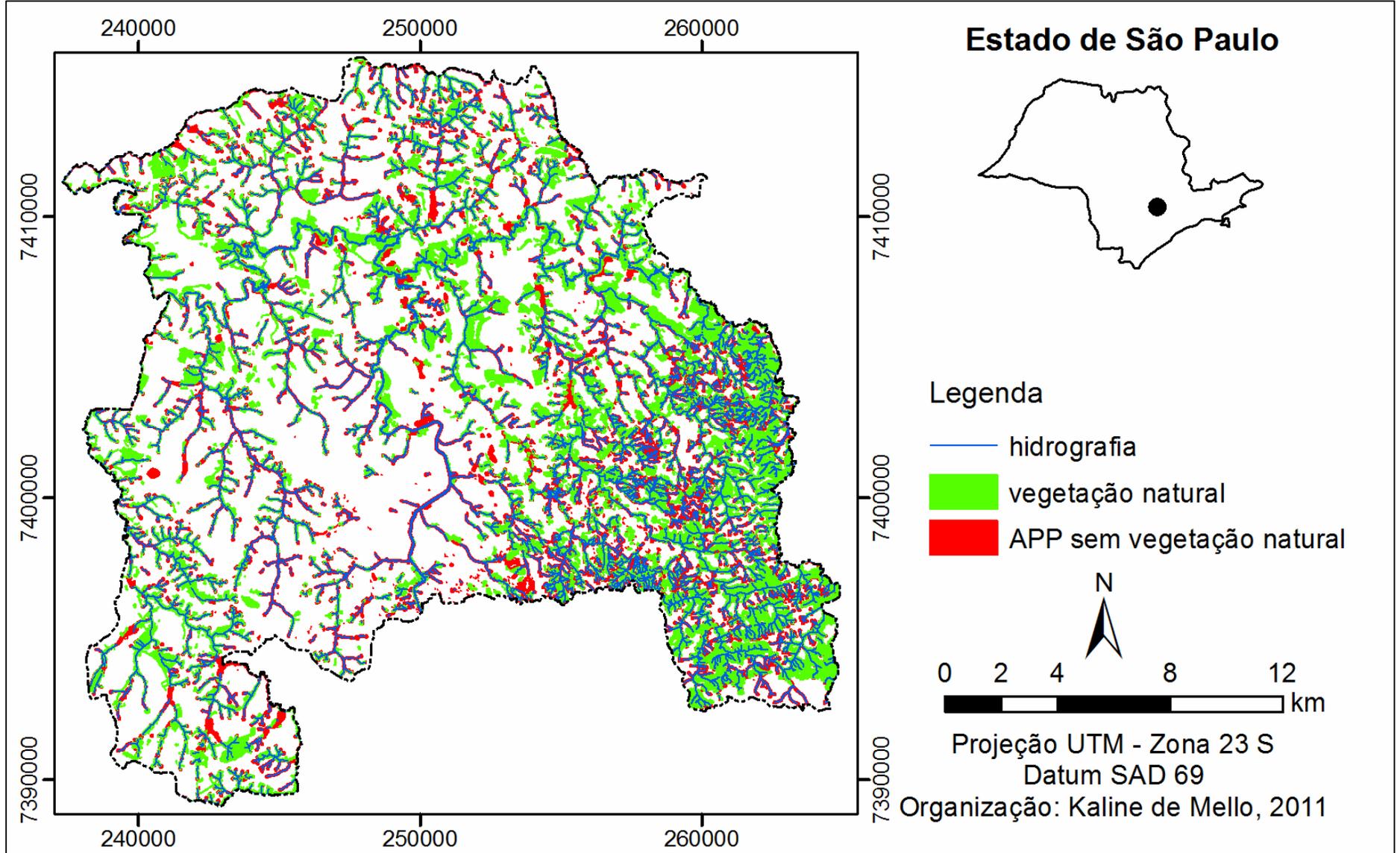


Figura 18: Fragmentos de vegetação natural e APP sem cobertura florestal do município de Sorocaba, estado de São Paulo.

As métricas calculadas para os dois cenários (atual e ideal) revelaram que além do aumento de área total, houve uma redução no número de manchas de vegetação natural para o cenário ideal, passando de 2.537 para 1650 fragmentos, e o surgimento de fragmentos extensos, o maior chegando a 3.400 ha, seguido de outros com 2.522 e 1.645, enquanto que no cenário atual o maior apresentou 314 ha. Também houve aumento nos valores de PROX (Figura 19).

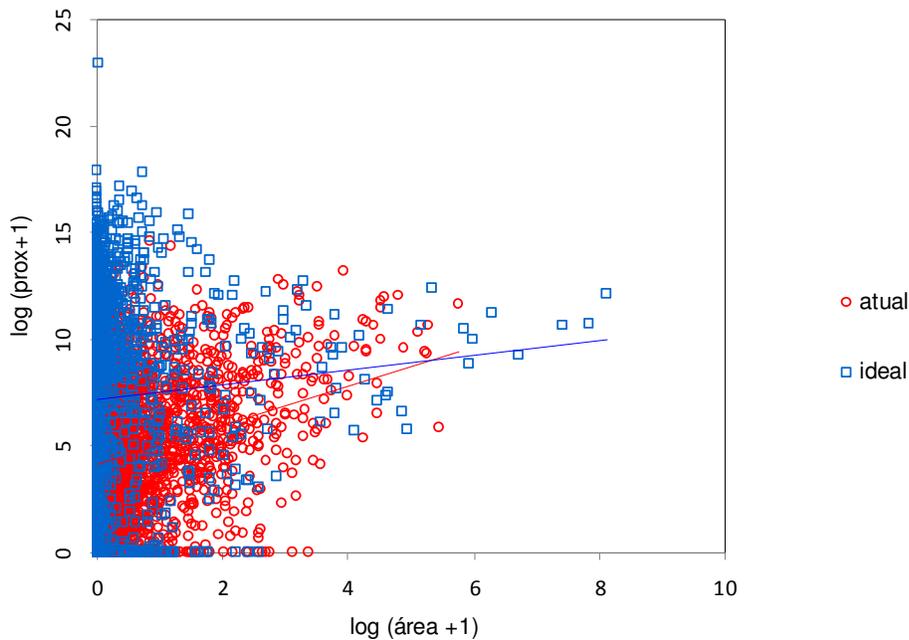


Figura 19: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural nos cenários atual e ideal e suas respectivas linhas de tendência em função da área e dos valores de conectividade (PROX).

Os valores de forma apresentaram a mesma tendência para ambos os cenários (Figura 20), indicando que os fragmentos maiores possuem formas mais alongadas possivelmente por estarem conectados por corredores de vegetação ciliar, como observado por Tambosi (2008).

Além do acréscimo de área total de vegetação natural na paisagem, a restauração florestal das APP resultaria na formação de manchas de vegetação mais extensas e com valores maiores de conectividade.

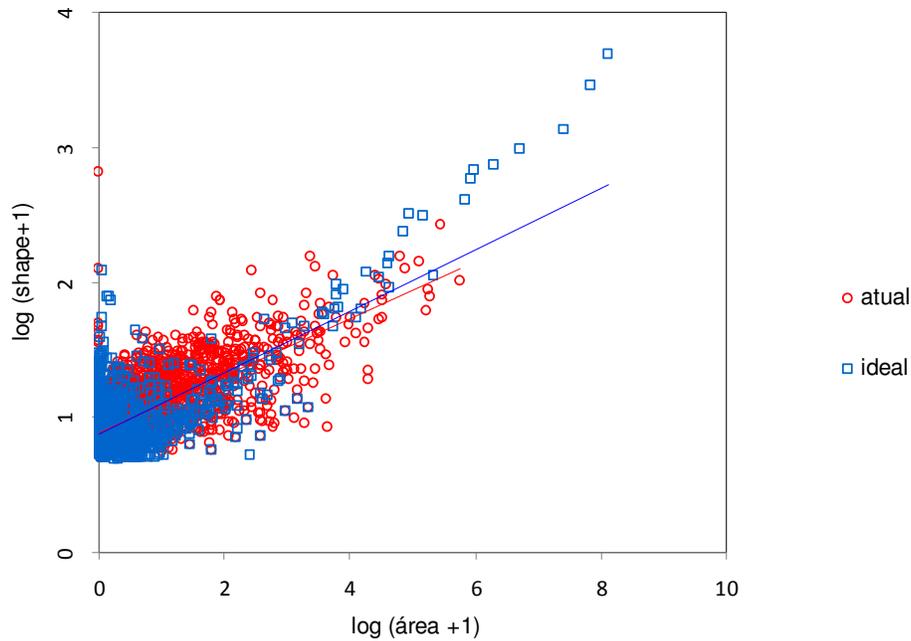


Figura 20: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural nos cenários atual e ideal e suas respectivas linhas de tendência em função da área e dos valores de forma (SHAPE).

5.3. Áreas Prioritárias para Conservação

O mapa final de prioridades é apresentado na Figura 21. As áreas que apresentaram prioridade muita alta apareceram principalmente na zona leste do município, a maior parte nas áreas rurais ainda existentes (Anexo 1). Observou-se que o fragmento que margeia o rio Pirajibu na Zona Industrial recebeu também prioridade muito alta. O Parque Mário Covas, uma das áreas públicas municipais de Sorocaba, localiza-se em uma parte desse fragmento (Figura 22). As outras áreas com prioridade muito alta encontram-se na zona norte e oeste, em propriedades particulares. É importante observar que a região norte apresentou alguns fragmentos com prioridade muito alta e alta, e por outro lado grande parte dela é classificada como Zona de Expansão Urbana, com poucas restrições à ocupação, segundo Zoneamento do Plano Diretor (Sorocaba, 2007) (Anexo 1).

Os fragmentos da zona leste potencialmente se conectam com os fragmentos do rio Pirajibu, e esses com os fragmentos do rio Sorocaba na porção norte da cidade (Figura 21).

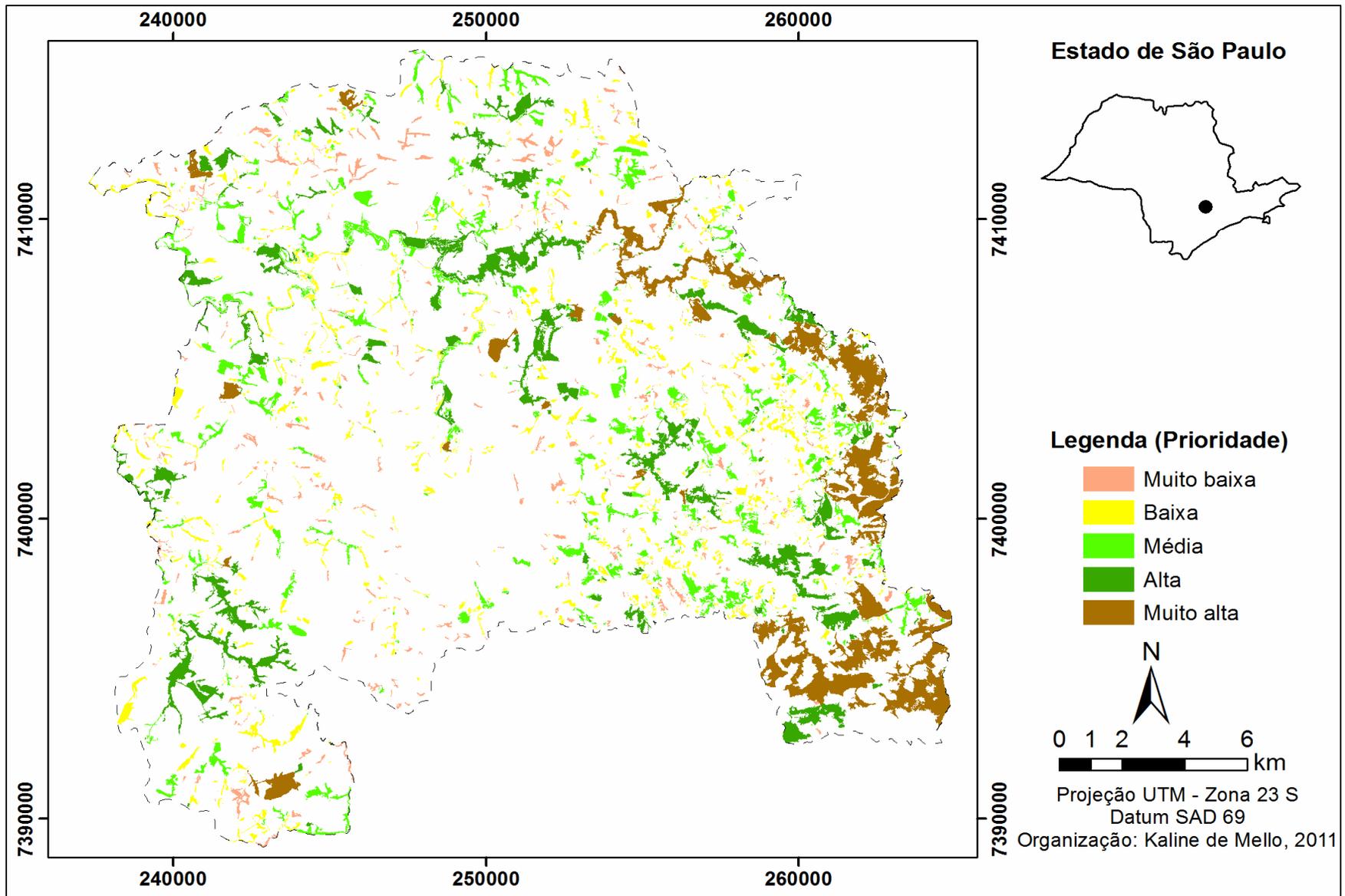


Figura 21: Áreas prioritárias para a conservação no município de Sorocaba, estado de São Paulo.

Os fragmentos que apresentaram prioridade muito alta para conservação somam 2038,41 ha, e os fragmentos com alta prioridade, 2092,92 ha, totalizando uma área de 4131,33 ha.

5.4. Áreas verdes municipais

As áreas públicas municipais incluídas na análise somam um total de 216,97 ha de cobertura vegetal, representando apenas 2,89% da cobertura total do município no ano de 2006 (Figura 22).

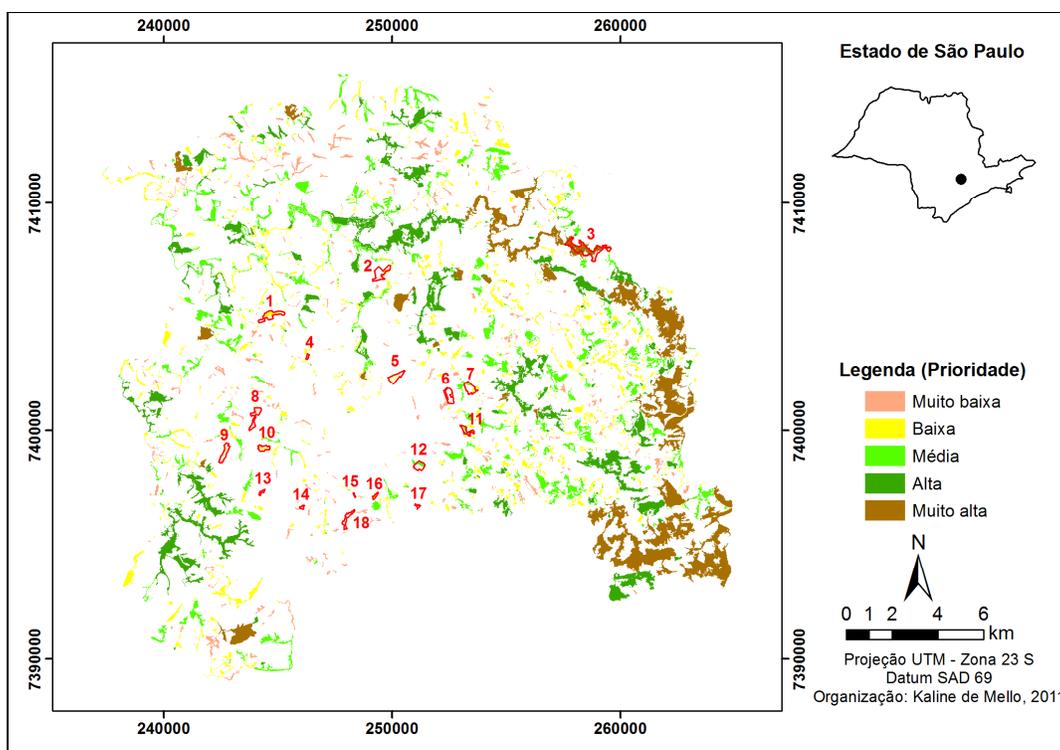


Figura 22: Áreas prioritárias para conservação com os limites das áreas públicas (em vermelho) do município de Sorocaba, SP. 1: Horto Florestal; 2: Amadeo Franciulli; 3: Mário Covas; 4: Santi Pagoretti; 5: Parque das Águas; 6: Paço Municipal; 7: Chico Mendes; 8: Parque da Cachoeira; 9: Miguel Gregório; 10: Ouro Fino; 11: Bráulio Guedes; 12: Parque Zoológico Municipal Quinzinho de Barros; 13: João Pelegrini; 14: Água Vermelha; 15: Kasato Maru; 16: Biquinha; 17: Professora Margarida Leão Camargo; 18: Parque Carlos Alberto de Souza.

De todas as áreas analisadas, o fragmento do parque Mário Covas, próximo ao limite municipal (região nordeste do município), foi o único que

apresentou prioridade muito alta para conservação. É importante ressaltar que o fragmento ultrapassa os limites do parque, com uma área total de 163 ha, enquanto o parque possui 52 ha (Figura 22). As demais áreas municipais são menores e estão situadas ao redor da região central do município e apresentaram prioridade muito baixa a média (Tabela 3).

Tabela 3: Tamanho, área de cobertura florestal e classe de prioridade para as áreas verdes públicas.

Localidade	Nome	Limites (ha)	AREA(ha)	PRIORIDADE
1	Horto Florestal	21,79	12,25	Baixa
2	Amadeo Franciulli	22,73	3,23	Baixa
3	Mário Covas	52,76	163,30	Muito alta
4	Santi Pagoretti	1,87	1,44	Baixa
5	Parque das Águas	16,40	2,52	Baixa
6	Paço Municipal	17,83	0	--
7	Chico Mendes	18,79	6,26	Média
8	Parque Cachoeira	15,82	2,18	Muito baixa
9	Miguel Gregório	15,25	2,90	Baixa
10	Ouro Fino	9,70	8,03	Baixa
11	Bráulio Guedes	13,17	5,06	Média
12	Parque Zoológico	9,39	6,24	Média
13	João Pelegrini	2,59	0	--
14	Água Vermelha	2,02	0,45	Muito baixa
15	Kasatu Maru	0,95	0	--
16	Biquinha	2,88	2,63	Baixa
17	Profa. M. Leão Camargo	1,91	0	--
18	Carlos Alberto de Souza	10,43	0,48	Baixa

Os parques Chico Mendes, Bráulio Guedes e Quinzinho de Barros possuem valores de área próximos a 6 ha (Tabela 3) e apresentaram prioridade média para conservação. Apesar de possuírem áreas maiores (Tabela 3), o Horto Florestal e o parque Ouro Fino apresentaram prioridade baixa em decorrência dos valores inferiores de conectividade e forma (ambos são formados por mata ciliar apresentando forma mais alongada).

Alguns parques não possuem cobertura florestal (Paço Municipal, João Pelegrini, Kasatu Maru e Profa. M. Leão Camargo) e por isso não apresentaram prioridade para conservação.

6. Discussão

6.1. Remanescentes de vegetação natural

A cobertura de vegetação natural do município de Sorocaba (16,68%) apresentou valor próximo a outros municípios do interior do estado de São Paulo que possuem formações de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual: Santa Cruz da Conceição (17,98%) (Fushita, 2006), Araraquara (10,59%) (Moschini, 2005) e São Carlos (14,1%) (Cintra et al., 2004). Esses dados mostram o quadro preocupante de conservação dessas formações vegetais e, conseqüentemente, das espécies endêmicas desses habitats.

As florestas de interior representam o segundo centro de endemismo de Mata Atlântica mais ameaçado do Brasil, com 7,1% de cobertura florestal remanescente, ficando atrás apenas da região do São Francisco (4,7%) no centro-norte do país (Ribeiro et al., 2009). A maioria dos fragmentos é de tamanho pequeno (< 50 ha) e cerca de 60% está a menos de 100 m da borda (Ribeiro et al.; 2009).

O grande número de fragmentos de classe de tamanho pequeno encontrado para Sorocaba reflete o alto grau de fragmentação da paisagem, uma vez que o aumento do número de manchas e a diminuição do tamanho das mesmas é uma função do processo de fragmentação (Fahrig, 2003). Pode-se observar que os maiores fragmentos se encontram principalmente nas regiões periféricas do município, mais distantes do centro urbano (Figuras 3 e 10) e com declividade mais acentuada (Figura 9).

Por outro lado, os pequenos fragmentos apresentaram importância para a conexão entre os remanescentes da paisagem, considerando os valores altos de PROX. Segundo Metzger (1997), fragmentos com área superior a 0,72 ha têm condições de assumir a função de trampolins ecológicos, facilitando a locomoção e dispersão de muitas espécies. Ribeiro et al. (2009) observou que

a retirada dos fragmentos menores de 50 ha aumenta o isolamento dos maiores fragmentos e reduz a conectividade entre eles.

Mesmo os fragmentos maiores na paisagem analisada não apresentam grandes extensões (100 a 400 ha), um cenário comum para o interior do Estado de São Paulo (Cintra et al., 2004; Moschini, 2005; Fushita, 2006). Nesse sentido, Ribeiro et al. (2009) defende que a conservação dos fragmentos pequenos não pode ser negligenciada, pois estes constituem grande parte da cobertura total dos remanescentes de vegetação natural de Mata Atlântica não só no Estado de São Paulo, mas em todo o Brasil. Segundo esse estudo, os fragmentos menores que 50 ha representam 20,2% da cobertura total de floresta remanescente, e os fragmentos menores que 250 ha constituem quase 42%. No presente estudo, os fragmentos menores que 50 ha representaram cerca de 65% do total da cobertura florestal remanescente, destacando ainda mais a importância destes para o município de Sorocaba e para a região.

Os pequenos fragmentos presentes na matriz podem facilitar a movimentação das espécies entre os remanescentes maiores, aumentando a conectividade funcional da paisagem para as espécies florestais (Metzger, 1999). Até mesmo árvores isoladas presentes em áreas abertas podem funcionar como trampolins para algumas espécies de aves de Mata Atlântica (Boscolo et al., 2008).

Deve-se ressaltar que a análise de conectividade entre os fragmentos neste estudo não considerou as características da matriz com relação à permeabilidade (resistência das unidades da matriz aos fluxos biológicos) e o quanto algumas barreiras como estradas impedem o movimento das espécies. Knapp et al. (2008) utilizando vários grupos taxonômicos na Alemanha observou que o tipo de matriz no entorno das áreas protegidas desempenha papel importante no isolamento das espécies, muitas vezes maior do que a distância em relação a outros fragmentos, e que as áreas construídas apresentam maior resistência para migrações de espécies do que as áreas rurais e vales de rios.

Como a maioria dos remanescentes de Sorocaba está diretamente sob influência do uso da terra do seu entorno, assim como ocorre para toda a

cobertura florestal de Mata Atlântica, a influência da matriz sobre a persistência e dispersão das espécies deve ser especialmente estudada (Umetsu et al.; 2008; Uezu; Beyer; Metzger, 2008; Fonseca et al., 2009; Pardini et al., 2009; Vieira et al., 2009). Além disso, uma vez que as florestas nativas estão cada vez mais ameaçadas e o número de UC não é representativo, a conservação da biodiversidade dependerá em grande parte de uma gestão adequada da matriz antrópica (Fonseca, 2009; Ribeiro et al., 2009). As monoculturas de *Eucalyptus* spp, por exemplo, podem contribuir muito com a conservação de espécies de diferentes táxons quando há manutenção de um sub-bosque complexo e diverso (Fonseca, 2009).

O estudo da permeabilidade da matriz deve ir além das áreas de cultivo e pastos, abrangendo também as áreas urbanas, uma vez que a maior parte da população mundial vive em cidades, e esses ambientes se expandem cada vez mais para as áreas rurais (Carreiro, 2008). No Brasil, mais de 80% da população já vive em cidades ou aglomerados urbanos (IBGE, 2010b). No caso de Sorocaba, estudos devem ser desenvolvidos quanto ao uso de elementos como as áreas verdes, matas ciliares e arborização urbana pelas espécies nativas de plantas, aves, mamíferos e invertebrados nativos da região.

6.2. Áreas de Preservação Permanente

Os dados indicam que a cobertura florestal remanescente do município está bastante associada à presença de corpos hídricos e ao relevo mais acentuado, ou seja, áreas de difícil acesso à ocupação humana, padrão comum para a distribuição da Mata Atlântica no Brasil (Silva et al., 2007). Por ser um município com alta taxa de urbanização, as manchas de vegetação tendem a permanecer nas várzeas, fundo de vale e áreas alagáveis, onde a ocupação humana é dificultada ou há problemas com enchentes. Esse cenário é evidenciado para a área central da cidade (centro e sul do município), onde todos os fragmentos encontram-se a menos de 300m de algum corpo de água.

O rio Sorocaba apresentou grande parte de seu curso desprovido de mata ciliar em decorrência do centro do município ser estabelecido no seu entorno. Em contrapartida, existem projetos na prefeitura para recuperação da

mata ciliar e estabelecimento do Parque Linear do rio Sorocaba (Sorocaba, 2007). O conceito de Parque Linear surgiu como instrumento de planejamento e gestão das áreas marginais aos cursos d'água, buscando conciliar tanto aspectos urbanos e ambientais como o próprio cumprimento da lei (Friedrich, 2007). Além deste projeto, Sorocaba possui outros locais de recuperação em função de participar do Programa "Município Verde Azul" do governo estadual de São Paulo, que tem como uma das suas diretrizes a recuperação de matas ciliares e proteção de nascentes (São Paulo, 2011). O programa tem uma proposta interessante de descentralização da política ambiental estadual, estimulando ações municipais em relação às questões ambientais.

O código florestal vigente explicita que as matas ciliares são importantes não apenas para a proteção e manutenção da qualidade da água, como também para o deslocamento e manutenção da fauna e flora local. Estudos recentes analisaram a importância dos corredores de mata ciliar como habitat para a fauna em paisagens fragmentadas de florestas tropicais (Uezu, 2005; Lees; Peres, 2008; Naxara, 2008). Os corredores florestados podem tanto facilitar a movimentação de indivíduos de determinadas espécies entre as manchas de habitat disponíveis, como podem funcionar como habitat, abrigando populações residentes que conectam as populações das manchas remanescentes (Chetkiewicz et al., 2006; Lussier et al., 2006; Castélon; Sieving, 2007). Naxara (2008) constatou que os corredores de mata ciliar se aproximam mais de ambientes florestais do que ambientes abertos para espécies endêmicas de pequenos mamíferos de Mata Atlântica.

Assim, a manutenção, implantação e restauração de elementos lineares conectando fragmentos podem ser utilizadas como estratégias de conservação pois potencialmente amenizariam os efeitos negativos da fragmentação sobre a biodiversidade (Saunders; Hobbs, 1991; Downes et al., 1997; Naxara, 2008).

A análise do cenário ideal (vegetação atual somada a todas as APP restauradas) mostrou que esses elementos podem tanto aumentar a área total de cobertura de vegetação do município como aumentar significativamente a área das manchas e a conectividade entre elas. Dessa forma, o simples cumprimento da legislação em vigor pode atuar de maneira positiva na conservação da biodiversidade, especialmente na conservação de espécies de

fauna que dependem de ambientes florestados e não conseguem sobreviver em áreas muito pequenas ou transpor áreas abertas.

Além da importância para a conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas, a restauração das APP contribuiria para a diminuição de impactos ambientais relacionados principalmente à qualidade da água, como assoreamento dos corpos de água, retenção de poluentes e processos erosivos, gerando benefícios tanto para a qualidade de vida humana como para a sobrevivência de espécies aquáticas (Teresa; Casatti, 2010).

A proposta do Novo Código Florestal, atualmente sob votação, propõe a redução de metade da largura mínima de mata para rios de até 10m de largura, ou seja, 15m. No caso de Sorocaba, uma vez que não possui rios com larguras superiores a 10m, todas as APP de cursos de água seriam reduzidas pela metade. Considerando que os remanescentes de vegetação do município encontram-se bastante associados à hidrografia, e cerca de 50% deles é APP, essa redução representaria um impacto muito grande não só para o município de Sorocaba como para outros que possuem cenários semelhantes.

Em relação à importância das APP para a biodiversidade, o impacto seria ainda maior, pois corredores muito estreitos perdem parte de sua utilidade por favorecerem unicamente espécies generalistas, que suportam os efeitos de borda (Metzger, 2010). Estudos feitos com diferentes grupos taxonômicos indicam a necessidade de uma faixa mínima de 100 m de área florestada para a persistência das espécies (Metzger et al., 1998; Tubelis et al., 2004; Lees; Peres, 2008), mostrando que a extensão das APP deveria ser expandida e não reduzida (Metzger, 2010).

Além dessa questão, o novo texto permite a supressão de vegetação e atividades consolidadas até o ano de 2008, o que provavelmente resultaria na perda da oportunidade do aumento da cobertura vegetal pela restauração das APP degradadas. Para Sorocaba, essa perda chegaria a quase 4.000 ha.

6.3. Áreas prioritárias para conservação

O uso de métricas de paisagem é cada vez mais freqüente no estabelecimento de planos de conservação da biodiversidade e foi empregado

em diferentes trabalhos desenvolvidos para Mata Atlântica e Cerrado (Metzger et al., 2008; Valente; Vetorazzi, 2008; Ribeiro et al., 2009; Banks-Leite, 2011). A utilização das métricas em ambiente SIG gera dados rápidos e confiáveis, demandando menos investimento em dinheiro e tempo em relação a indicadores de espécies (Banks-Leite, 2011).

A atribuição de maior peso para área na análise priorizou fragmentos que potencialmente abrigam maior número de espécies (Metzger, 1999) e que possuem maior extensão para espécies que não conseguem se estabelecer em pequenos fragmentos (Pardini et al., 2005; Uezu, 2006; Ferraz et al., 2007; Pardini et al.; 2010) assim como foi feito em outros trabalhos relacionados (Geneletti, 2004; Metzger et al., 2008; Ribeiro et al., 2009). Comparando UC de áreas urbanas e rurais, Knapp et al. (2008) observaram que a riqueza de espécies responde mais à extensão da área do que à urbanização. A área também está entre os determinantes mais importantes para a eficácia das reservas naturais em termos de conservação da riqueza de espécies (Nebbia; Zalba, 2007). Outros estudos com diferentes táxons em fragmentos de áreas urbanas apontam a área como principal indicativo de riqueza de espécies (Hobbs, 1988; Santos; Cademartori, 2010; Oliver et al., 2011).

Por outro lado, os valores de PROX mostram que os fragmentos pequenos podem exercer grande importância para a conectividade da paisagem, mesmo para a conexão entre os maiores fragmentos. Conforme citado por Metzger (2003a), a conservação da biodiversidade não depende apenas dos grandes fragmentos, mas também de fragmentos menores e corredores que aumentem a conectividade da paisagem. A movimentação dos organismos e propágulos entre os fragmentos maiores é facilitada pela existência desses pequenos fragmentos (Soares-Filho, 1998). Nesse sentido, é importante que os planos de conservação do município de Sorocaba englobem a manutenção de pequenos fragmentos e corredores, como as matas ciliares, reservas legais e as áreas verdes, para que esses aumentem a conexão entre os remanescentes maiores.

O mapa de áreas prioritárias para conservação de Sorocaba mostrou que a zona leste do município apresenta grande importância para a conservação dos remanescentes naturais (Figura 21), e uma análise dos

municípios vizinhos (Alumínio, Votorantim, Mairinque e Itu) poderia mostrar que esses fragmentos se estendem e se conectam além dos limites municipais, apresentando também importância regional.

Além da zona leste, outros fragmentos com prioridade alta e muito alta destacam-se na zona norte e sudoeste, áreas periféricas ao centro da cidade, que vêm sofrendo processo de expansão urbana principalmente pelo estabelecimento de condomínios fechados. Segundo o plano diretor (Sorocaba, 2007), grande parte da zona norte é classificada como Zona de Expansão Urbana, e a zona sudoeste como Zona de Chácaras Urbanas, ambas localizadas nos limites da área urbanizável do município. As áreas constituem os principais eixos de expansão da cidade, e esse fato é preocupante, pois esses remanescentes encontram-se sob forte ameaça principalmente em relação à especulação imobiliária. É importante ressaltar que o mapeamento do presente estudo foi realizado para o ano de 2006. Dessa forma, uma análise mais atual poderá mostrar avanços da urbanização sobre esses fragmentos.

Em contrapartida, é importante ressaltar que toda a zona oeste do município de Sorocaba é zona de amortecimento da Floresta Nacional de Ipanema, localizada no município de Iperó (Brasil, 2003), que deveria funcionar como instrumento para impedir a expansão da urbanização nessas áreas e favorecer a conservação dos fragmentos de vegetação para incremento da conectividade da paisagem no entorno da UC. O plano diretor municipal não faz menção a esse fato, e desconsidera a existência da zona de amortecimento no seu zoneamento (Anexo 1).

A maioria dos remanescentes com prioridades alta e muito alta para conservação encontra-se em propriedades particulares, gerando uma necessidade de ações por parte do poder público para articulação com os proprietários de terras a fim de se estabelecer melhores estratégias para a manutenção desses fragmentos, como a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN).

Além do incentivo para criação de RPPN, uma alternativa no município de Sorocaba para a conservação de áreas em propriedades particulares é a criação de Área Municipal de Proteção Ambiental (AMPA), que segundo sua lei de criação (Lei 5.027 de dezembro de 1995) é uma área pública ou privada,

independente de desapropriação, que contenha características de interesse público ambiental para o município. Segundo o decreto 18.148/2010, a área mínima para o estabelecimento de uma AMPA é de 0,5 ha, coberta por vegetação significativa e de relevante interesse ecológico para o município, e o proprietário da área tem isenção do IPTU.

Atualmente uma UC municipal está em processo de criação na zona norte, por medidas de compensação ambiental da empresa Toyota do Brasil. A UC será de proteção integral, denominada Parque Natural Municipal “Corredores da Biodiversidade” que será administrada pela prefeitura (Sorocaba, s/d). A proposta inicial é de uma área total de 60 ha, com possibilidades de expansão. Outras áreas públicas, como o parque Bráulio Guedes, surgiram por compensação ambiental, porém observa-se que essas ações são pontuais e não fazem parte de um planejamento ambiental do município. Para potencializar a relevância da criação dessas áreas para a conservação das espécies, o poder público deve integrar as políticas e os órgãos municipais de forma que as ações de compensação ambiental das empresas façam parte de uma estratégia maior de conservação no âmbito municipal.

Por não apresentarem áreas muito extensas (no máximo 400 ha) e grande parte estar sob influência de matriz urbana, os remanescentes no município de Sorocaba podem não suportar algumas populações da flora e da fauna nativa, mas podem abrigar metapopulações, atuando como suportes para “áreas fontes” ou para as UC contidas no âmbito regional da área de estudo. Oliver et al. (2011) observaram que alguns parques com áreas entre 100 e 500 ha, mesmo em áreas bastante urbanizadas nos EUA, suportam alta riqueza de espécies de aves, e defendem que a inclusão dessas áreas naturais extensas nas paisagens urbanizadas pode ser a chave para a conservação da diversidade da avifauna local e migratória.

6.4. Áreas Verdes Municipais

A representatividade das áreas naturais do município pelas áreas públicas analisadas é muito baixa (2,89% do total de cobertura florestal) e

nenhuma delas possui denominação de Unidade de Conservação em sua lei de criação, embora alguns levem o nome de parque ou reserva.

O parque Mário Covas apresentou prioridade muito alta para conservação, e destaca-se das outras áreas públicas tanto pelo tamanho como pelo valor de conectividade. A sua localização diferenciada na zona industrial (afastado do centro urbano) e próxima ao limite municipal, onde há a presença de outros fragmentos de tamanhos maiores (Figura 22), confere um distanciamento em relação às outras áreas verdes. Uma vez que essa é a única área pública dentre os fragmentos que apresentaram prioridade muito alta para a conservação, o município deve instituir lei de criação de UC para esse parque. Atualmente a área não possui acesso ao público, e a única entrada é feita por uma empresa privada. Quando da criação da categoria parque, a área pode receber infraestrutura para o desenvolvimento de atividades de pesquisa, educação ambiental e ecoturismo.

As demais áreas encontram-se ao redor da região central da cidade, e possuem como vizinhanças grandes avenidas, chácaras e condomínios fechados. Destacam-se os parques Bráulio Guedes, Chico Mendes e Zoológico “Quinzinho de Barros” que apresentaram prioridade média para conservação. Apesar de ser voltado à conservação ex-situ, o Parque Zoológico Quinzinho de Barros possui um fragmento florestal dentro de seus limites. Estudos posteriores sobre fauna e flora devem ser realizados para complementar a análise da importância de conservação desses parques para a diversidade local.

Algumas áreas analisadas denominadas “parques” se assemelham a praças ou outras categorias de áreas verdes (Lima et al., 1994), com pouca ou nenhuma cobertura arbórea (Tabela 3). É importante ressaltar que a análise foi realizada com base no aerolevante de 2006, e algumas dessas áreas estão sendo restauradas pela prefeitura, como é o caso do Parque Ouro Fino.

Mesmo não tendo potencial para criação de UC, muitas áreas verdes possuem grande importância para a conservação da biodiversidade em áreas urbanizadas como é o caso de Sorocaba, uma vez que podem abrigar algumas espécies e potencialmente promover o aumento da permeabilidade da matriz. Mesmo pequenas áreas de habitat dispersas na matriz podem ter um papel

importante no movimento de algumas espécies ou na persistência de espécies que não carecem de grandes espaços de habitat para se desenvolverem (Whitcomb et al., 1976).

Algumas áreas com vegetação nativa presentes nas cidades podem funcionar como locais de refúgio para plantas e animais não adaptados no ambiente urbano (Rodrigues et al., 1993; Oliver, 2011). Estudos realizados no Brasil mostram que áreas verdes e fragmentos florestais nas cidades podem abrigar muitas espécies de aves, não só as comuns de ambientes urbanos, mas também algumas espécies endêmicas ou ameaçadas de Mata Atlântica, Cerrado e Campos Sulinos (Galina; Gimenes, 2006; Valadão; Franchin; Marçal Júnior, 2006; Santos; Cademartori, 2010; Scherer; Scherer; Petry, 2010). Strohbach; Haase; Kabisch (2009) observaram que a maior diversidade de espécies de aves em uma área urbana na Alemanha está relacionada a bairros com alta quantidade e qualidade de áreas verdes, como fragmentos florestais, parques e matas ciliares que possuem 50 anos ou mais.

Além da importância para a conservação das espécies, as chamadas florestas urbanas desempenham vários outros serviços ambientais ligados a melhoria da qualidade de vida da população, incluindo absorção e filtração de poluentes, regulação do microclima, redução de ruído, retenção de águas pluviais, paisagem esteticamente mais agradável, oportunidades de recreação e pesquisa (Chen; Jim, 2008).

Nesse sentido, a conservação de áreas naturais dentro das cidades e nas suas proximidades deve ser incorporada nas ações de planejamento e gestão dos municípios. No caso de Sorocaba, o município possui o Plano Diretor, que deve ser revisado no ano de 2012, e a Política Municipal de Meio Ambiente (PMMA), em elaboração, ambos instrumentos de planejamento que podem subsidiar as estratégias de conservação das áreas naturais dentro do seu território.

A PMMA tem por objetivo geral “a melhoria da qualidade de vida dos habitantes do município, mediante proteção, conservação, preservação, controle e recuperação do meio ambiente, considerando-o um patrimônio público a ser defendido e garantido às presentes e futuras gerações” (São Paulo, 1991). Para tanto, deve fundamentar-se em princípios norteadores que

podem surgir do debate entre os vários agentes do processo de gestão ambiental no município. Os princípios norteadores da PMMA de Sorocaba devem envolver a criação e a gestão de UCs e demais áreas verdes de forma a garantir a conservação das áreas naturais no âmbito municipal.

6.5. Propostas e ações prioritárias

O atual quadro de escassez de remanescentes florestais no município de Sorocaba gera uma demanda por ações imediatas de conservação e restauração ecológica.

A redução das áreas naturais nas paisagens pode ter um limiar, abaixo do qual os efeitos da fragmentação se tornam mais intensos com perdas bruscas em diversidade e processos biológicos (Andrén, 1994; Metzger; Décamps, 1997; Boscolo; Metzger, 2009; Pardini et al., 2010). Apesar de não haver muitas evidências empíricas, os estudos apontam para uma proporção crítica de 30 a 40% de habitat (Andrén, 1994; Metzger; Décamps, 1997; Boscolo; Metzger, 2009; Pardini et al., 2010). Segundo Pardini et al. (2010) as paisagens abaixo do limiar levam as espécies nativas a um gargalo de extinção, perda abrupta de espécies especialistas e de resiliência ecológica.

A paisagem analisada encontra-se abaixo desse limiar, com apenas 16,68% de cobertura por vegetação natural. Pearson et al. (1996) apud McIntyre; Hobbs (1999) consideram uma paisagem com valores próximos a 10% de habitat como altamente fragmentada, perto de ser considerada totalmente degradada. As paisagens com menos de 30% de habitat tendem a ter apenas fragmentos pequenos e muito isolados, e por consequência suportam comunidades muito empobrecidas (Martensen; Pimentel; Metzger, 2008; Metzger et al., 2009). Além disso, a presença de uma matriz mais resistente ao deslocamento das espécies, como as áreas urbanizadas, pode agravar ainda mais esse quadro.

Nesse sentido, as estratégias de conservação nessas paisagens devem envolver a parada, e se possível, a reversão do processo de degradação dos ecossistemas naturais (McIntyre; Hobbs, 1999). Desse modo, como medida prioritária, o município deve assegurar a manutenção dos fragmentos

existentes, iniciando pelos remanescentes que apresentaram prioridades alta e muito alta para conservação. Como abordado no item 6.3, a maioria dessas áreas encontram-se em propriedades particulares, necessitando de programas municipais de incentivo a criação de RPPN e AMPA.

Ressalta-se a importância do parque Mário Covas, área pública que apresentou prioridade muito alta para conservação, devendo ser instituído em lei como UC, garantindo a manutenção dessa área. Uma vez que o fragmento ultrapassa os limites do parque, é interessante que se estude uma forma de ampliação de sua extensão com os proprietários dos terrenos circunvizinhos.

Além do incentivo à criação de UC particulares, o município pode implementar um sistema de valoração econômica e compensação pelos serviços ambientais prestados pelas áreas privadas, assim como leis de incentivos fiscais para projetos de conservação e reflorestamento.

Outra medida prioritária para o município é a criação de um Programa de Restauração Ecológica Municipal, formando parcerias entre poder público, proprietários de terras, indústrias, ONG, universidades e escolas. As ações devem iniciar pela recuperação das APP e demais áreas passíveis de restauração tanto em áreas livres públicas como em propriedades particulares e condomínios fechados, priorizando áreas próximas de fragmentos naturais já existentes (Valente; Vetorazzi, 2008), importantes para o aumento da conectividade entre eles. As ações de restauração por compensação ambiental devem fazer parte desse programa.

Todas as ações de conservação e restauração devem ser acompanhadas por programas de educação e sensibilização ambiental, integrando a comunidade civil no planejamento, execução e monitoramento das ações. O apoio da população nos projetos de conservação é fundamental para o sucesso dos mesmos, principalmente em ambientes mais urbanizados onde as pessoas têm contato direto com essas áreas.

No âmbito das políticas públicas, é importante que haja compatibilização das políticas ambientais e setoriais do município, em especial ao plano diretor que deve ser revisto no ano de 2012. O plano diretor deve rever o planejamento da zona norte, que apresentou fragmentos importantes para conservação e atualmente é classificada como zona de expansão urbana, e da

zona oeste, localizada na zona de amortecimento da FLONA de Ipanema, e que atualmente é dividida entre zona de chácaras urbanas, zona residencial, zona rural e zona industrial (Anexo 1).

Considerando que a expansão da cidade é um processo contínuo, o planejamento territorial deve ser feito de forma a conciliar as demandas por infraestrutura com a conservação dos remanescentes florestais. Os planos de expansão urbana e industrial devem ser integrados aos princípios norteadores da PMMA no que tange a conservação e restauração das áreas naturais. É importante considerar que os problemas ambientais podem ser analisados em diversas escalas governamentais, mas que sua resolução, de forma a atender às necessidades da população local, passa necessariamente pela escala do município, no qual os problemas ambientais são mais evidentes e graves e há maior possibilidade de resolução, pressão e participação social, tendo em vista que o município é o espaço territorial e a esfera de governo mais próxima do cidadão (São Paulo, 1991).

Outro ponto a ser considerado na revisão do plano diretor é a expansão da Zona de Conservação Ambiental, atualmente restrita praticamente às margens dos rios Sorocaba e Pirajibú (Anexo 1). Deve ser analisada a expansão para a zona leste do município, que apresentou vários fragmentos com prioridade alta e muito alta para conservação e para a zona oeste, que abrange a zona de amortecimento da FLONA de Ipanema.

Nesse sentido, propõe-se que a Zona de Conservação de Sorocaba seja expandida de forma a funcionar como um corredor ecológico regional, conectando as duas UC próximas ao município: Flona de Ipanema e APA de Itupararanga. A proposta inicial é apresentada na Figura 23 com o objetivo de incremento da biodiversidade regional, porém os estudos devem ser complementados com o mapeamento dos remanescentes dos municípios de Iperó, Alumínio e Votorantim, além de estudos sobre o deslocamento de espécies. Um estudo regional mais abrangente sobre a distribuição dos fragmentos de vegetação poderá propor corredores ecológicos entre essas UC e o Parque Estadual Jurupará, localizado nos municípios de Ibiúna e Piedade.

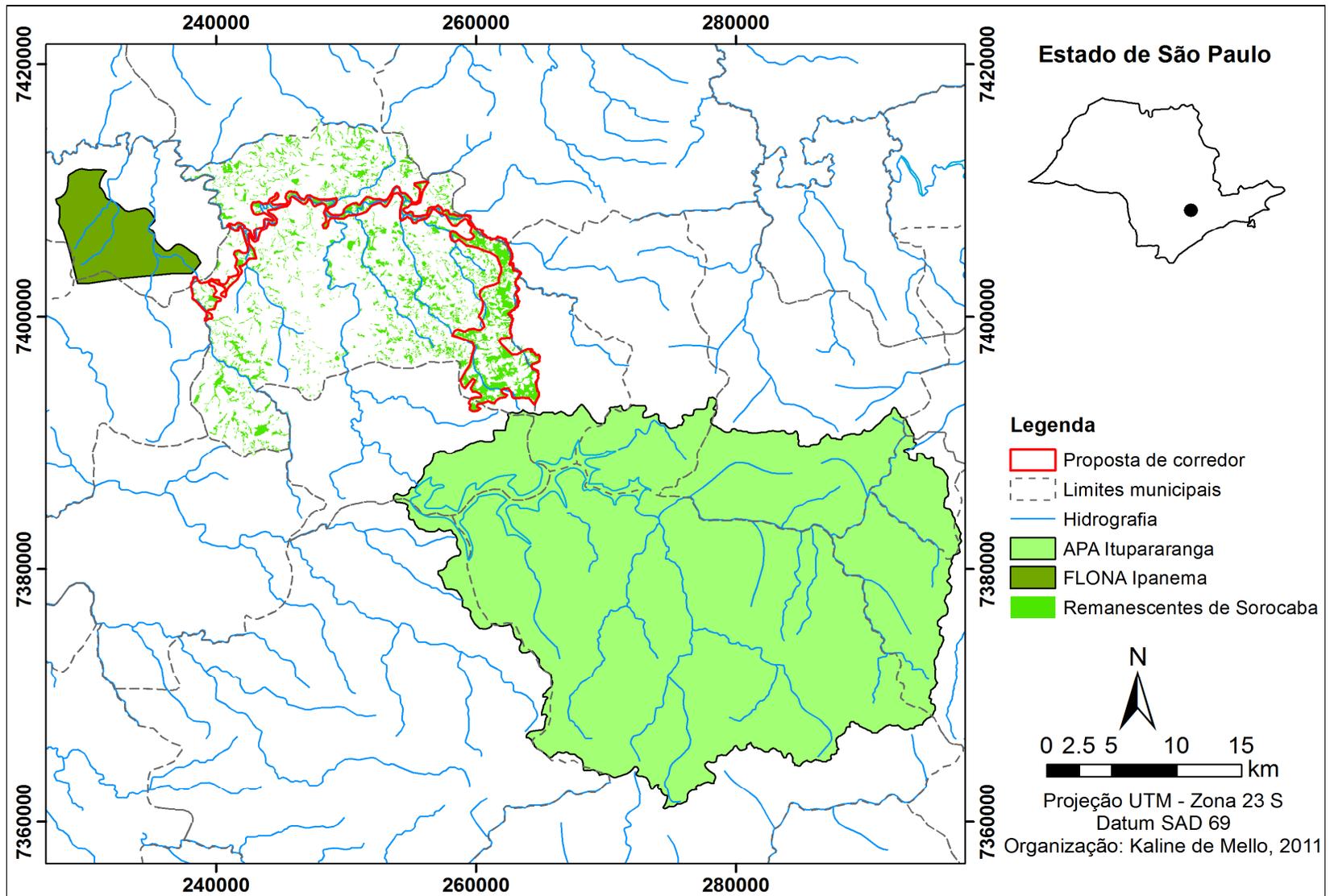


Figura 23: Proposta de corredor biológico da região de Sorocaba, São Paulo.

7. Conclusões

O atual quadro de baixa porcentagem de cobertura florestal remanescente no município de Sorocaba, com a maioria dos fragmentos pequenos, gera a necessidade de ações imediatas de conservação e restauração ecológica.

As APP apresentaram papel muito importante na conservação dos fragmentos de vegetação natural em um município bastante urbanizado como é o caso de Sorocaba, e o simples cumprimento da lei vigente pode atuar de maneira positiva na conservação da biodiversidade regional.

O uso de métricas da paisagem na priorização de áreas para conservação da biodiversidade possibilitou a identificação de fragmentos que potencialmente abrigam maior riqueza de espécies, importantes para a criação de UC. Dentre eles, a única área pública é o parque Mário Covas, que deve ser instituído por lei como UC. Outros fragmentos destacados pela análise estão sob controle de proprietários particulares, devendo haver o incentivo por parte do município para criação de RPPN e AMPA.

Além da criação de UC, o município deve criar um Programa de Restauração Ecológica Municipal para o aumento da cobertura florestal e da conectividade entre os fragmentos.

Os instrumentos de planejamento municipais devem conciliar as demandas por infra-estrutura com a conservação dos remanescentes florestais, uma vez que esses já se encontram com alto grau de fragmentação. A PMMA deve possuir como princípios norteadores a criação de áreas especialmente protegidas, a recuperação de APP e o programa de restauração ecológica.

8. Referências Bibliográficas

ANACLETO, T.C.S. et al. Seleção de áreas de interesse ecológico através de sensoriamento remoto e de otimização matemática: um estudo de caso no município de Cocalinho, MT. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n.4, p. 437-44, 2005.

ANDERSON, P.S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.

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

ARAÚJO, M.A.R. **Unidades de Conservação no Brasil: da república à gestão de classe mundial**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2007. 272 p.

AWADE, M.; METZGER, J. P. Using gap - crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, Carlton, v. 33, n. 7, p. 863-871, 2008.

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.

BARROS, W.D. **Parques Nacionais do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Serviço de Informação Agrícola, 1952. Série Documentária, n. 1.

BAUM, K.A. et al. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. **Ecology**, Ithaca, v. 85, n. 10, p. 2671-2676, 2004.

BOSCOLO, D. et al. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for a bird species in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 40, p. 273-276, 2008.

BOSCOLO, D.; METZGER, J.P. Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales? **Landscape Ecology**, Amsterdam, v. 24, p. 907-918, 2009.

BRASIL. Secretaria do Orçamento e Coordenação da Presidência da República. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. Série Manuais Técnicos em Geociências

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**, Brasília, 200p., 2000.

BRASIL. Portaria IBAMA nº 15, de 31 de março de 2003. Aprova o Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ipanema. Brasília, 2003.

CAMPBELL, J.B. **Introduction to Remote Sensing**. 3.ed. New York: The Guilford Press, 2002.

CAMPOS, F. ; DOLHNIKOFF. **Atlas: história do Brasil**. São Paulo: Scipione, 1993.

CARREIRO, M.M. The Growth of Cities and Urban Forest. In: CARREIRO, M.M.; SONG, Y.; WU, J. (Org.). **Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: international perspectives**. New York: Springer, 2008.

CARVALHO, R.L.P. **Fisionomia da cidade: Sorocaba - cotidiano e transformações urbanas – 1890-1943**. 2008. 336f. Tese (Doutorado). Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CASTÉLON, T.D.; SIEVING, K.E. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. **Conservation Biology**, Washington, v. 20, p. 135-145, 2007.

CHEN, W.Y.; JIM, C.Y. Assessment and Valuation of the Ecosystem Services Provided by Urban Forests. In: CARREIRO, M.M.; SONG, Y.; WU, J. (Org.). **Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: international perspectives**. New York: Springer, 2008.

CHETKIEWICZ, C.L.B.; SAINT CLAIR, C.C.; BOYCE, M.S. Corridors for conservation: integrating pattern and process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 37, p. 317-342, 2006.

CINTRA, R.H. et al. Análise qualitativa e quantitativa de danos ambientais com base na instauração e registros de instrumentos jurídicos. In: SANTOS, J.E. et. al. **Faces da Polissemia da Paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos: RiMa, 2004.

CLARK, D.B. Abolishing virginity. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, p. 735-739, 1996.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998.

CONNOR, E.F.; MCCOY, E.D. The statistics and biology of species-area relationship. **American Naturalist**, Chicago, v. 113, p. 791-833, 1979.

CORRÊA, L.S. **Estudo do estrato regenerativo em trechos de Floresta Estacional Semidecidual, no Sudeste do Brasil**. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2011.

DONNELLY, R.; MARZLUFF, J.M. Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation. **Conservation Biology**, Washington, v. 18, p. 3733-745, 2004.

DOWNES, S.J.; HANDASYDE, K.A.; ELGAR, M.A. Variation in the use of corridors by introduced and native rodents in south-eastern Australia. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 82, p. 379-383, 1997.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.

FERRAZ, G. et al. A large-scale deforestation experiment: effects of patch area and isolation on Amazon birds. **Science**, Washington, n. 315, p. 238-241, 2007.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D.B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 16, p. 265-280, 2007.

FONSECA, C.R. et al. Towards an ecologically-sustainable forestry in the Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 141, p. 1209-1219, 2009.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.

_____. Perception of a fragmented landscape by Neotropical marsupials: effects of body mass and environmental variables. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 25, p. 53-62, 2009.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics**: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

FRANKLIN, A.B.; NOON, B.R.; GEORGE, A.T.L. What is habitat fragmentation? **Studies in Avian Biology**, Shipman, n. 25, p. 20-29, 2002.

FRANKLIN, J.F. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? **Ecological Applications**, Ithaca, v. 3, p. 202-205, 1993.

FRIEDRICH, D. **O parque linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas**. 2007. 273f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FUSHITA, A. T. **Análise da fragmentação de áreas de vegetação natural e semi-natural do município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil**. 2006. 125f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GALINA, A.B.; GIMENES, M.R. Riqueza, composição e distribuição espacial da comunidade de aves em um fragmento florestal urbano em Maringá, Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n.4, p. 379-388, 2006.

GARDNER, T.A. et al. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, p. 139-150, 2008.

GASCON, C. ; WILLIAMSON, G. B.; FONSECA, G. A. B. Receding Forest Edges and Vanishing Reserves. **Science**, Washington, v. 288, n. 5470, p. 1356-1358, 2000.

GENELETTI, D. A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley. **Land Use Policy**, Oxford, v. 21, p. 149-160, 2004.

HANSBAUER, M.M. et al. Comparative range use by three Atlantic Forest understorey bird species in relation to forest fragmentation. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 24, p. 291-299, 2008.

HANSKI, I.A. Metapopulation dynamics. **Nature**, London, v. 396, p. 41-49, 1998.

HANSKI, I. A.; GILPIN, M. E. **Metapopulation Biology**: ecology, genetics, and evolution. San Diego: Academic Press, 1997.

HARPER, K.A. et al. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, Washington, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

HENKE-OLIVEIRA, C. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes**: diagnóstico e propostas. 1996. 196f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo populacional**, 2010a. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 jan. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Nacional do Brasil Milton Santos**. Brasília: IBGE, 2010b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10)**. São Paulo: CETAE, 2006. Relatório Técnico n. 91.265-205.

ISHIHATA, L. **Bases para seleção de áreas prioritárias para a implantação de unidades de conservação em regiões fragmentadas**. 1999. 200f. Dissertação (Mestrado). PROCAM (Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE). **Guidelines for Protected Area Management Categories**, Gland: IUCN, 1994.

KNAPP, S. et al. Do protected areas in urban and rural landscapes differ in species diversity? **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v.17, p. 1595-1612, 2008.

KRONKA, F. J. N. (Ed). **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente ; Instituto Florestal ; Imprensa Oficial, 2005.

LAMBERT, T.D.; MALCOLM, J.R.; ZIMMERMAN, B.L. Amazonian small mammal abundances in relation to habitat structure and resource abundance. **Journal of Mammalogy**, Baltimore, v. 87, p. 766-776, 2006.

LEES, A.C.; PERES, C.A. Conservation Value of Remnant Riparian Forest Corridors of varying quality for Amazonian Birds and Mammals. **Conservation Biology**, Washington, v. 22, p. 439-449, 2008.

LEVINS, R. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **Bulletin of Entomological Society America**, Lanham, v. 15, p. 237-240, 1969.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. How many species are there in Brazil? **Conservation Biology**, Washington, v. 19, p. 619-624, 2005.

LIMA, A.L.P. et al. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2, São Luiz. **Anais...** São Luiz: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p. 539-553.

LINDENMAYER, D. et al. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, p. 78-91, 2008.

LIRA, P.K. et al. Use of a fragmented landscape by three species of opossum in Southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 427-435, 2007.

LUSSIER, S.M. et al. Effects of habitat disturbance from residential development on breeding bird communities in riparian corridor. **Environmental Management**, New York, v. 38, p. 504-521, 2006.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

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

MARGALEF, R. **Perspectives in Ecological Theory**. Chicago: University of Chicago Press, 1968.

MARGULES, C.R.; PRESSEY, R.L. Systematic conservation planning. **Nature**, London, v. 405, p. 243-53, 2000.

MARTENSEN, A.C.; PIMENTEL, R.G.; METZGER, J.P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 141, p. 2184-2192, 2008.

McINTYRE, S.; HOBBS, R. A Framework for Conceptualizing Human Effects on Landscapes and Its Relevance to Management and Research Models. **Conservation Biology**, Washington, v. 13, n. 6, p. 1282-1292, 1999.

MELLO, N. **O Fragmento**. www.natalidemello.com

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.

_____. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of South-East Brazil. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 37, p. 29-35, 1997.

_____. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P.Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003a.

_____. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN Jr.,L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org). **Métodos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: EdUFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003b.

_____. O Código Florestal tem base científica? **Conservação e Natureza**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, 2010.

_____. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n.1/2, 2001.

_____. ; CASATTI, L. Do diagnóstico à conservação da biodiversidade: o estado da arte do programa BIOTA/FAPESP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?point-of-view+bn00106022006>>. Acesso em: 02/03/2011.

_____. ; DÉCAMPS, H. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Ecologica**, Bratislava, v. 18, p. 1-12, 1997.

_____. ; GOLDENBERG, R.; BERNACCI, L.C. Diversidade e estrutura de fragmentos de mata de várzea e de mata mesófila semidecídua submontana do rio Jacaré-Pepira (SP). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.21, p.321-330, 1998.

_____. et al. Uso de índices de paisagem para a definição de ações. 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.

_____. et al. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic Forest region. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 142, p. 1166-1177, 2008.

_____.; RODRIGUES, R.R. Mapas-síntese das diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo. 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.

MITTERMEIER, R.A. et al. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, n. 1, v. 1, 2005.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologia de aplicação**. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2001.

MORSELLO, C. **Áreas protegidas públicas e privadas: seleção e manejo**. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2001.

MOSCHINI, L.E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e semi-naturais da paisagem: estudo de caso, município de Araraquara, SP. 2005. 88f. Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

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

NALON, M.A.; MATTOS, I.F.A.; 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.

NAXARA, L.R.C. **Importância dos corredores ripários para a fauna: pequenos mamíferos em manchas de floresta, matriz do entorno e elementos lineares em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica. 2008. 72f. Dissertação (Mestrado)**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NOSS, R.F. et al. Core Areas: where nature reigns. In: SOULÉ, M.E.; TERBORGH, J. (Ed.) **Continental Conservation: scientific foundations of regional reserve networks**. Washington: Island Press, 1999.

_____.; O'CONNEL, M.A.; MURPHY, D.D. **The science of conservation of planning: habitat-based conservation under the endangered species**. Washington DC: Act. Island, Press, 1997.

NUSSER, S.M.; KLAAS, E.E. Survey methods for assessing land cover map accuracy. **Environmental and Ecological Statistics**, London, v. 10, p. 309-331, 2003.

OLIVEIRA, J.B. et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: Instituto Agronômico; Rio de Janeiro: EMBRAPA; Solos, 1999. 64p.

OLIVER, A.J. et al. Avifauna richness enhanced in large, isolated urban parks. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 102, p. 215-225, 2011.

OPDAM, P. Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. **Landscape Ecology**, Amsterdam, v. 5, n. 2, p. 93-106, 1991.

PARDINI, R. et al. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: a multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 142, p. 1178-1190, 2009.

_____. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. **Plos One**, San Francisco, v.5, n. 10, p.be13666, 2010.

_____. The role of Forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, Liverpool, n. 124, p. 253-266, 2005.

PHUA, M.-H.; MINOWA, M. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 71, n. 2-4, p. 207-222, 2005.

PONÇANO, W.L. et al. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. 1:1.000.000. São Paulo: IPT, 1981.

PRESSEY, R.L.; POSSINGHAM, H.P.; MARGULES, C.R. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? **Biological Conservation**, Liverpool, v. 76, p. 259-67, 1996.

PREVEDELLO, J.A.; DELCIELLOS, A.C.; VIEIRA, M.V. Homing behavior of *Philander frenatus* (Didelphimorphia, didelphidae) across a fragmented

landscape in the Atlantic Forest of Brazil. **Mastozoologia Neotropical**, San Miguel de Tucumán, v. 16, p. 475-480, 2009.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Planta, 2001. 327p.

RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 7, n. 3, p. 385-403, 1998.

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

RODRIGUES, J.J.S.; BROWN Jr., K.S.; RUSZCZYK, A. Resources and conservation of neotropical butterflies in a urban Forest fragments. **Biological Conservation**, Liverpool, v.64, p.3-9, 1993.

ROSNER, B. **Fundamentals of Biostatistics**. Boston: Duxbury Press, 2006. 876p.

RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, n. 1, v. 1, 2005.

SANTOS, M.F.B.; CADEMARTORI, C.V. Estudo comparativo da avifauna em áreas verdes urbanas da região metropolitana de Porto Alegre, sul do Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v.23, n.1, p. 181-195, 2010.

SANTOS, R.F.; MANTOVANI, W. Seleção de reservas florestais para conservação *in situ* através de indicadores espaciais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 11, n.1, p.91-103, 1999.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Prefeito Faria Lima – Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal. **Política municipal de meio ambiente**. São Paulo: CEPAM, 1991.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA-36, de 18 de julho de 2011. Estabelece os parâmetros para avaliação dos Planos de Ação Ambiental, para o exercício de 2011, no âmbito do Programa Município VerdeAzul, e dá providências correlatas. São Paulo, p. 43-72, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Meio Ambiente Paulista**: relatório de qualidade ambiental. São Paulo: SMA/CPLA, 2010. 224 p.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J. **Nature conservation 2**: the role of corridors. New South Wales: Surrey Beatty & sons; Chipping Norton, 1991.

_____. The role of corridors in conservation: what do we know and where do we go? In: SHAFER, C.L. National park and reserve planning to protect biological diversity: some basic elements. **Landscape Urban**, [S.l.], v. 44, p. 123-53, 1999.

SCHERER, J.F.M.; SCHERER, A.L.; PETRY, M.V. Estrutura trófica e ocupação de hábitat da avifauna de um parque urbano em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n.1, p. 169-180, 2010.

SHAFER, C.L. National park and reserve planning to protect biological diversity: some basic elements. **Landscape Urban**, [S.l.], v. 44, p. 123-53, 1999.

SILVA, J.X.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 2004. 368p.

SILVA, W.G.S. et al. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover at the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 67, p. 403-411, 2007.

SOARES-FILHO, B. S. **Análise da Paisagem**: fragmentação e mudanças. Belo Horizonte: UFMG, 1998. 90p.

SOROCABA (Município). Prefeitura Municipal. Lei nº 8.181, de 05 de junho de 2007. Revisão da Lei 7.122 de 04/6/2004, que instituiu o novo Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial do Município de Sorocaba, e dá outras providências. Sorocaba, 2007.

STROHBACH, M.W.; HAASE, D.; KABISCH, N. Birds and the city: urban biodiversity, land use, and socioeconomics. **Ecology and Society**, Nova Scotia, v. 14, n.2, 31, 2009. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art31/>>. Acesso em: 13/11/2011.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. Áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. In: ARAÚJO, A.F.B. (Ed.) et al. **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

TAMBOSI, L.R. **Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação**: subsídios para a criação da zona de amortecimento. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

TAYLOR, P. D. et al. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, Lund, v. 68, n. 3, p. 571-573, 1993.

TERESA, F.B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Washington, v. 5, n. 3, p. 44-453, 2010.

TONHASCA Jr, A.; ALBUQUERQUE, G.S.; BLACKMER, J.L. Dispersal of euglossine bees between fragments of the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 19, p. 99-102, 2003.

TOPPA, R.H. et al. Mapeamento e caracterização das fitofisionomias da Estação Ecológica de Jataí. In: SANTOS, J.E.; PIRES, J.S.R.; MOSCHINI, L.E. (Org.). **Estudos integrados em Ecossistemas**: Estação Ecológica de Jataí. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

TUBELIS, D.P.; COWLING, A.; DONNELLY, C. Landscape supplementation in adjacent savannas and its implications for the design of corridors for forest birds in the central Cerrado, Brazil. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 118, p. 353-364, 2004.

UEZU, A. **Composição e estrutura da comunidade de aves na paisagem fragmentada do Pontal do Paranapanema**. 2006. 202f. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

UEZU, F.; BEYER, D.D.; METZGER, J.P. Can agroforest woodlots work as stepping Stones for birds in the Atlantic Forest region? **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 17, p. 1907-1922, 2008.

UMETSU, F.; METZGER, J.P.; PARDINI, R. The importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscape: a test with Atlantic Forest small mammals. **Ecography**, Lund, v. 31, p. 359-370, 2008.

VALADÃO, R.M.; FRANCHIN, A.G.; MARÇAL JÚNIOR, O. A avifauna no Parque Municipal Victorio Siquierolli, zona urbana de Uberlândia (MG). **Biotemas**, Florianópolis, v.19, n.1, p. 81-91, 2006.

VALENTE, R.O.A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP**. 2001. 144f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

_____. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG**. 2005. 137f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

_____.; VETTORAZZI, C. A. Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 6, p. 1408-1417, 2008.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian atlantic moist forest. In: SCHELLAS, J.; GREENBERG, R. **Forest patches in tropical landscapes**. Washington: Island Press, 1996.

VIEIRA, M.V. et al. Fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 142, p. 1191-1200, 2009.

WHITCOMB, R.F. et al. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. **Science**, Washington, v. 103, p. 1027-1029, 1976.

WILCOVE, D.S.; McLELLAN, C.H.; DOBSON, A.P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: SOULÉ, M.E. **Conservation Biology**. Sunderland: Sinauer, 1986.

Anexo 1

