



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"

Programa Interunidades

unesp 

Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

LUDMILA ARAÚJO BORTOLETO

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS: ESTUDO
DE CASO DE SOROCABA-SP**



Bauru
2014

LUDMILA ARAÚJO BORTOLETO

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS: ESTUDO
DE CASO DE SOROCABA-SP.**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Área de Concentração Geotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva

Bauru
2014



Bortoleto, Ludmila Araujo.

Análise da Dinâmica de Fragmentos Florestais: Estudo de Caso de Sorocaba-SP / Ludmila Araujo Bortoleto, 2014.

76 f.:Il.

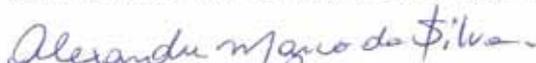
Orientador: Alexandre Marco da Silva

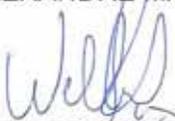
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014

1. Fragmentação Florestal. 2. Métricas da Paisagem. 3. Potencial de Percolação. 4. Sorocaba. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LUDMILA ARAUJO BORTOLETO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 04 dias do mês de junho do ano de 2014, às 14:00 horas, no(a) Sala do Câmpus Experimental de Sorocaba, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALEXANDRE MARCO DA SILVA do(a) Coordenadoria de Curso / Unidade de Sorocaba, Prof. Dr. WELBER SENTEIO SMITH do(a) Departamento de Processos Tecnológicos e Ambientais / Universidade de Sorocaba, Prof. Dr. CASSIO JOSE MONTAGNANI FIGUEIRA do(a) Departamento de Ciências Ambientais/Universidade Federal de São Carlos-Sorocaba, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LUDMILA ARAUJO BORTOLETO, intitulada "ANÁLISE DA DINÂMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS: ESTUDO DE CASO DE SOROCABA-SP". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovada
----- . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. ALEXANDRE MARCO DA SILVA


Prof. Dr. WELBER SENTEIO SMITH


Prof. Dr. CASSIO JOSE MONTAGNANI FIGUEIRA

Aos meus pais Luiz Carlos e Ivone, meu irmão
Pablo, meu marido José Roberto e meu Filho
Vitor pelo amor e constante apoio

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me dar sustento espiritual, saúde e persistência quando me deparei aos obstáculos durante toda essa jornada.

À Unesp, seus funcionários e a todos os professores do Programa de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pelos ensinamentos nesta trajetória.

Ao Professor Dr. Alexandre Marco da Silva pela oportunidade, ajuda, dedicação, disponibilidade e pela contribuição para o enriquecimento de meus conhecimentos e obtenção deste título.

Aos colegas Rafael do Valle Melo pela paciência e auxílio com o aprendizado do software Idrisi, Karen e Renan que compartilharam dessa mesma etapa e despenderam de um pouco de tempo lendo e sugerindo correções para que o trabalho estivesse cada vez melhor.

Aos Professores Dr. Cassio José Montagnani Figueira e Dr. Silvio Jorge Coelho Simões pela participação no exame de qualificação e também pela contribuição com sugestões que foram valiosas para o término deste trabalho.

Ao meu marido José Roberto R. Bortoleto que me encorajou para a entrada no programa e durante todo esse tempo têm me dado apoio e incentivo.

Ao meu filho Vitor que nasceu durante esse período e que veio para me alegrar e me dar forças para seguir em frente para que um dia pudesse lhe mostrar que a história da vida é feita da constante aquisição de conhecimento.

Aos meus pais Luiz e Ivone e meu irmão Pablo que estiveram sempre ao meu lado nos dias de alegrias e angústias, além disso, puderam cuidar do Vitor nos momentos de minha ausência e dedicação aos estudos.

Enfim, a todos que de certa forma colaboraram para a finalização de mais esta etapa de formação acadêmica, o meu muito obrigada.

RESUMO

As mudanças na paisagem causadas por fatores antrópicos geram grandes impactos sobre os ecossistemas. Uma das principais alterações que vem acontecendo é a substituição da vegetação nativa por outras formas de cobertura, resultando num cenário de fragmentação da vegetação natural que resta. Neste trabalho, avaliou-se quantitativamente e qualitativamente os fragmentos florestais remanescentes no município de Sorocaba, utilizando mapas digitais de cobertura da terra de duas épocas (1988 e 2011) gerados a partir de imagens de satélite. As métricas da paisagem como tamanho dos fragmentos, distância entre eles e efeito de borda, foram calculadas. Analisou-se também a qualidade da cobertura da terra conforme a intensidade de uso humano e o potencial de percolação na matriz. Os resultados apresentaram que apesar da alta variação da paisagem, ocorreu um aumento da área de Vegetação Natural Remanescente/Reflorestamento. Houve também um grande aumento da área urbana em 18,1%. O número de fragmentos florestais diminuiu em 161 fragmentos no período. Contudo, notou-se que os fragmentos estão maiores em áreas. A distância entre os fragmentos teve sua maior variação na classe <100m, sugerindo haver uma maior conectividade entre eles. Apesar da proximidade entre os fragmentos, eles estão sob efeito de borda, e a tendência se manteve para o período de estudo. A qualidade da cobertura da terra mostrou que a paisagem do município passou por um processo de transformação induzido por atividades antrópicas. Além disso, o potencial de percolação da classe não habitat revelou dados tabulares que sugerem preocupação com as áreas onde há intensificação de uso humano e, ainda, mapas com regiões importantes que favorecem a recomposição da paisagem. De forma geral, o estudo se torna base para o conhecimento da paisagem local e dá sustentabilidade para a tomada de decisões quanto ao planejamento ambiental e urbano do município de Sorocaba.

Palavras chave: fragmentação florestal, métricas da paisagem, potencial de percolação, Sorocaba.

ABSTRACT

Changes in the landscapes provoked by anthropogenic factors usually cause threat for ecosystems. One important change that has occurring is the replacement of native vegetation by other kinds of land cover, resulting in a fragmentation process of the remaining vegetation. Here we investigated the dynamic of the land cover change, as well as the dynamic of patches of the natural remnant vegetation (NRV) in the Sorocaba municipality - Brazil for a period of 23 years (1988 and 2011) using digital land cover maps, which were generated from satellite images. Several landscape metrics as fragment size, distance between them and also edge effect were calculated. The quality of land use was also analyzed, according to the intensity of human use, and percolation potential in the matrix. The results showed that despite the high variation in the landscape, there was an increase in the area of remaining vegetation. There was also an expressive increase in the urban area 18.1%. The number of forest fragments declined in 161 fragments in the period. However, it was noted that the fragments are denser. The distance among the fragments had a greater variation in class $< 100\text{m}$, suggesting that there was greater connectivity among them. Despite the connectivity among the fragments, they are under edge effect, and the trend continued for the period of study. Through the quality of land use, it was verified that the landscape of the city experimented a process of transformation induced by anthropogenic activities. Moreover, the potential percolation of non habitat area revealed tabular data that suggest concern about areas where there intensification of human use and also maps with important regions that favor the restoration of the landscape. Overall, the study becomes the basis for knowledge of the local landscape and provides sustainability for making decisions about the environmental and urban planning of Sorocaba city.

Key words: forest patching, landscape metrics, percolation potential, Sorocaba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Transições no uso do solo, com consequentes mudanças na cobertura da terra...	16
Figura 3-2. Influência do uso humano na biodiversidade.	17
Figura 3-3. Corredores Ecológicos.....	20
Figura 3-4. Refletância da luz solar na superfície terrestre.....	25
Figura 3-5. Assinaturas espectrais de solo, vegetação e água e as bandas correspondentes...26	
Figura 3-6. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo.....	31
Figura 4-1. Localização da área de estudo.	32
Figura 4-2. Mapa de declividade do município de Sorocaba.	34
Figura 4-3. Mapa pedológico do município de Sorocaba.....	35
Figura 4-4. Mapa de Biomas do Estado de São Paulo, localização do município.	36
Figura 4-5. Hidrografia do município de Sorocaba.....	37
Figura 5-1. Fluxograma das etapas do processo de levantamento e execução gráfica dos mapas.....	38
Figura 5-2. Fluxograma das etapas do processo de tratamento gráfico dos mapas.....	46
Figura 6-1. Mapas de cobertura da terra relativos aos anos de 1988 (superior) e 2011(inferior).	49
Figura 6-2. Mapa de paisagem bimodal, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior).....	52
Figura 6-3. Tamanho dos Fragmentos, anos 1988 (superior) e 2011 (inferior).	54
Figura 6-4. Mapa de distância entre fragmentos, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior)..	56
Figura 6-5. Mapa de qualidade da cobertura da terra de acordo com a intensidade de uso humano, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior).....	58
Figura 6-6. Mapa de potencial de percolação, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior).	61
Figura 6-7. Gráfico em escala Log-Log do efeito de borda em função da área dos fragmentos, anos de 1988 (esquerda) e 2011 (direita).....	62

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 3-1. Métricas da paisagem e seus significados biológicos.	22
Quadro 3-2. Índices para quantificar a estrutura da paisagem.	24
Tabela 3-3. Mapeador temático de bandas espectrais.	27
Tabela 4-1. Nível de fragilidade para declividade.	34
Tabela 5-1. Classificação em função do coeficiente Kappa	40
Tabela 5-2. Classificação do uso da terra de acordo com a intensidade de uso humano.	41
Tabela 5-3. Tabela de valores da multiplicação direta dos dados de potencial de percolação.	43
Tabela 5-4. Valores numéricos e nominais para as diferentes classes de distância.	43
Tabela 5-5. Tabela do cruzamento dos valores nominais atribuídos à distância e a cobertura da terra para o potencial de percolação.	44
Tabela 5-6. Tabela do cruzamento dos valores nominais atribuídos à distância e a qualidade para o estudo de potencial de percolação.	44
Tabela 5-7. Tabela de valores dos dados de potencial de percolação, sendo $Pp = D.(Qt)^2$	45
Tabela 5-8. Tabela do cruzamento dos valores nominais o potencial de percolação.	45
Tabela 6-1. Porcentagens de ocorrência e as transições das classes de cobertura do solo a partir de 1988 (linhas) para 2011 (colunas).	50
Tabela 6-2. Ocorrência dos fragmentos florestais por classe de tamanho em Sorocaba.....	53
Tabela 6-3. Tabela de porcentagem de ocorrência para as classes de distância entre os fragmentos.	55
Tabela 6-4. Tabela de classificação da qualidade do uso da terra de acordo com a intensidade de uso humano e a porcentagem de ocorrência para cada ano.	57
Tabela 6-5. Valores resultantes para o potencial de percolação estabelecido de acordo com as classes de distância e qualidade da cobertura da terra.	59
Tabela 6-6. Porcentagens de ocorrência do potencial de percolação.	60

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS E TABELAS	viii
SUMÁRIO	ix
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Específicos	13
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 Paisagem e cobertura da terra	14
3.2 Alteração da Paisagem	15
3.3 Fragmentos Florestais e o processo de fragmentação da paisagem	17
3.3.1 Fragmentação Florestal e Conservação da Biodiversidade	19
3.4 Descrição e quantificação dos padrões espaciais para estudos sobre a estrutura da paisagem	21
3.5 Análise da paisagem: ferramentas e tecnologias	25
3.5.1 Sensoriamento Remoto	25
3.5.2 Processamento de imagens e análise da paisagem	28
3.6 Evolução da cobertura vegetal do Estado de São Paulo	29
4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
4.1 Informações geográficas	32
4.2 Clima e topografia	33
4.3 Declividade	34

4.4	Solos.....	35
4.5	Vegetação e Hidrografia	36
4.6	Breve Histórico da Região	37
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
5.1	Cobertura da terra	38
5.2	Análise de Indicadores da Paisagem.....	40
5.3	Estudo do Potencial de Percolação na Matriz.....	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
6.1	Cobertura da terra	47
6.2	Paisagem Bimodal (habitat/não-habitat).....	51
6.3	Tamanho de Fragmentos.....	53
6.4	Distância entre os fragmentos.....	55
6.5	Qualidade da cobertura da terra	57
6.6	Potencial de Percolação na matriz	59
6.7	Efeito de Borda	62
7	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	APÊNDICES	72

1 INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos naturais vem causando a degradação dos ecossistemas de várias formas e intensidades. Sendo assim, uma questão natural que surge é: as alterações na cobertura da terra causadas pelo uso do solo vêm degradando o ambiente suficientemente para prejudicar os serviços do ecossistema, bem-estar humano, bem como a sustentabilidade das sociedades humanas a longo prazo? (FOLEY et al., 2005). Os próprios pesquisadores que fizeram esta pergunta, além de outros (FRANKLIN e FORMAN, 1987; BRINK e EVA, 2009; ARMESTO et al., 2010, STERLING et al., 2013) sugerem uma resposta afirmativa a esta questão.

Uma das principais consequências da mudança da cobertura da terra é o processo de fragmentação florestal. Por sua vez, a análise desse processo de fragmentação permite obter informações que apoiem e direcionem possíveis trabalhos de conservação em áreas onde a cobertura vegetal nativa foi modificada por fatores antrópicos (SILVA et al., 2008).

Em particular, levantamentos para estudo da cobertura da terra são necessários para fins de planejamento. Os produtos deste trabalho, geralmente mapas, podem ser gerados a partir da utilização de imagens feitas por satélites, associados às técnicas de interpretação (PEREIRA et al., 1989). As vantagens de se utilizar dados de sensoriamento remoto em levantamentos sobre a cobertura da terra, além de proporcionar ações de monitoramento, permite analisar grandes áreas, de difícil acesso e também em regiões de altitudes elevadas. Possibilitando assim, uma visão analítica da superfície terrestre. Além disso, a repetitividade de imageamento torna-se um fator importante nessas ações de monitoramento (FREITAS FILHO e MEDEIROS, 1993).

O uso de imagens de satélite como base cartográfica é um método muito promissor, devido à facilidade de acesso deste tipo de informação, atualmente com baixo custo para os

usuários, repetitividade de aquisição de informações e fornecimento de dados importantes sobre a dinâmica da paisagem (SANTOS et al., 1993).

O conhecimento atualizado da cobertura da terra, em particular as proporções de distribuição de áreas ocupadas por vegetação natural remanescente, atividades antrópicas, como as agrícolas, de mineração ou mesmo expansão urbana, se tornam cada vez mais necessárias na análise de planejamentos futuros para os municípios. Desse modo, existe a necessidade da constante atualização desses registros (ANDRADE et al., 2009).

O município de Sorocaba-SP possui expressiva participação na economia paulista e brasileira e apresentou, no período 2000-2010, taxa geométrica de crescimento anual de 1,7%, a qual ficou acima da média estadual para o mesmo período (1,1%) (SPDR, 2012). Apesar desta notória importância, devido ao fato do setor industrial ser expressivo, há ainda uma carência de estudos ambientais sobre a fragmentação da vegetação natural na paisagem local. Os dados levantados em trabalhos desta natureza poderiam prestar efetiva colaboração no planejamento de uso e ocupação da terra.

Neste trabalho parte-se do pressuposto de que as atividades antrópicas causam, com o tempo, mudanças na cobertura da terra e que tais mudanças acarretam modificações na estrutura da vegetação natural remanescente da paisagem local. Como em Sorocaba esta hipótese ainda está longe de ser confirmada ou derrubada e para colaborar no conhecimento da dinâmica da cobertura da terra local, o propósito maior deste trabalho é investigar, de forma comparativa, a evolução da cobertura da terra em dois períodos e como esta evolução vem influenciando a estrutura da vegetação natural remanescente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição espacial dos fragmentos de vegetação natural em duas épocas (1988 e 2011) e levantar alguns indicadores relacionados com a estrutura e a qualidade da paisagem no município de Sorocaba/SP.

2.2 Específicos

Representar espacialmente a distribuição dos remanescentes de vegetação natural/reflorestamento no município de Sorocaba. Para isso tornou-se necessário:

- Desenvolver do mapa de cobertura da terra para o ano de 2011 que permitiu o estudo comparativo e evolutivo das classes com o mapa de 1988;
- Analisar, através de mapas bimodais da paisagem, os ambientes de habitat e não habitat e também extrair deste os remanescentes de vegetação natural/reflorestamento;
- Classificar os fragmentos quanto ao tamanho;
- Quantificar o número de fragmentos existentes;
- Calcular a distância entre os fragmentos;
- Avaliar a qualidade da cobertura da terra de acordo com a intensidade de uso humano;
- Obter o potencial de percolação em áreas situadas entre os fragmentos;
- Analisar a situação dos fragmentos quanto à forma e o efeito de borda.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Paisagem e cobertura da terra

A paisagem pode ser considerada uma unidade espacial estabelecida entre sociedade e natureza, cuja heterogeneidade é modificada, produzindo uma configuração de fragmentação ou conexão entre seus elementos. (GOERL et al., 2011). Desde o século XIX o tema das relações sociais e naturais em um determinado espaço, o qual compõe o conceito de paisagem, vem sendo discutido. Ainda segundo o mesmo autor, dentro das múltiplas abordagens geográficas, o termo paisagem sofre influências culturais entre os geógrafos, podendo ser diferenciado entre paisagem natural e cultural (SCHIER, 2003).

A paisagem natural refere-se aos elementos físicos e biológicos, como terreno, vegetação, rios e lagos, enquanto que a paisagem cultural é formada pelo conjunto de modificações feitas pelo homem no espaço em que vive. Dessa forma, a paisagem é entendida como a expressão material da interação dinâmica e complexa de fatores naturais e culturais de um determinado lugar, levando em consideração a configuração social e os processos naturais e humanos (PINTO-CORREIA e KRISTENSEN, 2013).

Bertrand (1972) define a paisagem como a relação da sociedade e natureza em uma só entidade. Além disso, conceitua o termo paisagem como uma determinada porção do espaço, que resulta da relação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos. Estes elementos reagem entre si mutuamente, formando um conjunto único e indissociável, em constante evolução.

Atualmente a análise da paisagem possui uma abordagem metodológica, que parte do pressuposto de que as estruturas, tanto de uso antrópico como biológico, estão integradas, sendo que os recursos naturais (geológicos, pedológicos, hidrológicos e climatológicos)

também fazem parte do sistema, ILA (Integrated Landscape Analysis) (FERNANDES e GRACINHAS, 2013).

Já para Zonneveld (1989), a paisagem está relacionada à cobertura da terra, sendo conceituada como uma porção da superfície terrestre caracterizada por um sistema complexo formado pelas atividades das rochas, água, ar, plantas, animais e o homem.

Nesse contexto, a paisagem assume um papel importante dentro da análise espacial. Dessa forma, a paisagem torna-se um importante conector entre seus elementos naturais de formação e suas dinâmicas condicionadas pelas intervenções do homem (SEABRA e CRUZ, 2013).

Com base em tais definições, o estudo de paisagem torna-se relevante, pois permite compreender as mudanças ocorridas no espaço geográfico, causadas por ações e intervenções antrópicas ou naturais (SEABRA e CRUZ, 2013).

A análise da paisagem torna-se complexa devido à enorme diversidade de fatores e as diferentes ocorrências tanto no âmbito espacial como no temporal. Para que tais análises sejam viáveis, é importante organizar a paisagem de forma a estruturá-la em um conjunto de características que possam ser averiguadas individualmente, como: área, forma e disposição espacial. Tendo como exemplo de disposição espacial: grau de proximidade e de fragmentação das unidades de paisagem, sendo estas representantes de cada tipo de componente da paisagem, tais como unidades de recobrimento, uso do território, ecossistemas e tipos de vegetação (METZGER, 2001).

Portanto a análise da estrutura da paisagem é fundamental para designar a sua configuração, que corresponde à estrutura espacial das unidades do mosaico, auxiliando na compreensão de impactos e alterações antrópicas em processos de origem natural (LANG e BLASCHKE, 2009).

Os estudos em Ecologia de Paisagens, em geral, 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 recobrimdo a maior parte da paisagem.

3.2 Alteração da Paisagem

A intervenção humana, ou seja, as ações antrópicas, tem um efeito desestabilizador sobre os ecossistemas naturais, perturbando seu equilíbrio dinâmico. Atualmente vêm ocorrendo alterações nas florestas mundiais, dentre elas, destaca-se a supressão da vegetação

remanescente, resultando não raramente em fragmentos florestais de tamanhos progressivamente menores e formas complexas. Estes fragmentos estão sendo isolados por áreas tomadas pelo desenvolvimento agrícola, industrial e urbano. Podemos notar na Figura 3-1 que assim como nas transições demográficas e econômicas, as sociedades também parecem seguir uma sequência de diferentes regimes de uso do solo: de vegetação natural pré-colonizada para a abertura de clareiras e expansão de fronteiras. Em seguida, há a tendência de transição para a agricultura de subsistência e pequenas propriedades. Geralmente, o próximo passo é a agricultura intensiva, seguido pelo surgimento de áreas urbanas, e “áreas verdes” protegidas para fins de conservação e/ou de lazer (FOLEY et al., 2005).

Diferentes partes do mundo estão em diferentes fases de transição, dependendo de sua história, condições sociais e econômicas, e contexto ecológico. Além disso, esta linha teórica de evolução do uso do solo não é uniforme ou unânime em escala global. Ao contrário, alguns lugares permanecem estagnados num determinado estágio por um longo período de tempo, enquanto que outros sofrem alterações de forma rápida entre as fases (FOLEY et al., 2005). Adicionalmente, hoje em dia em algumas áreas, as atividades de recuperação ambiental têm aumentado expressivamente.

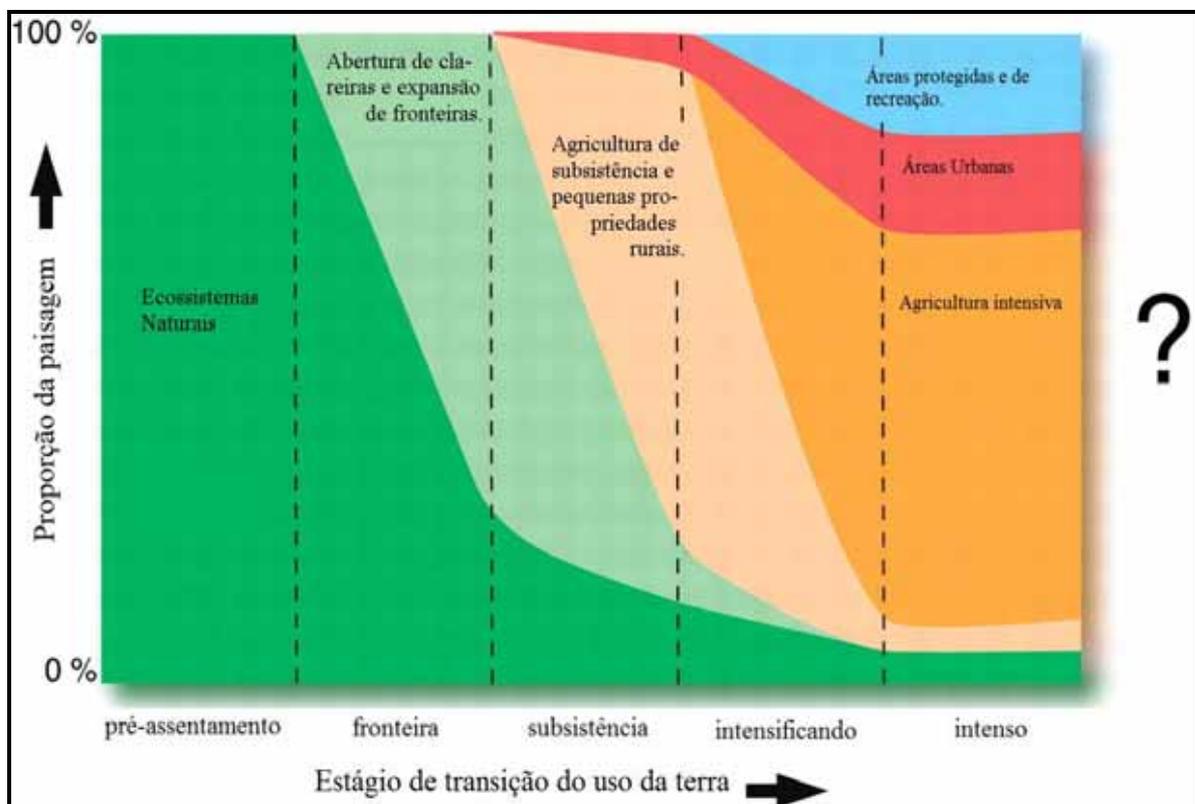


Figura 3-1. Transições no uso do solo, com consequentes mudanças na cobertura da terra (FOLEY et al., 2005, adaptado).

Como a alteração da paisagem está ligada a fatores antrópicos, pode-se dizer que a qualidade da cobertura da terra está relacionada com a intensidade de uso humano. Além disso, a intensidade de uso humano pode diferenciar categorias de cobertura da terra quanto à qualidade (SCHNEIDERS et al., 2012). Nesse trabalho os autores classificam e atribuem valores numéricos (notas) às categorias de cobertura da terra de acordo com a intensidade de uso ou intervenções ocasionadas por humanos. O maior valor é atribuído para amplas estruturas, como construções e grandes infraestruturas urbanas. Valores intermediários são atribuídos a áreas verdes rasteiras, como gramado ou pastagem, por exemplo, e também áreas de agricultura. Os menores valores, porém melhores em qualidade, são atribuídos às áreas de vegetação nativa e de proteção ambiental, como o caso das zonas ripárias. Além disso, o autor conclui que a intensificação do uso do solo leva a uma diminuição da biodiversidade, conforme Figura 3-2 (SCHNEIDERS et al., 2012).

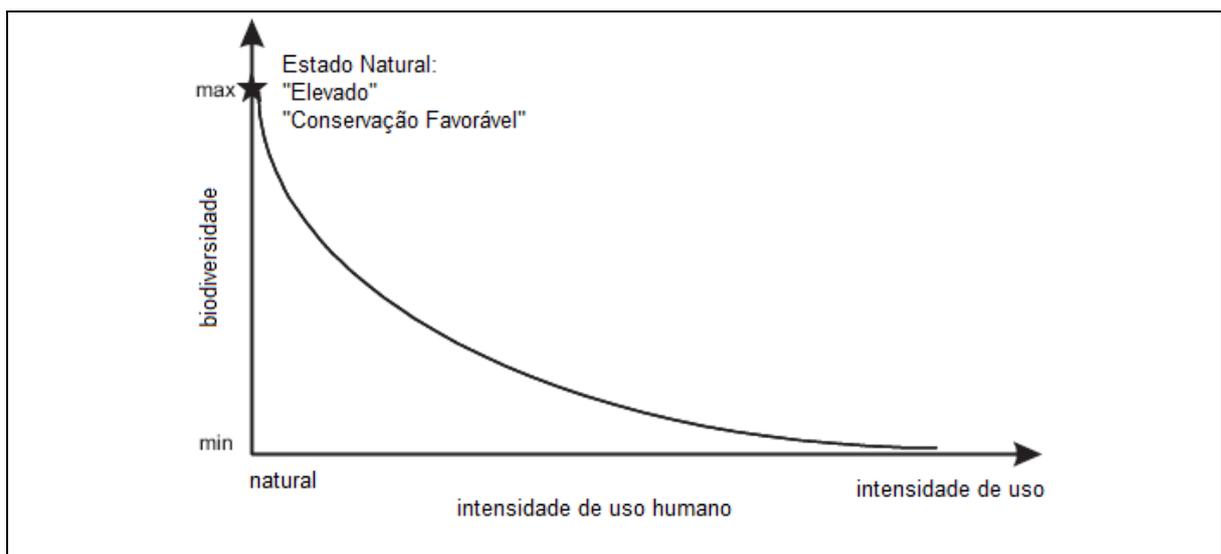


Figura 3-2. Influência do uso humano na biodiversidade (SCHNEIDERS et al., 2012, adaptado).

3.3 Fragmentos Florestais e o processo de fragmentação da paisagem

Devido às atividades antrópicas, a estrutura da paisagem torna-se modificada, resultando em mudanças de sua composição e também na diversidade de suas comunidades biológicas, acarretando, portanto, a fragmentação do habitat (LORD e NORTON, 1990; METZGER, 2003a).

A conectividade entre habitats significa a capacidade de uma paisagem facilitar os fluxos genéticos entre os seus elementos bióticos (PRINGLE, 2003). Portanto, um dos aspectos mais

marcantes da alteração ambiental causada pelo homem tem sido a ruptura da conectividade dos ambientes naturais (METZGER, 2003b). Dessa maneira, a fragmentação é resultante de um mosaico de superfícies com características distintas, que influenciam na qualidade da paisagem.

Fragmento florestal é um dos elementos integrantes da paisagem. É definido como uma área de vegetação natural, onde a continuidade foi interferida por barreiras antrópicas (estradas, culturas agrícolas, etc.) ou naturais (lagos, outras formações vegetais, etc.) (VIANA, 1990).

O tamanho e a forma dos fragmentos são elementos fundamentais dos padrões espaciais que interferem diretamente no funcionamento de uma paisagem (TURNER, 1989). Alguns fragmentos podem se tornar pequenos demais para sustentar populações de determinadas espécies e, conseqüentemente, prover recursos para outras espécies, afetando toda a rede de interações (CHIARELLO, 1999). Uma vez alterada a matriz de vegetação nas quais os fragmentos estão imersos, pode haver redução no movimento ou migração de espécies entre fragmentos, acarretando problemas na dispersão de material genético, com possível comprometimento da sustentabilidade de várias espécies. Desta forma, as populações ficam mais suscetíveis à extinção local devido a fatores genéticos, demográficos e estocasticidade ambiental, além das profundas alterações nos processos de predação, competição e parasitismo (FONSECA e ROBINSON, 1990 *apud* CHIARELLO, 2000).

No mais, populações de pequenos fragmentos passam a serem influenciadas por forças externas, como a invasão de espécies exóticas, exposição a herbicidas/pesticidas dos campos adjacentes e o aumento de queimadas, dentre outros fatores (CHIARELLO, 2000). Estes fatores em conjunto proporcionam a gradativa perda da biodiversidade (FAHRIG, 2003).

Em se tratando de fatores que segregam a paisagem causando a sua fragmentação, a influência das atividades humanas, o desmatamento e a degradação de habitats florestais através da intensa urbanização, e diversos tipos de construções, inclusive de estradas, estão sendo fatores de principal ocorrência (MATTHEWS et al. 2000, FORMAN et al. 2002).

Viana et al. (1992) identificaram em seus estudos que os fragmentos florestais (áreas de vegetação natural), quando influenciados por barreiras antrópicas ou naturais, sofrem expressiva interferência no fluxo de animais, no tipo de vizinhança, no grau de isolamento, no tamanho e na forma. Dessa forma, as áreas mais afetadas devem ser alvo de pesquisas e desenvolvimento de medidas de manejo, para que a sustentabilidade seja mantida ao longo do tempo e para que haja a conservação dos recursos florestais.

3.3.1 Fragmentação Florestal e Conservação da Biodiversidade

A fragmentação florestal é atualmente uma das principais consequências do elevado nível de perturbações antrópicas nos ecossistemas naturais. Diante desse contexto, a conservação da biodiversidade representa um enorme desafio para tornar possível a sustentabilidade de cada um dos fragmentos (VIANA e PINHEIRO, 1998). A gestão política e os pesquisadores, atualmente, enfrentam os desafios de manter a biodiversidade de forma eficiente em ambientes onde os recursos são limitados para a conservação da natureza e os benefícios da biodiversidade. Com isso, a análise espacial desempenha um papel vital na identificação de áreas-chave para a conservação e o estabelecimento de prioridades de conservação.

Neste contexto, pesquisadores vêm mostrando o interesse pelo estudo das consequências da fragmentação florestal sobre a conservação da biodiversidade (FRANKLIN e FORMAN, 1987; VIANA, 1990; GRADWOHL e GREENBERG, 1991; VIANA et al., 1992; SCHELLAS e GREENBERG, 1996; LAURANCE, 1997).

Os principais fatores que afetam a dinâmica dos fragmentos florestais são tamanho, forma, grau de isolamento e tipo de vizinhança (VIANA et al., 1992). Por sua vez, a fragmentação florestal acarreta uma série de consequências, tanto bióticas quanto abióticas, na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Entre as consequências de origem biótica, podem-se citar a perda da biodiversidade microbiológica do solo, da flora e da fauna, a perda da diversidade e fluxo genético, a redução da densidade ou abundância, a alteração da estrutura da vegetação e a maior possibilidade de ocorrência de espécies invasoras, entre outros. Esses danos podem ocorrer para uma espécie em particular ou mesmo para uma comunidade como um todo. Podem, inclusive, provocar a modificação ou, até, a eliminação das relações ecológicas originalmente entre as espécies vegetais, os polinizadores e os dispersores (BORGES et al., 2004).

Entre as consequências de origem abiótica podem-se citar as alterações de algumas variáveis relacionadas ao microclima, como a umidade do ar, temperatura e radiação solar, particularmente nas bordas dos fragmentos, que ficam mais sujeitas à exposição solar, aumento dos riscos de erosão, assoreamento dos cursos d'água e redução gradativa dos recursos hídricos, pela menor capacidade de retenção de água das chuvas no solo, maior velocidade de escoamento destas e também maior evapotranspiração (BORGES et al., 2004; STERLING et al., 2013).

Essas mudanças alteram a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas. Por exemplo, podem interferir nas taxas de mortalidade e natalidade de diferentes espécies. Além disso, também podem atrair patógenos, sofrer incêndios e mudanças microclimáticas. As evidências científicas sobre esse tipo de processo têm aumentado nos últimos anos (SCHELLAS e GREENBERG, 1996; LAURANCE, 1997).

De maneira geral, através da análise de mapeamentos, realizados com dados de sensores orbitais de diferentes épocas, ferramentas de geoprocessamento, análises estatísticas e mapeamentos de uso e cobertura da terra, é possível obter a evolução e dinâmica da fragmentação da paisagem e com isso avaliar o grau de fragmentação ou conectividade (GOERL et al., 2011; CALEGARI et al., 2010).

Para que haja uma nova conexão entre os fragmentos é preciso promover áreas de vegetação que formem ligações entre eles (Figura 3-3), usualmente denominados corredores. Fragmentos menores e próximos entre si, além de faixas estreitas de vegetação natural, podem formar corredores ecológicos. O conceito de corredor é derivado das teorias da biogeografia de ilhas e da teoria de metapopulação na década de 1970 (ODUM e BARRETT, 2006). Este conceito é bastante utilizado na gestão do uso do solo, conectando manchas de habitat isoladas e promovendo a diversidade de espécies. Além disso, estudos mostram que os corredores aumentam as taxas de colonização e resgatam populações da extinção (HILTY et al., 2006; DAMSCHEN, 2013). Os diferentes tipos de propostas para ligação dos fragmentos através de corredores ecológicos podem ser vistos na Figura 3-3.

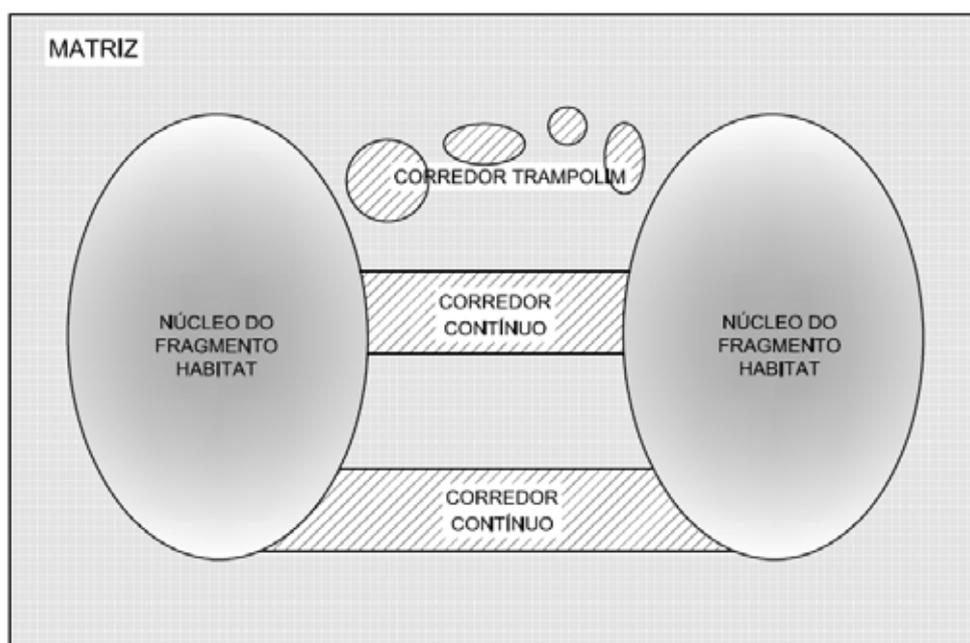


Figura 3-3. Corredores Ecológicos (HILTY et al., 2006, adaptado).

Nota: Representação gráfica de dois fragmentos de vegetação (habitat), ligados por dois corredores contínuos e um corredor trampolim.

3.4 Descrição e quantificação dos padrões espaciais para estudos sobre a estrutura da paisagem

A estrutura da paisagem pode ser definida pela área, forma e disposição espacial da própria paisagem e dos principais elementos que a formam. Um exemplo é o grau de proximidade e de fragmentação das unidades de paisagem. As variáveis representam cada tipo de componente da paisagem, tais como unidades de recobrimento e uso do território, ecossistemas e tipos de vegetação (ZONNEVELD, 1989; METZGER, 2001). Sua análise é fundamental para designar a sua configuração, que corresponde à estrutura espacial das unidades do mosaico, auxiliando na compreensão de impactos e alterações antrópicas em processos de origem natural (LANG e BLASCHKE, 2009).

Com base nos padrões espaciais da paisagem, a ecologia da paisagem tem discutido as melhores formas de planejamento de áreas de conservação para a proteção da diversidade biológica, a fim de se compreender a influência da composição da estrutura das paisagens nos processos ecológicos (METZGER, 2003b). Dentro desse viés, por haver uma relação entre os padrões espaciais e os processos ecológicos, dentro da ecologia de paisagem, é necessário quantificar esses padrões espaciais (METZGER 2003a). Sendo assim, uma das formas de quantificação é através da utilização das chamadas métricas da paisagem.

As métricas da paisagem podem ser de composição, que indicam quais unidades estão presentes na paisagem, como por exemplo, riqueza de unidades e área ocupadas por ela, permitindo inferir sobre o grau de dominância espacial. Ou ainda, parâmetros de disposição, que vão quantificar o arranjo espacial dessas unidades.

Algumas das métricas mais utilizadas em se tratando de disposição são o grau de fragmentação, a frequência de contato entre as diferentes unidades, o grau de isolamento e a conectividade de manchas de unidades semelhantes, área, formato e complexidade de formato das manchas que compõe a paisagem (METZGER, 2003a). No Quadro 3-1 estão relacionadas tais métricas da paisagem junto com seus significados biológicos.

Quadro 3-1. Métricas da paisagem e seus significados biológicos.

MÉTRICA	SIGNIFICADO BIOLÓGICO
Diversidade espacial e composição da paisagem	Há uma relação entre diversidade da paisagem e diversidade de espécies. A partir desta consideração, pode-se dizer que uma maior subdivisão da paisagem em pequenos fragmentos leva a convergência espacial de recursos biológicos, ou seja, uma maior complementação da paisagem. Estudos atuais mostram que as paisagens mais diversificadas favorecem o desenvolvimento de espécies generalistas, predadoras e parasitas, e aumentam assim indiretamente a mortalidade de espécies sensíveis à fragmentação. Por outro lado, uma maior homogeneidade pode favorecer espécies que necessitam de amplas áreas de habitat interno, ou seja, espécies sensíveis à fragmentação.
Fragmentação	Reduz e isola as populações causando extinções.
Área do fragmento	Relação entre área do fragmento e riqueza da espécie. Pode levar a diminuição da relação entre a área mínima necessária para a sobrevivência das populações e a área do fragmento; redução da heterogeneidade interna do hábitat; aumento da área sob efeito de borda; diminuição dos recursos e intensificação das competições intra e interespecíficas; e ainda extinção de espécies dependentes.
Isolamento	Reduz a taxa de imigração, agindo negativamente na riqueza da espécie.
Conectividade	Os corredores, ou a conectividade, são importantes por serem essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem, facilitando fluxos biológicos. Isto permite reduzir os riscos de extinção local e favorece as recolonizações, aumentando a sobrevivência das metapopulações.
Forma do fragmento	A forma permite estimar a proporção do fragmento submetido aos “efeitos de borda”, que se caracterizam por uma maior diversidade e densidade de espécies, maior exposição as perturbações externas e maior produtividade biológica.

Fonte: (METZGER, 2003a, adaptado).

Com relação à fragmentação pode se dizer que a proximidade entre os fragmentos remanescentes, assim como os elementos de conexão e a matriz, determinam o grau de conectividade estrutural da paisagem (METZGER e DÉCAMPS, 1997).

A fragmentação de habitats, além de causar isolamento entre os remanescentes da vegetação, cria bordas abruptas entre esses remanescentes e o entorno desmatado, aumentando em muito os “efeitos de borda”, caracterizados pelas alterações no microclima e no solo das bordas. (MURCIA 1995; FOX et al. 1997; FAHRIG 2003).

Portanto, para fins de estudos da fragmentação florestal, propostos neste trabalho serão estudadas as seguintes métricas da paisagem: fragmentação, isolamento, borda, conectividade e percolação. O Quadro 3-2, apresenta o significado espacial e os métodos utilizados para o cálculo de tais métricas.

Quadro 3-2. Índices para quantificar a estrutura da paisagem.

ÍNDICE	COMO CALCULAR	SIGNIFICADO ESPACIAL	REFERÊNCIAS
Fragmentação <ul style="list-style-type: none"> • Número de fragmentos 	<p>Número de fragmentos de uma paisagem. Numa imagem matricial (formato “raster”), os fragmentos ou polígonos podem ser definidos por pixels de uma mesma unidade unidos: i) por contatos ortogonais (unicamente); ii) ou por contatos ortogonais e/ou diagonais. Esta última regra é a mais usada nos trabalhos de ecologia da paisagem.</p> <p>É a distância mais curta do fragmento “f” estudado ao fragmento mais próximo. As distâncias são sempre medidas entre os pontos mais próximos dos dois fragmentos.</p>	<p>Índice mais simples para medida da fragmentação, i.e. do grau de ruptura de uma determinada unidade. Os valores deste índice dependem da área da paisagem.</p>	<p>Romme (1982); Burkey (1989); Kleinn et al. (1993) <i>apud</i> (METZGER, 2003a).</p>
Isolamento	<p>Número de interfaces horizontais ou verticais entre pixels da unidade.</p>	<p>Medida simples de distância.</p>	<p>Van Apeldoorn et al. (1992) <i>apud</i> (METZGER, 2003a).</p>
Bordas	<p>É o número de dilatações de uma unidade para se obter um estado de percolação de áreas de interior. As dilatações são transformações morfológicas matemáticas (Serra, 1982) que permitem expandir um determinado tema.</p>	<p>É um índice de intensidade de contato entre duas unidades da paisagem.</p>	<p>Gardner et al. (1987); Turner (1987) <i>apud</i> (METZGER, 2003a).</p>
Conectividade <ul style="list-style-type: none"> • Percolação de Habitat de Interior 	<p>Mede o grau de conexão das manchas de uma determinada unidade. Quanto maior IHP, menor a conectividade da paisagem.</p>		<p>Metzger e Décamps (1997)</p>

Fonte: (METZGER, 2003a, adaptado)

3.5 Análise da paisagem: ferramentas e tecnologias

3.5.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é uma modalidade de tecnologia desenvolvida para a obtenção de informações de objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Fazem parte das atividades do sensoriamento remoto: detecção, aquisição e análise (extração e interpretação de informações) da radiação eletromagnética. Atualmente, os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, mapeamento e monitoramento de recursos naturais (MORAES, 2002).

A intensidade e o espectro eletromagnético refletido/emitado pelos objetos terrestres dependem de sua interação com a radiação eletromagnética proveniente principalmente do Sol e de sua temperatura (LILLESAND et al., 2004). A Figura 3-4 esquematiza os fenômenos gerais de interação da luz solar quando atinge a superfície da Terra. Por sua vez, essa interação é determinada pelas propriedades físico-químicas e biológicas de cada objeto, ou seja, a resposta espectral é geralmente diferente entre objetos distintos (BARRETT e CURTIS, 1999).

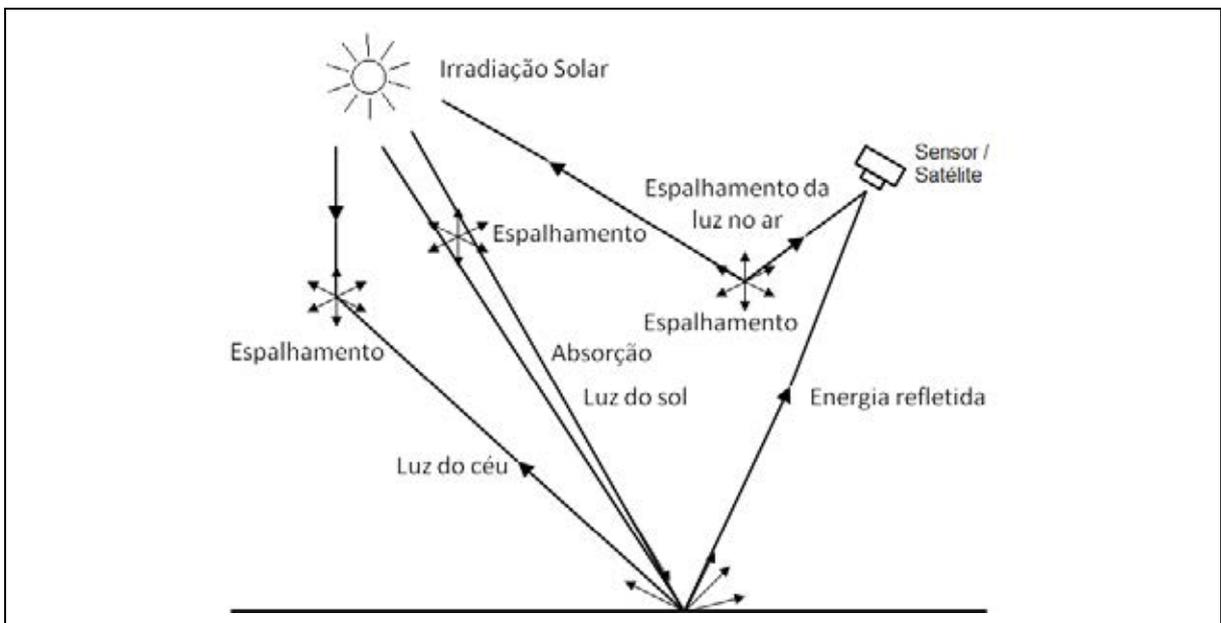


Figura 3-4. Refletância da luz solar na superfície terrestre (BARRETT e CURTIS, 1999, adaptado).

Há diferenças expressivas entre os espectros de refletância da vegetação, dos corpos d'água e dos solos (Figura 3-5) (SIEGMUND e MENZ, 2005). Pode-se notar que a vegetação reflete mais energia eletromagnética na faixa do infravermelho (na faixa de 0,7 a 1,3 μm), se diferenciando dos demais objetos. Já os solos possuem um espectro de refletância de forma mais contínua ao longo de toda a faixa espectral (0,4 a 2,5 μm), em comparação ao da vegetação. A água limpa reflete pouca energia na região do visível e praticamente nenhuma energia na região do infravermelho (Figura 3-5). Por outro lado, a água turva, ou seja, com sedimentos em suspensão ou poluída, possui um espectro de refletância, não mostrado na Figura 3-5, mais intenso do que para a água limpa, na região do visível (FLORENZANO, 2004).

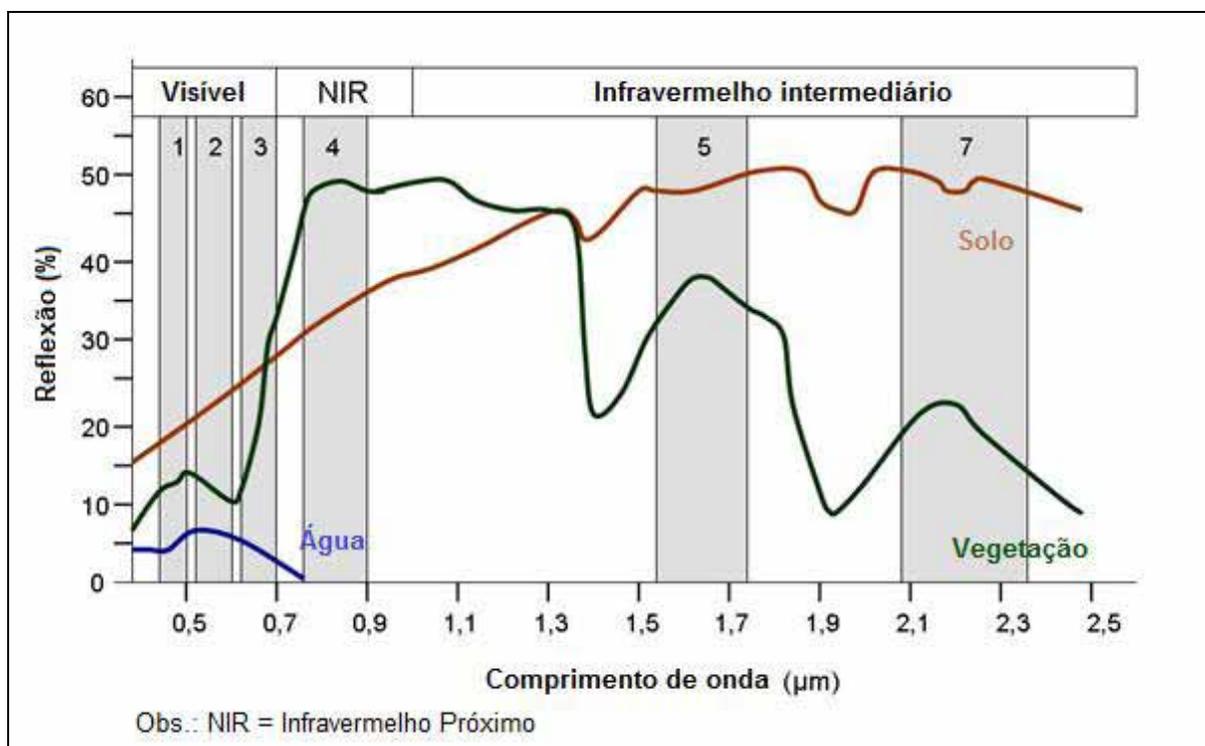


Figura 3-5. Assinaturas espectrais de solo, vegetação e água e as bandas correspondentes (SIEGMUND e MENZ, 2005, adaptado).

Dessa forma, o espectro eletromagnético refletido e emitido pelos objetos terrestres pode ser usado como base de dados para o processo de sua identificação, através de sensores remotos instalados em satélites artificiais (MORAES, 2002; FLORENZANO, 2004). Este princípio de identificação é denominado de sensoriamento remoto.

Para identificação correta e precisa dos alvos são detectadas e analisadas bandas específicas do espectro eletromagnético (Figura 3-5). Para o caso do satélite Landsat 5.0 (sensor TM), são encontradas 7 bandas. Para entender melhor as bandas do sensor TM, a

Tabela 3-3, ilustra as propriedades captadas em cada faixa espectral, relacionando com cada uma das bandas e suas principais aplicações no sensoriamento remoto.

Tabela 3-3. Mapeador temático de bandas espectrais.

BANDAS ESPECTRAIS LANDSAT 5 TM	FAIXA ESPECTRAL, COMPRIMENTO DE ONDA (μm)	LOCALIZAÇÃO ESPECTRAL NOMINAL	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Banda 1	0,45 – 0,52	Azul	Projetado para penetração de corpo d'água, tornando-o útil para o mapeamento de águas costeiras. Útil também para a discriminação do solo/vegetação, tipo florestal, mapeamento e identificação de características culturais.
Banda 2	0,52 – 0,60	Verde	Concebido para medir o pico de refletância verde da vegetação, para a discriminação da vegetação e avaliação de seu vigor. Também é útil para a identificação de características culturais.
Banda 3	0,63 – 0,69	Vermelho	Projetado para sentir em uma região de absorção de clorofila auxiliando na diferenciação de espécies de plantas. Também é útil para a identificação de características culturais.
Banda 4	0,77 – 0,90	Infravermelho próximo	Útil para determinar os tipos de vegetação, vigor, e conteúdo de biomassa, para delinear corpos de água, e para a discriminação de umidade do solo.
Banda 5	1,55 – 1,75	Infravermelho médio	Indicada identificar o teor de umidade da vegetação e do solo. Também é útil para a diferenciação de neve a partir de nuvens.
Banda 6	10,40 – 12,50	Infravermelho termal	Útil na análise de estresse da vegetação, discriminação da umidade do solo e aplicações de mapeamento térmico.
Banda 7	2,09 – 2,35	Infravermelho médio	Útil para discriminação de minerais e rochas. Também sensível ao teor de umidade da vegetação.

Fonte: (LILLESAND et al., 2004, adaptado).

Comparando as informações dispostas na Figura 3-5 e na Tabela 3-3, observa-se que é possível a análise dos elementos da superfície terrestre ao construir um mapa que compile as curvas espectrais destes elementos com as bandas espectrais obtidas a partir do satélite LandSat, sensor TM. Este tipo de mapa representa a cobertura da terra. Nas últimas décadas, estes mapas têm sido utilizados para inferir sobre diversos temas socioambientais e para analisar os diversos usos da superfície do planeta, como por exemplo, o uso da terra para análise da dinâmica dos fragmentos florestais, objeto de estudo deste trabalho.

3.5.2 Processamento de imagens e análise da paisagem

Estudos de análise de fragmentos florestais por meio de sensoriamento remoto são feitos principalmente com o objetivo de se obter informações que sustentem possíveis planos de conservação, em áreas onde a cobertura vegetal nativa foi aos poucos sendo reduzida restando pequenos remanescentes florestais (METZGER, 2003b). As informações dos objetos que compõem a superfície terrestre, através do sensoriamento remoto, são registradas por sensores remotos. Produtos estes, que são apresentados como imagens em papel (analógicos) ou em meio digital mono espectral (MORAES, 2002).

Além disso, o sensoriamento remoto é uma ferramenta útil para extrair informações sobre o meio ambiente, como, a cobertura do solo, cobertura da terra, distribuição de vegetação e a caracterização hidrográfica através de mapeamento, descrição e análise da morfologia da paisagem (PATINO e DUQUE, 2012).

Há também estudos de análise dos potenciais de aplicações de sensoriamento remoto em pesquisa ambiental urbana. Como no exemplo de Miller e Small (2003), eles mostraram que os dados detectados remotamente poderiam ser utilizados para obter medições consistentes internamente de propriedades físicas a um custo menor do que a de medições *in situ*.

Estudos de sensoriamento remoto para detecção da dinâmica de uma paisagem envolvem uma série de etapas sequenciais: pré-processamento de dados, aquisição e/ou aperfeiçoamento de mapas, análise e avaliação da imagem e de dados (KENNEDY et al., 2009).

Os mapas são obtidos através da classificação de imagens de satélite. Para isso é muito importante o cuidado com a legenda (varia de acordo com o objetivo do estudo) e a validação do mapeamento de campo (METZGER, 2003a).

Dentro desse viés, as métricas, ou seja, variáveis a serem quantificados na ecologia da paisagem, em conjunto com o sensoriamento remoto e os procedimentos estatísticos espaciais, formam as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento deste estudo.

O mapa obtido a partir das etapas de classificação de uma imagem de satélite poderá ter as categorias de legenda (onde são mostradas quais são as classes de cobertura ocorrentes no mapa) que o usuário desejar, embora existam alguns trabalhos que visam estabelecer uma padronização e hierarquia de classes (IBGE, 2013). Por sua vez, em estudos de ecologia da paisagem, não raramente os mapas de cobertura passam por uma etapa de simplificação, onde todas as categorias geradas pela ação antrópica são classificadas como “não habitat”, constituindo áreas usualmente de baixo valor para a manutenção da biodiversidade dentro dos padrões originalmente conhecidos. Por sua vez, as áreas classificadas dentro da categoria vegetação (podendo ser, por exemplo, vegetação natural remanescente) são reclassificadas como “habitat”, por conferirem algum valor para a manutenção da biodiversidade. Estes são os chamados mapas bimodais (SILVA, 2004).

3.6 Evolução da cobertura vegetal do Estado de São Paulo

As mudanças na cobertura vegetal nativa podem ser consideradas como um indicador ambiental, pois representam a dinâmica de exploração dos recursos naturais e, de maneira geral, das atividades antrópicas, refletindo os padrões de evolução do uso e ocupação do solo.

No Estado de São Paulo, a cobertura florestal nativa, estimada em 81,8% do território em situação primitiva, decaiu progressivamente para cerca de 29,26% do território em 1962. No período de 1962 a 1992, os remanescentes de vegetação natural localizados no estado de São Paulo tiveram um decréscimo de 46%, retomando o seu crescimento entre 1992 e 2001, quando houve um acréscimo de apenas 3,80% dessa vegetação, Figura 3-6 (KRONKA et al., 2005). Em 2001, o estado contabilizou cerca de 3,5 milhões de hectares de “Vegetação Natural”, o que corresponde a 13,9% de seu território (KRONKA et al., 2005). Em 2008/2009 a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo mapeou os remanescentes de vegetação natural no estado com imagens de alta resolução. Com isso foi constatado 184 mil novos fragmentos, o que caracteriza um total de 4,3 milhões de hectares, correspondendo a 17,5% da cobertura da terra (CPLA/SMA, 2012).

Os resultados da quantificação e da distribuição da cobertura vegetal natural, apesar de apresentarem um pequeno aumento, ainda são preocupantes, pois se observa uma distribuição descontínua (fragmentos) ao longo do estado (CPLA/SMA, 2010).

Conforme a Figura 3-6, 13,2% dos fragmentos de vegetação natural do estado estão localizados na UGRH 10 – Sorocaba/Médio Tietê (CPLA/SMA, 2012).

Em relação à cobertura de florestas artificiais/reflorestamento do Estado de São Paulo, houve um aumento de 5% ao ano para o eucalipto, em algumas regiões como, Franca, Ribeirão Preto, São Carlos, São José dos Campos e inclusive Sorocaba (CPLA/SMA, 2012).

Com base nas informações disponíveis, o diagnóstico da cobertura da terra do Estado de São Paulo (KRONKA et al., 2005) aponta para a tendência de consolidação de dois principais vetores econômicos que repercutem diretamente sobre o território: a expansão urbana no entorno das regiões metropolitanas e ao longo dos principais eixos viários que partem da Capital para polos urbanos importantes no interior (São José dos Campos, Sorocaba e Campinas, destacadamente), implicando num padrão não organizado de ocupação.

A expansão das atividades urbano-industriais, assim como das culturas ou mesmo da atividade pecuária, se dá em detrimento à preservação da cobertura florestal nativa, conforme demonstram os dados disponibilizados. Além disso, o grau de urbanização no Estado de São Paulo é alto (95,9%), maior que a da Região Sudeste de 92,9% e a do Brasil, de 84,4% (KRONKA et al., 2005).

Dentro desse contexto e com base nas referências bibliográficas levantadas neste trabalho, é possível dizer que se não houver uma preocupação com os resquícios de vegetação natural presente no estado, a paisagem pode se tornar cada vez mais fragmentada, portanto, causando uma maior perda da biodiversidade.

Todavia, como o Sorocaba se encontra na região do estado em que ainda há remanescentes de vegetação natural e, tendo em vista, o crescimento acelerado da urbanização no município, pode-se dizer que estes são fatores essenciais para dar sustentação, ou seja, é a base sólida para o desenvolvimento do estudo, de análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Sorocaba, proposto neste trabalho.

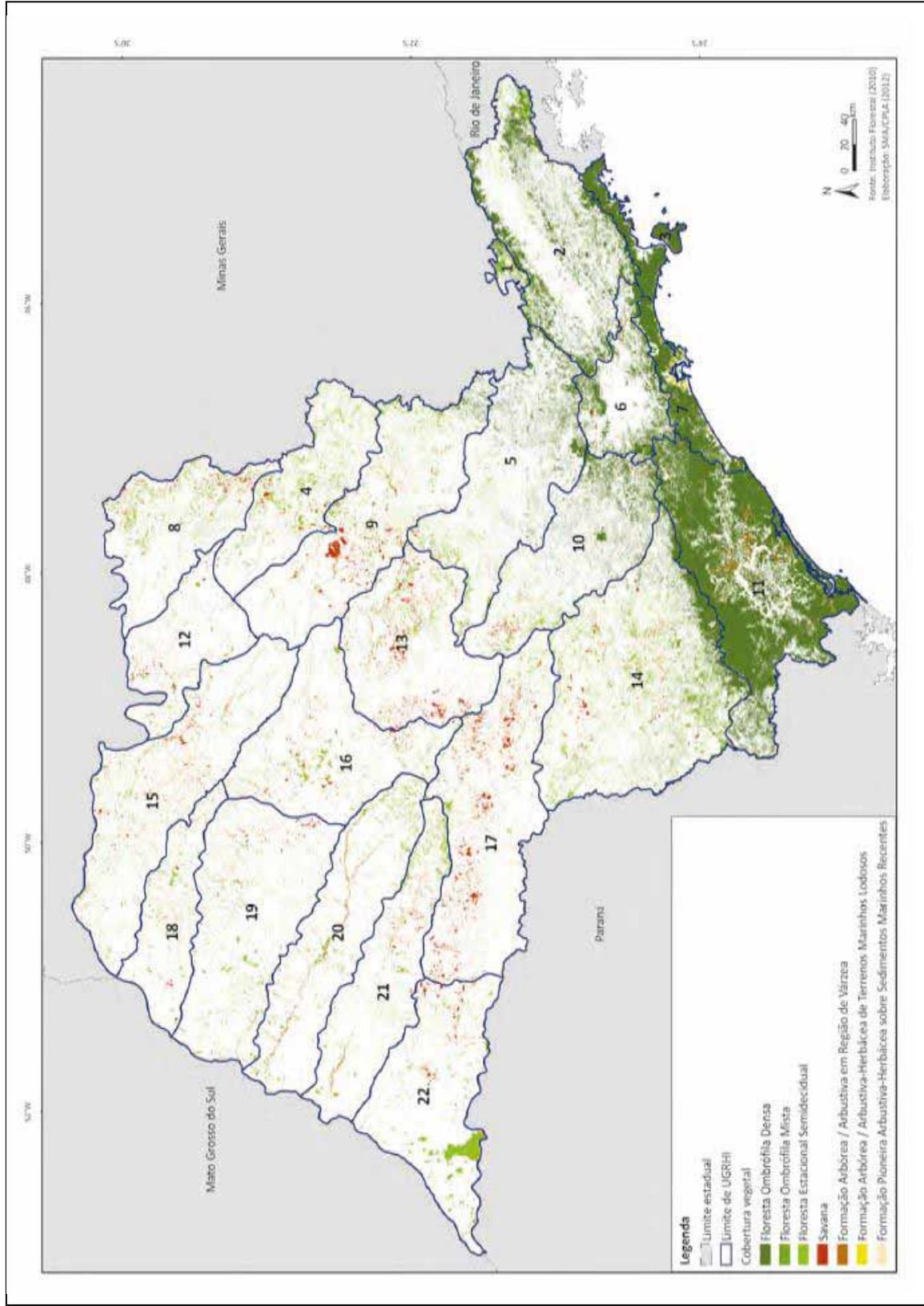


Figura 3-6. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo (CPLA/SMA, 2012).

4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Informações geográficas

A área de estudo compreende o município de Sorocaba que está localizado na parte sudeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 23°21' e 23°35' de latitude sul e 47°17' e 47°36' de longitude oeste (Figura 4-1).

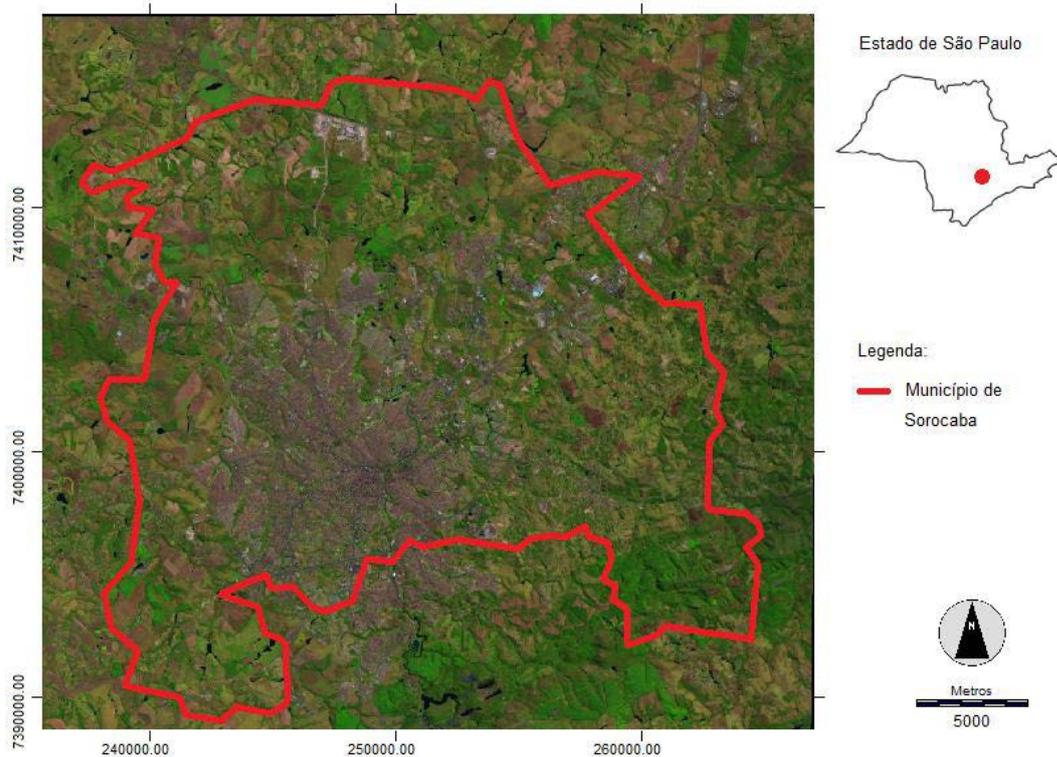


Figura 4-1. Localização da área de estudo (Autoria Pessoal).

O município de Sorocaba possui uma área de 449 km² e uma população de 596.060 habitantes em 2012, sendo cerca de 98% considerada urbana, sua densidade demográfica é de 1.327,17 hab/km² (SEADE, 2012). Devido (1) às características ambientais do meio biofísico e do histórico de uso do solo; (2) ao fato de o município ser notório em termos demográficos e econômicos no cenário paulista e brasileiro; e (3) possuir ainda uma escassa base de dados sobre cobertura da terra e fragmentação florestal, avaliou-se que Sorocaba possui as características ideais para análise da dinâmica dos fragmentos florestais sob intensa urbanização.

4.2 Clima e topografia

As informações climatológicas obtidas junto ao Cepagri (2012) revelam que a temperatura média anual do município é de 21,4°, a máxima de verão é de 30,1° e mínima de inverno é de 12,2°. A altura pluviométrica anual é de 1.285 mm. Devido a estas características, o clima do município de Sorocaba é considerado, segundo a classificação climática de Köppen, como clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) (EMBRAPA, 2003).

A altitude média da região é de 580m. Com exceção da porção sudeste do território, o restante do município é atravessado pela classe altitudinal de 530 a 600 metros. As demais classes de elevação, que podem variar entre 700 e 1.025 metros, são identificadas de forma muito mais restrita no município de Sorocaba de forma que juntas não chegam a totalizar 7% do território. As maiores altitudes, principalmente as que estão acima de 800 metros, situam-se na porção sudeste do município, onde se localiza a Serra de São Francisco, na divisa com o município de Votorantim (SEMA, 2011).

4.3 Declividade

A declividade na maior parte do município está entre 0° e 15° (SEMA, 2011), com uma porção na região sudeste do município onde há uma variação de maior declividade. Os níveis de fragilidade do solo, de acordo com a declividade, estão classificados como fragilidade muito baixa “nível 1”, ou seja, até 6% (Tabela 4-1 e Figura 4-2).

Tabela 4-1. Nível de fragilidade para declividade.

CLASSE	NÍVEL DE FRAGILIDADE
Até 6%	Muito baixa - 1
6 a 12%	Baixa – 2
12 a 20%	Média – 3
20 a 30%	Alta – 4
Acima de 30%	Muito Alta - 5

Fonte: (SEMA, 2011, adaptado)

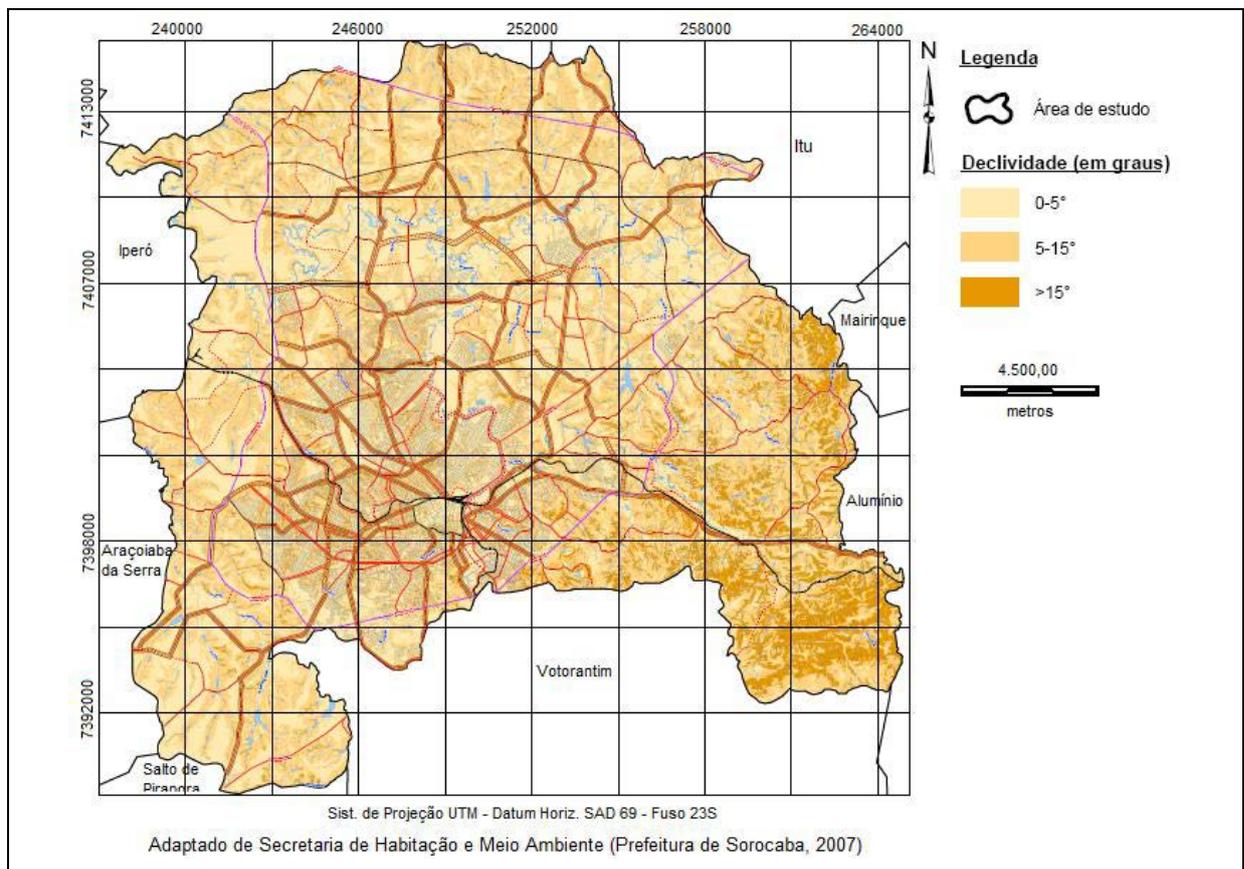


Figura 4-2. Mapa de declividade do município de Sorocaba (SEMA, 2011, adaptado).

4.4 Solos

Na região ocorrem predominantemente ARGISSOLOS e LATOSSOLOS, conforme apresentado na Figura 4-3, embora ocorra também CAMBISSOLOS, NEOSSOLOS litólicos e GLEISSOLOS em algumas porções do município (OLIVEIRA et al., 1999).

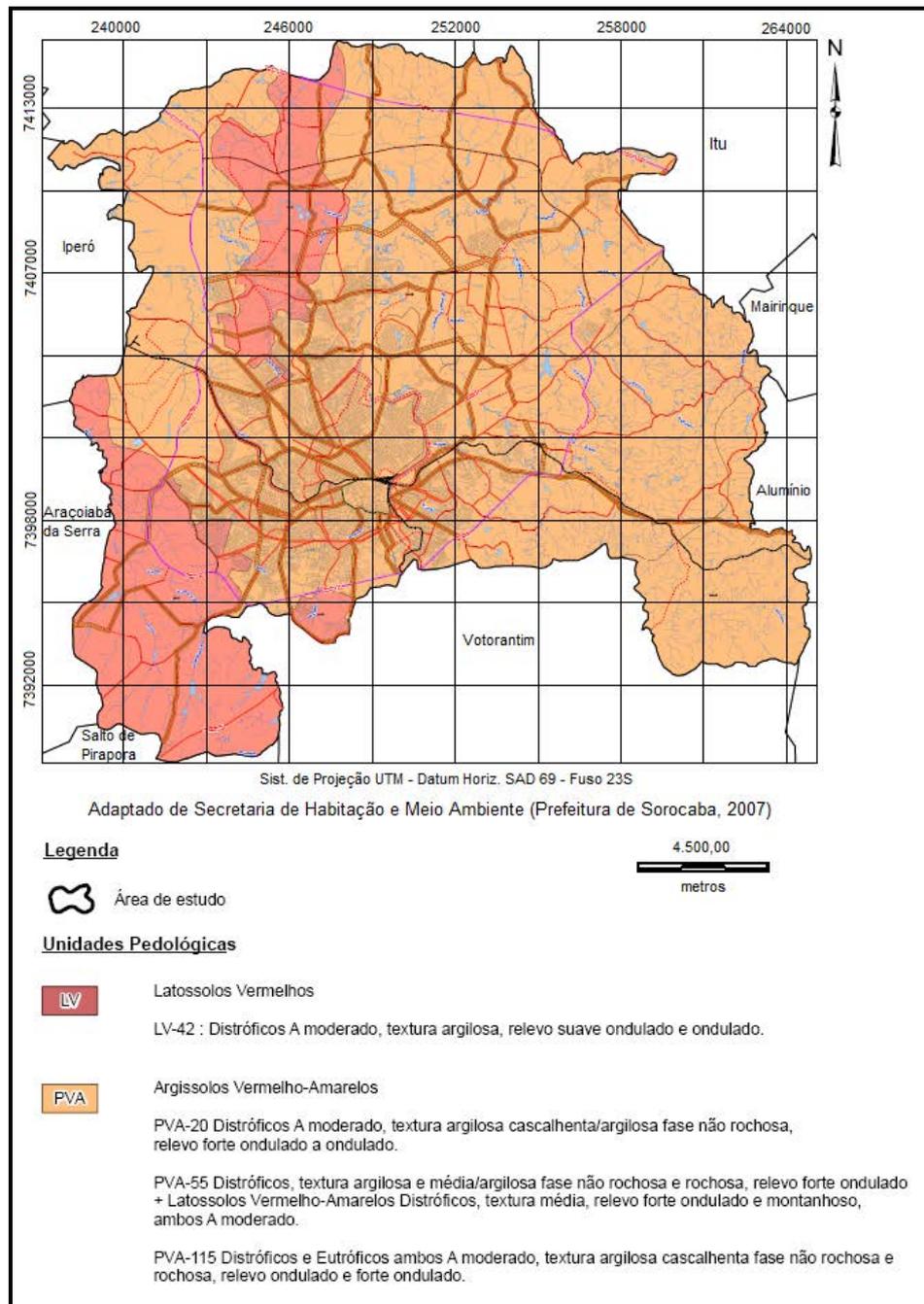


Figura 4-3. Mapa pedológico do município de Sorocaba (SEMA, 2011, adaptado).

4.5 Vegetação e Hidrografia

O município de Sorocaba possui vegetação típica de écotono, ou seja, região de transição entre os biomas de mata atlântica e cerrado, conforme Figura 4-4.

Além disso, o bioma predominante no município de Sorocaba é de Mata Atlântica. Porém, ocorrem também algumas manchas importantes de vegetação pertencente ao bioma Cerrado. O predomínio é da formação vegetacional “Floresta Estacional Semidecidual” (VELOSO, 1992).

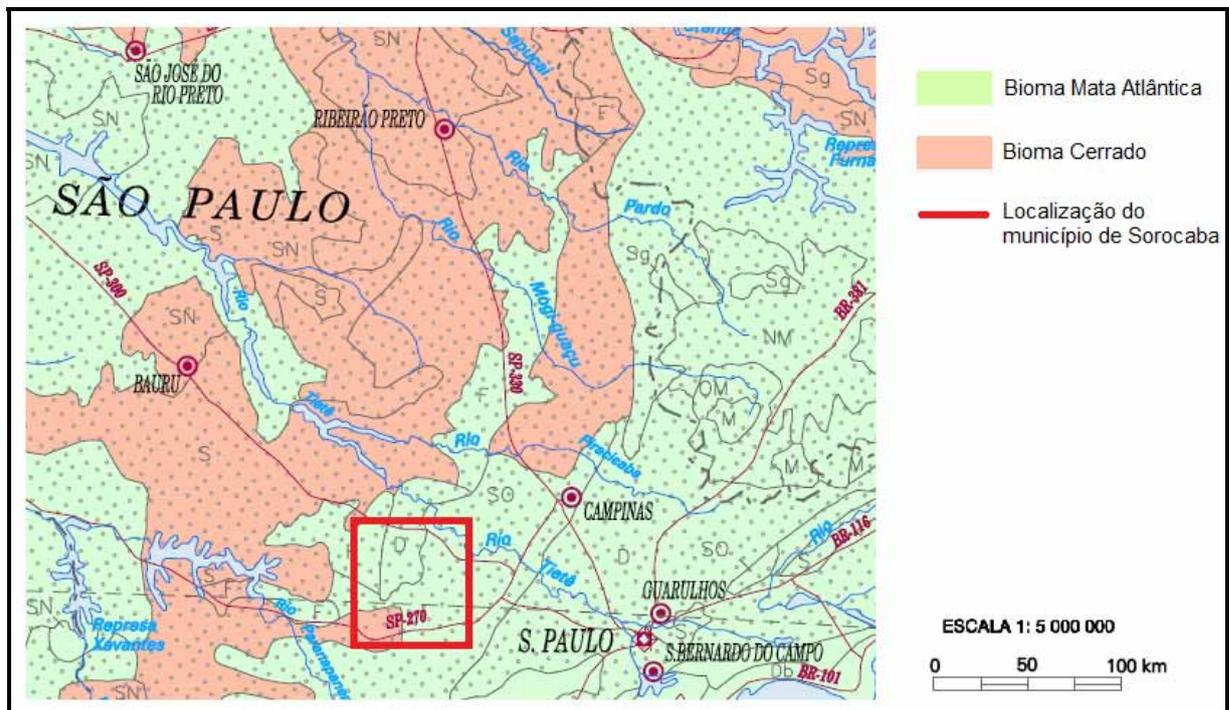


Figura 4-4. Mapa de Biomas do Estado de São Paulo, localização do município (IBGE, 2004, adaptado).

Com relação à hidrografia, o município está inserido na UGRH 10 - Sorocaba/ Médio Tietê (Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídricos do Estado de SP). Esta região engloba 33 municípios, mas tem Sorocaba como Macrometrópole Paulista. O rio Sorocaba percorre 180 km, até atingir o trecho do médio Tietê, sendo o seu principal afluente do lado esquerdo (CPLA/SMA, 2010). Há no município 2.332 nascentes e 1.200 quilômetros de cursos d'água (SILVEIRA et al., 2009). Sendo que a maior concentração hidrográfica encontra-se na região sudeste do município, conforme mostra a Figura 4-5. A bacia hidrográfica do Rio Sorocaba possui uma área de drenagem de 5.269km², tem os rios Sorocamirim e Sorocabuçu como formadores do rio Sorocaba. A bacia é utilizada para abastecimento público, industrial e, além disso, para uso de irrigação nas plantações (SMITH, 2000).

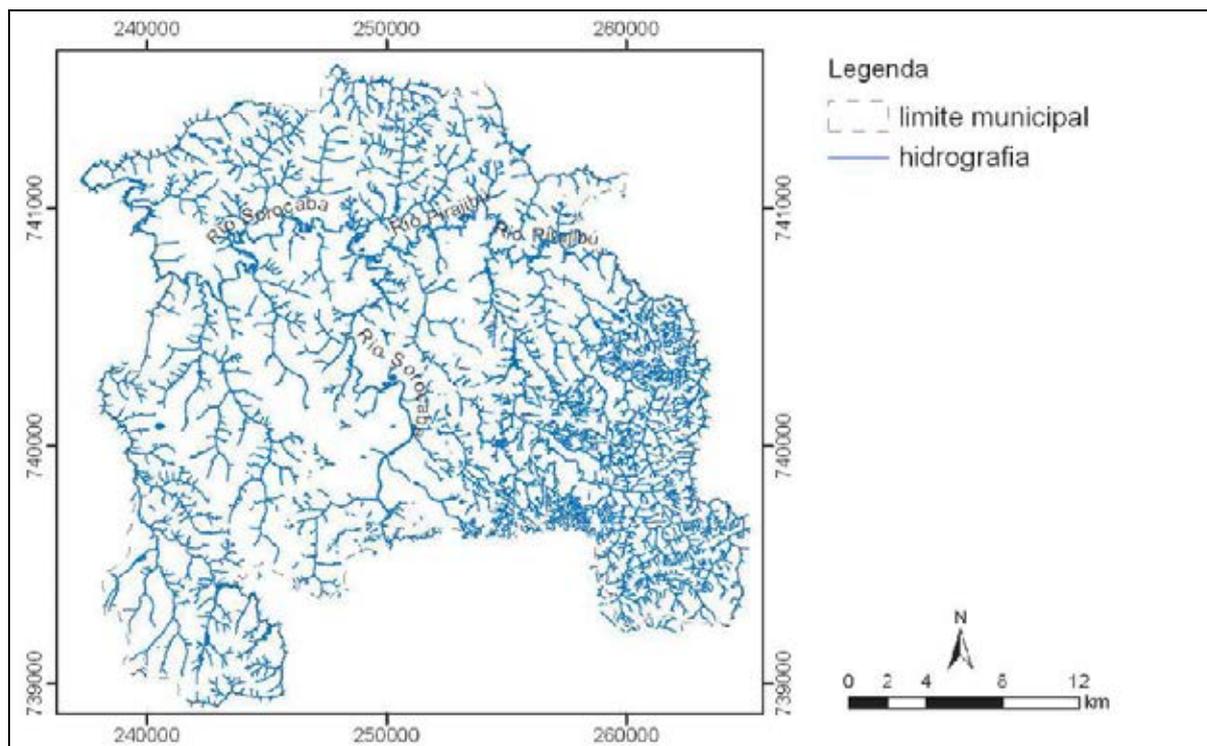


Figura 4-5. Hidrografia do município de Sorocaba (SMITH, 2014, adaptado).

4.6 Breve Histórico da Região

Sorocaba foi fundada em 1654 e elevada a categoria de vila sete anos mais tarde, recebendo o nome de Nossa Senhora da Ponte de Sorocaba. Em princípio, teve como economia de base, respectivamente, a subsistência, o bandeirantismo, o tropeirismo e o comércio. Em meados do século XIX, o município passou por um processo de industrialização, que inicia com a Estrada de Ferro Sorocabana em 1875, favorecendo a ligação com a capital São Paulo. A industrialização, propriamente dita, ocorreu quando o município recebeu boa parte das indústrias têxteis que, saindo de uma São Paulo onde começava a apresentar sucessivas dificuldades ao desenvolvimento de seu parque industrial, deslocaram-se para o interior, dando prioridade às regiões dotadas de infraestrutura viária e de fácil acesso a matérias-primas (MASSARI, 2011).

A proximidade com a capital paulista, associada com a industrialização e à urbanização em constante crescimento, tornou a região um eixo de desenvolvimento estadual causado pelo processo de interiorização produtiva (CARMO e D'ANTONA, 2011). Desde então o município vem adquirindo cada vez mais um perfil urbano e embora haja um forte setor de comércio e serviços, a indústria em geral, vem consolidando-se de maneira bastante expressiva na região.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Cobertura da terra

O trabalho foi desenvolvido por meio de técnicas de geoprocessamento, utilizando como principal recurso o software Idrisi versão 32.2 (EASTMAN, 1999). Uma das bases de dados utilizada foi o mapa de cobertura da terra no ano de 1988 (SILVA, 2005). Este mapa foi utilizado para aquisição de informações sobre os fragmentos florestais existentes na época. O modo de elaboração do mapa de 1988 foi o modelo para o desenvolvimento do mapa de cobertura da terra de 2011. O fluxograma da Figura 5-1 mostra, de forma sintetizada, a metodologia utilizada na execução da etapa de classificação da imagem de 1988 e, portanto, de 2011.

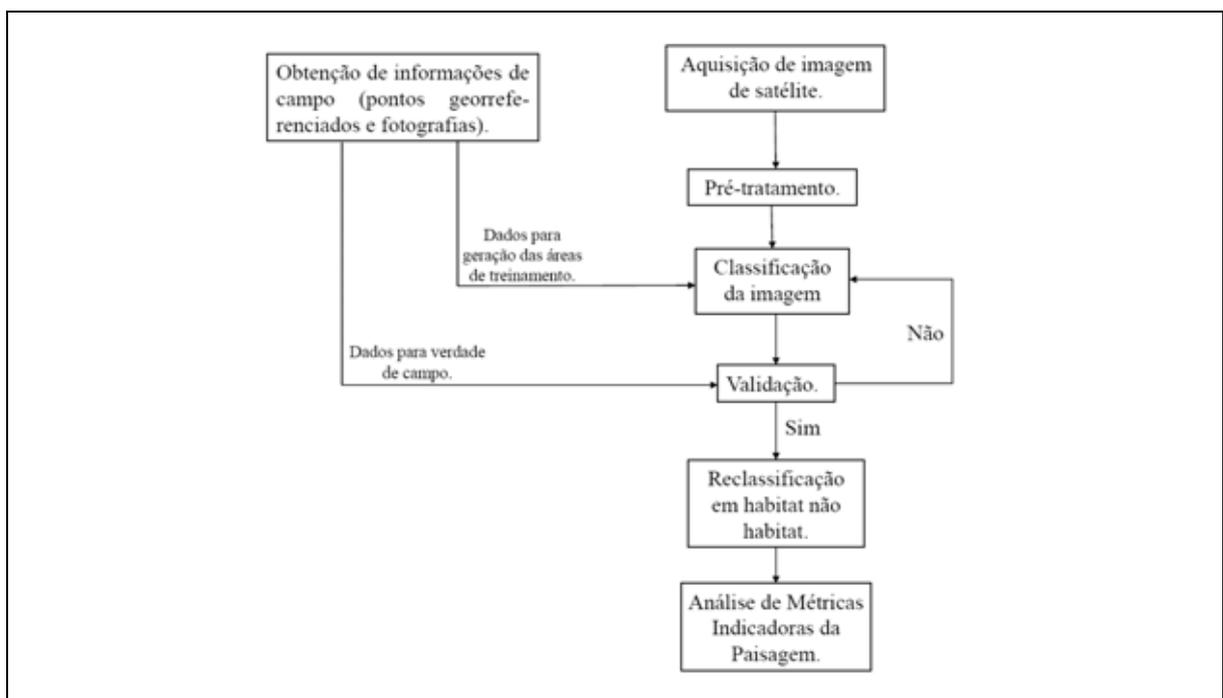


Figura 5-1. Fluxograma das etapas do processo de levantamento e execução gráfica dos mapas (Autoria Pessoal).

Para elaboração do mapa de cobertura da terra do ano de 2011, foram necessários levantamentos de campo e trabalho em laboratório. No trabalho de campo as coordenadas geográficas foram obtidas utilizando um equipamento receptor de posicionamento global “GPS”. Também foram feitos registros fotográficos complementares de pontos selecionados ao longo de todo o município para auxiliar a elaboração das áreas de treinamento.

Para cada ponto coletado, foram anotadas as coordenadas geográficas, as precisões apontadas pelo GPS, a classe de cobertura da terra a ele associada, além de outras observações relevantes (vide Apêndice A). Ao todo foram coletados 84 pontos ao longo do município (plotagem dos pontos mostrada no Apêndice B). Além disso, outros 51 pontos foram coletados (vide Apêndice C) para validação do mapa final gerado. As visitas de campo foram feitas no mês de fevereiro de 2012.

Posteriormente, foi dado início a etapa computacional, onde se avançou para a etapa de classificação da imagem. Nesta classificação, foram consideradas as seguintes classes de cobertura: Vegetação Natural Remanescente / Reflorestamento (VNR/Ref), Pastagem, Cultura, Área Urbana, Solo Exposto e Hidrografia, que foram as mesmas consideradas na imagem de 1988.

Ambos os mapas foram elaborados a partir de imagem do satélite Landsat-5, sensor TM, órbita/ponto 220/76, sendo que de 1988 a data é 8/02/1988 e o de 2011 a data é de 03/09/2011. Ambas são constituídas pelas bandas 3, 4 e 5, nos canais RGB (*Red, Green, Blue*) e possuem resolução espacial de 30m. As duas imagens foram obtidas gratuitamente no catálogo de imagens digitais disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Em seguida, foram criadas as assinaturas pelo módulo “*Makesig*” e, depois, a classificação supervisionada propriamente dita pelo método de Máxima Verossimilhança, através do módulo “*Maxlike*” (LILLESAND et al., 2004).

A verificação do resultado da classificação foi avaliada estatisticamente por meio do Índice Kappa, conforme o procedimento sugerido por Eastmann (1999) e por Simões (2001). Após várias etapas de retificação da classificação, a qual foi dificultada principalmente pela alta semelhança do comportamento espectral dos pixels pertencentes às categorias pastagem e culturas agrícolas, gerou-se um mapa onde o Índice Kappa resultante foi 0,86. Este valor, segundo Latorre et al. (2007), é classificado como “excelente”, conforme Tabela 5-1. Dessa forma, o mapeamento foi validado.

Tabela 5-1. Classificação em função do coeficiente Kappa

Faixa de valor de Kappa	Interpretação
< 0	Péssima
$0 < k \leq 0,2$	Má
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Boa
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Boa
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Latorre et al. (2007)

Após sua validação foi aplicado o comando “*filter mode*” 7x7. A mapa de 2011 precisou passar pelo processo do filtro, pois o mapa de 1988 também utilizou esse procedimento. A partir dessa etapa, o mapa de cobertura da terra foi reclassificado gerando um novo mapa bimodal com apenas duas classes. A classe VNR/Ref passou a ser a classe denominada habitat e todas as outras classes passaram a constituir uma única classe, denominada não habitat.

5.2 Análise de Indicadores da Paisagem

Com a obtenção dos mapas de cobertura da terra e a extração da área de vegetação através dos mapas bimodais para ambos os anos de estudo (1988 e 2011). Deu-se início as etapas de obtenção dos mapas indicadores da paisagem. Os elementos da paisagem analisados foram as manchas, a matriz e o mosaico. Para análise das manchas extraiu-se o tamanho dos fragmentos de vegetação e o índice para estudo de efeito de borda; para a análise da matriz, obteve-se a distância entre os fragmentos e o potencial de percolação; já para a o estudo do mosaico foi avaliada a qualidade de cobertura da terra de acordo com a intensidade de uso humano.

Para a obtenção dos mapas de tamanho dos fragmentos foi utilizado o mapa bimodal como base e, assim, efetuou-se o agrupamento dos fragmentos, através do comando “*group*”, com a opção “incluir diagonal”. Em seguida, extraiu-se a área desses fragmentos em dados tabulares e de imagem, utilizando o comando “*area*”. Logo após foi feita a reclassificação dos fragmentos de acordo com seu tamanho, considerando classes que variam entre <1 até >1000 ha. Já os dados tabulares permitiram obter o percentual, para cada classe de área, dos

fragmentos. Dessa forma, foi possível analisar a evolução das áreas remanescentes de vegetação existentes no município, um dos objetos de pesquisa proposto neste trabalho.

Com o intuito de analisar a conectividade dos fragmentos, obteve-se também, o mapa de distância entre fragmentos. Para a geração do mapa de distância foi utilizado como base o mapa de paisagem bimodal (habitat - não habitat). Com isso, aplicou-se o comando “*distance*” aos fragmentos de VNR/Ref. Posteriormente, foi necessário fazer a reclassificação dos valores que variaram de 0 a 2000 m. Com os mapas e os dados tabulares, foi possível compreender os resultados através de uma visão ortogonal e, ainda, calcular as porcentagens de ocorrência para as diferentes distâncias encontradas no estudo.

Com o intuito de obter resultado para a qualidade do mosaico, aplicou-se o método de análise da terra quanto à intensidade de uso humano, proposta por Schneiders et al.(2012). Para tal análise, primeiramente, foi feita uma planilha de classificação quanto à intensidade de uso e intervenção humana de acordo com a classificação da qualidade da cobertura da terra. Sendo assim, as classes de cobertura da terra receberam valores de 1 a 6, aumentando respectivamente de acordo o aumento de atividades antrópicas no local, como indicado na Tabela 5-2.

Tabela 5-2. Classificação do uso da terra de acordo com a intensidade de uso humano.

CLASSES DE USO DA TERRA	CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A INTENSIDADE DE USO	ÍNDICE DE INTENSIDADE DE USO DA TERRA (Qt)
VNR/Ref	Áreas de vegetação natural e com plano de restauração (reflorestamento)	1
Hidrografia	Áreas de preservação ambiental com baixa intensidade de uso humano.	2
Pastagem	Áreas verdes com vegetação rasteira	3
Cultura	Alta intensidade de uso para agricultura	4
Solo exposto	Grandes áreas com pouca ou sem vegetação	5
Área urbana	Alta intensidade de uso humano por edificação	6

Fonte dos valores de cada classe (índice): Schneiders et al. (2012).

Além disso, houve também a preocupação em analisar a situação dos fragmentos de vegetação remanescente quanto ao efeito de borda, ou seja, se houve alteração no índice de borda dos fragmentos para o período de estudo. Para isso, efetuou-se o cálculo do índice de borda semelhante ao encontrado na literatura em Frissom et al. (2006). O valor da área (m²) foi determinada, bem como o perímetro de cada um dos fragmentos, para ambos os anos de

1988 e 2011. Esses dados foram compilados numa planilha digital e foi aplicado a Equação (1) de Índice de Borda (IB).

$$IB = PC/PF \quad (1)$$

onde, PC é perímetro de circular e PF é o perímetro do fragmento. Por sua vez o PC pode ser encontrado através da Equação (2).

$$PC = (2\pi) \cdot (\sqrt{A/\pi}) \quad (2)$$

Onde, A é a área do fragmento.

Estes resultados foram mostrados através de gráficos, por meio de uma interpretação precisa dos dados. Considera-se que com os métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho obteve-se resultados relevantes para as análises de acordo com o objetivo proposto para o estudo em questão.

Sobretudo, com as análises de distância e qualidade da terra, ambas indicadoras do potencial de percolação, ou seja, o potencial que a matriz poderia ter para os fluxos genéticos. Procurou-se por referências de algum tipo de estudo feito com esse intuito. Como não foram encontrados na literatura trabalhos considerando exatamente esse tipo de análise, foi desenvolvido um processo de cruzamento de dados de qualidade e distância. Sendo a princípio um estudo tabular com posterior cruzamento das informações através dos mapas cartográficos.

5.3 Estudo do Potencial de Percolação na Matriz

O potencial de percolação na matriz tem como conceito a análise da integração da fração não habitat – entre as dimensões “qualidade de cobertura da terra” e “distância entre os fragmentos”. Cujos valores não se aplicam a uma única espécie e nem mesmo a um único bioma. Nesta análise, baixos valores indicam que a matriz possui alto potencial, pois, se ambos os valores sobre as duas dimensões estiverem simultaneamente favoráveis ou, ao menos um deles seja suficientemente baixo a ponto de fazer com que a outra dimensão torne-se pouco efetiva se estiver com alto valor. O aumento do valor do Pp significa diminuição do potencial de percolação na matriz.

O potencial de percolação (Pp) teve como método o cruzamento dos dados tabulares, através da multiplicação direta dos dados de distância entre os fragmentos (Qd) com os dados de qualidade da cobertura da terra (Qt) (Tabela 5-3). Visando facilitar a interpretação dos resultados, foram atribuídos valores de 1 a 5 para as classes de distância entre os fragmentos e valores de 1 a 6 para as classes de qualidade da cobertura da terra, considerando que através da multiplicação, geraram 30 unidades de valores (Tabela 5-3). Com isso foi feito o mesmo cruzamento dando valores nominais para as classes de distância (Tabela 5-4), para as seis classes de cobertura (VNR=V; Hidrografia=H; Pastagem=P; Cultura=C; Solo Exposto=SE; Área Urbana= U) (Tabela 5-5), e ainda as seis classes de qualidade do uso da terra (Excelente=E; Ótimo=O; Bom=B; Razoável=RA; Ruim=RU; Péssimo=P) (Tabela 5-6).

Tabela 5-3. Tabela de valores da multiplicação direta dos dados de potencial de percolação.

Potencial de Percolação Pp = Qd.Qt						
Distância (Qd)	Qualidade da cobertura da terra (Qt)					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	4	6	8	10	12
3	3	6	9	12	15	18
4	4	8	12	16	20	24
5	5	10	15	20	25	30

Fonte: Autoria Pessoal

Nota: As cores demonstram as células onde os valores se repetem.

Tabela 5-4. Valores numéricos e nominais para as diferentes classes de distância.

DISTÂNCIA (m)	VALORES NUMÉRICOS	QUALIDADE DE DISTÂNCIA	SIGLA
< 100	1	Muito Próximo	MP
100,01 – 500	2	Próximo	P
500,01 – 1000	3	Intermediário	I
1000,01 – 1500	4	Longe	L
1500,01 - 2000	5	Muito longe	ML

Fonte: Autoria Pessoal

Tabela 5-5. Tabela do cruzamento dos valores nominais atribuídos à distância e a cobertura da terra para o potencial de percolação.

Potencial de Percolação Pp = Qd.UT						
Cobertura da Terra (UT)						
Distância (Qd)	VNR	Hidrografia	Pastagem	Cultura	Solo Exposto	A. Urbana
Muito Próximo	V/MP	H/MP	P/MP	C/MP	SE/MP	U/MP
Próximo	V/P	H/P	P/P	C/P	SE/P	U/P
Intermediário	V/I	H/I	P/I	C/I	SE/I	U/I
Longe	V/L	H/L	P/L	C/L	SE/L	U/L
Muito longe	V/ML	H/ML	P/ML	C/ML	SE/ML	U/ML

Nota: Sendo, Cobertura da Terra (UT) (VNR=V; Hidrografia=H; Pastagem=P; Cultura=C; Solo Exposto=SE; Área Urbana= U) e Distância (Muito Próximo=MP; Próximo = P; Intermediário=I; Longe=L; Muito longe=ML); As cores demonstram as células onde os valores se repetem. Fonte: Autoria Pessoal

Tabela 5-6. Tabela do cruzamento dos valores nominais atribuídos à distância e a qualidade para o estudo de potencial de percolação.

Potencial de Percolação Pp = Qd.Qt						
Qualidade da cobertura da terra (Qt)						
Distância (Qd)	Excelente	Ótimo	Bom	Razoável	Ruim	Péssimo
Muito Próximo	E/MP	O/MP	B/MP	RA/MP	RU/MP	P/MP
Próximo	E/P	O/P	B/P	RA/P	RU/P	P/P
Intermediário	E/I	O/I	B/I	RA/I	RU/I	P/I
Longe	E/L	O/L	B/L	RA/L	RU/L	P/L
Muito longe	E/ML	O/ML	B/ML	RA/ML	RU/ML	P/ML

Nota: Sendo, Qualidade (Excelente=E; Ótimo=O; Bom=B; Razoável=RA; Ruim=RU; Péssimo=P) e Distância (Muito Próximo=MP; Próximo = P; Intermediário=I; Longe=L; Muito longe=ML); As cores demonstram as células onde os valores se repetem. Fonte: Autoria Pessoal

Após analisar o cruzamento dos dados dos valores numéricos com os valores nominais, verificou-se que os resultados não foram satisfatórios, pois houve alta taxa de repetição dos valores numéricos e que se confrontados com os valores nominais, ou seja, valores ecológicos, estes não poderiam ter os mesmos resultados. Isto pode ser observado, através das cores dadas as células em que os valores se repetem, na Tabela 5-3. As mesmas colorações das células foram representadas também na Tabela 5-5 e na Tabela 5-6.

Com isso, concluiu-se que a distância e a qualidade não poderiam ter pesos iguais na equação. Sendo assim, um novo cruzamento dos dados foi efetuado, mas desta vez atribuindo peso 2 à qualidade e peso 1 à distância, como descrito na Equação (3).

$$Pp = Qd.(Qt)^2 \quad (3)$$

Através deste novo cálculo foram gerados 180 unidades de valores (Tabela 5-7). Dessa forma, houve melhor interpretação dos dados.

Tabela 5-7. Tabela de valores dos dados de potencial de percolação, sendo $P_p = D.(Q_t)^2$.

Potencial de Percolação $P_p = Q_d.(Q_t)^2$						
Qualidade (Q_t^2)						
Distância (Q_d)	1	2	3	4	5	6
1	1	4	9	16	25	36
2	2	8	18	32	50	72
3	3	12	27	48	75	108
4	4	16	36	64	100	144
5	5	20	45	80	125	180

Nota: As cores demonstram as células onde os valores se repetem. Fonte: Autoria Pessoal

Tabela 5-8. Tabela do cruzamento dos valores nominais o potencial de percolação.

Potencial de Percolação $P_p = Q_d.(Q_t)^2$						
Qualidade da cobertura da terra (Q_t^2)						
Distância (Q_d)	Excelente	Ótimo	Bom	Razoável	Ruim	Péssimo
Muito Próximo	E/MP	O/MP	B/MP	RA/MP	RU/MP	P/MP
Próximo	E/P	O/P	B/P	RA/P	RU/P	P/P
Intermediário	E/I	O/I	B/I	RA/I	RU/I	P/I
Longe	E/L	O/L	B/L	RA/L	RU/L	P/L
Muito longe	E/ML	O/ML	B/ML	RA/ML	RU/ML	P/ML

Nota: Sendo, Qualidade (Excelente=E; Ótimo=O; Bom=B; Razoável=RA; Ruim=RU; Péssimo=P) e Distância (Muito Próximo=MP; Próximo = P; Intermediário=I; Longe=L; Muito longe=ML); As cores demonstram as células onde os valores se repetem (Autoria Pessoal).

Considerando uma diminuição na repetição dos valores, e que estes ocorreram de forma aceitável quando considerados como valores nominais conforme descritos na Tabela 5-8, conclui-se que este método pode ser utilizado para análise de potencial de percolação na matriz independente das características específicas de bioma, vegetação e espécie. Considerando apenas as distâncias entre fragmentos e a qualidade da cobertura da terra de acordo com o nível de atividades antrópicas que ocorre para as diferentes classes de cobertura da terra.

No fluxograma apresentado pela Figura 5-2, encontram-se de forma sintetizada as etapas do processo gráfico realizado para os mapas. É importante ressaltar que todas as etapas executadas após a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, foram feitas para ambos os anos de 1988 e 2011.

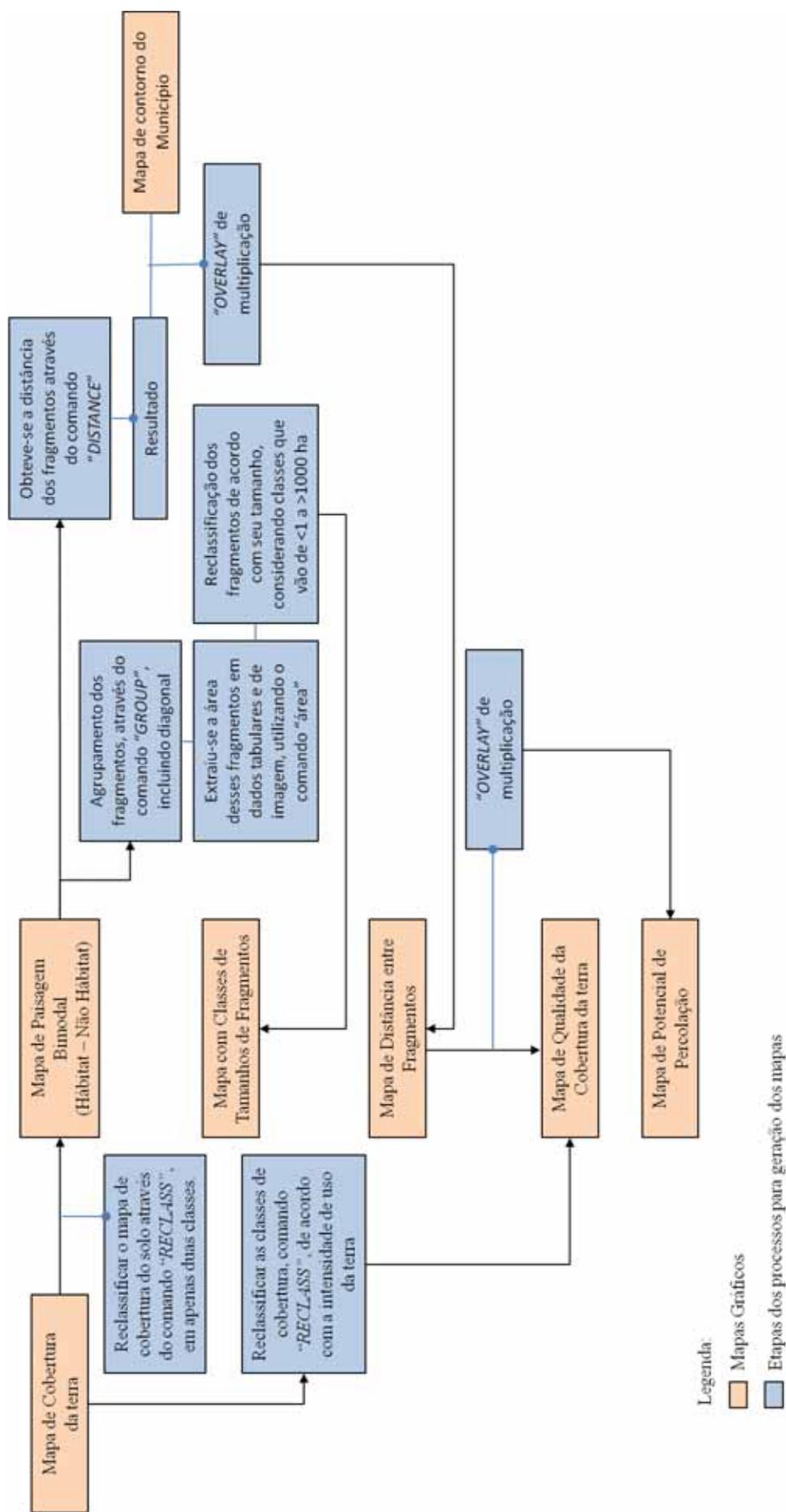


Figura 5-2. Fluxograma das etapas do processo de tratamento gráfico dos mapas (Autoria Pessoal).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Cobertura da terra

O Brasil tem demonstrado interesse na conservação do patrimônio natural. Apesar do número crescente de iniciativas de preservação, alguns estados, como no caso de São Paulo, possuem legislações menos restritivas devido aos conflitos entre a população e o uso do solo. O que se encontra, de fato, são restrições ambientais legais, quanto à conservação de áreas naturais, que não são efetivamente cumpridas pelo governo (PAYÉS et al., 2013).

Contudo, os dados aqui levantados indicam que o município de Sorocaba não vem seguindo este padrão quase que generalizado, pois a VNR/Ref, ou seja, os fragmentos de vegetação apresentam um aumento, em termos de área, o que é raramente reportado. Por exemplo, comparando as microbacias do Ribeirão Piracicamirim (em Piracicaba – SP) e do Ribeirão das Cabras (situada em Campinas – SP) entre os anos de 1962 e 1995, Toledo (2001) também reportou aumento na vegetação natural, respectivamente 19,5% e 34%. No presente estudo, para o ano de 1988, os resultados mostram uma área de VNR/Ref de 8.772,21 ha, representando 19,6% do total da área do município. Já na interpretação do mapa do ano de 2011, as áreas desta classe de cobertura foram estimadas em 12.826,89 ha, representando 28,6% da área do município, havendo um aumento de 9,1% no período considerado (Figura 6-1 e Tabela 6-1).

De acordo com Silva (2005), o crescimento da área VNR/Ref se iniciou por volta de 1995, principalmente, devido a fatores geográficos e econômicos, onde foi constatada uma região densa de vegetação natural na porção sudeste do município. No ano de 2009 a Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Sorocaba deu início ao projeto Megaplantio que visa cobrir de árvores 20% da área urbana do município até 2020, sendo que até o momento atual 16,35% da área urbana já faz parte da área coberta por vegetação (SEMA, 2014).

Para que haja, de fato, um processo de decisão quanto à preservação e/ou conservação das áreas de vegetação, estas precisam ser reconhecidas e avaliadas. Uma maneira de conseguir isso é através da análise evolutiva da mudança no uso e ocupação da terra, antes, durante e depois das intervenções legais (TAYLOR et al., 2007; PETROSILLO et al., 2009).

Com o aumento da taxa de desenvolvimento urbano o ato de preservação da terra torna-se uma necessidade crucial para apoiar os serviços dos ecossistemas críticos e qualidade de vida humana. Nos EUA, onde cerca de 80% da população vive em áreas urbanas, a taxa de desenvolvimento urbano, nas últimas décadas, supera a quantidade de terras protegidas (WARREN, 2011). Do mesmo modo, no estado de São Paulo, onde 95,94% da população vive em áreas urbanas, a área de vegetação remanescente ocupa somente 17,5% da área total do estado (CPLA/SMA, 2012).

Com os resultados da cobertura da terra para o município de Sorocaba, constatou-se que a área segue a mesma tendência de desenvolvimento. Isto é evidenciado pelo crescimento considerável da área urbana nos últimos 23 anos (entre 1988 e 2011), passando de 4.798,8 ha em 1988 para 12.928,8 ha em 2011. Isso significa que a área urbana atual de Sorocaba equivale a aproximadamente 29% da área total do município. Nesse contexto, é importante destacar que Sorocaba tem uma taxa de crescimento populacional anual de 1,75%. Esse índice é maior que a média do Estado que é de 1,09% (SEADE, 2012). Ainda, segundo a SEMA (2010), em 1988 a população era de 344.261 habitantes e em 2012 passou para 596.060 habitantes. Constatou-se também que a taxa de aumento da área urbana (18,1%) foi superior a taxa de crescimento de VNR/Ref (9%).

Em 1988 a pastagem era a classe largamente predominante e grande parte das áreas desta categoria de cobertura cedeu espaço para aglomerados urbanos e novos fragmentos de VNR/Ref. Entretanto, a pastagem não deixou de ser a classe predominante, mesmo levando em consideração o decréscimo de 22,2% no intervalo de tempo de 23 anos (Tabela 6-1 e Figura 6-1). A pastagem segue uma tendência de permanência para a localização geográfica de estudo relatada por Silva et al. (2007a).

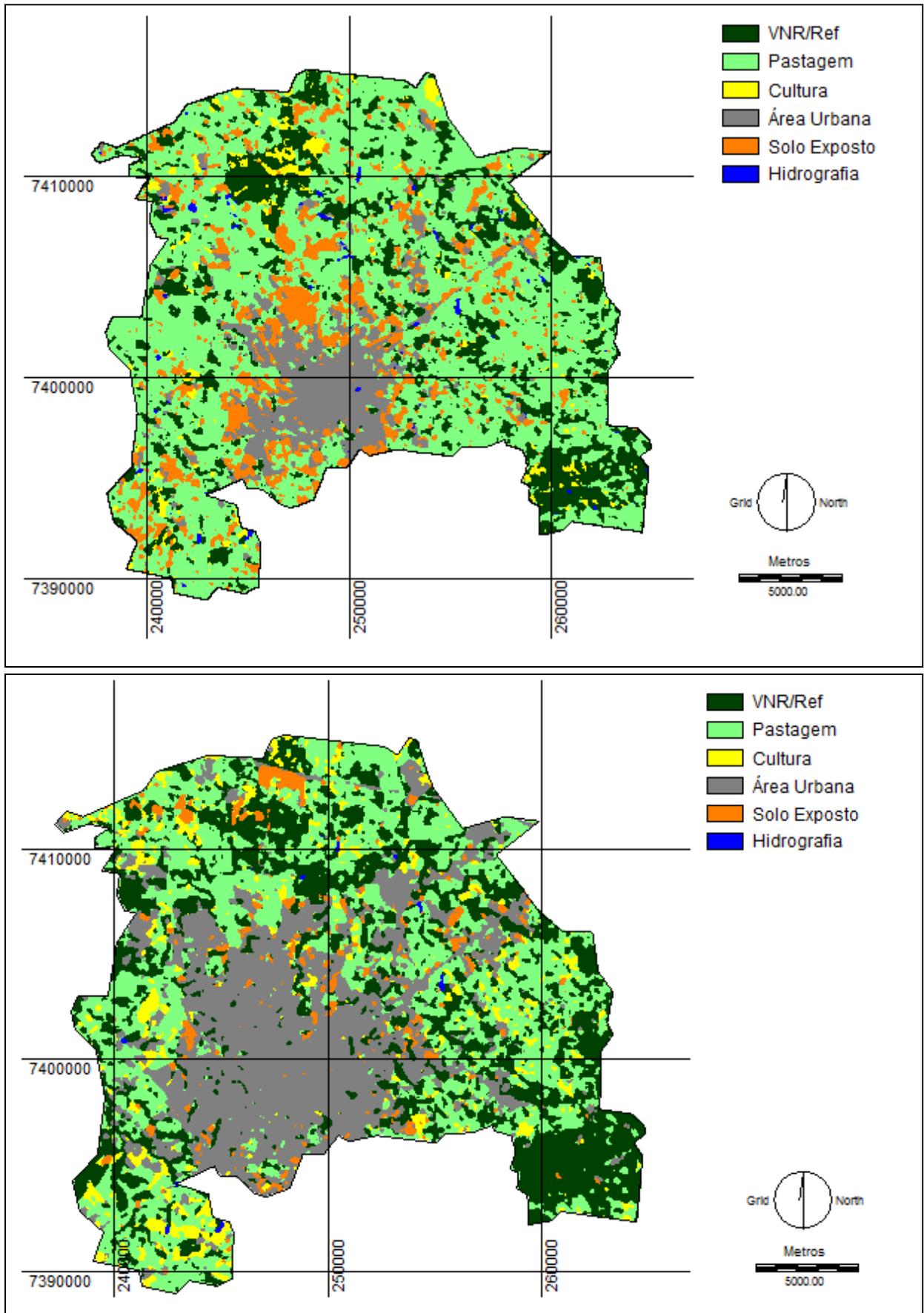


Figura 6-1. Mapas de cobertura da terra relativos aos anos de 1988 (superior) e 2011(inferior) (Autoria Pessoal).

Tabela 6-1. Porcentagens de ocorrência e as transições das classes de cobertura do solo a partir de 1988 (linhas) para 2011 (colunas).

Classes de Cobertura da Terra	Área Solo						Total (1988)
	VNR/Ref	Pastagem	Cultura	Urbana	Exposto	Hidrografia	
VNR/Ref	11.9	4.6	0.7	2.0	0.5	0.0	19.6
Pastagem	13.4	23.8	4.5	10.6	2.2	0.0	54.7
Cultura	1.1	0.9	0.3	0.3	0.1	0.0	2.7
Área Urbana	0.5	0.6	0.1	9.2	0.2	0.0	10.7
Solo Exposto	1.3	2.6	0.8	6.6	0.6	0.0	11.8
Hidrografia	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.6
Total (2011)	28.5	32.5	6.4	28.8	3.6	0.2	100.0

Nota: Células em cinza destacam os valores em que nenhuma transição ocorreu ao longo do período de estudo (Autoria Pessoal).

Houve diminuição sutil na classe hidrografia, sendo 0,6% para 1988 e 0,2% para 2011. Acredita-se que isso possa estar relacionado com o aumento da VNR/Ref, pois pode ter ocorrido aumento da mata ciliar, tornando os corpos d'água difíceis de serem identificados ou ainda alguma incerteza associada ao processo de classificação, tanto no mapa de 1988 como também o de 2011. É importante salientar que os pequenos córregos e rios são difíceis de serem detectados pelas imagens de satélite LandSat-5 (sensor TM) uma vez que sua resolução é de 30m. A vegetação natural próximo aos mananciais também foi observada no ano de 2006 (MELLO, 2012).

A fragmentação florestal pode ocorrer naturalmente ou por interferências humanas (HILTY et al., 2006). Para o caso de Sorocaba o processo de fragmentação foi claramente induzido por atividades antrópicas seguindo uma tendência do estado de São Paulo (DURIGAN et al., 2003; RIBEIRO et al., 2009).

O que geralmente ocorre, é o isolamento de fragmentos por áreas de desenvolvimento agrícola, industrial e urbano (FOLEY et al., 2005). No caso de Sorocaba as transições do uso da terra passaram de “ecossistemas naturais” para áreas de agricultura extensivamente exploradas e depois “áreas urbanas”, pulando os estágios, de agricultura de subsistência e intensiva, que foram sugeridos por Foley et al. (2005). Isso ocorre devido ao fato de que o município de Sorocaba não conte com áreas intensamente usadas para fins agrícolas contínuas e de grandes proporções, devido ao perfil econômico do município estar voltado à indústria e ao setor de serviços. Mesmo assim, houve um aumento da área de cultivo em 3,7% para o ano de 2011.

6.2 Paisagem Bimodal (habitat/não-habitat)

A reclassificação dos mapas de cobertura da terra resultou nos mapas de paisagem bimodal (Figura 6-2). A divisão habitat e não habitat destacou os remanescentes de vegetação (VNR/Ref). Com isso, a visualização das áreas onde ocorreu intensificação da vegetação foi facilitada quando se efetuou a análise cronológica.

Há regiões da área de estudo em que foi observado o aumento da área de fragmentos florestais (Figura 6-2). Por exemplo, na parte sudeste do município há um adensamento dos fragmentos florestais que coincide com a região do município onde o relevo possui maior declividade. Segundo Mello (2012) é também uma Zona de Grande Restrição à Ocupação – Áreas de Proteção a Mananciais. Já na região nordeste e central há notoriamente um maior grau de conectividade entre os fragmentos, caracterizado pela mata ciliar do rio Pirajibu, um dos principais afluentes do Rio Sorocaba. Estas mesmas características, também são relatadas por Mello (2012).

Além das Zonas de Proteção aos mananciais, outras explicações para o referido aumento seria o acontecimento de programas sobre recuperação como o que visa recuperar a mata ciliar e as nascentes e, também, resultado do programa megaplantio ambos promovidos pela secretaria do meio ambiente (SEMA, 2010; SEMA, 2014).

O aumento da área de vegetação sugere proporcionar ganhos na qualidade de conexão entre os fragmentos florestais. Isto é proporcionado geralmente pela recuperação da mata ciliar. A redução na ocorrência de pequenos fragmentos, relacionada com o aumento da conectividade, diminui a vulnerabilidade e as variações de temperatura e umidade em ecossistemas descontínuos, aumentando a possibilidade de existência de um microclima próprio e mais equilibrado (BIOLÓGICA, 2006). Neste contexto, a quantidade de habitat e a conectividade entre eles, fatores essenciais para a conservação da biodiversidade (FAHRIG, 2003), são variáveis importantes a serem consideradas no planejamento e gestão da paisagem para a conservação da biodiversidade (RIBEIRO et al., 2009).

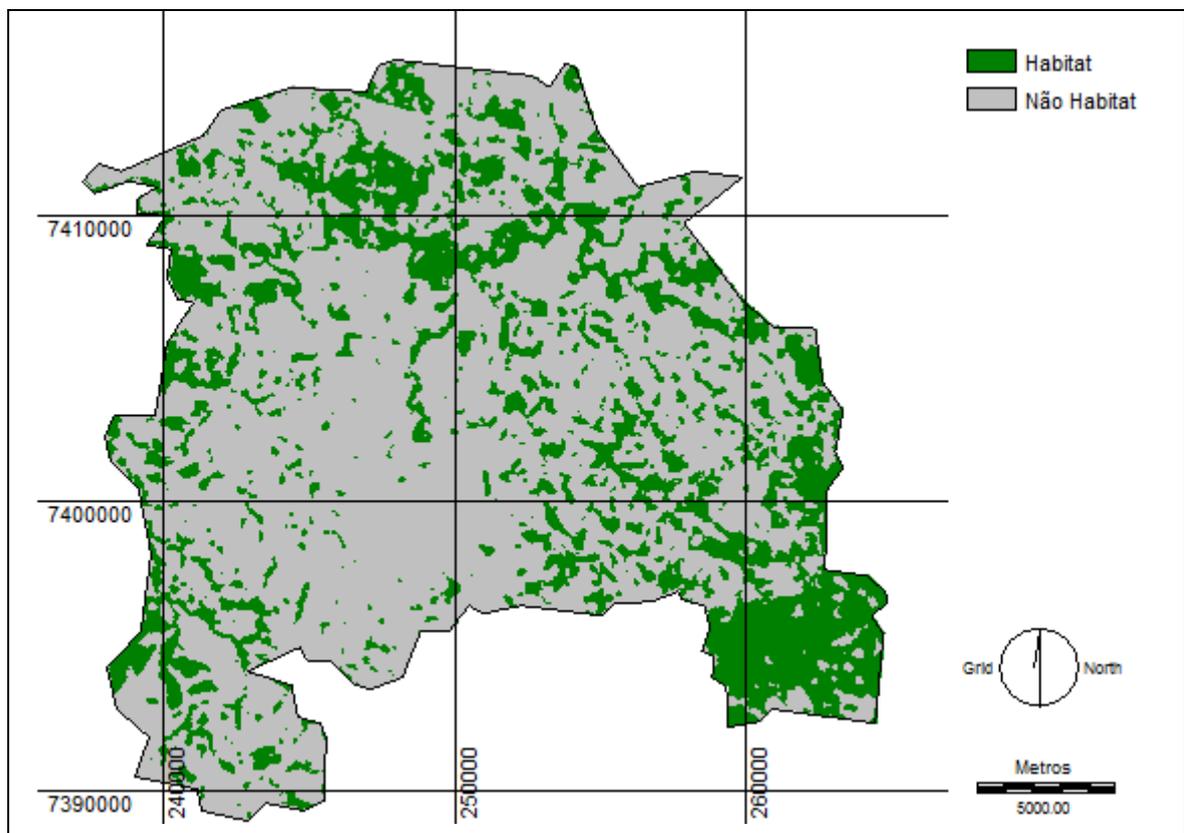
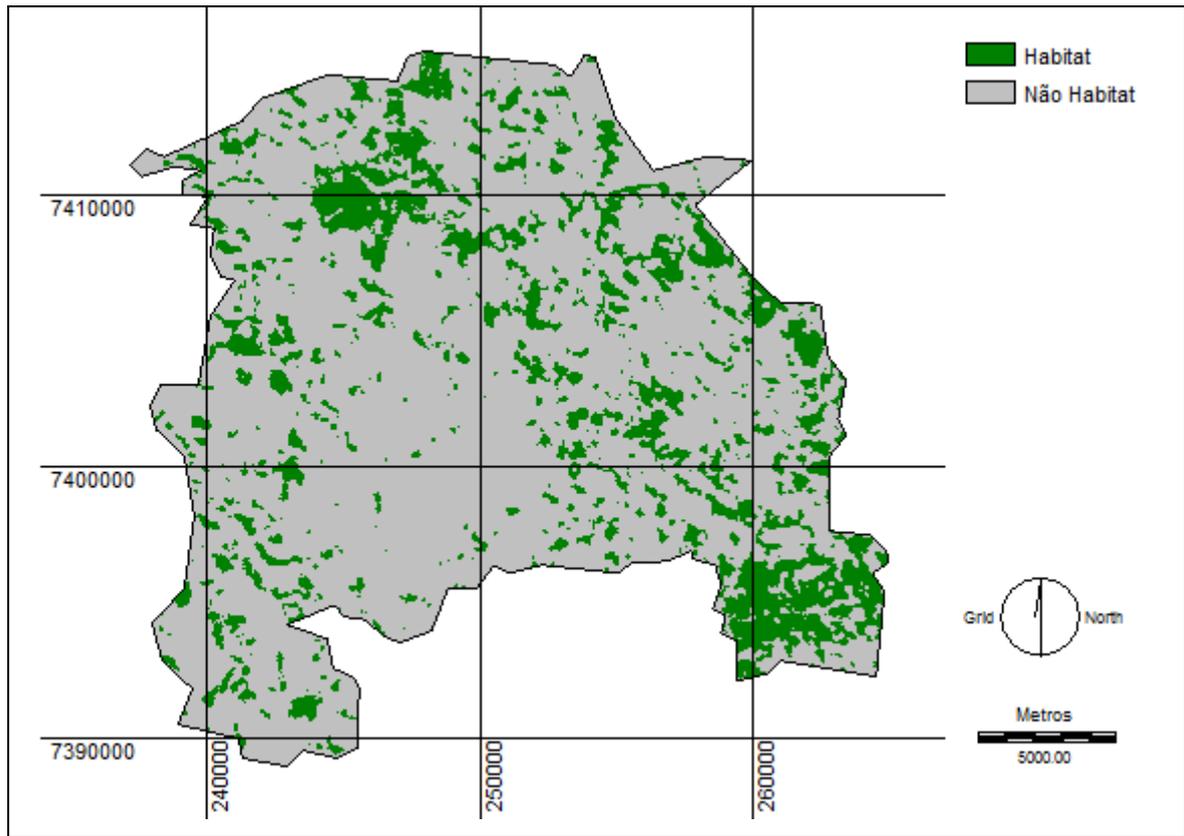


Figura 6-2. Mapa de paisagem bimodal, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior) (Autoria Pessoal).

6.3 Tamanho de Fragmentos

Apesar de constatado aumento da área de vegetação remanescente no município de Sorocaba, os dados tabulares de quantificação dos fragmentos apresentaram diminuição em 161 unidades, ou seja o número de fragmentos passou de 777 em 1988 para 616 em 2011 (Tabela 6-2). Já o mapeamento dos fragmentos por classe de tamanho mostra que, aparentemente, os fragmentos se uniram e, de certa forma, estão se tocando (Figura 6-3). Isto implica em haver uma maior conectividade entre eles.

A larga predominância é de fragmentos considerados pequenos, cujo tamanho varia entre 1,01 a 100 ha, correspondendo a 62% do total do número de fragmentos em 2011 (Tabela 6-2). Esse fenômeno, também encontrado por Mello (2012) neste mesmo município, é um padrão comum para paisagens de floresta de Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009).

No entanto, na variação da quantidade de fragmentos por tamanho <100 ha, pode-se notar que houve uma redução da ocorrência de fragmentos com área inferior a 1 ha e um aumento na faixa que vai de 1,01 a 100 ha (Tabela 6-2).

Já os grandes fragmentos passaram de um único em 1988 com área de 1.389,69 ha, para a ocorrência de 2 grandes fragmentos em 2011, sendo um com área 2.079,27 ha e o outro, ainda maior, com área de 3.155,31 ha. Constatou-se ainda que os grandes fragmentos sobrevivem em locais onde o terreno é íngreme e a ocupação humana é particularmente difícil (SILVA et al., 2007b).

Já para os fragmentos com área menor que 200 ha se espera que estes desempenhem um papel importante na redução do isolamento entre os grandes fragmentos, exercendo papel de trampolins ecológicos (vide Figura 3.3). De certa forma, há também a proteção por parte das remanescentes de vegetação natural maiores para as menores porções de remanescentes florestais (RIBEIRO et al., 2009 e HILTY et al., 2006).

Tabela 6-2. Ocorrência dos fragmentos florestais por classe de tamanho em Sorocaba

Classes de área dos Fragmentos (ha)	Ano (1988)		Ano (2011)	
	Número Fragmentos	% do total de fragmentos	Número Fragmentos	% do total de fragmentos
<1	367	47,2	219	35,6
1,01 - 100	397	51,1	382	62,0
100,01 - 500	11	1,4	12	1,9
500,01 - 1000	1	0,1	1	0,2
>1000	1	0,1	2	0,3
Total	777	100	616	100

Fonte: Autoria Pessoal

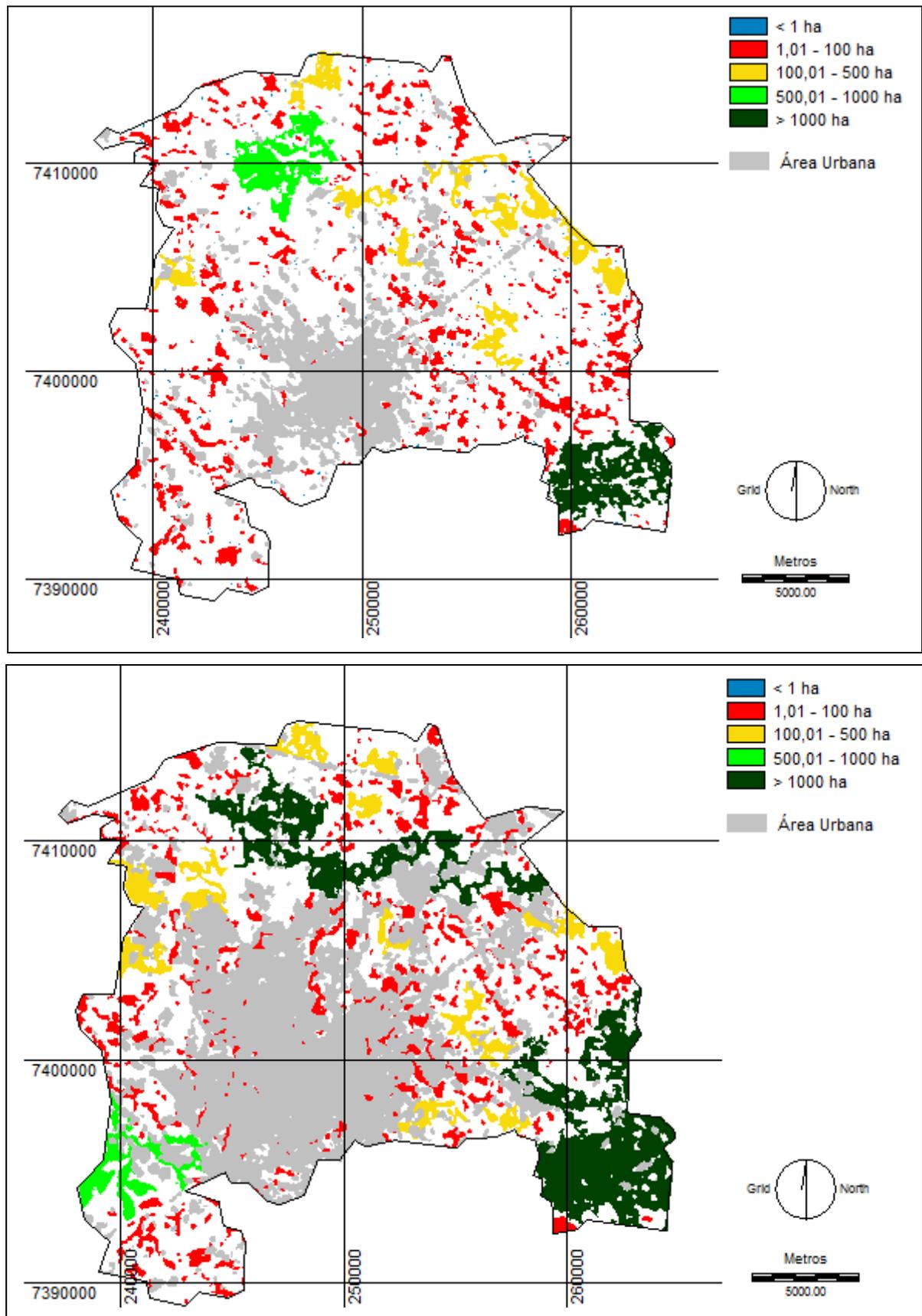


Figura 6-3. Tamanho dos Fragmentos, anos 1988 (superior) e 2011 (inferior) (Autoria Pessoal).
 Nota: Nos mapas, manchas em branco e em cinza correspondem a áreas de não habitat.

6.4 Distância entre os fragmentos

Os resultados para a análise de distância entre os fragmentos, ou seja, estudo da matriz. Apresentaram uma pequena variação entre os percentuais de ocorrência para ambos os períodos de estudo (Tabela 6-3, Figura 6-4), sendo que a maior variação ocorre entre distâncias <100m (aumento de 6,3% em 2011). Esta variação é expressiva, pois travessias curtas (<100 m) através da matriz podem ser altamente eficazes para aumentar a área funcional de ligação para espécies florestais (BOSCOLO et al., 2008; MARTENSEN et al., 2008). Essas pequenas distâncias entre os fragmentos sugerem maior proximidade entre eles (Figura 6-4). Outro estudo (MELLO, 2012), mostra que as pequenas distâncias apresentam valores altos de conectividade, mesmo tendo em vista os pequenos fragmentos.

Os maiores valores de distância são coincidentes com a área de urbanização concentrada, (Figura 6-4). Dessa forma, fazendo uma relação da distância com os remanescentes de vegetação natural, pode-se dizer que há predominância das menores distâncias e que apesar da pequena variação na ocorrência para os anos de 1988 e 2011, os dados apresentam queda para a maior parte das classes de distância. Isso pode ser considerado em estudos futuros com propostas de ligação entre os fragmentos como, por exemplo, para a criação de corredores ecológicos no município descrito em Smith, (2014).

Tabela 6-3. Tabela de porcentagem de ocorrência para as classes de distância entre os fragmentos.

CLASSES DE DISTÂNCIA (m)	OCORRÊNCIA (%)	
	ANO DE 1988	ANO DE 2011
< 100	24,7	31,0
100,01 - 500	61,3	60,8
500,01 - 1000	11,9	7,0
1000,01 - 1500	1,8	1,1
1500,01- 2000	0,3	0,2

Fonte: Autoria Pessoal

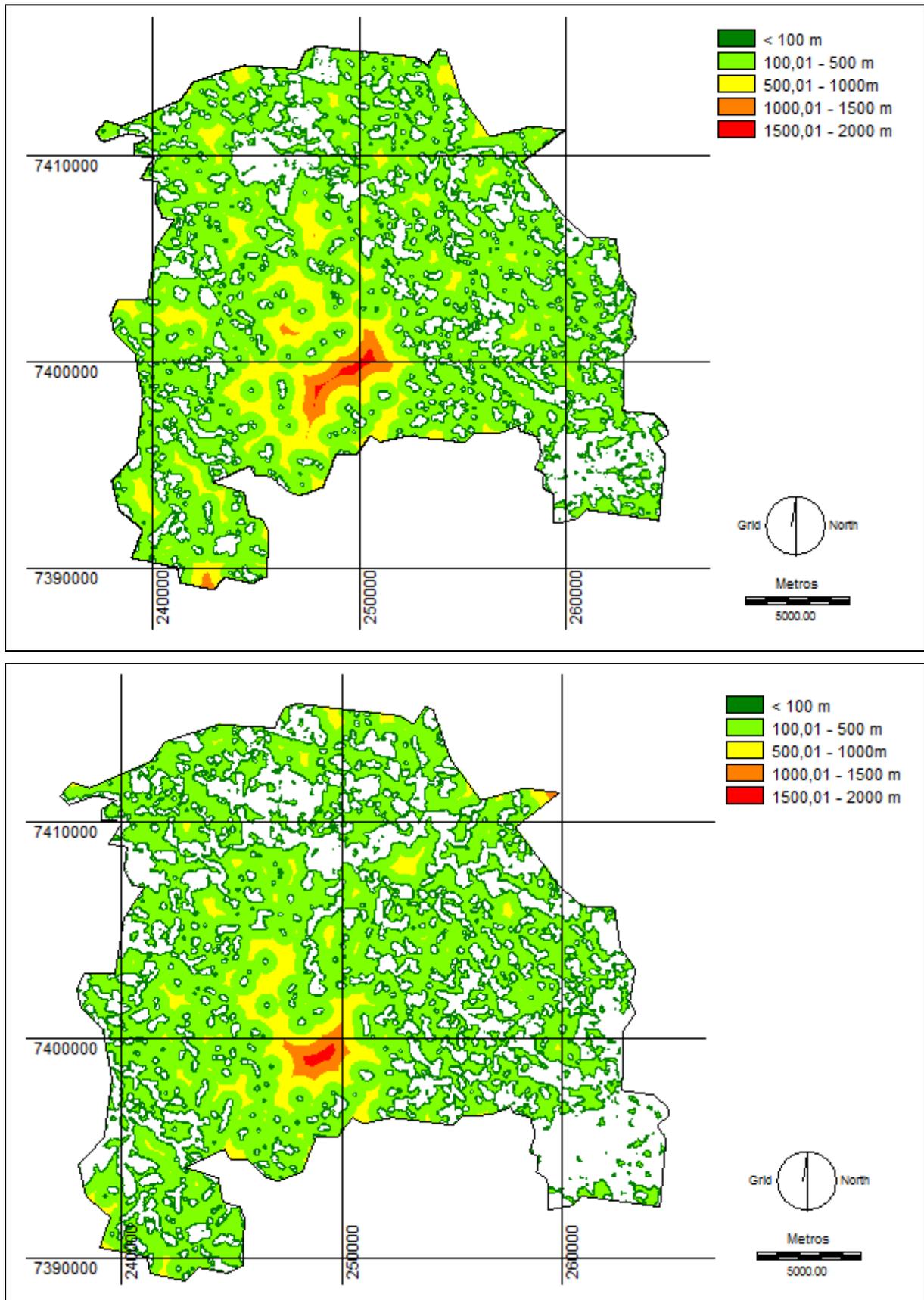


Figura 6-4. Mapa de distância entre fragmentos, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior).
 Nota: Dentro da área de estudo, considerar espaços em branco como fragmentos de vegetação florestal.
 Fonte: Autoria Pessoal

6.5 Qualidade da cobertura da terra

A qualidade da cobertura da terra é uma característica que retrata consequências da intensidade de uso humano sobre o terreno ao longo do tempo. A análise desta característica é de fundamental importância para compreender questões e solucionar problemas ambientais como: a conservação da biodiversidade e ecossistemas, a recuperação de áreas degradadas e planejamento urbano local auxiliando a previsão de mudanças futuras.

Ao longo dos séculos a qualidade da terra tem sido muito afetada pelas atividades humanas, com consequências ao ambiente e à própria saúde humana (DENG e DU, 2011). A classificação do tipo de cobertura, executada de maneira similar a Scheneiders et al. (2012), atribuiu uma pontuação mínima para as áreas com altos valores de conservação ambiental, em sequência a pontuação foi aumentando de acordo com o aumento da intensidade de uso humano, atingindo o valor 6 para as áreas urbanizadas. Portanto, a análise da qualidade do uso da terra de acordo com a intensidade de uso humano na área de estudo, revelou importantes resultados (Figura 6-5 e Tabela 6-4). O fator qualidade apresentou aumento relevante da qualidade denominada excelente (9%). Por outro lado, houve também um crescente aumento da classe denominada péssima (18,1%). Contudo, se levarmos em consideração que a classe “péssima” é a área urbana do município, e tendo em vista que a intensidade de urbanização local é alta e inevitável, pode-se concluir que a maior variação da qualidade está na classe denominada “bom” com diminuição de 22,2% no período de estudo.

Tabela 6-4. Tabela de classificação da qualidade do uso da terra de acordo com a intensidade de uso humano e a porcentagem de ocorrência para cada ano.

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A INTENSIDADE DE USO HUMANO	QUALIDADE DA COBERTURA DA TERRA	% de Ocorrência para o ano de 1988	% de Ocorrência para o ano de 2011
Áreas de vegetação natural e com plano de restauração (reflorestamento)	Excelente	19,6	28,6
Áreas de preservação ambiental com baixa intensidade de uso humano.	Ótimo	0,6	0,2
Áreas verdes com vegetação rasteira	Bom	54,7	32,5
Alta intensidade de uso para agricultura	Razoável	2,7	6,4
Grandes áreas com pouca ou sem vegetação	Ruim	11,8	3,6
Alta intensidade de uso humano por edificação	Péssimo	10,7	28,8

Fonte: Autoria Pessoal

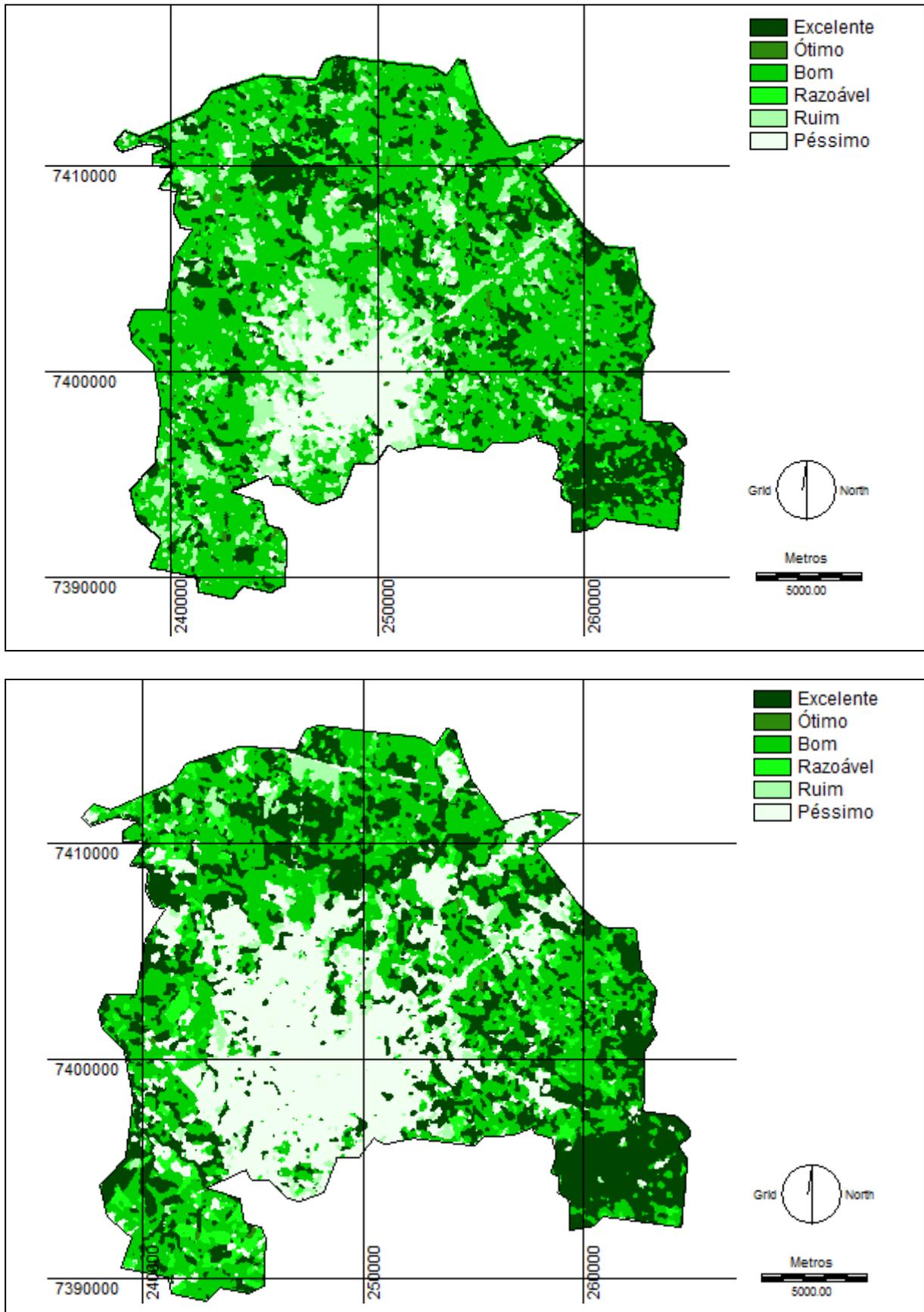


Figura 6-5. Mapa de qualidade da cobertura da terra de acordo com a intensidade de uso humano, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior) (Autoria Pessoal).

Nos mapas da Figura 6-5, a classe excelente refere-se aos locais onde há ocorrência de manchas de VNR/Ref, indicando ser área de habitat e de interesse para conservação. Se a classe excelente (1) for desconsiderada na questão de análise de interferências antrópicas, pode-se dizer que foi constatando um alto índice de atividades antrópicas para o solo do município de Sorocaba em 2011. Contudo, a ocorrência diminuiu em 9%, sendo que, em 1988 80,5% da área do município estava sob efeito de atividades antrópicas já em 2011 a ocorrência passou para 71,5%.

Além disso, o estudo sobre a qualidade da terra sugere preocupação com as áreas de maior adensamento urbano, pois em regiões consideradas densamente povoadas há declínio da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, devido ao aumento de atividades humanas com relação à cobertura da terra (SCHENEIDERS et al., 2012).

6.6 Potencial de Percolação na matriz

Os mapas e dados tabulares para o estudo de potencial de percolação apresentaram resultados que foram obtidos através da tabulação cruzada entre os mapas de distância (Qd) e qualidade da cobertura da terra (Qt) (Tabela 6-5).

Para os dois períodos de estudo, os resultados mostraram que baixos valores (0-20) indicam que a matriz possui alto potencial para percolação de espécies. Os médios valores (20-29), apresentaram que ambas as dimensões estavam simultaneamente favoráveis, ou seja o fator qualidade e a distância estavam equilibradas. Já os altos valores (30-100), indicaram um potencial de percolação muito baixo, pois são regiões com grandes distâncias e com muitas interferências antrópicas (Tabela 6-5 e Tabela 6-6).

Tabela 6-5. Valores resultantes para o potencial de percolação estabelecido de acordo com as classes de distância e qualidade da cobertura da terra.

Classes de Qualidade de Distância (Qd)	Qualidade da cobertura da terra (Qt) ²				
	Hidrografia (Qt=2)	Pastagem (Qt=3)	Cultura (Qt=4)	Solo Exposto (Qt=5)	Área Urbana (Qt=6)
Muito Próximo (Qd=1)	4	9	16	25	36
Próximo (Qd=2)	8	18	32	50	72
Intermediário (Qd=3)	12	27	48	75	108
Longe (Qd=4)	16	36	64	100	144
Muito longe (Qd=5)	20	45	80	125	180

X – muito alto; X – alto; X – médio; X – baixo; X – muito baixo

Fonte: Autoria Pessoal

Tabela 6-6. Percentagens de ocorrência do potencial de percolação.

Intervalo de valores	1988	2011
< 10 (muito alto)	20.0	19.1
11 – 19 (alto)	45.7	28.2
20 – 29 (médio)	6.4	2.4
30 – 99 (baixo)	22.1	43.4
> 100 (muito baixo)	5.8	7.0
Total	100.0	100.0

Fonte: Autoria Pessoal

Entre os dois períodos estudados, o percentual de área de muito alto potencial de percolação manteve-se praticamente inalterado. Áreas consideradas como de alto potencial de percolação foram predominantes em 1988 e foram consideravelmente reduzidas (45,7-28,2 %) no ano de 2011. Nas outras áreas consideradas com baixo potencial de percolação a porcentagem quase dobrou e se tornou a classe predominante em 2011 (Tabela 6-6).

Através dos mapas (Figura 6-6) pode-se notar que a região central do aglomerado urbano é considerada de mais baixa qualidade para percolação e seria uma região pouco recomendada para uso de recursos financeiros em grandes projetos de restauração ecológica, embora o Rio Sorocaba passe por esta região. Ao invés de grandes projetos, projetos pontuais seriam melhores, pois o Rio Sorocaba é o maior canal do rio existente no município. No referido local, Cruz e Piratelli (2011) pesquisaram a comunidade de aves e encontraram 65 espécies, com predominância de espécies insetívoras, indicando que o rio tem uma biodiversidade regional expressiva, não só de animais terrestres, como também aquáticos (SMITH et al., 2007).

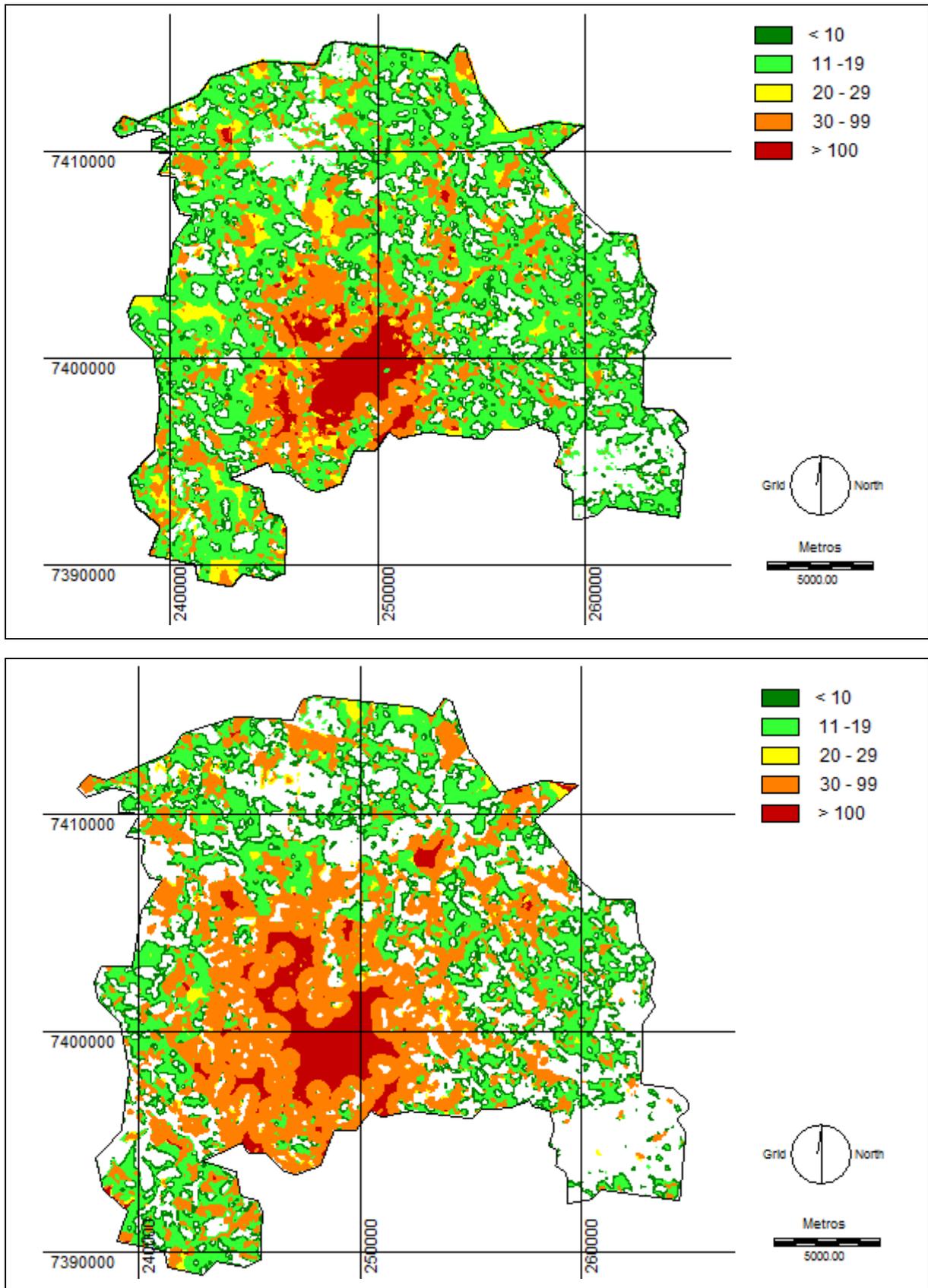


Figura 6-6. Mapa de potencial de percolação, anos de 1988 (superior) e 2011 (inferior) (Autoria Pessoal).

Nota: Dentro da área de estudo, considerar espaços em branco como fragmentos de vegetação florestal.

Os cenários resultantes em ambos os períodos mostram que, em 1988, os fragmentos eram mais distantes entre si, e por outro lado, a ocupação urbana ocorreu em percentual menor. Em 2011, a qualidade de conexão entre os fragmentos melhorou sensivelmente, mas a qualidade da cobertura da terra piorou, principalmente pela grande expansão da área urbanizada.

Contudo, conclui-se que o estudo de potencial de percolação na matriz é um importante instrumento de análise da paisagem com relação à sinalização de importantes regiões que possam ser usadas para a recomposição da paisagem.

6.7 Efeito de Borda

Dos inventariados, o índice de borda variou entre 1,13 - 9,48, considerando todos os fragmentos do município, com tamanhos que vão de 0,09 a 3.155,31ha. Fragmentos com formatos mais circulares, ou seja, valores de índice de borda próximos de 1 têm a razão borda-área minimizada e, portanto, a região central da área (*core*) está mais distante das bordas e, conseqüentemente, mais protegido dos fatores externos. Formatos mais irregulares possuem regiões centrais menores ou ausentes, ficando assim mais exposta aos agentes externos (FRISSOM et al., 2006).

Os resultados obtidos mostraram que apesar de haver fragmentos maiores em área, pode-se notar que em 2011 eles estão sob maior efeito de borda, variando seu índice máximo de 8 para aproximadamente 10, sendo que em 1988 o maior índice foi de aproximadamente 8 (Figura 6-7). Portanto, pode-se dizer que a tendência se manteve e que para este estudo os resultados mostraram que quanto maior o fragmento em área, mais alto é o índice de borda.

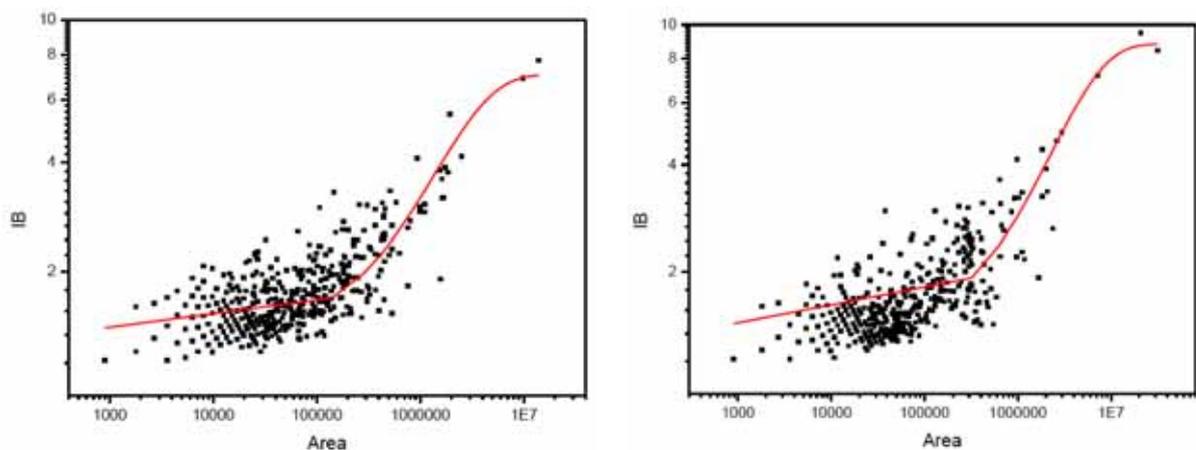


Figura 6-7. Gráfico em escala Log-Log do efeito de borda em função da área dos fragmentos, anos de 1988 (esquerda) e 2011 (direita).

Nota: As curvas em vermelho são ajustes exponenciais para a dependência do IB em relação à área dos fragmentos (Auria Pessol).

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de recursos de geotecnologias, especialmente imagens de satélite e software de sistema de informação geográfica, proporcionou um ganho de informações obtidas diretamente das imagens de satélite e geração de informações derivadas (de qualidade da cobertura da terra, por exemplo) de grande importância para a compreensão das questões consideradas no presente trabalho. O método aqui proposto proporcionou analisar a paisagem não somente num contexto descritivo relacionado ao número de fragmentos e áreas destes, mas também num contexto de qualidade de cobertura da terra, potencial de percolação e efeito de borda.

A qualidade da cobertura da terra mostrou que a paisagem onde se situa o município de Sorocaba passou por um processo de transformação induzido por atividades antrópicas, e mesmo com um declínio de 9% a área de estudo permanece sob interferências humanas (71,5%). O estudo de potencial de percolação comprova e sugere preocupação imediata com a classe onde há intensificação de uso humano. Essas áreas estão sob necessidade de medidas urgentes de recomposição da vegetação, pois são áreas onde o potencial de percolação tende a diminuir se não houver recuperação da estrutura da paisagem. Além disso, destaca regiões de alto índice para o potencial de percolação de espécies e revela áreas que facilitam a recomposição da paisagem.

O aumento significativo nas áreas com vegetação natural remanescente constitui um caso raro no território brasileiro. O adensamento da área de vegetação natural remanescente/reflorestamento está localizado principalmente na porção sudeste do município, local de maior declividade e grande ocorrência de mananciais.

Concordante com o exposto na literatura, apesar da fragmentação da vegetação natural remanescente ter ocorrido em maior escala para os fragmentos < 100 ha, estes são considerados importantes trampolins que reduzem o isolamento de outros fragmentos. Os dados de distância indicaram melhoria na qualidade da conectividade entre os fragmentos. Embora as ações promovidas pelo governo municipal em recuperar áreas de mata ciliar e nascentes, parecem estar auxiliando a mitigação do processo de fragmentação e isolamento florestal, este estudo contribui em apontar áreas onde há necessidade de prioridade nas ações visando aumentar a eficácia dos projetos estabelecidos ou a serem instituídos pelos serviços públicos municipal, estadual ou mesmo organizações não governamentais que atuam no setor. Ou seja, entende-se que nos locais apontados como sendo de alta qualidade de percolação,

projetos de restauração poderiam ser feitos de maneira não tão dispendiosa para o poder público (ou para o proprietário do local) e com altas chances de ter uma resposta altamente satisfatória em termos de indicadores ecológicos.

O maior fragmento existente no ano de 1988, com área de aproximadamente 1.390 ha, deixou de ser único e duas grandes áreas de vegetação natural remanescente no município com área maior que 1.000 ha passaram a existir, sendo que a maior delas possui 3.155,31 ha. Portanto, fragmentos florestais maiores e consolidados devem ser de prioridade na conservação, pois são vitais na recolonização dos fragmentos menores do entorno.

Devido ao aumento em área, os fragmentos estão discretamente mais próximos entre si e a maior variação (aumento de 6,3%) ocorre na classe menores distâncias (<100m). Dados expressivos, pois essas regiões formam trampolins eficientes para os fluxos genéticos e também para a reconstituição da paisagem.

O estudo de efeito de borda sobre os fragmentos de vegetação remanescente apresentou situações similares para ambos os períodos de estudo, onde os maiores fragmentos estão sob efeito de borda, mas por outro lado a conectividade entre os fragmentos formam corredores ecológicos importantes para o ecossistema.

A paisagem no município de Sorocaba apresenta-se menos fragmentada e pode ser reconstruída em relação à ecologia de paisagem e a biologia da conservação. Sendo assim, variáveis analisadas nesse estudo são de grande importância e podem contribuir no planejamento e gestão da paisagem para a conservação do ecossistema local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. B. de; SILVA F. B.; GUSMÃO, E. R.; BRITO; D. R. B.; DOURADO, G. F. Mudança da cobertura vegetal do município de Buriti - MA nos anos de 2000 e 2007: uma abordagem com o uso de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 5587-5594. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00044-7. Disponível em <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.42/doc/5587-5594.pdf>> Acesso em: 30.out. 2012.
- ARMESTO, J. J.; MANUSCHEVICH, D.; MORA, A.; SMITH-RAMIREZ, C.; ROZZI, R.; ABARZÚA, A. M.; MARQUET, P. A. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. **Land Use Policy**, 27, p. 148–160, 2010.
- BARRETT, E. C.; CURTIS, L. F. **Environmental remote sensing**. Routledge. 1999. 480 p. 4ª Ed.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1972.
- BIOLÓGICA, Convenção Sobre Diversidade. **Panorama da biodiversidade global 2**. Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006.
- BORGES, L. F. R.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; FREITAS, G. D.. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 22-38, 2004.
- BOSCOLO, D; CANDIA-GALLARDO, C.; AWADE, M.; METZGER, J. P. Importance of Interhabitat Gaps and Stepping Stones for Lesser Woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, v. 40, n. 3, p. 273-276, 2008.
- BRINK, A. B.; EVA, H. D. Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. **Applied Geography**, v. 29, n. 4, p. 501-512, 2009.
- CALEGARI, L.; MARTINS, S.V.; GLERIANI, J.M.; SILVA, E.; BUSATO, L.C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**. v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- CARMO, R. L.; D'ANTONA, A. O. Dinâmicas demográficas e ambiente. **Campinas: Nepo. Unicamp**, 2011.
- CEPAGRI, U. Clima dos Municípios Paulistas (2012). Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_584.html>. Acesso em: 30.out.2012.

- CHIARELLO, A. G. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 89, n. 1, p. 71-82, 1999.
- CHIARELLO, A. G. Conservation value of a native forest fragment in a region of extensive agriculture. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 237-247, 2000.
- CPLA/SMA. **Meio Ambiente Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2010**. São Paulo: SMA, 2010.
- CPLA/SMA. **Meio Ambiente Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2012**. São Paulo: SMA, 2012.
- CRUZ, B. B.; PIRATELLI, A. J. Avifauna associada a um trecho urbano do Rio Sorocaba, SP, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, 255–264, 2011.
- DAMSCHEN, E. I. Landscape Corridors. **Encyclopedia of Biodiversity** (Second Edition), p. 467–475, 2013.
- DENG, X.; DU J. Land Quality: Environmental and Human Health Effects. **Encyclopedia of Environmental Health**. p. 362–365, 2011.
- DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F. de; FRANCO G. A. D. C; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 2, p. 217-241, 2003.
- EASTMAN, J. R. **IDRISI 32. - Guide to GIS and image processing**. Massachusetts: Clark University, 1999. v.2, 169 p.
- EMBRAPA, 2003, <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em: 30.out.2012.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, p. 487-515, 2003.
- FERNANDES, J. P.; GRACINHAS, N. Caracterização e avaliação da estrutura da paisagem: Análise da sua evolução no séc. XX. **Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas**, Universidade de Évora, Portugal, 2013.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; ... SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v.309, n. 5734, 570-574, 2005.
- FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- FORMAN, R. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; ... WINTER, T. C. **Road ecology: science and solutions**. Island Press, 2002.
- FOX, B. J.; TAYLOR, J. E.; FOX, M. D.; WILLIAMS, C. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. **Biological Conservation** v. 82, n. 1, p. 1-13, 1997.
- FRANKLIN, J. F.; FORMAN, R. T. T. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, p. 5-18, 1987.

- FREITAS FILHO, M. R.; MEDEIROS, J. S. Análise multitemporal da cobertura vegetal em parte da Chapada do Araripe- CE, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 7., 1993, Curitiba. Anais eletrônicos... São José dos Campos: INPE, 1993. p.73-80. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00052-2.
Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401912/2005/07.20.01.58/doc/073-080.pdf>>. Acesso em: 30.out.2012.
- FRISOM, S.; PARANHOS FILHO, A. C.; CORRÊA, L. C.; CAVAZZANA, G. H. Uso de sensoriamento remoto na análise de efeito de borda de fragmentos naturais (capões) da fazenda São Bento, Pantanal sul, sub-regiões do Miranda e Abobral. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, **Anais...**, Campo Grande, MS, 2006. p. 333-340.
- GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; SANTOS, C. S.; SANTOS, I. Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade da Paisagem para Análise de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.05, p.1000-1012, 2011.
- GRADWOHL, J.; GREENBERG, R. Small forest reserves: making the best of a bad situation. **Climatic change**, v. 19, p.235-256, 1991.
- HILTY, J. A.; LIDICKER Jr., W. Z.; MERENLENDER, A. **Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation**. Island Press, 2006.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de uso da terra**. 3ª edição. IBGE – Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, RJ, 171 p, 2013.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de Biomas e de Vegetação**. IBGE – Diretoria de Geociências. 2004.
Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>. Acesso em 16/06/2014.
- KENNEDY, R. E.; TOWNSEND, P. A.; GROSS, J. E.; COHEN, W. B.; BOLSTAD, P.; WANG, Y. Q.; ADAMS, P. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 7, p. 1382-1396, 2009.
- KRONKA, F. J. N. et al. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/ Instituto Florestal. Imprensa Oficial, 2005.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p. 1 ed, ISBN 8586238783.
- LATORRE, M. L.; CARVALHO Jr, O. A. de; SANTOS, J. R. dos; SHIMABUKURO, Y. E. Integração de dados de sensoriamento remoto multi resoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão. **Revista Brasileira de Geografia**, v.25, n.1, p. 63-74, 2007.
- LAURANCE, W. F. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. University of Chicago Press, 1997.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons Ltd, 2004.
- LORD, J. M.; NORTON, D. A. Scale and the spatial concept of fragmentation. **Conservation Biology**, v. 4, n. 2, p. 197-202, 1990.

- 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**, v. 141, n. 9, p. 2184-2192, 2008.
- MASSARI, M. A. L. **Arquitetura industrial em Sorocaba: o caso das fábricas têxteis**. São Paulo, 2011. 154f. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) - FAUUSP. Universidade de São Paulo.
- MATTHEWS, E.; PAYNE, R.; ROHWEDER, M.; MURRAY, S. **Pilot analysis of global ecosystems: forest ecosystems**. World Resources Institute, Washington, D.C., 74 p., 2000.
- MELLO, K. **Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de unidades de conservação**. 2012. 82f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.
- METZGER, J.; DÉCAMPS, H. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Oecologica**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1997.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.
- METZGER, J. P. **Estrutura da Paisagem: o uso adequado de métricas**. In: CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003a. p. 423-453.
- METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; GANDARA F.B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisa Agrícolas e Florestais, 2003b. p. 49-76.
- MILLER, R. B.; SMALL, C. Cities from space: Potential applications of remote sensing in urban environmental research and policy. **Environmental Science & Policy**, v.6, n.2, p. 129-137, 2003.
- MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2002. 22p.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution** v.10, n.2, p. 58-62, 1995.
- ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. Cengage Learning Editores, 2007. 612p.
- OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Legenda Expandida. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: EMBRAPA – Solos. 1999.
- PAYÉS, A. C. L. M.; PAVÃO, T.; SANTOS, R. F. The conservation success over time: Evaluating the land use and cover change in a protected area under a long re-categorization process. **Land Use Policy**, v. 30, n. 1, p. 177-185, 2013.
- PATINO, J. E.; DUQUE, J. C. A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. **Computers, Environment and Urban Systems**, 2012.
- PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L. N. O. de; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1989. p. 126.

- PETROSILLO, I.; ZACCARELLI, N.; SEMERARO, T.; ZURLINI, G. The effectiveness of different conservation policies on the security of natural capital. **Landscape and Urban Planning**, v. 89, n. 1, p. 49-56, 2009.
- PINTO-CORREIA, T.; KRISTENSEN, L. Linking research to practice: The landscape as the basis for integrating social and ecological perspectives of the rural. **Landscape and Urban Planning**, v. 120, p. 248-256, 2013.
- PRINGLE, C. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? **Hydrological Processes**, v.17, n.13, p. 2685–2689, 2003.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- SANTOS, M. L. M.; MATTOS, M. M.; PIRES, I. O.; BROWN, I. F.; ASSIS, W. S. Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio Rio Capim - Paragominas - PA, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 7., 1993, Curitiba. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 1993. p.6-15. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00055-3. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/>>. Acesso em : 30.out.2012.
- SCHELHAS, J.; GREENBERG, R. S. **Forest patches in tropical landscapes**. Island Pr, 1996.
- SCHIER, R. A. **As concepções da paisagem no código florestal..** 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SCHNEIDERS, A.; VAN DAELE, T.; VAN LANDUYT, W.; VAN REETH, W. Biodiversity and ecosystem services: Complementary approaches for ecosystem management? **Ecological Indicators**, v. 21, p. 123-133, 2012.
- SEABRA, V. S.; CRUZ, C. M. Mapeamento da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São João, RJ/Mapping the Dynamics of Land cover and Land Use in the watershed of São João River, RJ. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, 2013.
- SEADE (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional). São Paulo (Estado). **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE Perfil Municipal**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfilMunEstado.php>>. Acesso em: 30 de outubro de 2012.
- SEMA (Secretaria de Meio Ambiente de Sorocaba). **Plano de Arborização Urbana**. 30p, 2014. Disponível em <http://www.meioambientesorocaba.com.br/Pagina.aspx?pg=15>. Acesso em Maio de 2014.
- SEMA (Secretaria de Meio Ambiente de Sorocaba). **Plano Diretor Ambiental de Sorocaba**. 56p, 2011. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/82943010/Plano-Diretor-Ambiental-de-Sorocaba>. Acesso em Abril de 2013.
- SEMA (Secretaria do Meio Ambiente de Sorocaba). **Projetos / Mata Ciliar: Programa de Recuperação de Mata Ciliar e Nascentes de Sorocaba**. Sorocaba, 2010. Disponível em: <<http://meioambientesorocaba.com.br/Pagina.aspx?pg=37>>. Acesso em 30.out.2012.
- SIEGMUND, A.; MENZ, G. Fernes nah gebracht–Satelliten-und Luftbildeinsatz zur Analyse von Umweltveränderungen im Geographieunterricht. **Geographie und Schule**, v. 154, n. 4, p. 2-10, 2005.
- SILVA, A. M. **Ecologia de Paisagem: fundamentos e aplicações**. Editora Papel e Virtual. Rio de Janeiro – RJ, 157 p., 2004.

- SILVA, A. M. Cobertura do solo do município de Sorocaba-SP e implicações na fragmentação dos remanescentes florestais. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 38-46, 2005.
- SILVA, A. M. D.; NALON, M. A.; KRONKA, F. J. D. N.; ALVARES, C. A.; CAMARGO, P. B. D.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 325-335, 2007a.
- SILVA, W. G.; METZGER, J. P.; SIMÕES, S.; SIMONETTI, C. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 3, p. 403-411, 2007b.
- SILVA, M. P. S.; CAMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; SOUZA, R. C. M. Remote sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29 n. 16, p. 4803-4822, 2008.
- SILVEIRA, F. M.; SILVA, A. M.; IKEMATSU, P.; BOMBACK, M.; PAULA, F. P.; NOGUEIRA, D. P.; ALVES, S. H. Variation of the occupied area by riparian zone according to considered width. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 10, p. 111-119, 2009.
- SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e Sistema de Informação Geográfica na delimitação de zonas de tampão ripárias**. 2001. 171 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SMITH, W. S.; MOTA Jr, V. D.; CARVALHO, J. L. **Biodiversidade do Município de Sorocaba**. Prefeitura Municipal de Sorocaba: Secretaria do Meio Ambiente. 2014. 272p. 1^a Ed.
- SMITH, W. S.; PETRERE Jr, M. Caracterização limnológica da bacia de drenagem do Rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 12, n. 2, p. 15-27, 2000.
- SMITH, W. S.; PETRERE Jr, M.; BARRELLA, W. Fish, Sorocaba river sub-basin, state of São Paulo, Brazil. **Check List**, v.3, n. 3, p. 282-286, 2007.
- SPDR (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Estado de São Paulo). **Caracterização socioeconômica das regiões do Estado de São Paulo – Região Administrativa de Sorocaba**, 77p., 2012.
Disponível em: http://www.planejamento.sp.gov.br/noti_anexo/files/uam/trabalhos/Sorocaba.pdf. Acesso em Abril de 2013.
- STERLING, S. M.; DUCHARNE, A.; POLCHER, J. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 4, p. 385-390, 2013.
- TAYLOR, J. J.; BROWN, D. G.; LARSEN, L. Preserving natural features: A GIS-based evaluation of a local open-space ordinance. **Landscape and Urban Planning**, v. 82, n. 1, p. 1-16, 2007.
- TOLEDO, A. M. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. Dissertação - Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas – CENA - USP – Piracicaba - SP, 94 p, 2001.
- TURNER, M. G. Landscape Ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 20, p. 171 – 197, 1989.
- VELOSO, H. P. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE. 1992, 91p.
- VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990, p.113-118.

- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.
- VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A.; MARTINEZ, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 86-94, 1992.
- WARREN, P. S.; RYAN, R. L.; LERMAN, S. B.; TOOKE, K. A. Social and institutional factors associated with land use and forest conservation along two urban gradients in Massachusetts. **Landscape and Urban Planning**, v. 102, n. 2, p. 82-92, 2011.
- ZONNEVELD, I. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. **Landscape Ecology**., v. 3, n. 2, p. 67-86, 1989.

APÊNDICES

Apêndice A. Levantamento de campo do município de Sorocaba – SP.

(continua)

TABELA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DO MUNICÍPIO DE SOROCABA - SP					
DATA: FEVEREIRO/2012					
PONTO	COORD. X	COORD. Y	CLASSE	OBSERVAÇÃO	ERRO GPS (m)
1	253489	7398074	Vegetação Remanescente (lado esquerdo); Mineração (lado direito)	Bairro Caputera	16
2	254823	7397645	Periurbana	Bairro Caputera	9
3	261111	7398007	Pastagem (lado direito) Vegetação Remanescente (Lado Esquerdo)	Depois do Bairro Brigadeiro Tobias; sentido Sorocaba-Alumínio	9
4	261264	7398010	Reflorestamento	Plantação Eucalipto (lado direito); sentido Alumínio - Sorocaba	8
5	260985	7396237	Plantação Eucalipto	Sentido Brigadeiro Tobias - Bairro Inhaíba; casa do lado esquerdo, antiga estação de trem	8
6	261407	7396067	Reflorestamento (lado direito); Vegetação Remanescente (lado esquerdo)	Sentido Brigadeiro Tobias - Bairro Inhaíba	8
7	258148	7398312	Área urbana	Sentido Alumínio - Sorocaba (Brigadeiro Tobias)	9
8	241892	7392087	Cultura de Milho (lado direito)	sentido Rodovia Raposo Tavares - Ipanema das Pedras	32
9	240469	7390341	Analisar foto, aparentemente reconstruindo a Mata;	Pertence ao Parque Zoológico de São Paulo; próximo ao haras Monte Cristo.	45
10	239602	7390762	Solo exposto (lado esquerdo); Mata (lado direito)	Entrada próximo ao haras Monte Cristo; sentido Estrada Municipal Jundiaquara Piraporão - Ufscar bairro (estrada de terra)	9
11	239204	7391089	Cultura (milho)	entrando à direita da estrada Jundiaquara Piraporão	--
12	238968	7391675	Pastagem	mesma estrada de terra, lado esquerdo	9
13	238842	7391844	Periurbana	mesma estrada de terra	--

Apêndice A. Levantamento de campo do município de Sorocaba – SP.

(continuação)

TABELA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DO MUNICÍPIO DE SOROCABA - SP					
DATA: FEVEREIRO/2012					
PONTO	COORD. X	COORD. Y	CLASSE	OBSERVAÇÃO	ERRO GPS (m)
14	238561	7392197	Pastagem (lado esquerdo)	mesma estrada de terra	--
15	238160	7393314	Plantação Eucalipto (lado direito); casas (lado esquerdo)	Rua Donai Ribeiro	9
16	238954	7395451	Plantação de eucalipto (lado direito); Pastagem (lado esquerdo)	Continuação Rua Donai Ribeiro	--
17	239550	7396550	Cultura milho (lado esquerdo); Continuação Eucalipto (lado direito)	mesma estrada de terra, 1 à direita, próximo a rua Felipe Moisés Betty Filho; saímos no Km 108 da Rod. Raposo Tavares, passarela Dona Mariquita.	21
18	242424	7395843	Cultura (milho)	Rod. Raposo Tavares Km 106; sentido Araçoiaba - Sorocaba	9
19	240615	7399059	Pastagem (lado esquerdo); Periurbana (lado direito)	Rod. Ipatinga, sentido Araçoiaba - Sorocaba	12
20	242078	7398600	Pastagem (lado esquerdo)	Início da Avenida Américo Figueiredo, próximo ao Cemitério Memorial Park	--
21	245986	7400553	Córrego com Mata Ciliar (lado direito); Aeroporto (lado esquerdo)	Rua Isaldino Costa, continuação da Av. General Osório	--
22	248041	7399529	Área urbana	Próximo ao Sorocaba Shopping	--
23	246356	7407047	Loteamento (lado direito)	Final da Avenida Itavuvu, próx. ao Habiteto, Residencial Jardim dos eucaliptos	--
24	246676	7408582	Periurbana	Bairro Habiteto	--
25	246818	7409209	Corpo d'água (rio e mata ciliar)	continuação da Avenida Itavuvu	--
26	246682	7409729	Plantação eucalipto (brotagem)	continuação da Avenida Itavuvu	--
27	246832	7410185	ponto teste para google earth	continuação da Avenida Itavuvu	--
28	247138	7411925	Plantação de Pinheiro eucatex (eucalipto)	Ambos os lados da Avenida Itavuvu, próximo à Toyota	--
29	247235	7413353	Pastagem com córrego (lado direito); Toyota (lado esquerdo)	Avenida Itavuvu	--
30	247388	7413515	Solo exposto, instalação Toyota (lado direito);	--	--
31	248638	7411552	Plantação de Eucalipto	Sentido Bairro Campininha (estrada de terra)	--
32	247587	7410318	Eucalipto	Estrada de terra ao lado da linha de energia, virando à direita da estrada anterior	--
33	245860	7410302	Mata Nativa	Ao lado da rede de energia, lado esquerdo da Avenida Itavuvu	--
34	249001	7411064	Pastagem (lado esquerdo); Eucalipto (lado direito)	Estrada de terra sentido Rod. Castelo Branco - Bairro Campininha	--

Apêndice A. Levantamento de campo do município de Sorocaba – SP.

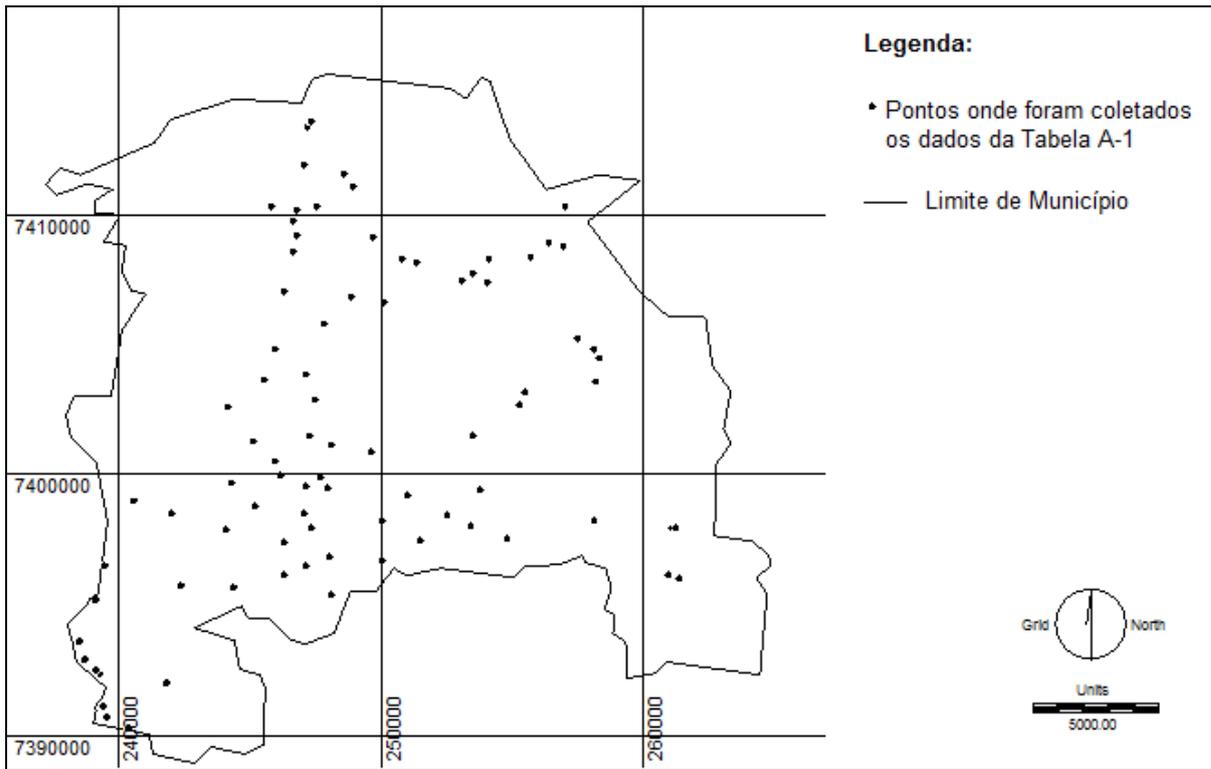
(continuação)

TABELA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DO MUNICÍPIO DE SOROCABA - SP					
DATA: FEVEREIRO/2012					
PONTO	COORD. X	COORD. Y	CLASSE	OBSERVAÇÃO	ERRO GPS (m)
35	249727	7409162	Pastagem (lado esquerdo), Mata (lado direito)	Estrada de terra sentido Rod. Castelo Branco - Bairro Campininha	--
36	250832	7408330	Rio - córrego	Estrada de terra sentido Rod. Castelo Branco - Bairro Campininha	--
37	251370	7408148	Periurbana	Estrada de terra, sentido Bairro Campininha - Bairro Éden	--
38	253537	7407744	Área urbana	Bairro Éden, em frente ao Banco Itaú; Avenida Independência sentido Sorocaba.	--
39	254148	7408333	Rio - ponte	Avenida Independência sentido Éden - Cajuru	--
40	255753	7408340	--	Lado direito da Avenida Independência sentido Éden - Cajuru	--
41	256403	7408911	Mata com Lago (lado direito, dentro de um loteamento)	Avenida Independência sentido Éden - Cajuru	--
42	256945	7408821	Mata Nativa (mesmo loteamento)	Avenida Independência sentido Éden - Cajuru	--
43	257030	7410310	Área urbana - Cajuru	Sentido Éden - Cajuru, Av. Paraná	--
44	254055	7407441	Lago do Éden	Sentido Éden - Castelinho	7
45	257531	7405300	Área Urbana - Aparecidinha	em frente à Igreja principal	--
46	258358	7404478	Cultura Milho	Além Aparecidinha próx. Jardim Josane	--
47	258166	7404889	Pastagem	Além Aparecidinha próx. Jardim Josane	--
48	258251	7403613	Pastagem	Estrada D. José M. Campos sentido Bairro Mato Dentro	--
49	255525	7403187	Lago (lado direito); Cultura milho (lado esquerdo)	Av. 3 de Março; sentido Aparecidinha - Sorocaba	--
50	255316	7402737	Solo exposto (lado esquerdo)	Av. 3 de Março; sentido Aparecidinha - Sorocaba	--
51	253511	7401555	Mata (lado direito)	Parque Chico Mendes; Av. 3 de Março; sentido Aparecidinha - Sorocaba	--
52	253130	7407491	Centro Urbano	Eden	7
53	250119	7406671	Pasto	Caminho Eden - Vitoria Régia	8
54	248897	7406857	Centro Urbano	Vitória Régia	9
55	247850	7405792	Centro Urbano	Vitória Régia	11
56	246012	7404852	Centro Urbano	Santa Cecília	11
57	247203	7403884	Centro Urbano	Laranjeiras	13
58	245638	7403682	Centro Urbano	Maria Eugênia	8
59	247537	7402897	Centro Urbano	Vila Formosa	8
60	247320	7401514	Centro Urbano	Vila Carol	9
61	248131	7401181	Centro Urbano	--	12

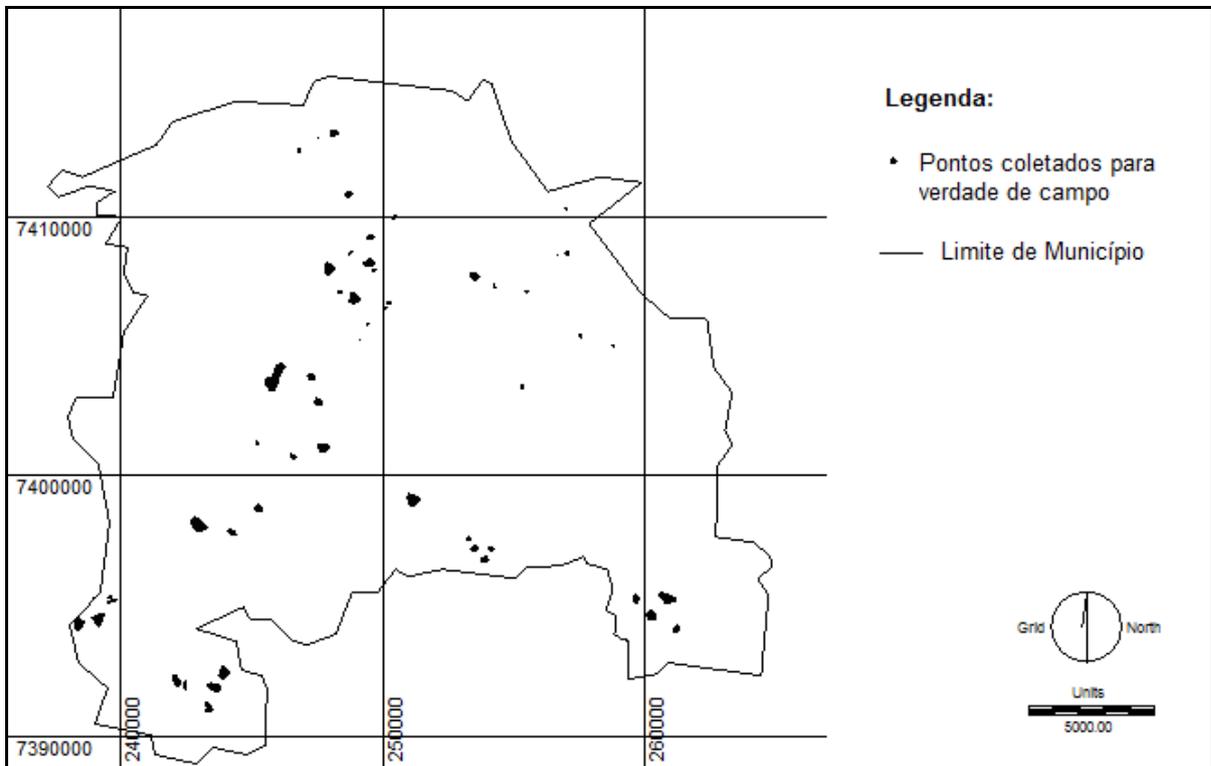
Apêndice A. Levantamento de campo do município de Sorocaba – SP.

(conclusão)

TABELA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DO MUNICÍPIO DE SOROCABA - SP					
DATA: FEVEREIRO/2012					
PONTO	COORD. X	COORD. Y	CLASSE	OBSERVAÇÃO	ERRO GPS (m)
62	249678	7400937	Centro Urbano	Vila Progresso	13
63	250113	7398279	Centro Urbano	--	11
64	250067	7396767	Centro Urbano	Parada do Alto	18
65	251532	7397564	Centro Urbano	Vila Hortência	9
66	252553	7398510	Centro Urbano	Vila Haro	8
67	251037	7399289	Centro Urbano	Árvore Grande	9
68	253835	7399482	Centro Urbano	Bandeirantes	15
69	247725	7399985	Centro Urbano	Vila Carvalho	10
70	247174	7399647	Centro Urbano	Trujillo	10
71	246224	7400015	Centro Urbano	Vila Barão	9
72	245217	7401337	Centro Urbano	Jd Nogueira	16
73	244239	7402670	Centro Urbano	Vila Helena	9
74	244361	7399783	Centro Urbano	Jd Esmeralda	8
75	245290	7398852	Centro Urbano	Jd Simus	8
76	247104	7398612	Centro Urbano	--	7
77	248142	7395442	Centro Urbano	Campolim	10
78	247164	7396601	Centro Urbano	Jd dos Estados	14
79	248099	7396894	Centro Urbano	--	13
80	246396	7397497	Centro Urbano	--	11
81	246396	7396214	Centro Urbano	Guadalajara	8
82	244403	7395763	Centro Urbano	--	8
83	244158	7397937	Centro Urbano	São Marcos	9
84	247406	7397996	Centro Urbano	Mangal	11



Apêndice B. Pontos de levantamento de campo do município de Sorocaba – SP.



Apêndice C. Pontos de verdade de campo para validação do mapa de cobertura da terra.