

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Dinâmica de florestas nativas em áreas de expansão de eucalipto no
Estado de São Paulo

Karen Leyton

Dissertação apresentada para obtenção de título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e
Nutrição de Plantas

Piracicaba

2008

Karen Leyton
Engenheira Agrônoma

Dinâmica de florestas nativas em áreas de expansão de eucalipto no
Estado de São Paulo

Orientador:
Prof. Dr. **GERD SPAROVEK**

Dissertação apresentada para obtenção de título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e
Nutrição de Plantas

Piracicaba
2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO – ESALQ/USP**

Leyton, Karen

Dinâmica de florestas nativas em áreas de expansão de eucalipto no Estado de São Paulo /
Karen Leyton. - - Piracicaba, 2008.

80 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Áreas de conservação 2. Bacia hidrográfica 3. Eucalipto 4. Proteção ambiental 5. Redes
de drenagem 6. Sensoriamento remoto 7. Sistema de posicionamento global I. Título

CDD 634.9734
L533d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus filhos Yan
e Clara, e ao meu
companheiro André,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Gerd Sparovek, pela sua orientação e contribuição na elaboração desse trabalho e na minha formação acadêmica e profissional nessa fase da vida.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de estudo e reserva técnica, possibilitando o desenvolvimento desse trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP pela oportunidade de realização do curso.

À família Leyton (e suas extensões), à família Villela e à família Iamamoto pelo apoio e carinho incondicional.

À Maria Lucia Dario, do setor de Tecnologia e Meio Ambiente – Eucatex S/A, pelos dados e apoio fornecidos.

Aos estagiários Ricardo Michael de Melo Sixel e Pedro Henrique Cury, por suas colaborações.

Aos amigos Maria Clara e Beto Barretto pela amizade e apoio.

"O conteúdo da Arte é o mesmo da Ciência,
pois ambas têm por fundamento a eterna verdade,
que é ao mesmo tempo beleza"

Rudolf Steiner

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Contextualização.....	13
1.2 Objetivos	14
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 Revisão Bibliográfica.....	15
2.1.1 A silvicultura brasileira e seus impactos	15
2.1.2 A fragmentação florestal e áreas de especial interesse para conservação	18
2.1.3 O setor empresarial e o meio ambiente.....	21
2.1.4 O sensoriamento remoto e a vegetação.....	22
2.2 Materiais e Métodos	23
2.2.1 Áreas de estudo – bacia hidrográfica como unidade de estudo	23
2.2.2 Delimitação da rede de drenagem e das áreas de especial interesse para conservação	25
2.2.3 Processamento e classificação de imagens de satélite.....	26
2.2.4 Processamento e classificação de fotografias aéreas	30
2.3 Resultados e discussão	33
2.3.1 Caracterização das áreas de estudo	33
2.3.2 Delimitação das bacias hidrográficas e da rede de drenagem	40
2.3.3 Expansão temporal do eucalipto – décadas de 80, 90 e 2000 em área total	45
2.3.4 Eucalipto e áreas de especial interesse para conservação ambiental – décadas de 80, 90 e 2000 em área total.....	50
2.3.5 Expansão temporal do eucalipto – área amostrada.....	54
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	64
APÊNDICE	66

RESUMO

Dinâmica de florestas nativas em áreas de expansão de eucalipto no Estado de São Paulo

A expansão da silvicultura brasileira vem ocorrendo em distintas fases de evolução, sendo necessária sua compreensão espaço-temporal para qualificar e quantificar os impactos causados por essa atividade. No espaço físico, os questionamentos ambientais relativos à atividade pressionam o setor madeireiro a se adequar às legislações ambientais. Na especificidade das unidades produtivas do gênero *Eucalyptus* a preocupação com a manutenção de remanescentes florestais às margens de cursos d'água ocorre também em função das exigências da certificação florestal e da sociedade civil. Nesse contexto, o trabalho procurou monitorar, de forma temporal, a dinâmica dos remanescentes florestais e dos plantios de eucalipto em três bacias hidrográficas de expansão da silvicultura comercial do estado de São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, e correlacionar essas informações com áreas de preservação permanente à margem de cursos d'água. Para tanto foi necessária a comparação de metodologias de delimitação de rede de drenagem (metodologias automáticas, metodologia cartográfica e levantamento de campo), e a definição de metodologias de classificação dos usos do solo por eucalipto e remanescentes florestais (imagens de satélite e fotografias aéreas). As informações de rede de drenagem obtidas automaticamente com modelo digital de elevação apresentaram deslocamentos e inconsistências na delimitação de canais de drenagem em áreas de baixada. Entretanto, as informações mostraram-se com maior padronização na quantificação de comprimento de canais de drenagem quando comparado às cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em escala 1:50.000. As quantificações de remanescentes florestais evidenciaram a presença de plantações de eucalipto em áreas à margem de cursos d'água (áreas de preservação permanente previstas por legislação vigente) nas três regiões estudadas. Áreas de remanescentes florestais identificadas em fotografias aéreas da década de 60, e diagnosticadas com a presença de plantios de eucalipto na década de 80, provavelmente sofreram supressão da vegetação natural para a implantação da eucaliptocultura nas regiões de Piedade e Capão Bonito – SP.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente; Bacia Hidrográfica; Eucalipto; Rede de Drenagem; Remanescentes Florestais

ABSTRACT

Dynamic of Native forests in areas of *Eucalyptus* expansion in São Paulo State, Brazil

The expansion of the Brazilian silviculture has been developed in distinct steps, requiring a better understanding of its processes in space and time to qualify and quantify its impacts. As regards space, environmental questioning concerning the activity pushed the forestry industry for meeting environmental legislation. In Eucalyptus' farms, a main concern with riparian forest remainders arises from both civil society and forest certification pressures. Accordingly, this work sought to monitor the dynamic of forest remainders and Eucalyptus farming in three watersheds where commercial forestry has been expanding in São Paulo State, making use of GIS and remote sensing techniques, and correlating information obtained with permanent preservation riparian zones. For that, it was needed to compare drainage basin delimitation methodologies (automatic, cartographic and field surveying), as well as defining methodologies for classifying land use by Eucalyptus and riparian forest remainders (satellite imagery and aerial photography). Information about drainage systems obtained automatically through digital elevation models showed displacements and inconsistencies when delimitating drainage courses in low lands. However, information showed greater standardization measuring drainage courses' length when compared to the charts of the Brazilian Geography and Statistics Institute (IBGE) on a scale of 1:50,000. Forest remainder quantifications revealed the presence of Eucalyptus farming in riparian zones (permanent preservation areas under current legislation) in all three studied areas. Identified forest remainders in the sixties where later found out to be occupied by Eucalyptus farming in the eighties in the regions of Piedade and Capão Bonito, São Paulo State.

Keywords: Permanent Preservation Areas; Watershed; *Eucalyptus*; Drainage system; Forest remainders

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição das fotografias aéreas amostradas na bacia hidrográfica da região de Bofete	31
Figura 2 - Disposição das fotografias aéreas amostradas na bacia hidrográfica da região de Piedade	32
Figura 3 - Disposição das fotografias aéreas amostradas na bacia hidrográfica da região de Capão Bonito.....	32
Figura 4 - Municípios e fazendas da bacia hidrográfica da Região 1 (região de Bofete - SP)	34
Figura 5 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 1, região de Bofete – SP....	35
Figura 6 - Municípios e fazendas da bacia hidrográfica da região 2 (Salto de Pirapora / Piedade-SP)	36
Figura 7 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 2, região de Piedade-SP....	37
Figura 8 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 2, região de Salto de Pirapora -SP	37
Figura 9 - Municípios e fazendas da bacia hidrográfica da região 3 (Capão Bonito - SP)	38
Figura 10 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 3, região de São Miguel Arcanjo - SP	39
Figura 11 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 3, região de Capão Bonito - SP.....	40
Figura 12 - Delimitação da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete) e rede de drenagem do IBGE na escala 1:50.000.....	41
Figura 13 - Deslocamento da rede de drenagem do Rio do Peixe (região de Bofete - SP) gerada a partir de dados de elevação do SRTM e da drenagem mapeada de cartas do IBGE, escala 1:50.000	42
Figura 14 - Inconsistência da rede de drenagem gerada a partir de dados de elevação do SRTM na região de foz da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete - SP) comparativamente à drenagem mapeada de cartas do IBGE ..	42
Figura 15 - Rede de drenagem gerada a partir de dados de elevação do SRTM e a drenagem de referência baseada em levantamentos de campo.....	43
Figura 16 - Redes de drenagem “SRTM 1” e “SRTM 2”	44

Figura 17 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) em 1987, 1997 e 2007 em área total da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Bofete-SP.....	47
Figura 18 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) em 1987, 1997 e 2007 em área total da bacia hidrográfica do Rio Sarapuí, região de Piedade-SP.....	48
Figura 19 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) em 1987, 1997 e 2007 em área total da bacia hidrográfica 3, região de Capão Bonito-SP.....	49
Figura 20 - Distribuição espacial do eucalipto na bacia hidrográfica 2 (região de Piedade) e divisas municipais	50
Figura 21 - Eucalipto abandonado em áreas de contribuição hidrológica – Fazenda 1, município de Bofete - SP.....	53
Figura 22 - Eucalipto abandonado em áreas de contribuição hidrológica – Região 3, município de Capão Bonito – SP.....	53
Figura 23 - Eucalipto morto em pé e área abandonada com baixa resiliência em áreas de contribuição hidrológica – Fazenda 6, município de Capão Bonito - SP ..	54
Figura 24 - Ocupação com eucalipto (1982) em áreas de remanescentes florestais ou em outras ocupações do solo comparado à ocupação do solo em 1962, nas áreas amostradas da bacia hidrográfica 3, região de São Miguel Arcanjo – SP.....	58
Figura 25 - Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP.....	69
Figura 26 - Unidades geológicas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP.....	71
Figura 27 - Mapas de declividade e altimetria da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP.....	72
Figura 28 - Unidades pedológicas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP.....	76
Figura 29 - Unidades de mapeamento (UM) e limites das unidades pedológicas do <i>Mapa pedológico do estado de São Paulo (IAC)</i>	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade média anual de madeira de espécies de produção florestal..	15
Tabela 2 - Plantio de eucalipto por unidades da federação	16
Tabela 3 - Vegetação natural remanescente do estado de São Paulo em diferentes períodos	19
Tabela 4 - Informações técnicas dos dados de elevação utilizados para a delimitação das bacias hidrográficas estudadas	24
Tabela 5 - Informações técnicas do sensor TM a bordo do satélite LandSat 5	27
Tabela 6 - Informações técnicas das imagens orbitais do Satélite LandSat 5 utilizadas na classificação de ocupação do solo	27
Tabela 7 - Nomenclatura das fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico do estado de São Paulo de 1962 utilizadas no estudo.....	30
Tabela 8 - Áreas amostradas com fotografias aéreas por região estudada	33
Tabela 9 – Extensão de canais de drenagem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete) delimitados pelas metodologias “SRTM 1”, “SRTM 2” e pela cartografia do IBGE escala 1:50.000	44
Tabela 10 – Extensão de canais de drenagem por fazenda e por metodologia de delimitação de drenagem	45
Tabela 11 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete)	46
Tabela 12 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)	46
Tabela 13 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito).....	46
Tabela 14 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete).....	51
Tabela 15 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)	51
Tabela 16 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito)	52

Tabela 17 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) na área amostrada da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete).....	55
Tabela 18 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente na área amostrada da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete).....	55
Tabela 19 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) na área amostrada da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade).....	55
Tabela 20 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente na área amostrada da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade).....	55
Tabela 21 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) na área amostrada da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito).....	55
Tabela 22 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente na área amostrada da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito).....	56
Tabela 23 - Ocupação do eucalipto mapeado em 1987 sobre área de vegetação natural mapeada em 1962 nas regiões amostradas da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete).....	57
Tabela 24 - Ocupação do eucalipto mapeado em 1987 sobre área de vegetação natural mapeada em 1962 nas regiões amostradas da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade).....	57
Tabela 25 - Área Ocupação do eucalipto mapeado em 1987 sobre área de vegetação natural mapeada em 1962 nas regiões amostradas da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito).....	57
Tabela 26 - Matriz dos índices de dissecação do relevo do Mapa geomorfológico do estado de São Paulo.....	68
Tabela 27 - Identificadores e informações das classes geomorfológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP.....	69
Tabela 28 - Identificadores e informações das classes geológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP.....	70
Tabela 29 – Identificadores e descrição das classes pedológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP.....	75
Tabela 30 – Unidade de mapeamento (ha) por unidade pedológica do Mapa pedológico do estado de São Paulo (IAC).....	78
Tabela 31 – Unidade de mapeamento (%) por unidade pedológica do Mapa pedológico do estado de São Paulo (IAC).....	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A expansão da cultura do eucalipto (*Eucalyptus spp.*) no Brasil vem ocorrendo com grande intensidade desde o início da década de 70. Desde então, questionamentos são levantados no tocante à suas conseqüências políticas, econômicas, sociais e ambientais (FEARNSIDE, 1997). Atualmente a maior concentração dessas áreas no país está na porção Sul, incluindo a região Sudeste. Nesse cenário o estado de São Paulo comporta uma porção considerável da área de eucaliptocultura do Brasil.

O presente estudo objetiva uma análise espaço temporal da expansão da cultura do eucalipto em três regiões do estado de São Paulo. A análise considera com mais especificidade as áreas de especial interesse para conservação ambiental, consideradas como áreas marginais a canais de drenagem. As questões políticas referentes à expansão supracitada não são aprofundadas, sendo apenas constatadas em casos específicos. O trabalho foca a ocupação espacial da eucaliptocultura, não estudando as conseqüências econômicas, políticas e sociais do processo.

Foram abordadas as expansões de plantios de eucalipto nas regiões de Bofete, Piedade e Capão Bonito – estado de São Paulo. Estas foram escolhidas, por serem três regiões com características ecológicas distintas, onde estão concentradas as propriedades de uma empresa representativa do setor madeireiro, e por apresentarem dinâmicas espaços-temporais de ocupação do solo características.

O trabalho considerou três épocas da expansão da eucaliptocultura brasileira, sendo a primeira anterior à época dos incentivos fiscais governamentais para a expansão da silvicultura que iniciou em 1965, a segunda contempla a vigência dos incentivos fiscais até o final da década de 80, época em que se implementaram as grandes empresas do setor madeireiro do estado de São Paulo, e a terceira, posterior aos incentivos fiscais, que prevalece até o atual momento.

O desenvolvimento do estudo utilizou técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento para, dentro das áreas selecionadas, avaliar a dinâmica espacial da ocupação do eucalipto e da vegetação natural e delimitar a rede de drenagem e as áreas de especial interesse para conservação. Além deste objetivo principal, foi

desprendida especial atenção às ferramentas metodológicas utilizadas, que foram analisadas e comparadas durante o estudo.

1.2 Objetivos

A questão abordada pelo estudo foi verificar se a expansão dos plantios de eucalipto tem causado impactos ambientais (positivos ou negativos) considerando principalmente as áreas especiais de conservação: áreas de preservação permanente ao longo de cursos d'água, determinadas pelo Código Florestal vigente. Esses impactos ambientais foram mensurados através da presença ou ausência de remanescentes florestais naturais na paisagem, em áreas de plantios de eucalipto ou em áreas sem silvicultura.

Os objetivos específicos do estudo foram: (i) espacializar e quantificar temporalmente a ocupação do eucalipto e de remanescentes florestais naturais em três bacias hidrográficas em área total e nas áreas de preservação permanente marginais a canais de drenagem; (ii) comparar metodologias automatizadas e manuais de delimitação de canais de drenagem.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 A silvicultura brasileira e seus impactos

O gênero *Eucalyptus*, originário da Austrália, possui quase seiscentas espécies das quais poucas (cerca de 4) são utilizadas em plantios comerciais de larga escala no Brasil (LIMA, 1987). O eucalipto desempenha papel de destaque na silvicultura brasileira, devido à suas características fisiológicas e adaptabilidade no país. Algumas características como alta taxa de crescimento, intrínseca capacidade de adaptação às variadas condições edafo-climáticas, capacidade de fornecimento de matéria-prima industrial em espaçamentos rentáveis, possibilidade de múltiplos usos, fizeram que o cultivo do eucalipto se alastrasse intensamente pelo país desde o início do século XX (LIMA, 1987). A produtividade média anual do gênero é maior do que todas as outras espécies florestais cultivadas no Brasil (Tabela 1).

Tabela 1 – Produtividade média anual de madeira de espécies de produção florestal

Espécie / Bioma	Produtividade média anual
Acácia (<i>Acacia spp</i>)	15 a 25 m ³ /ha
Araucária (<i>Araucaria angustifolia</i>)	10 a 25 m ³ /ha
Bracatinga (<i>Mimosa scabrela</i>)	25 a 35 m ³ /ha
Eucalipto (<i>Eucalyptus spp</i>)	30 a 40 m³/ha
Pará-Pará (<i>Jacaranda copaia</i>)	30 a 35 m ³ /ha
Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i>)	20 a 30 m ³ /ha
Pinus (<i>Pinus spp</i>)	25 a 30 m ³ /ha
Teca (<i>Tectona grandis</i>)	15 a 20 m ³ /ha

Fonte: Adaptada de SBS, 2007

A produção econômica de eucalipto concentra sua produção para fornecimento de matéria-prima para indústrias de celulose e papel (celulose), serrarias (tora) e siderurgias (lenha, carvão). Em 2006, o setor de silvicultura foi responsável pela exportação de US\$ 5,158 bilhões, perfazendo 3,8% do total exportado pelo país (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2007).

A evolução da silvicultura brasileira pode ser dividida em três fases distintas (ANTONANGELO, 1997). A primeira fase inicia com o descobrimento do Brasil e termina com a política dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, que teve início em 1965. A segunda fase se refere ao período de vigência dos incentivos fiscais

por parte do governo, quando então ocorreu um aumento da atividade empresarial na silvicultura. Esse período iniciou em 1965 e permaneceu até 1988. A terceira fase abrange o período posterior aos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento, quando as grandes empresas do setor, juntamente com o governo, iniciaram programas de incentivo ao reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais (ANTONANGELO, 1997).

Na década de 70 o Brasil ultrapassava o número de um milhão de hectares plantados com eucalipto, liderando a produção mundial da cultura. Hoje, as plantações florestais ocupam 0,67% do território nacional, somam 5,74 milhões de hectares, sendo 3,55 milhões com eucalipto, 1,82 milhões com *pinus* e 370,5 mil de outras espécies (SBS, 2007), encontrando-se hoje com a nona maior área de plantios de florestas comerciais do mundo, e como o maior exportador mundial de celulose de fibra de eucalipto. Atualmente, a maior concentração dessas áreas está na porção Sul do país, incluindo a região Sudeste. Nesse cenário, o estado de São Paulo ocupa a segunda posição em relação à área plantada de eucalipto com cerca de 820 mil ha, seguindo o estado de Minas Gerais, que lidera a área plantada com 1.083 mil ha (Tabela 2).

Tabela 2 - Plantio de eucalipto por unidades da federação

Estado	Área plantada (ha)	%
Minas Gerais	1 083 744	30,5
São Paulo	816 880	23,0
Bahia	540 172	15,2
Espírito Santo	207 800	5,9
Paraná	121 908	3,4
Outros estados	778 644	21,9
Total	3 549 148	100

Fonte: Adaptada de SBS (2007)

A silvicultura, assim como culturas agrícolas de cultivo intensivo e extensivo, é alvo de discussão sobre seus impactos no meio ambiente e, no caso dos plantios do gênero *Eucalyptus*, os questionamentos ocorrem principalmente sobre seus impactos nos recursos hídricos (LIMA, 2006).

Para fundamentar a expansão dos plantios de eucalipto através dos incentivos fiscais, são inúmeras as afirmações de que com os plantios florestais econômicos a pressão e o desmatamento de florestas naturais sofreram uma queda perceptível

(ANTONANGELO, 1997; LIMA, 1987, 1993). Porém, a expansão da silvicultura provoca impactos além do âmbito exclusivamente ambiental, influenciando nas regiões onde ocorre social, econômica e politicamente. O estado do Espírito Santo é o caso de maior expressão dos confrontos políticos, onde a expansão do eucalipto foi freada com uma lei estadual (nº 6.780/2001), que proíbe, por tempo indeterminado, o plantio de eucalipto para fins de produção de celulose no estado. Essa lei já foi revogada pelo projeto de lei nº 77/2007, alegando que esta jamais tenha sido cumprida (COIMBRA, 2008). Em áreas de fomento florestal, normas da Secretaria do Meio Ambiente do estado do Espírito Santo (SEMA/ES) limitam a utilização de áreas para o plantio de eucalipto em 40% das áreas planas da propriedade (adequadas para a agricultura) e 56% da área da propriedade em áreas de declive, sendo necessário o cumprimento do Código Florestal Brasileiro (KENGGEN, 2003). No estado de São Paulo leis municipais que entraram em vigor também objetivam limitar a expansão da cultura do eucalipto, definindo áreas máximas para a expansão do cultivo por município. O município de Capão Bonito, englobado no presente estudo, aprovou, na gestão de 2004, a lei municipal que proíbe o plantio de eucalipto em áreas aptas para a agricultura no município. O prefeito da referida gestão alegou que *“A monocultura do eucalipto na região trouxe graves conseqüências sociais, como o desemprego e a evasão populacional”* (IDESC, 2007, p. 2). Já a experiência mais recente do município de São Luiz do Paraitinga – SP, através de movimento popular apresentou um projeto de Lei Popular *“que proibia novas áreas de reflorestamento de eucalipto no município entre outras providências”* (GILVANDER, 2008, p.1) indeferido na câmara dos vereadores. Através de Ação Civil Pública, o município afirmou determinar a suspensão imediata de todo o plantio de eucalipto (GILVANDER, 2008). O interesse popular entra em conflito com o interesse das empresas de papel e celulose da região, trazendo questões políticas, ambientais, sociais, discutidas em forma de projetos de lei e de ação civil pública.

Em contrapartida a expansão do plantio econômico do eucalipto continua a acontecer através de políticas de fomento florestal por parte de empresas e programas do governo. O fomento iniciou na década de 70, quando as grandes empresas começaram a investir em áreas de pequenos e médios proprietários. Em 1973 foi

implementado o Programa de Fomento da Madeira (Profmad) de uma empresa representativa do setor – Suzano S/A. O programa de fomento empresarial é um sistema em que produtores rurais, por meio de contrato, plantam eucalipto em suas terras, fornecendo a matéria prima produzida para as empresas do setor madeireiro. O Profmad possui hoje aproximadamente 77 mil hectares de área plantada com eucalipto em áreas de terceiros com diferentes planos de contratos, desde o simples fornecimento de muda e assistência técnica até planos mais completos, onde a empresa se responsabiliza pelo plantio e colheita da madeira. O Programa Nacional de Florestas (PNF) foi criado pelo Decreto nº 3.420, de 20 de abril de 2000, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente com objetivo de articular as políticas públicas setoriais e criar novas linhas de crédito para pequenos e médios imóveis rurais para o plantio e manejo de recursos florestais, dentre eles o plantio de espécies comerciais como o eucalipto. Atualmente, algumas linhas de crédito são fornecidas pelo governo, por exemplo, o Pronaf Florestal, com objetivo de estimular os agricultores familiares à prática da silvicultura e de sistemas agroflorestais, e o Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas (Propflora), do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), com o objetivo de apoiar a implantação de plantios de espécies florestais destinadas principalmente ao uso industrial (siderúrgicas, serraria, papel e celulose). Nesse contexto, pequenos e médios proprietários aderem ao plantio de eucalipto como uma alternativa de fonte de renda.

2.1.2 A fragmentação florestal e áreas de especial interesse para conservação

As análises sobre a evolução da vegetação natural e do reflorestamento no estado de São Paulo tiveram início com os estudos de Borgonovi et al.¹ (1962, apud KRONKA et al., 2005) e Chiarini² et al. (1969, apud KRONKA et al., 2005). A fragmentação florestal no estado de São Paulo começou a ser monitorada em área total

¹ BORGONIVI, M.; CHIARINI, J.V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo I – Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com cerrado, cerradão e campo, em 1962. **Bragantia**, Campinas, v. 24, n. 14, 159-179, mar. 1965.

² HIARINI, J.V.; SOUZA COELHO, A.G. Cobertura vegetal natural e áreas reflorestadas do Estado de São Paulo. **Anuário Bras. Cienc.**, v. 41, p. 139-152. 1969.

com o levantamento fotogramétrico do estado de São Paulo de 1962. A análise temporal dos levantamentos da vegetação natural em diferentes períodos elaborada por Kronka et al. (2005), é apresentada na Tabela 3, verificando-se ter havido uma estabilização da tendência histórica que apresentava índices expressivos referentes ao desmatamento no estado de São Paulo.

Tabela 3 - Vegetação natural remanescente do estado de São Paulo em diferentes períodos

Período	Área remanescente (ha)	% (*)
1962-1963	7 257 300	29,26
1971-1973	4 393 880	17,72
1990-1992	3 330 740	13,43
2000-2001	3 457 301	13,93

(*) Em relação à área total do estado

Fonte: (KRONKA, 2005, p. 1573)

Em 1934, o Código Florestal foi instituído na forma de Decreto, e em seu primeiro Capítulo, já informava que “[...] as florestas [...], consideradas em conjunto [...] constituíam [...] bem de interesse comum a todos os habitantes do país” (BRASIL, 1934, p.1). O Decreto enfrentou dificuldades para sua implementação e, por isso, foi elaborada uma proposta de um novo diploma legal que pudesse normatizar adequadamente a proteção jurídica do patrimônio florestal brasileiro, o novo Código Florestal Brasileiro, instituído em forma de lei em 1965 (BRASIL, 1965a).

O novo código florestal brasileiro instituiu como Áreas de Preservação Permanente aquelas áreas

cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Artigo 1º, Lei 4.771, p.1).

As áreas supracitadas passaram a possuir uso restrito, onde a supressão da vegetação é autorizada apenas em casos de utilidade pública ou de interesse social (Artigo 4º, Lei 4.771).

Segundo Skorupa (2003), as áreas de preservação permanente possuem muitas funções ecológicas e hidrológicas, sendo que algumas funções da preservação da vegetação natural nessas áreas são:

- Evitar o impacto direto da gota de chuva sobre o solo, e sua paulatina compactação;

- Aumentar a porosidade do solo, provocando assim o aumento da capacidade de absorção de água da chuva, alimentando o lençol freático, evitando o escoamento superficial da área e o carregamento de partículas e resíduos tóxicos para os cursos d'água;

- Atuar como um “sistema tampão”, aumentando a qualidade da água que segue para os cursos d'água e controlando a erosão;

- Alimento e refúgio para a fauna;

- Corredores de fluxo gênico da fauna e flora, etc.

Nesse estudo, foram consideradas apenas as áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação naturais situadas ao longo dos cursos d'água (com menos de 10 metros de largura), em faixa marginal de acordo com o Artigo 2º da Lei 4.771. O Código Florestal de 1965 instituiu a largura da faixa marginal supracitada em no mínimo 5 metros. Em suma, a partir de 1965, as áreas localizadas a menos de 5 metros de distância de cursos d'água passaram a possuir uso restrito e a vegetação ali localizada não podia ser suprimida. Com a redação dada pela Lei nº 7.511, de 1986, que alterou dispositivos do Novo Código Florestal, a faixa marginal passou a possuir largura mínima de 30 metros em cursos d'água com largura menor de 10 metros (BRASIL, 1965b).

Quase a totalidade da expansão agrícola e da silvicultura do estado de São Paulo ocorreu antes da implementação da redação de 1986 do novo Código Florestal. As áreas atualmente denominadas como “áreas de preservação permanente” a uma largura de 30 metros ao longo de cursos d'água, em diversas regiões do estado, possuíam exploração do solo igual ou semelhante às áreas produtivas das propriedades. Mesmo após a nova redação da Lei, essas áreas continuam a ser exploradas ou apresentam indícios de exploração anterior, comportando baixa resiliência e regeneração. Nesse cenário o setor madeireiro também apresenta áreas remanescentes de plantio de eucalipto presentes em áreas de preservação permanente ao longo de cursos d'água.

2.1.3 O setor empresarial e o meio ambiente

O desenvolvimento do setor empresarial madeireiro ocorreu principalmente nas décadas de 70 e 80, aliado aos incentivos fiscais. No ano de 1988, com a vigência da nova constituição fiscal (BRASIL, 1988), a sociedade civil se organiza e começa a pressionar as grandes empresas para a tomada de medidas com relação aos impactos ambientais provocados pela silvicultura, em especial pelos plantios do gênero *Eucalytus* e *Pinnus* (NARDELLI; GRIFFITH, 2003). As questões ambientais tornam-se cada vez mais polêmicas, principalmente no que diz respeito a remanescentes florestais e plantios florestais econômicos. Junto com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), Rio 92, momento histórico na conscientização ambiental realizada no Rio de Janeiro no ano de 1992, surgem as certificadoras florestais, com objetivo de pressionar mais intensamente o setor florestal à preservação do meio ambiente (NARDELLI; GRIFFITH, 2003).

A FSC (Forest Stewardship Council), uma organização internacional independente, fundada em 1993, começou a certificar no Brasil em 1995. Em novembro de 2007 eram 5,05 milhões de hectares de florestas certificadas pelo organização, sendo 2,25 milhões ha de florestas plantadas (44,6%). Outros 963,8 mil hectares de florestas foram certificados pelo CERFLOR (Programa Brasileiro de Certificação Florestal) criado em 2002, dos quais 890,7 mil ha de florestas plantadas (91,3%) (SBS, 2007). A certificação acontece através de 10 princípios de manejo florestal, estabelecidos em um padrão mundial. Dentre eles o princípio relativo aos impactos ambientais prevê que:

O manejo florestal deve conservar a diversidade ecológica e seus valores associados, os recursos hídricos, os solos, e os ecossistemas e paisagens frágeis e singulares, e ao assim atuar, manter as funções ecológicas e a integridade da floresta.” (FSC, 2004, p.6).

Nesse contexto, e de acordo com o Código Florestal brasileiro, as empresas do setor madeireiro aderiram à certificação e iniciaram uma adequação dentro da legislação vigente. Na especificidade das áreas produtivas, a adequação das áreas de preservação permanente e das áreas de reserva legal (BRASIL, 1965a) se tornou um

requisito à certificação florestal. Em tese, as áreas de conservação e preservação previstas por lei deveriam estar livres da ocupação com plantios comerciais madeireiros.

2.1.4 O sensoriamento remoto e a vegetação

O sensoriamento remoto, através da obtenção de fotografias aéreas, já vem auxiliando no mapeamento do uso do solo do estado de São Paulo desde o início da década de 1960, quando foi realizado o primeiro levantamento fotogramétrico completo do estado. Nesse período, foram elaborados os primeiros estudos sobre a evolução da vegetação natural e da silvicultura no estado de São Paulo, que utilizaram-se de ferramentas de fotointerpretação através de amostragem sistemática por grade de pontos (KRONKA et al., 2005).

Outros estudos vêm sendo realizados com o objetivo de explanar sobre a evolução temporal dos reflorestamentos e dos desmatamentos no estado de São Paulo. Dentre eles se destaca o *Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo*, do Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente. O monitoramento em questão visou produzir conhecimento sobre as alterações nas áreas com remanescentes da vegetação natural e também de reflorestamentos. Para alcançar tal objetivo foi feita a comparação de mapas elaborados a partir de imagens que “permitem inferências retrospectivas na análise de séries temporais para conhecimento das razões históricas que deram origem às modificações eventualmente constatadas no presente” (KRONKA et. al, 2005).

Imagens orbitais já vêm sendo utilizadas para identificação de plantios florestais comerciais e florestas naturais desde o início da década de 70 com o sistema Landsat (SHIMABUKURO et al., 1978). O primeiro satélite da série Landsat, programa da NASA (National Aeronautics and Space Administration - EUA), entrou em operação em 1972, com o objetivo de executar um mapeamento multispectral em alta resolução da superfície da Terra. Inúmeras metodologias de classificações automáticas ou manuais e extração de índices de vegetação, desde então, vêm sendo elaboradas e aprimoradas com a disponibilização de dados obtidos por imagens orbitais (LIU, 2007). Hoje, as imagens obtidas com sensores a bordo de satélite, em suas mais variadas resoluções e

qualidades, são ferramentas bastante utilizadas no mapeamento do uso do solo e outros estudos referentes às propriedades físicas da superfície terrestre.

2.2 Materiais e Métodos

2.2.1 Áreas de estudo – bacia hidrográfica como unidade de estudo

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma unidade física cuja área se caracteriza por drenar a água para um determinado curso d'água e limitada em sua periferia por divisores de água ou topo de morros. A bacia hidrográfica é a menor unidade morfológica e ecossistêmica capaz de refletir os impactos da interferência humana em um local, tais como ocupação da terra e atividades agrícolas (JENKIS³ et al., 1994 apud MACHADO, 2002). O impacto de plantios econômicos florestais sobre a água é um tema polêmico amplamente discutido por Lima et al. (2006) e, quase sempre, estudado em escala de bacia hidrográfica, unidade que reflete principalmente alterações hidrológicas no ambiente. Outro conceito é de *“Bacia hidrográfica como unidade geomorfológica fundamental, que expressa processos que operam no ambiente por meio de suas formas”* (CALIJURI; BUBEL, 2006, p. 52).

Alguns autores salientam a dificuldade freqüentemente notada de delimitar a área de uma bacia hidrográfica para seu estudo (CALIJURI; BUBEL, 2006). Hoje, no Brasil, uma vez definido o ponto de foz da bacia, que é dependente da escala e das variáveis a serem estudadas, pode-se, através de modelos digitais de elevação, delimitar uma bacia hidrográfica sem grandes dificuldades.

A delimitação das bacias hidrográficas, assim como de outras informações utilizadas no estudo (rede de drenagem, altimetria e declividade), foi baseada em dados do sensor remoto do programa SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), da NASA (EMBRAPA, 2005). Os dados descritos foram adquiridos e trabalhados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - monitoramento via satélite (EMBRAPA-CNPM), que efetuou reparos nos dados originais, tais como identificação de áreas sem informação, preenchimento de grandes depressões espúrias, remoção de picos, substituição das áreas vazias pelos dados interpolados, dentre outros. As operações

³ JENKINS, A.; PETERS, N.E; RODHE, A. Hidrology. In: MOLDAN, B.; CERNY, J. (Coord). **Biogeochemistry of small catchments**: a tool for environmental research. Chichester: John Wiley, 1994. p. 31-54.

que podem ser efetuadas para a correção dos dados originais de altimetria são detalhadamente descritas por Valeriano (2004), que discorre sobre as imperfeições e precauções na utilização dos dados. O mesmo autor concluiu em seu trabalho que os dados tratados possuem viabilidade de serem utilizados em estudos de bacias hidrográficas nas escalas de 1:50.000, de modo geral, e até 1:10.000, conforme o relevo local e a finalidade da análise.

Os dados de elevação utilizados no presente trabalho foram obtidos junto à EMBRAPA monitoramento por satélite (EMBRAPA, 2005). As imagens de elevação foram sujeitas ao algoritmo de detecção de bordas, ou seja, filtro de Sobel. A imagem rotulada resultante da operação foi então classificada manualmente selecionando-se as regiões que compunham as bacias hidrográficas estudadas.

As áreas de estudo foram selecionadas em três regiões distintas do estado de São Paulo. A escolha e delimitação das áreas basearam-se nos seguintes critérios:

- Foram selecionadas bacias hidrográficas que continham no mínimo duas fazendas de uma empresa pré-selecionada representativa do setor madeireiro que concordou em fornecer dados relevantes para a evolução do estudo;
- A delimitação das bacias procedeu de forma a conter toda a área das fazendas selecionadas.

As imagens utilizadas no presente trabalho para a delimitação das unidades de estudo possuem as características descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Informações técnicas dos dados de elevação utilizados para a delimitação das bacias hidrográficas estudadas

Sensor	SRTM
Formato	Geotiff
Resolução espectral	16 bits
Resolução espacial	90 metros
Unidade de Altitude	metros
Projeção	Sistema de Coordenadas Geográfica
Datum	WGS 84
Folhas Projeto 1	SF 22 Z B / SF 22 Z D *
Folha Projeto 2	SF 23 Y C *
Folhas Projeto 3	SG 22 X B / SG 23 V A / SF 22 Z D *

* Articulação compatível com a escala 1:250.000 (IBGE)

2.2.2 Delimitação da rede de drenagem e das áreas de especial interesse para conservação

Para a delimitação das bacias hidrográficas foram utilizados dados do radar SRTM, através um algoritmo de detecção de bordas, o filtro de Sobel.

Para a delimitação da rede de drenagem utilizou-se como referência os vetores de cursos d'água permanente e intermitentes das fazendas contempladas pelo estudo. Esses vetores foram elaborados pela empresa que auxiliou o estudo através de levantamentos planialtimétricos. Foram utilizadas três metodologias para delimitação da rede de drenagem das bacias hidrográficas estudadas, para posteriormente selecionar a metodologia que melhor representasse hidrografia de referência. A primeira baseou-se no levantamento cartográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em escala de 1:50.000. Os dados cartográficos de rede de drenagem foram adquiridos em formato raster e georreferenciados. A rede de drenagem das cartas foi digitalizada automaticamente no programa computacional TNT mips (Microimages) e as linhas editadas manualmente.

Outras duas metodologias para delimitação da rede de drenagem foram baseadas nos dados do SRTM descritos no item anterior. Com base no modelo digital do terreno (imagem cujo valor da célula corresponde à altitude do local em metros), foi elaborado um arquivo vetorial das vertentes. No sistema utilizado para delimitação da rede de drenagem foram ajustados dois parâmetros:

- *Inlet* – Um fluxo de água é estendido à montante até onde ocorre acúmulo de água por mais células do que o valor limiar do parâmetro *inlet*, ou seja, quanto menor seu valor, maior a extensão dos pequenos cursos d'água;
- *Branch* – A célula posicionada mais à jusante de um curso d'água antes de este desaguar no próximo curso possui o valor do parâmetro. Quanto menor o valor do parâmetro, maior o número de pequenos cursos d'água.

(MICROIMAGES, 2001)

As redes de drenagem com nomenclatura “SRTM 1” e “SRTM 2” foram delimitadas baseadas no modelo digital de elevação. Os parâmetros utilizados para a delimitação da rede de drenagem “SRTM 1” foram iguais a 32 para o valor de *Inlet*

(número de células contribuintes à montante para se iniciar um curso d'água) e 128 para o valor de *Branch* (número de células à jusante dos menores cursos d'água delimitados). Para a delimitação da rede de drenagem "SRTM 2" os valores foram 16 para *Inlet* e 64 para *Branch*. Uma vez delimitada as redes de drenagem "SRTM 1" e "SRTM 2" essas foram retificadas procurando-se realocar as linhas geradas utilizando-se como referência as fotografias aéreas e imagens de satélite utilizadas, sem alterar o comprimento das linhas de drenagem. Entretanto, a delimitação numérica (baseada em modelo digital de elevação) de redes de drenagem elimina problemas advindos de diferentes níveis de detalhamento como já constatado por Marques e Silva (2007) que identificaram diferentes níveis de detalhamento em cartas do IBGE em escala 1:250.000.

As três metodologias escolhidas foram aplicadas para a delimitação da rede de drenagem da área total da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete), e das drenagens das fazendas contempladas nas três regiões de estudo. Os diferentes valores de comprimento da drenagem nas fazendas foram comparados tendo como referência os vetores de hidrografia elaborados pela empresa proprietária das fazendas em escala 1:10.000 com levantamentos de campo.

As áreas de especial interesse de conservação já mencionadas se referem às margens dos cursos d'água. Foram delimitadas as áreas de preservação permanente (APP) considerando que todos os cursos d'água das áreas estudadas possuem menos de 10 metros de largura. Sobre a rede de drenagem produzida aplicou-se uma função de distância pra delimitar as áreas de preservação permanente a uma distância menor do que 30 metros às margens dos rios. Essa área foi classificada como de especial interesse para conservação.

2.2.3 Processamento e classificação de imagens de satélite

O primeiro satélite da série Landsat, entrou em operação em 1972, com o objetivo de executar um mapeamento multispectral em alta resolução da superfície da Terra. Entretanto, os primeiros satélites da série Landsat, carregavam a bordo o sensor MSS, cuja resolução espectral é baixa (6 bits), assim como a resolução espacial (80m) e radiométrica (4 bandas). Por essas razões os dados do sensor MSS não se mostraram adequados para a obtenção de resultados satisfatórios para separar os

plantios de eucalipto das vegetações nativas, objetivo do presente trabalho. Foram, então, utilizados dados do sensor TM a bordo do satélite Landsat 5, cujas características estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Informações técnicas do sensor TM a bordo do satélite LandSat 5

Landsat 5	
Sensor	TM
Resolução espacial	30 m (120 m termal)
Resolução Radiométrica	8 bits
Alcance espectral	0,45 - 12,5 μ m
Número de Bandas	7
Resolução Temporal	16 dias
Tamanho da imagem	185 km X 172 km
Ano de Lançamento	1984

Fonte: (NASA, 2007)

Foram selecionadas imagens de três anos, sem coberturas de nuvens, em período de seca, devido à variação sazonal da reflectância da vegetação natural (FREITAS et al., 2005) cujo contraste com áreas desmatadas e com áreas de cultivo eucalipto se mostrou maior, obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008). Imagens obtidas em época de chuva também foram testadas, porém não apresentaram resultados satisfatórios. A Tabela 6 apresenta as informações técnicas das imagens do sensor TM utilizadas no presente trabalho.

Tabela 6 - Informações técnicas das imagens orbitais do Satélite LandSat 5 utilizadas na classificação de ocupação do solo

(continua)

Parâmetros	15/07/1987	15/07/1987	11/08/1997	11/08/1997	19/07/1997	26/07/1997
Órbita	220	220	220	220	219	220
Ponto	76	77	76	77	76	76
Revolução	17924	17924	71516	71516	71182	71283
Latitude Norte	-22,1966	-23,6357	-22,1861	-23,6248	-22,1854	-22,1859
Longitude Oeste	-48,7676	-49,1238	-48,8046	-49,16130	-47,2574	-48,8051
Latitude Sul	-24,0276	-25,4690	-24,0384	-25,47960	-24,0442	-24,0383
Longitude Leste	-47,2888	-47,6294	-47,3241	-47,66530	-45,6548	-47,3283
Tempo Central	12:35:42	12:36:05	12:41:53	12:42:18	12:34:57	12:41:22
Ângulo Nadir	59,3622	60,5586	53,7308	54,86900	58,0204	56,9992
Azimute	44,0325	43,6508	47,9716	47,41720	43,6756	44,8161
Elevação do Sol	30,6378	29,4414	36,2692	35,13100	31,9796	33,0008
Cob. de nuvens	0	0	0	0	0	0

Tabela 6 - Informações técnicas das imagens orbitais do Satélite LandSat 5 utilizadas na classificação de ocupação do solo

(conclusão)

Parâmetros	09/08/2007	09/08/2007	01/09/2007
Órbita	220	220	219
Ponto	76	77	76
Revolução	25106	25106	25004
Latitude Norte	-22,2075	-23,6465	-22,2075
Longitude Oeste	-48,7555	-49,1093	-47,2051
Latitude Sul	-24,0166	-25,4578	-24,0166
Longitude Leste	-47,2614	-47,5996	-45,7071
Tempo Central	13:03:40	13:04:04	12:57:33
Ângulo Nadir	0	0	0
Azimute	50,0715	49,1344	48,0103
Elevação do Sol	48,0140	46,9091	45,7827
Cob. de nuvens	0	0	0

As imagens orbitais do sensor TM utilizadas no estudo foram importadas para o programa computacional Spring 4.3 e georreferenciadas em função dos mapas planimétricos das fazendas contempladas pelo estudo, estes fornecidos por uma empresa do setor florestal colaboradora. O georreferenciamento foi efetuado de forma a permitir um erro nos pontos de controle menor que 1. Foram utilizadas para a classificação do uso do solo as bandas 2 (0,50 - 0,60 μm), 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm), 5 (1,55 - 1,75 μm) e 7 (2,08 - 2,35 μm). Essa última banda foi utilizada apenas para a classificação do ano de 2007, pois outras bandas não se encontravam com qualidade adequada para o estudo.

O primeiro passo da classificação foi a identificação dos plantios homogêneos de eucalipto. Para se alcançar tal objetivo, a composição colorida 245 foi utilizada, por apresentar um menor índice de confusão média entre as classes de eucalipto e de floresta nativas. Nas imagens foram obtidas amostras de aquisição (para análise) e amostras para teste. O método para classificação foi baseado na máxima verossimilhança que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. O limiar de aceitação utilizado nessa primeira fase foi de 99%.

Após a classificação da ocupação do solo por eucalipto, essas áreas foram subtraídas das imagens originais sobre as quais foram, então, classificadas as áreas de vegetação natural. As três regiões estudadas possuíam a ocupação do solo com

formações florestais (floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila densa e floresta ombrófila mista) segundo o Atlas de biomas do estado de São Paulo (FAPESP, 2005). Para a classificação das áreas de vegetação natural foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 e, em alguns casos, o índice de vegetação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Os índices de vegetação são calculados através de combinações matemáticas das reflectâncias em diferentes faixas do espectro eletromagnético com o objetivo de condensar informações espectrais e discriminar o que é vegetação do que não é vegetação (LIU, 2007). O NDVI baseado nas bandas do sensor TM é calculado pela eq. (1).

$$\text{NDVI} = (\text{TM4} - \text{TM3}) / (\text{TM4} + \text{TM3}) \quad (1)$$

TM4 = Banda 4 do sensor TM (0,76 - 0,90 μm)

TM3 = Banda 3 do sensor TM (0,63 - 0,69 μm)

(LIU, 2007, p. 221)

Os índices de vegetação são adequados para identificar e separar ambientes com maior biomassa, principalmente biomas com estrutura florestal, de outras ocupações do solo.

A separação de plantios comerciais de eucalipto e vegetação nativa (floresta) não se mostrou satisfatória utilizando-se índices de vegetação, uma vez que os plantios de eucalipto também apresentam elevada biomassa comparativamente às outras ocupações do solo. Dessa forma, uma vez identificados os plantios de eucalipto com a composição 245, o NDVI pôde ser utilizado para a identificação dos remanescentes florestais. Essa classificação também foi baseada na máxima verossimilhança, porém com um limiar de aceitação igual a 95%. Para todas as classificações foram adquiridas no mínimo 20% do número de amostras para teste.

A principal lacuna da metodologia de classificação das áreas produtivas de eucalipto utilizada é sua incapacidade de diagnóstico de talhões em reforma, recém-colhidos, ou com idade menor do que aproximadamente dois anos. A correção para essa incoerência nos mapas produzidos exigiria maior detalhamento no trabalho de campo, edição manual de fotografias de melhor resolução ou comparações entre imagens do período de um ciclo do eucalipto (variável entre as espécies e finalidades),

além de informações cartográficas adicionais de empresas do setor. As regiões e épocas estudadas, não consideraram, portanto, áreas produtivas de eucalipto nas condições supracitadas.

Através da metodologia descrita obtiveram-se as classificações das três últimas décadas estudadas (datadas em 1987, 1997 e 2007) com os temas eucalipto e vegetação natural (floresta) das três bacias hidrográficas analisadas. A amostragem para a classificação, principalmente do ano de 2007, foi auxiliada com dados obtidos em campo com o auxílio de GPS (Global Position System).

2.2.4 Processamento e classificação de fotografias aéreas

A ocupação do solo na época anterior aos incentivos fiscais para a produção madeireira foi mapeada através do levantamento aero fotogramétrico do estado de São Paulo de 1962. As fotografias foram obtidas junto ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). As fotografias aéreas foram selecionadas ao acaso sobre todas as fotografias que contemplam as três bacias hidrográficas estudadas. As fotografias selecionadas possuem escala aproximada de 1:25.000, com 21,6 cm x 21,6 cm, abrangendo uma área aproximada de 2.918 ha por fotografia. Dessa forma, para abranger no mínimo 20% de cada área, foram selecionadas 13 fotografias para a região de Bofete, 6 fotografias para a região de Piedade e 7 fotografias para a região de Capão Bonito, totalizando 26 fotografias (Tabela 7).

Tabela 7 - Nomenclatura das fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico do estado de São Paulo de 1962 utilizadas no estudo

Região 1 - Bofete		Região 2 - Piedade	Região 3 - Capão Bonito
R4 3115	R6 1452	R6 891	R7 2434
R4 3117	R6 1459	R6 900	R7 2509
R6 196	R6 1498	R6 946	R7 2591
R6 271	R6 1536	R6 949	R7 2595
R6 1368	R6 1537	R8 4163	R7 3133
R6 1380	R6 1574	R8 4167	R7 3239
R6 1412			R7 3245
Região 1 - 13 fotos		Região 2 - 6 fotos	Região 3 - 7 fotos

As áreas de eucalipto e vegetação nativa nas fotografias amostradas foram delimitadas utilizando-se papel vegetal e caneta nanquim 0.1mm. As fotografias e o

papel vegetal foram, então, digitalizados e georreferenciados em função das imagens de satélite datadas de 1987. As imagens obtidas do papel vegetal foram “binarizadas” e vetorizadas. Os vetores foram, então, editados para comporem os polígonos de eucalipto e vegetação nativa nos planos de informação de ocupação do solo de 1962.

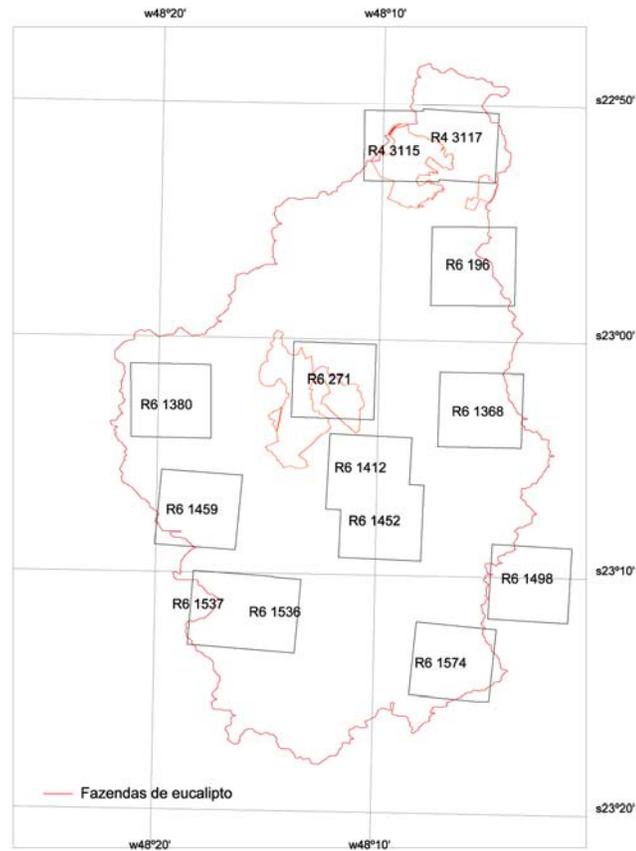


Figura 1 - Disposição das fotografias aéreas amostradas na bacia hidrográfica da região de Bofete

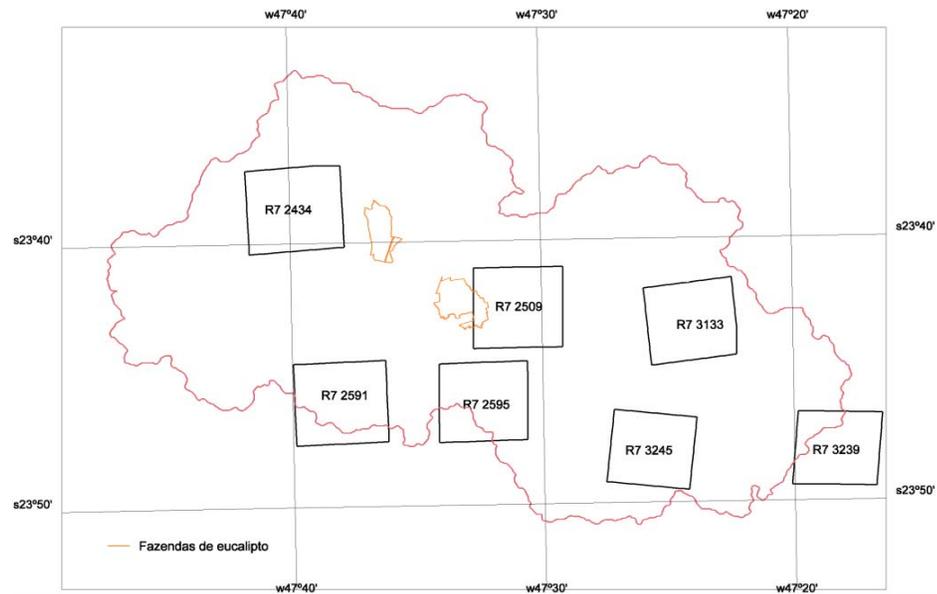


Figura 2 - Disposição das fotografias aéreas amostradas na bacia hidrográfica da região de Piedade

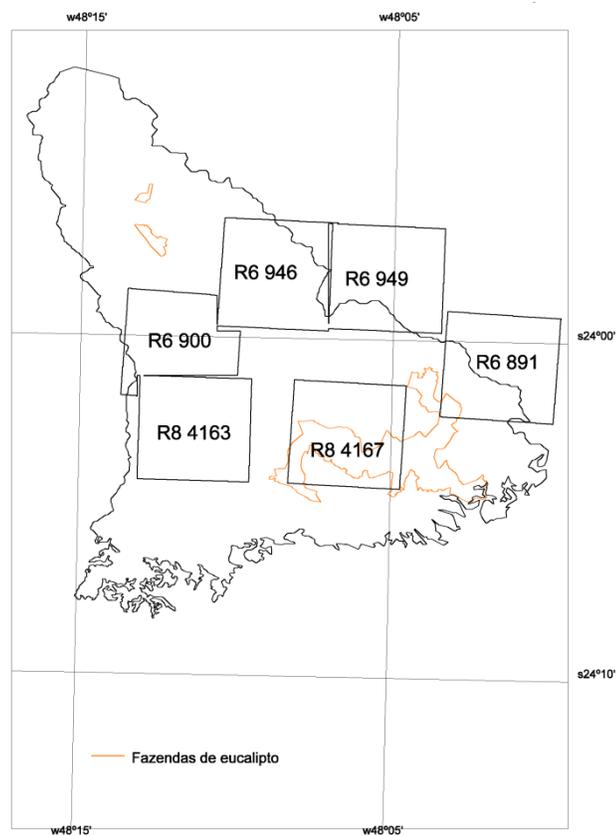


Figura 3 - Disposição das fotografias aéreas amostradas na bacia hidrográfica da região de Capão Bonito

As fotografias foram recortadas de tal forma que apenas as áreas contidas nas bacias hidrográficas foram estudadas. Foram estudados 32,5% da área total da bacia

da região de Bofete, 20,3% da área da bacia da região de Piedade e 35,8% da área da bacia da região de Capão Bonito (Tabela 8).

Tabela 8 - Áreas amostradas com fotografias aéreas por região estudada

Região	Área total (ha)	Área amostrada (ha)	% da área total
Projeto 1 - Bofete	111 130	36 106	32,5
Projeto 2 - Piedade	93 385	18 974	20,3
Projeto 3- Capão Bonito	39 495	14 154	35,8

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Caracterização das áreas de estudo

Região 1 (Bofete)

A nomeada Região 1, encontra-se na região do município de Bofete, e contempla a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, que deságua na represa da Usina Barra Bonita (rio Tietê). O clima (classificação de Koppen) que constitui a região é Cfa (clima temperado úmido com Verão quente - 60% da bacia) e Aw (clima tropical com estação seca de Inverno - 40% da bacia). A formação florestal predominante da região é floresta estacional semidecidual. A área total da bacia é de 111.130 ha, sendo que 40,9% dessa área estão no município de Bofete, 19,9 % no município de Porangaba, 15,6 % no município de Conchas, 15,5 % no município de Anhembi, 6% no município de Torre de Pedra e o restante em municípios vizinhos (Figura 4). A bacia contém as fazendas 1, 2 e 3 estudadas.



Figura 4 - Municípios e fazendas da bacia hidrográfica da Região 1 (região de Bofete - SP)

A bacia hidrográfica 1 caracteriza-se por possuir predominância de pastagens na parte Leste da bacia, onde o relevo é mais plano. Na parte oeste da bacia existe um conjunto de elevações rochosas, no município de Bofete, conhecido popularmente como morro do “gigante deitado”, onde permanecem remanescentes de vegetação natural. À sudoeste, a bacia é limitada por parte da serra de Botucatu, apresentando o relevo mais acidentado. Quase a totalidade das áreas de eucalipto da bacia se encontra na parte Leste, compondo um mosaico com outras áreas de pastagens (Figura 5).



Figura 5 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 1, região de Bofete – SP

Região 2 (Piedade)

A região 2 é abrangida por parte da bacia hidrográfica do Rio Sarapuí, e possui como limite de cota mínima a junção deste com o rio Pirapora. O clima (classificação de Köppen) que constitui a região também é Cfa. O predomínio florestal da região é de florestas ombrófilas densas. A área total da bacia é de 93.384 ha, dos quais 49,2 % estão no município de Piedade, 26,5 % no município de Salto de Pirapora, 12,7% no município de Sarapuí, 7% no município de Pilar do Sul, 4,0% no município de Araçoiaba da Serra e o restante em municípios vizinhos (Figura 6).

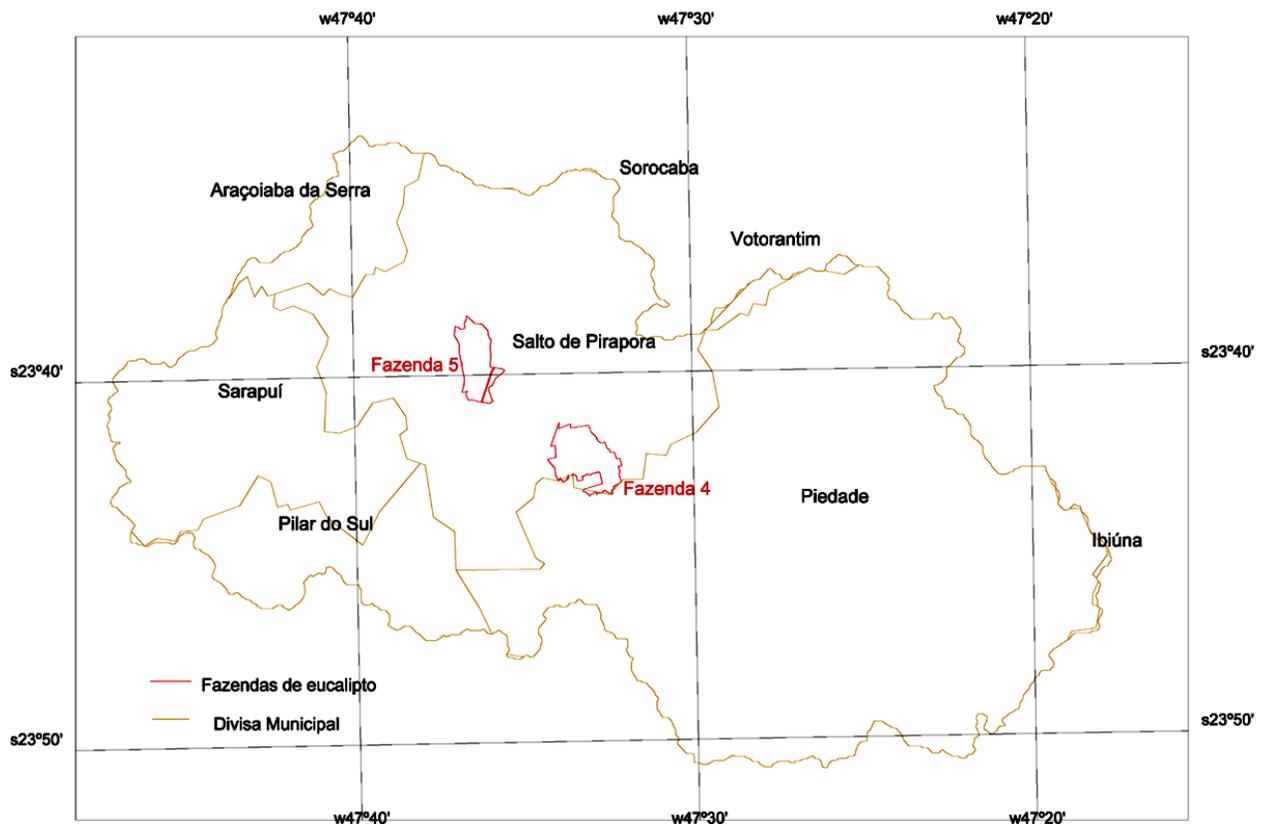


Figura 6 - Municípios e fazendas da bacia hidrográfica da região 2 (Salto de Pirapora / Piedade-SP)

O município de Piedade encontra-se no flanco interior da Serra do Mar, em área de preservação ecológica, de altitude elevada (>750m) e relevo acidentado. É uma região produtora de morango, alcachofra e outras hortícolas, escoadas para a grande São Paulo (Figura 7). Já o município de Salto de Pirapora encontra-se abaixo da cota de 750 metros, e possui o relevo mais suave, além de apresentar menor quantidade de fragmentos de vegetação nativa. A economia predominante do município tem base na extração mineral. A pecuária é bastante representativa na ocupação do solo do município (Figura 8). A bacia contém as fazendas 4 e 5 estudadas.



Figura 7 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 2, região de Piedade-SP



Figura 8 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 2, região de Salto de Pirapora -SP

Região 3 (Capão Bonito)

A região 3 é abrangida por parte da cabeceira do rio Paranapanema. O clima que constitui a região também é Cfa segundo a classificação de Koopen. A formação predominante da região, segundo o atlas de biomas do estado de São Paulo (FAPESP, 2005), é floresta Ombrófila mista. A área total da bacia é de 71.107 ha, dos quais 93,6% estão no município de Capão Bonito e 6,36% está no município de São Miguel Arcanjo (Figura 9). A bacia contempla as fazendas 6 e 7. Possui grande parte de sua área (45% da área total) no parque estadual Carlos Botelho, reserva estadual de proteção ambiental. Por apresentar uma dinâmica de ocupação do solo completamente diferente do restante da bacia, para se fazer as análises do trabalho, foi considerada apenas a área da bacia que se encontra fora do parque estadual, totalizando 39.115 ha de área estudada.

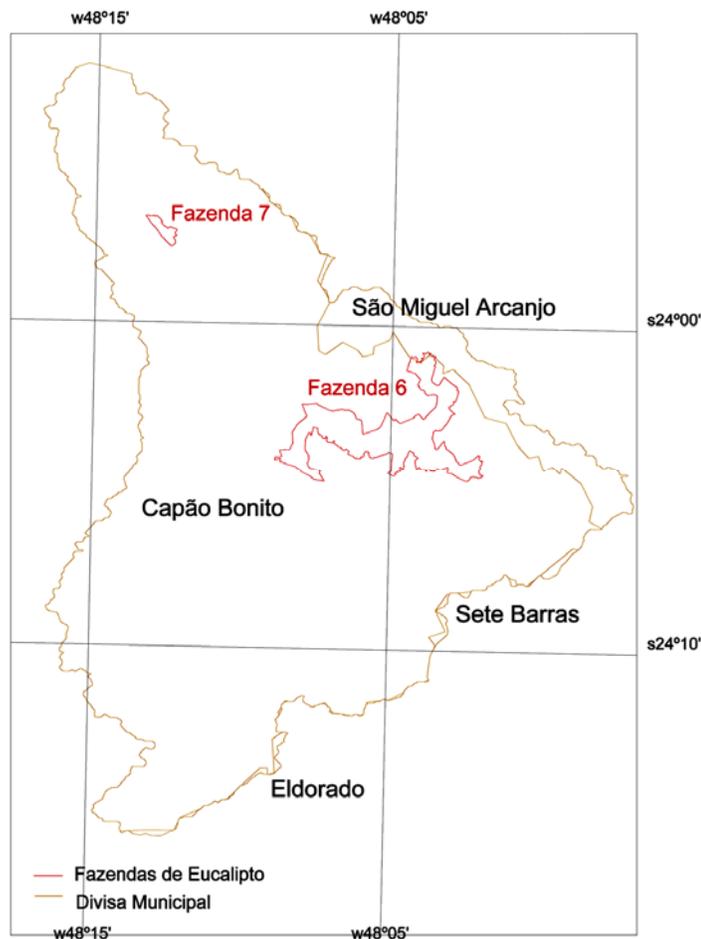


Figura 9 - Municípios e fazendas da bacia hidrográfica da região 3 (Capão Bonito - SP)

A pequena parte da bacia que se encontra no município de São Miguel Arcanjo possui a paisagem caracterizada pela produção de uva (Figura 10), em fronteira com unidades produtoras de eucalipto já no município de Capão Bonito. Este se destaca economicamente com suas indústrias madeireiras e de papel e celulose. Nas áreas estudadas do município de Capão Bonito o predomínio da ocupação do solo é dado por produção de eucalipto e culturas anuais, principalmente trigo (Figura 11).

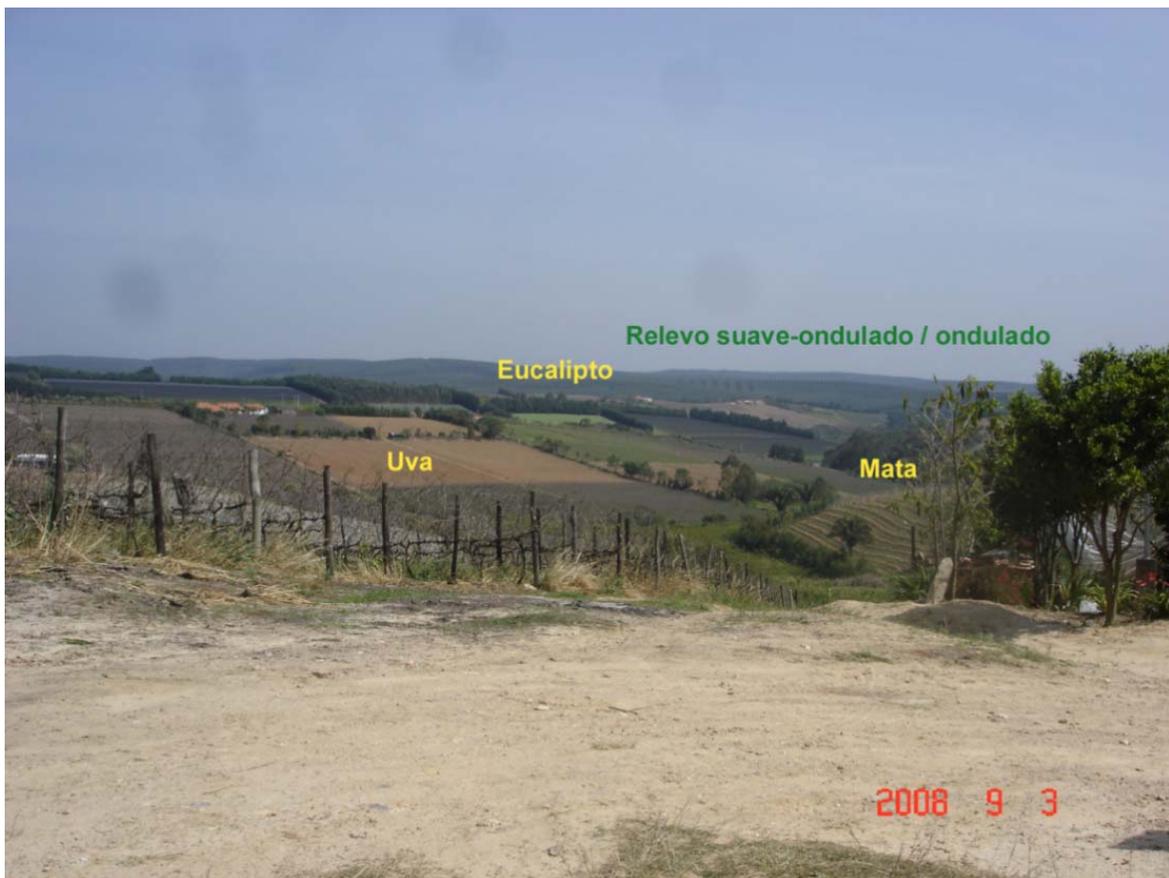


Figura 10 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 3, região de São Miguel Arcanjo - SP

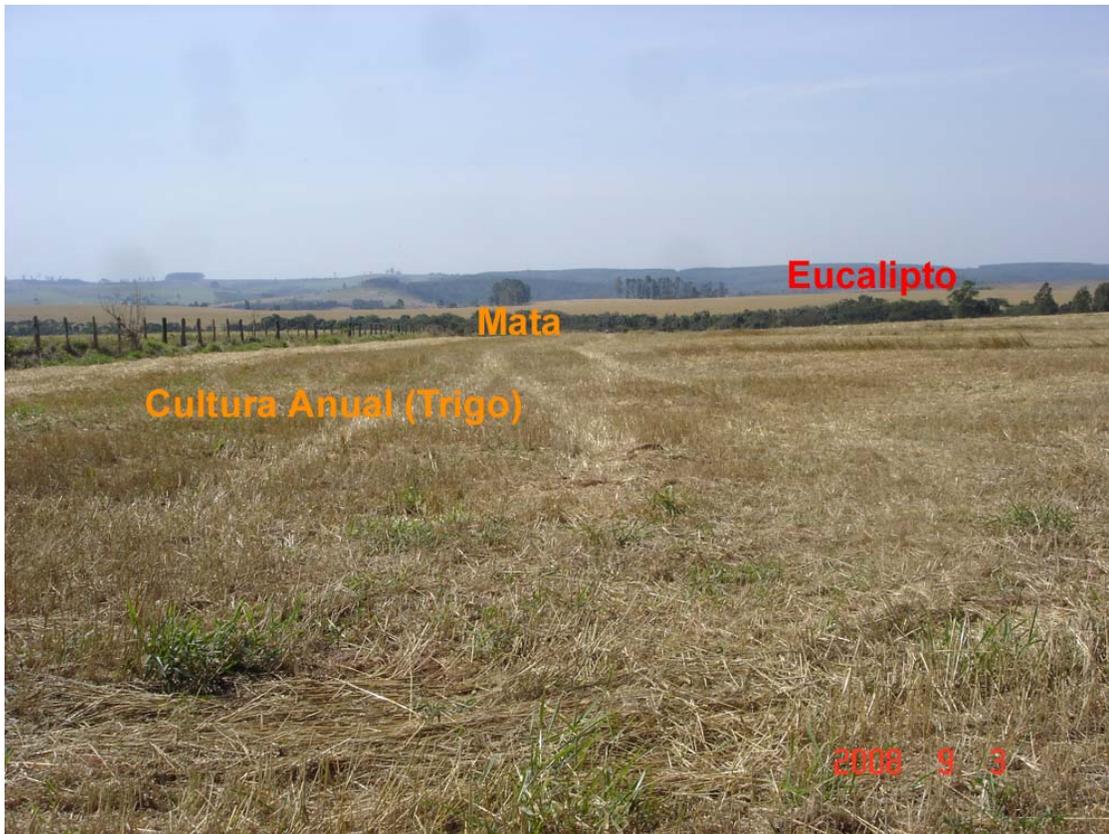


Figura 11 - Composição da paisagem na bacia hidrográfica 3, região de Capão Bonito - SP

2.3.2 Delimitação das bacias hidrográficas e da rede de drenagem

O delineamento da rede de drenagem em análises hidrológicas e outras análises dependentes dessa informação é um processo que necessita de dados adequados e meticulosidade. Marques e Silva (2007), comparando diferentes metodologias de delineamento de rede drenagem na bacia do Rio Doce, no estado de Minas Gerais, concluíram que a delimitação de bacias hidrográficas com a utilização de dados sensoriais de elevação (SRTM) é satisfatória à montante, podendo apresentar variações na foz devido às baixas variações de altitude.

No presente trabalho, as delimitações das bacias hidrográficas foram sobrepostas às redes de drenagem das cartas planialtimétricas do IBGE em escala 1:50.000 georreferenciadas. A Figura 12 ilustra a sobreposição, demonstrando a adequação do processo de delimitação da bacia do rio do Peixe, da região de Bofete. O mesmo padrão se repete nas demais áreas de estudo, não se encontrando dificuldade na delimitação das mesmas.

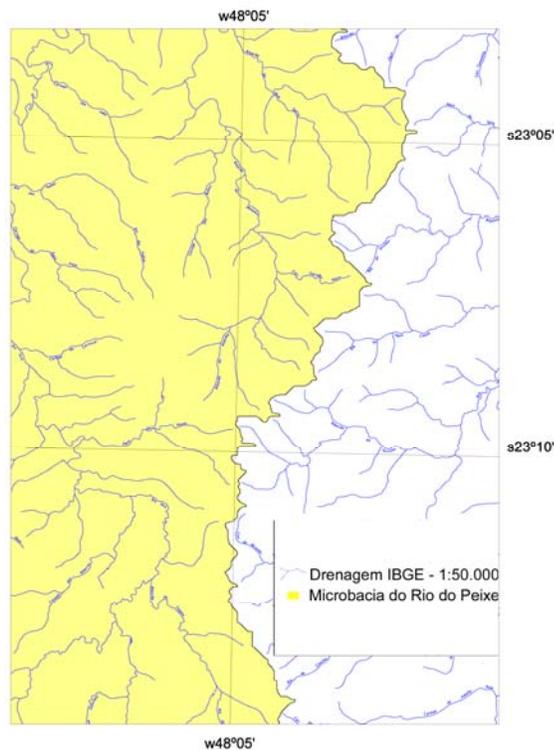


Figura 12 - Delimitação da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete) e rede de drenagem do IBGE na escala 1:50.000

A delimitação das redes de drenagem não seguiu o mesmo padrão da delimitação das bacias hidrográficas, apresentando resultados insatisfatórios para a evolução do trabalho. Como previsto em literatura, os dados do radar SRTM com resolução espacial de 90 metros apresentaram deslocamentos na rede de drenagem, inconsistência na sua delimitação em áreas de baixada, e inconsistência na quantificação de cursos d'água comparativamente a outras metodologias de quantificação de drenagem. A Figura 13 ilustra o deslocamento da rede de drenagem "SRTM 2" comparativamente à drenagem das cartas do IBGE (1:50.000); a Figura 14 ilustra a inconsistência do mapeamento da rede de drenagem "SRTM 2" nas áreas de baixada, também em comparação à drenagem do IBGE; a Figura 15 ilustra a rede de drenagem de referência do trabalho (rede de drenagem das fazendas estudadas) e a drenagem "SRTM 2". A utilização do SRTM para delimitação de rede de drenagem não possui precisão adequada para o presente trabalho, uma vez que a resolução espacial de 90 metros compromete o mapeamento preciso dos tributários da rede de drenagem.

Brown e Maldonado (2004) já averiguaram que a delimitação da rede de drenagem do Rio Acre apresentava deslocamento dos tributários georreferenciados de 90 (1 pixel) a 360 metros (4 pixels). Os maiores deslocamentos são constatados para tributários maiores, que se localizam em planícies aluviais, onde a geração acurada de dados de elevação é dificultada. Na especificidade da bacia do Rio do Peixe foram averiguados deslocamentos em áreas de baixada superiores a 550 metros (Figura 14).

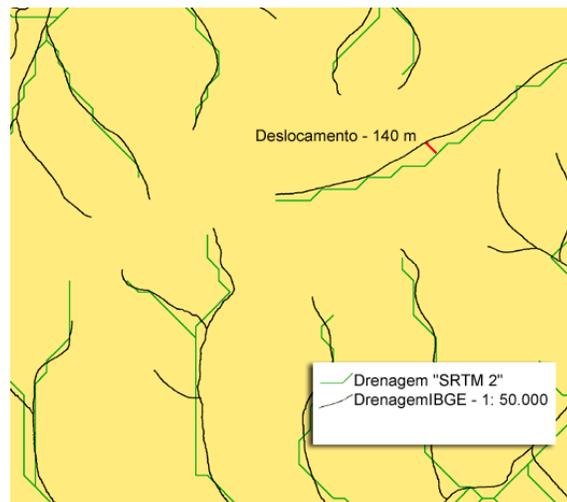


Figura 13 - Deslocamento da rede de drenagem do Rio do Peixe (região de Bofete - SP) gerada a partir de dados de elevação do SRTM e da drenagem mapeada de cartas do IBGE, escala 1:50.000

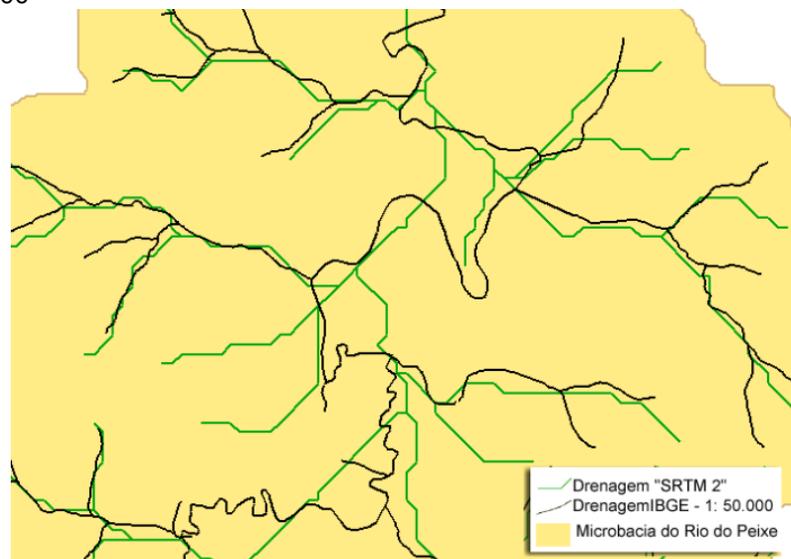


Figura 14 - Inconsistência da rede de drenagem gerada a partir de dados de elevação do SRTM na região de foz da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete - SP) comparativamente à drenagem mapeada de cartas do IBGE

A drenagem delimitada automaticamente com dados do sensor “SRTM”, quando comparada à drenagem de referência escolhida, verifica-se que há cursos d’água não mapeados automaticamente e detectados em campo, ocorrendo também o inverso, ou seja, canais de drenagem mapeados automaticamente através de dados do sensor não são encontrados no mapa de referência (Figura 15).

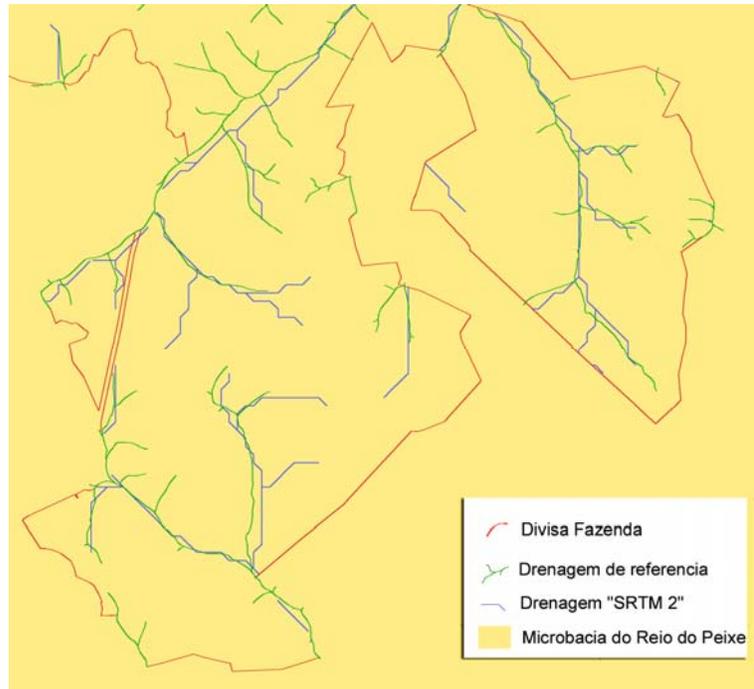


Figura 15 - Rede de drenagem gerada a partir de dados de elevação do SRTM e a drenagem de referência baseada em levantamentos de campo

A Figura 16 mostra as redes de drenagem “SRTM 1” e “SRTM 2” geradas a partir do SRTM com números diferente de células de contribuição: 32 células para a rede de “SRTM 1” e 16 células para a rede de drenagem “SRTM 2”. Pode-se perceber a maior extensão dos pequenos cursos d’água para a drenagem “SRTM2”.

A quantificação em área total da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe evidencia que a metodologia “SRTM 2” quantificou maior quantidade de canais de drenagem do que a cartografia do IBGE em escala 1:50.000, essa seguida da metodologia “SRTM 1”, que no caso subestimou a drenagem da região estudada (Tabela 9).

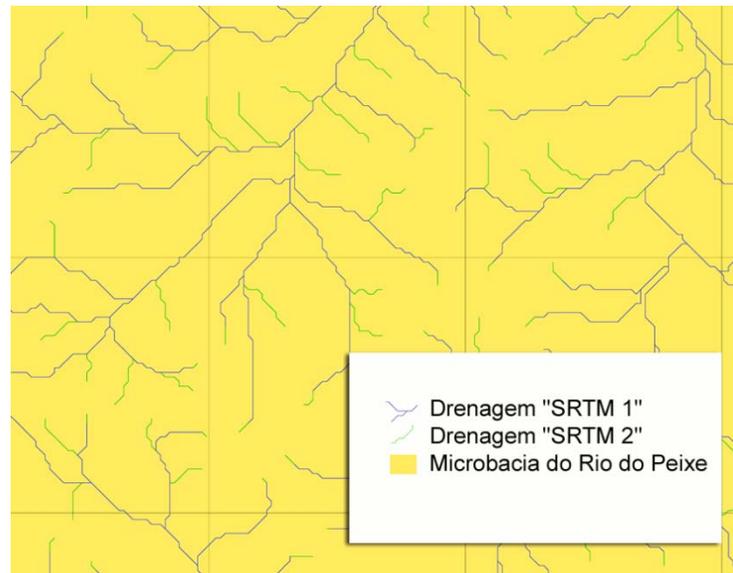


Figura 16 - Redes de drenagem “SRTM 1” e “SRTM 2”

Tabela 9 – Extensão de canais de drenagem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe (região de Bofete) delimitados pelas metodologias “SRTM 1”, “SRTM 2” e pela cartografia do IBGE escala 1:50.000

Metodologia	Cursos d'água (km)
IBGE*	1 239
SRTM 1**	1 037
SRTM 2***	1 393

* Drenagem da cartografia 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

** Drenagem delimitada com dados do SRTM – *Inlet* = 32; *Branch* = 128

*** Drenagem delimitada com dados do SRTM – *Inlet* = 16; *Branch* = 64
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

Com os dados apresentados na Tabela 10 pode-se observar que as duas metodologias de delimitação de drenagem baseadas no SRTM subestimaram, em todas as fazendas, o comprimento linear de canais de drenagem. Como esperado, a metodologia “SRTM 1” subestimou mais a delimitação de canais do que a metodologia “SRTM 2”. A metodologia “SRTM 2” quantificou 95,6% dos canais de drenagem da fazenda 3 e 70,9% dos canais de drenagem da fazenda 7, sempre comparativamente à drenagem de referência. Já a metodologia “SRTM 1”, quantificou, na fazenda 7, apenas 49,1% da rede de drenagem. A delimitação cartográfica do IBGE, comparativamente à drenagem de referência, foi a metodologia que apresentou menor padronização na delimitação da hidrografia, quantificando de 44,7% (fazenda 1) a 138,4% (fazenda 4) dos canais de drenagem de referência. Marques e Silva (2007) já citavam como “comum” os diferentes níveis de detalhamento das cartas do IBGE, propondo a

utilização de delimitação numérica da drenagem com um grau de ramificação uniforme para estudos de avaliação de modelos hidrológicos.

Tabela 10 – Extensão de canais de drenagem por fazenda e por metodologia de delimitação de drenagem

Metodologias	Região 1 - Bofete							
	Fazenda 1		Fazenda 2		Fazenda 3			
	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%		
IBGE*	25 865	44,7	34492	79,1	1 967	58,1		
SRTM 1**	29 540	51,0	22125	50,8	2 585	76,3		
SRTM 2***	41 727	72,1	31448	72,2	3 237	95,6		
DR****	57 913	100,0	43583	100,0	3 387	100,0		

Região 2 - Piedade				Região 3 - Capão Bonito			
Fazenda 4		Fazenda 5		Fazenda 6		Fazenda 7	
Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%
17669	138,4	9 154	106,2	759	96,4	68 028	118,0
7838	61,4	6 707	77,8	629	79,9	28 317	49,1
9469	74,2	7 218	83,7	629	79,9	40 846	70,9
12768	100,0	8 621	100,0	787	100,0	57 628	100,0

* Drenagem da cartografia 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

** Drenagem delimitada com dados do SRTM – *Inlet* = 32; *Branch* = 128

*** Drenagem delimitada com dados do SRTM – *Inlet* = 16; *Branch* = 64

**** Drenagem de referência baseada em levantamento de campo

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

Com os resultados apresentados o presente trabalho questiona o padrão comumente utilizado para delimitação de rede de drenagem e informações dependentes dessa, que se baseia na cartografia do IBGE, nas suas diferentes escalas. Licenciamentos, outorgas, e outros trabalhos práticos que contemplam estudos do meio ambiente necessitam de um padrão de informação de drenagem com maior precisão. Na locação dos canais de drenagem, a delimitação através dos dados do SRTM não se mostrou satisfatória, porém a quantificação dos canais de drenagem se apresentou com maior padronização.

2.3.3 Expansão temporal do eucalipto – décadas de 80, 90 e 2000 em área total

A ocupação do solo por eucalipto e remanescentes florestais foi quantificada em área total das três bacias estudadas nos anos de 1987, 1997 e 2007. A bacia de Bofete apresentou um acréscimo na área ocupada por eucalipto de 85,8% entre os anos de 1987 (4.161 ha) e 2007 (7.733 ha) (Tabela 11), sendo a região que apresenta menor

representatividade do eucalipto em área total, porém maior aumento de áreas cultivadas com o gênero. As três regiões apresentaram acréscimo da ocupação do eucalipto ao longo das três décadas analisadas em área total (Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13, Figura 17, Figura 18 e Figura 19). Os remanescentes florestais apresentaram decréscimo nas três regiões estudadas, sendo que o maior decréscimo ocorreu na região de Bofete, que em 1987 apresentava uma área total de remanescentes florestais de 15.299 hectares, e 11.551 hectares no ano de 2007 (decréscimo de 24,5%) (Tabela 11).

Tabela 11 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete)

Ocupação do Solo	1987		1997		2007	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	4 161	3,7	5 557	5,0	7 733	7,0
Remanescentes Florestais	15 299	13,8	11 902	10,7	11 551	10,4
Outras ocupações	91 670	82,5	93 671	84,3	91 846	82,6
Total	111 130	100	111 130	100	111 130	100

Tabela 12 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)

Ocupação do Solo	1987		1997		2007	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	5 043	5,4	5 517	5,9	7 179	7,7
Remanescentes Florestais	19 040	20,4	17 367	18,6	17 731	19,0
Outras ocupações	69 302	74,2	70 501	75,5	68 475	73,3
Total	93 385	100	93 385	100	93 385	100

Tabela 13 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito)

Ocupação do Solo	1987		1997		2007	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	7 382	18,7	7 902	20,0	8 503	21,5
Remanescentes Florestais	7 045	17,8	6 461	16,4	6 117	15,5
Outras ocupações	25 068	63,5	25 132	63,6	24 875	63,0
Total	39 495	100	39 495	100	39 495	100

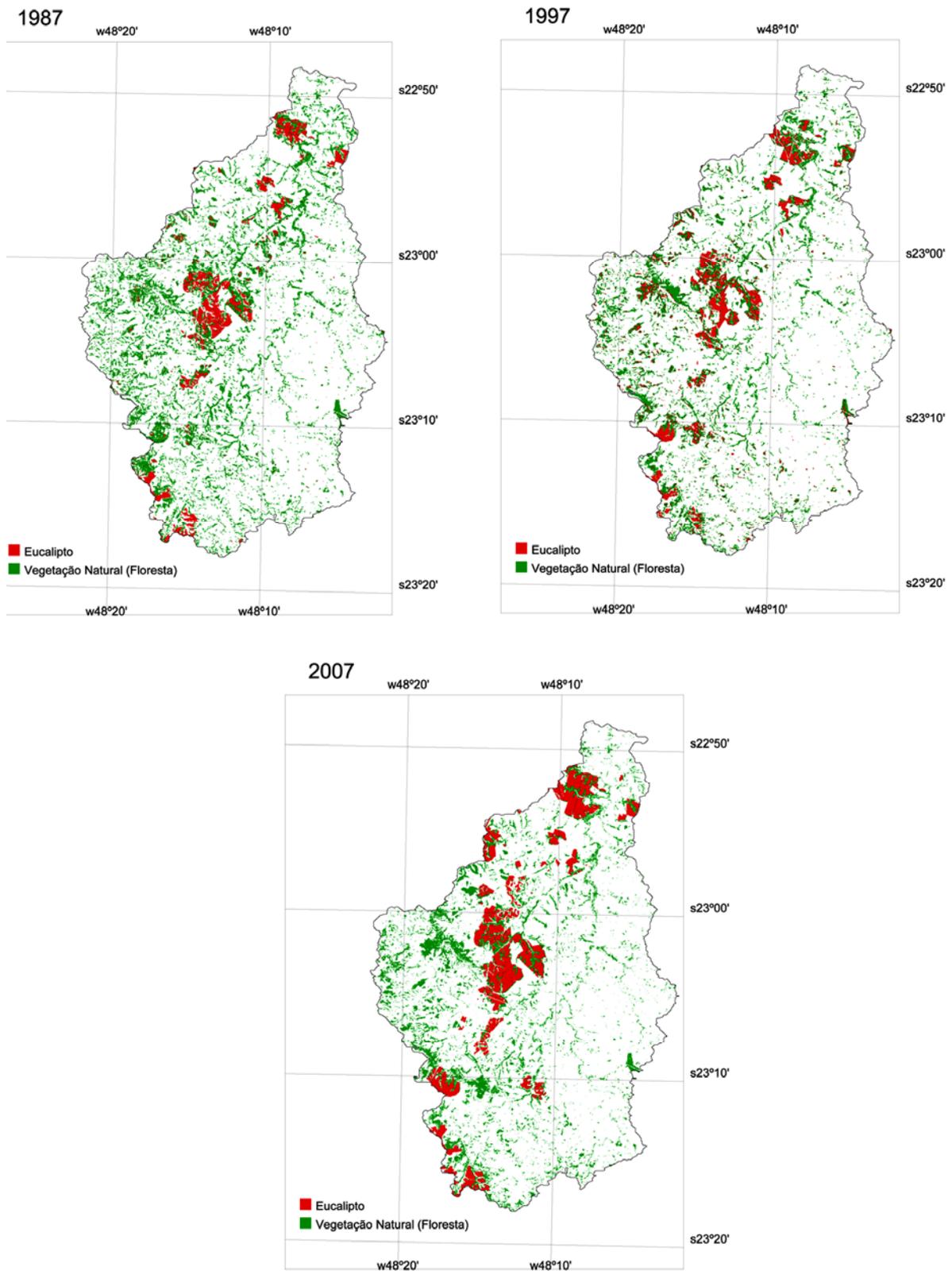


Figura 17 – Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) em 1987, 1997 e 2007 em área total da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Bofete-SP

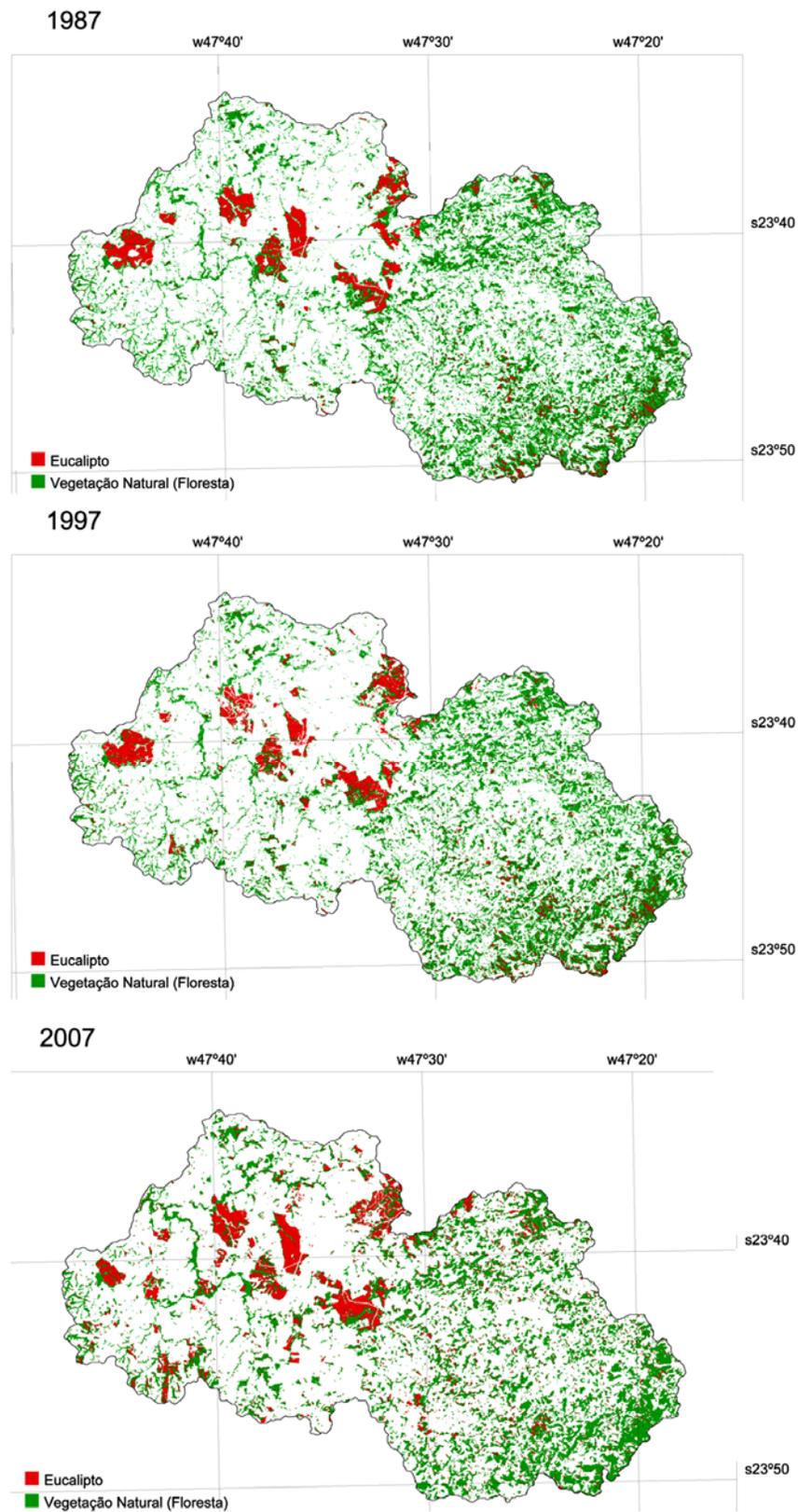


Figura 18 – Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) em 1987, 1997 e 2007 em área total da bacia hidrográfica do Rio Sarapuí, região de Piedade-SP

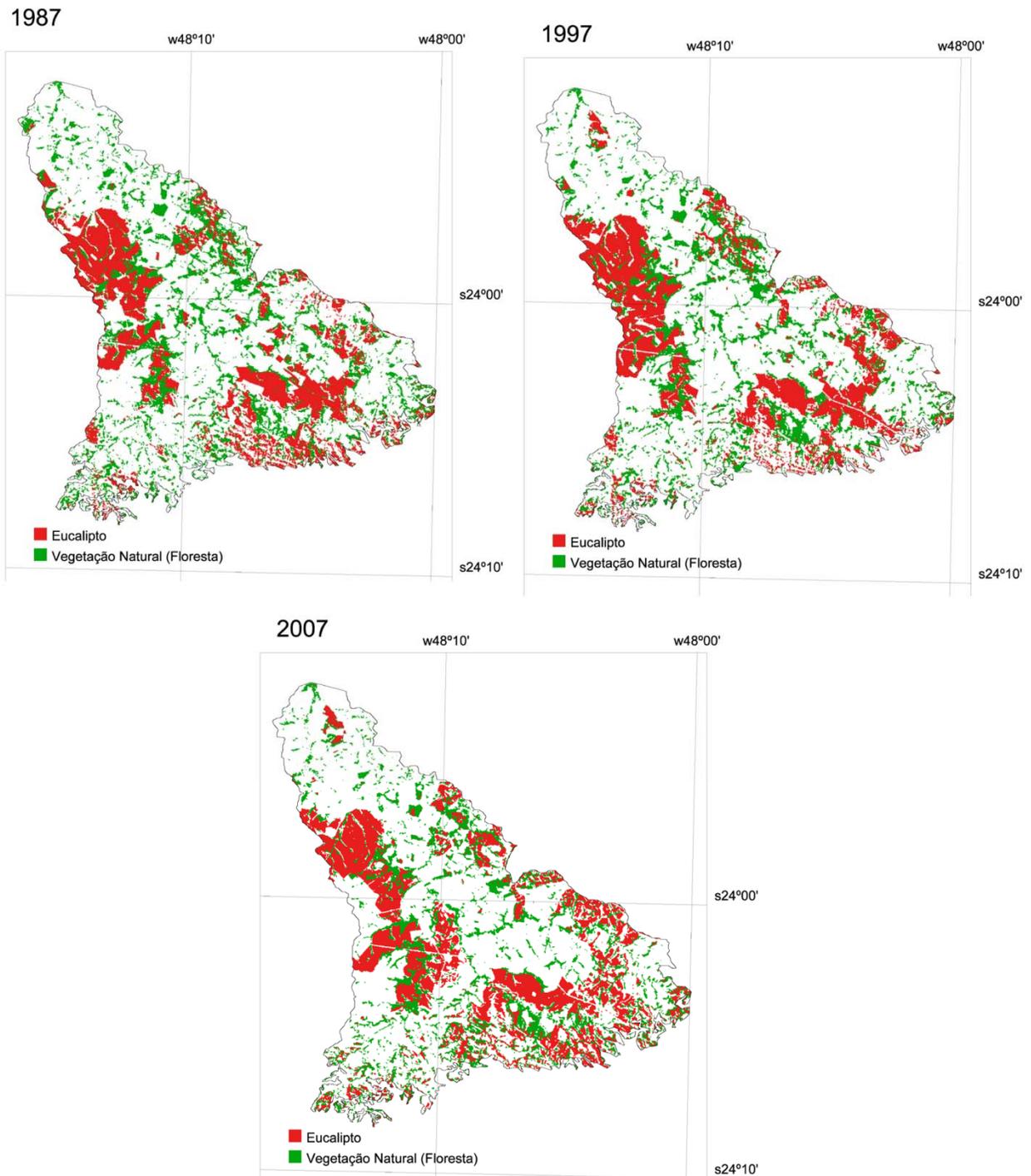


Figura 19 – Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) em 1987, 1997 e 2007 em área total da bacia hidrográfica 3, região de Capão Bonito-SP

Os plantios de eucalipto na região de Bofete se concentram em grandes áreas durante todo o período de análise, havendo alteração no número de áreas produtivas. Já na região de Piedade, a bacia pode ser dividida em duas regiões bem distintas,

sendo que nos municípios a oeste da bacia (Salto de Pirapora, Pilar do Sul e Sarapuí) há um incremento de áreas grandes, propriedades de empresas do setor madeireiro, enquanto a leste, no município de Piedade o incremento acontece em áreas pequenas e pulverizadas no município (Figura 20). As áreas pequenas diagnosticadas foram averiguadas, em estudo no campo, como áreas de fomento florestal e áreas de produção de pequenas e médias propriedades, nesse caso, onde o eucalipto ocorre em conjunto com outras atividades produtivas e remanescentes florestais. Os plantios de eucalipto na região de Capão Bonito também se concentram em grandes manchas, resultado da instalação histórica de empresas do setor madeireiro na região. A bacia hidrográfica 3 foi a região que apresentou maior dominância do eucalipto na composição do uso do solo, estabilizada em torno de 20% nas três décadas (Tabela 13

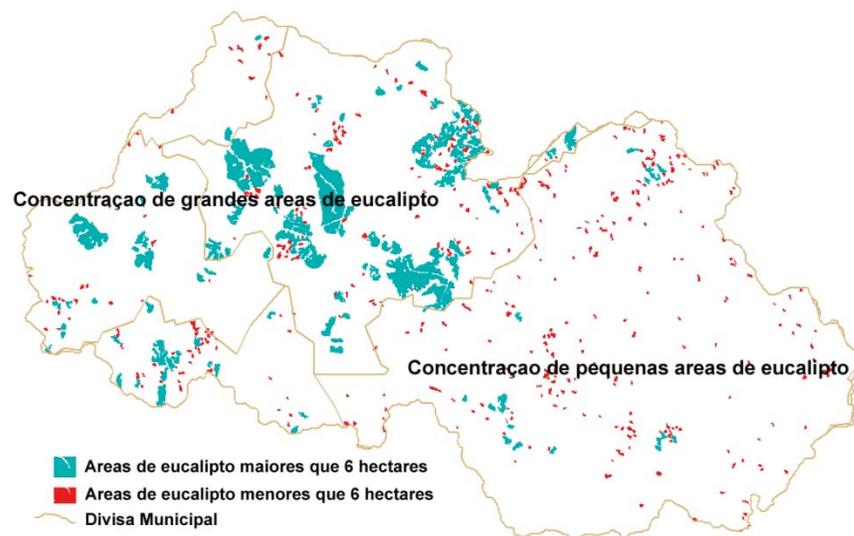


Figura 20 - Distribuição espacial do eucalipto na bacia hidrográfica 2 (região de Piedade) e divisas municipais

2.3.4 Eucalipto e áreas de especial interesse para conservação ambiental – décadas de 80, 90 e 2000 em área total

A análise em áreas de especial interesse para conservação ambiental (áreas de preservação permanente - APP) apresentou, nas três bacias e décadas de estudo, em área total, acréscimo de áreas ocupadas com eucalipto e decréscimo das áreas de remanescentes florestais ao longo das décadas de 1980 a 2000.

A região de Bofete apresentou o maior desmatamento nas três últimas décadas, tanto em área total, quanto nas APP. Uma ocupação florestal de 2.336 ha em 1987 decresceu para 1.420 (diminuição de quase 40%) nas áreas de preservação permanentes da bacia (Tabela 14).

Tabela 14 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete)

Ocupação do Solo	1987		1997		2007	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	53	0,8	248	3,6	122	1,8
Remanescentes Florestais	2 336	33,5	1 728	24,8	1420	20,4
Outras ocupações	4 582	65,7	4 995	71,7	5429	77,9
Total	6 971	100	6 971	100	6971	100

A região de Piedade apresentou o maior acréscimo na quantificação de áreas de eucalipto em APP, sendo bastante representativo o acréscimo ocorrido entre os anos de 1997 e 2007 (224 ha) (Tabela 15). Foram diagnosticadas áreas de eucalipto em APP distribuídas por toda a bacia, tanto em grandes propriedades de empresas do setor florestal quanto em pequenas manchas de eucalipto (menores de 6 hectares). A região de Piedade possui também a maior área de remanescentes florestais em APP, apresentando hoje mais de 2.000 ha (30,4% da APP da bacia) de florestas às margens de cursos d'água (Tabela 15). Essa análise mostra que na região 2, a região estudada que apresenta duas situações de distribuição de eucalipto (pequenos e grandes plantios) (Figura 20), não há uma padronização do uso inadequado de APP, sendo que há presença de indivíduos do gênero *Eucalyptus* nas APP no município de Piedade assim como nos municípios de Salto de Pirapora, Pilar do Sul e Sarapuí, onde se concentram propriedades do setor madeireiro.

Tabela 15 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)

Ocupação do Solo	1987		1997		2007	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	229	3,3	240	3,5	464	6,7
Remanescentes Florestais	2 443	35,4	2 029	29,4	2 095	30,4
Outras ocupações	4 222	61,2	4 625	67,1	4 335	62,9
Total	6 894	100	6 894	100	6 894	100

A ocupação de eucalipto em APP mais representativa, assim como em área total, ocorre na região de Capão Bonito, que no ano de 2007 apresentou quase 9% (271 ha) das APP ocupadas com o gênero (Tabela 16). A representatividade das APP ocupadas com remanescentes florestais também foi maior nessa região, sendo que no ano de 2007 apresentava 37% das áreas à margem de rios ocupadas com florestas.

Tabela 16 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito)

Ocupação do Solo	1987		1997		2007	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	152	5,0	202	6,7	271	8,9
Remanescentes Florestais	1 218	40,1	1 081	35,6	1 124	37,0
Outras ocupações	1 666	54,9	1 753	57,7	1 641	54,1
Total	3 036	100	3 036	100	3 036	100

O levantamento de campo permitiu diagnosticar a presença de eucalipto em áreas de contribuição hidrológica nas três bacias de estudo. Algumas áreas marginais a cursos d'água, implantadas com plantios de eucalipto em épocas anteriores à Lei nº 7.511 (BRASIL, 1986) hoje se encontram abandonadas, onde é, por lei, restrito o corte do eucalipto (Figura 21 e Figura 22). A certificação florestal, geralmente isenta a responsabilidade das empresas florestais da presença de eucalipto abandonado em APP em épocas anteriores à certificação e à Lei 7.511. Algumas empresas do setor florestal, com o objetivo de auxiliar na reconstituição de APP degradadas, vêm adotando medidas de eliminação do eucalipto nessas áreas, por exemplo, com a eliminação de indivíduos (morte em pé) remanescentes de plantios antigos (Figura 23). As empresas também solicitam aos órgãos fiscalizadores (Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais – DEPRN) e às certificadoras o aval para a retirada da madeira da APP, provocando distúrbios na estrutura florestal, porém se comprometendo a contribuir na reconstituição da formação florestal dessas áreas.



Figura 21 – Eucalipto abandonado em áreas de contribuição hidrológica – Fazenda 1, município de Bofete - SP



Figura 22 – Eucalipto abandonado em áreas de contribuição hidrológica – Região 3, município de Capão Bonito – SP



Figura 23 – Eucalipto morto em pé e área abandonada com baixa resiliência em áreas de contribuição hidrológica – Fazenda 6, município de Capão Bonito - SP

2.3.5 Expansão temporal do eucalipto – área amostrada

A análise nas áreas amostradas, que comporta a identificação de remanescentes florestais e eucalipto em 1962 e em 1987, não identificou áreas de plantio de eucalipto nas regiões de Bofete (bacia hidrográfica 1) (Tabela 17) e de Capão Bonito (bacia hidrográfica 3) (Tabela 21). Na mesma data foi identificada apenas uma área de produção de eucalipto na região de Piedade (bacia hidrográfica 2) com área de 11 hectares (Tabela 19). O padrão de evolução da ocupação do solo por eucalipto e por remanescentes florestais das décadas de 80, 90 e 2000 nas áreas amostradas das três regiões se manteve semelhante à análise em área total.

Os dados apresentados expressam um acréscimo de remanescentes florestais entre 1962 e 1987 nas regiões de Bofete em área total (Tabela 17). Já nas bacias hidrográficas 2 e 3 houve decréscimo em área total de remanescentes florestais (Tabela 19 e Tabela 21). Nas três regiões contempladas houve acréscimo de florestas nas áreas de preservação permanente (Tabela 18, Tabela 20 e Tabela 22).

Vale ressaltar as diferenças metodológicas na classificação do uso do solo no ano de 1962, baseada em fotografias aéreas, e no ano de 1987, baseada em imagens de satélite.

Tabela 17 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) na área amostrada da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete)

Ocupação do Solo	1962		1987	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	-	-	1 483	4,1
Remanescentes Florestais	4 766	13,2	5 979	16,6
Outras ocupações	31 340	86,8	28 644	79,3
Total	36 106	100	36 106	100

Tabela 18 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente na área amostrada da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete)

Ocupação do Solo	1962		1987	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	-	-	13	0,5
Remanescentes Florestais	7 72	28,6	901	33,4
Outras ocupações	1 927	71,4	1 785	66,1
Total	2 699	100	2 699	100

Tabela 19 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) na área amostrada da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)

Ocupação do Solo	1962		1987	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	11	0,1	1 122	5,9
Remanescentes Florestais	4 000	21,1	3 900	20,6
Outras ocupações	14 963	78,9	13 952	73,5
Total	18 974	100	18 974	100

Tabela 20 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente na área amostrada da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)

Ocupação do Solo	1962		1987	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	-	-	34	2,5
Remanescentes Florestais	413	30,2	506	37,0
Outras ocupações	953	69,8	826	60,5
Total	1 366	100	1 366	100

Tabela 21 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) na área amostrada da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito)

Ocupação do Solo	1962		1987	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	-	-	3 429	24,2
Remanescentes Florestais	3 180	22,5	2 896	20,5
Outras ocupações	10 974	77,5	7 829	55,3
Total	14 154	100	14 154	100

Tabela 22 - Ocupação do solo (remanescentes florestais e eucalipto) de áreas de preservação permanente na área amostrada da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito)

Ocupação do Solo	1962		1987	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Eucalipto	-	-	59	6,0
Remanescentes Florestais	409	41,8	499	51,0
Outras ocupações	570	58,2	421	43,0
Total	979	100	979	100

Os resultados apresentados de ocupação do solo em área de preservação permanente mostraram-se satisfatórios em pontos identificados com eucalipto em área ciliar no campo. Porém as ferramentas metodológicas utilizadas podem ter resultado em inconsistências nas análises realizadas. A metodologia utilizada na delimitação de canais de drenagem, discutida em item anterior, ainda possui deficiências. A subjetividade do conceito de canais de drenagem, principalmente de canais intermitentes, resulta em uma delimitação de áreas de preservação permanente (dependente direta da informação de drenagem) também subjetiva, necessitando de maior meticulosidade em sua delimitação, com, por exemplo, averiguações de campo. A metodologia utilizada apresentou-se inconsistente, por exemplo, na delimitação de canais de drenagem quando comparado à drenagem de referência (Figura 15). Na classificação da ocupação do solo, a utilização de imagens de satélite de média resolução espacial (20 metros) é uma ferramenta cuja área mínima identificável é de 400 metros quadrados, sendo que as pequenas manchas de eucalipto abandonado em área ciliar não foram identificadas. Em suma, estudos em áreas de preservação permanente marginais a canais de drenagem com largura menor do que 10 metros necessitam de ferramentas de análise de maior precisão para a obtenção de resultados de maior qualidade.

A análise a seguir objetivou quantificar, nas regiões amostradas, as áreas identificadas como remanescentes florestais em 1962 e com plantio de eucalipto em 1987. Essa análise não afirma que as áreas identificadas com a procedência acima tenham sofrido desmatamento para o plantio de eucalipto. A diferença de tempo entre as duas datas de 25 anos permite que tenha havido desmatamento para outra atividade econômica onde posteriormente o eucalipto foi introduzido. Porém a análise sugere que

tal prática tenha acontecido nas regiões contempladas, necessitando análise mais aprofundada.

Nas tabelas a seguir (Tabela 23, Tabela 24 e Tabela 25) o valor total se refere à quantidade de hectares de eucalipto identificada nas áreas amostradas no ano de 1987. Nas áreas amostradas na bacia hidrográfica 1 (região de Bofete) a área de eucalipto ocupada com remanescentes florestais em 1962 representa apenas 2,4% da área total de eucalipto identificada em 1987 (Tabela 23). Já na região de Piedade, essa condição ocorre em 385 ha (34,3%) das áreas identificadas com eucalipto. O valor em área é maior na região de Capão Bonito, que em 919 ha identificados com remanescentes florestais em 1962 foram identificados como ocupados com eucalipto em 1982 (Tabela 25).

Tabela 23 - Ocupação do eucalipto mapeado em 1987 sobre área de vegetação natural mapeada em 1962 nas regiões amostradas da bacia hidrográfica 1 (região de Bofete)

Ocupação do eucalipto entre 1962 e 1987	Área (ha)	%
Eucalipto sobre mata	36	2,4
Eucalipto sobre outros	1 447	97,6
Total	1 483	100

Tabela 24 - Ocupação do eucalipto mapeado em 1987 sobre área de vegetação natural mapeada em 1962 nas regiões amostradas da bacia hidrográfica 2 (região de Piedade)

Ocupação do eucalipto entre 1962 e 1987	Área (ha)	%
Eucalipto sobre mata	385	34,3
Eucalipto sobre outros	737	65,7
Total	1 122	100

Tabela 25 - Área Ocupação do eucalipto mapeado em 1987 sobre área de vegetação natural mapeada em 1962 nas regiões amostradas da bacia hidrográfica 3 (região de Capão Bonito)

Ocupação do eucalipto entre 1962 e 1987	Área (ha)	%
Eucalipto sobre mata	919	26,8
Eucalipto sobre outros	2 510	73,2
Total	3 429	100

Essa análise sugere uma diferença na dinâmica da ocupação do eucalipto nas três regiões estudadas. Na década de 60 não foi identificada ocupação de plantios representativos do gênero em nenhuma região estudada. Na década de 80, a região de Anhembí apresentou uma ocupação de eucalipto sobre áreas com outros usos do solo, que não em remanescentes florestais. Já nas regiões de Piedade e Capão Bonito,

áreas extensas de remanescentes florestais identificadas em fotografias aéreas de 1962, encontravam-se com eucalipto em 1987. A maior parte de áreas com a condição supracitada na região de Capão Bonito, identificada na Figura 24, possui hoje eucalipto de uma empresa representativa do setor florestal, estabelecida na década de vigência dos incentivos fiscais governamentais. Nas duas bacias, a implantação de plantios econômicos de espécies florestais, em curto prazo, pode ter sido responsável por parte do desmatamento de remanescentes florestais provocado nas décadas de 60 e 70.

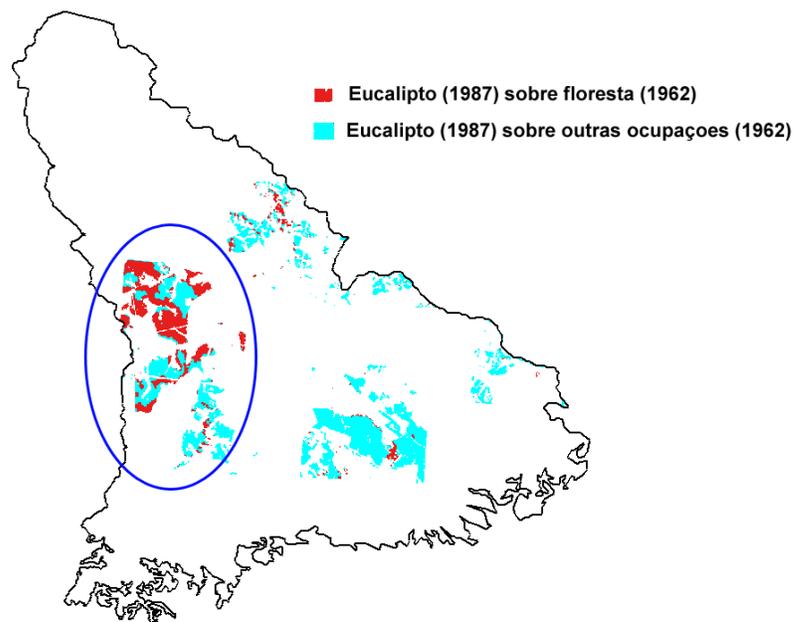


Figura 24 - Ocupação com eucalipto (1982) em áreas de remanescentes florestais ou em outras ocupações do solo comparado à ocupação do solo em 1962, nas áreas amostradas da bacia hidrográfica 3, região de São Miguel Arcanjo – SP

A certificação florestal isenta as empresas do setor madeireiro de responsabilidades de desmatamentos de vegetação natural ocorridos anteriormente a 1994, segundo o princípio 10, critério 9.

10.9. As plantações florestais estabelecidas em áreas de florestas naturais convertidas após novembro de 1994 normalmente não devem ser qualificadas para a certificação. A certificação pode ser permitida em

circunstâncias nas quais há evidências suficientes submetidas à entidade certificadora de que o responsável pela unidade de manejo florestal / proprietário não é responsável direta ou indiretamente por tal conversão (FSC, 2004, p. 11).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os dados do sensor SRTM não são recomendados para trabalhos que necessitam de exatidão posicional na locação de canais de drenagem, sendo que em áreas de baixada não apresentam qualidade para locação aproximada de canais de drenagem, apresentando deslocamentos superiores a 500 metros.

- Canais de drenagem delimitados com dados do sensor SRTM apresentaram melhor padronização na quantificação do comprimento do que a cartografia do IBGE em escala 1:50.000, quando comparados com a drenagem de referência do trabalho (levantamento de campo), colocando em questão a utilização da cartografia do IBGE como referência de drenagem em diferentes trabalhos de análises hidrológicas e ambientais.

- As informações de drenagem da cartografia do IBGE (escala 1:50.000) não é um padrão adequado para avaliar métodos indiretos de definição de padrões de drenagem, no caso do presente estudo, metodologia baseada em dados de sensoriamento remoto sem averiguação de campo.

- A delimitação de bacias hidrográficas se mostrou adequada com a utilização de dados do SRTM, quando sobreposta aos canais de drenagem da cartografia do IBGE (escala 1:50.000).

- Os resultados das análises temporais de ocupação do solo, demonstraram a representativa ocupação de áreas de preservação permanente à margem de cursos d'água por eucalipto, em grandes e pequenas unidades produtivas, principalmente nas regiões de Piedade e Capão Bonito, nas décadas de 80, 90 e 2000.

- As regiões de Piedade e Capão Bonito apresentaram extensas áreas de eucalipto em 1987 ocupadas anteriormente (1962) com remanescentes florestais, fato não verificado na região de Bofete.

- A certificação florestal de empresas do setor madeireiro não significa a ausência de eucalipto em áreas de preservação permanente.

REFERÊNCIAS

- ANTONANGELO, A. **As inovações tecnológicas na silvicultura brasileira e seus impactos sobre a expansão desta atividade**. 1997. 173 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- BECKETT, P.H.T.; BIE, S.W. **Use of soil and Land-system maps to provide soil information in Australia**. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Soils. 1978. 76 p. (Technical Paper, 33).
- BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial**, Brasília, 16 set. 1965a. p. 9529.
- _____. Lei n. 7.511, de 07 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial**, Brasília, 08 jul. 1965b.
- _____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988. 168 p.
- BROWN, I.F.; MALDONADO, M.J. **Avaliação da confiabilidade de dados hidrográficos para a bacia trinacional da Bolívia, Brasil e Peru do Alto Rio Acre, Amazônia Sul-Occidental**. 2004. Disponível em: <ftp://lba.cptec.inpe.br/lba_archives/LC/LC-02/SETEM/Bacia-Acre/painelLBAmonica25jul04b.pdf> Acesso em: 13 maio 2008.
- CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de microbacias In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.). **As florestas plantadas e a água: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RiMa, 2006. cap. 4, p. 45-59.
- COIMBRA, U. **Governo casa liberação de plantio de eucalipto com zoneamento ambiental**. Disponível em < http://www.seculodiario.com.br/arquivo/2007/junho/12/noticiario/meio_ambiente/12_06_09.asp> Acesso em: 08 set. 2008.
- EMBRAPA. **Brasil em relevo**. Campinas, 2005. Disponível em <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>. Acesso em: 20 mar. 2007.
- FAPESP. **Sistema de Informação Ambiental do Biota**. 2005. Disponível em: <http://sinbiota.cria.org.br/atlas>. Acesso em: 08 out. 2008.
- FEARNSIDE, P.M. **Silvicultura de plantação no Brasil: projeções até 2050**. Manaus: INPA, 1997. 40 p.

FREITAS, S.R.; MELLO, M.C.S.; CRUZ, C.B.M. Relationships between forest structure and vegetation indices in Atlantic Rainforest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 218, p. 353-362, Aug. 2005.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL.. **Princípios e critérios do Conselho de Manejo Florestal (FSC)**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.fsc.org.br/index.cfm?fuseaction=conteudo&IDsecao=172>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

GILVANDER, F. **Carta aberta à população de São Luiz do Paraitinga**. Disponível em: <<http://www.cedefes.org.br/new/index.php?conteudo=materias/index&secao=2&tema=1&materia=4684>> Acesso em: 02 out. 2008.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2000. Escala 1:500.000.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CIDADANIA DO VALE DO RIBEIRA Seminário aprofunda o debate sobre os impactos causados pela monocultura do pinus e eucalipto In: _____. **Os impactos socioambientais da monocultura do pinus e do eucalipto no Vale do Ribeira, 2007**. Barra do Turvo: IDESC, 2007. 4 p. Disponível em: <www.idesc.org.br/arquivos/docs/seminário_pinus_set07_texto%20final.doc> Acesso em: 01 out. 2008.

KENGEN, S. **Estudo de caso de integração vertical**: Programa de Fomento Florestal da Aracruz Celulose S.A. 2003. Disponível em <<http://www.iadb.org/en2/descargas/pdfs/ecivbapp.pdf>> Acesso em: 20 set. 2008.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; KANASHIRO, M.M.; YWANE, M.S.S.; LIMA, L.M.P.R.; GUILLAUMON, J.R.; BARRADAS, A.M.F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L.A.; BORGIO, S.C. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1569-1576.

LIMA, W.P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: ARTPRESS. 1987. 114 p.

_____. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1993. 301 p.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. (Org.). **As florestas plantadas e a água**: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: RiMa, 2006. 226 p.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2007. 908 p.

- MACHADO, R.E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. 154 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MARQUES, F.A.; SILVA, D.D. Obtenção pixel a pixel de variáveis morfológicas em SIG após tratamento de dados SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3445-3452.
- McKENZIE, N.J.; JACQUIER, D.W.; MASCHMEDT, D.J.; GRIFFIN, E.A.; BROUGH, D.M. **Australian soil resource information system: technical specifications.** Canberra: Australian Collaborative Land Evaluation Program, 2005. v. 1.5, 93 p.
- MICROIMAGES. **Manual for TNT products 2006:72:** process. Lincoln, 2001. 1065 p.
- NARDELLI, A.M.B.; GRIFFITH, J.J. Modelo teórico para compreensão do ambientalismo empresarial do setor florestal brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 855-869, nov. 2003.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **The Landsat program.** Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em 16 de jun. 2007.
- ROSS, J.L.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: IPT, 1997. Escala 1:500.000
- SHIMABUKURO, Y.E.; HERNANDES FILHO, P.; KOFFLER, N.F.; CHEN, S.C. Classificação automática de reflorestamentos de *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* em Mogi Guaçu – SP, utilizando dados do satélite Landsat. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 16, p. 74-87, 1978.
- SKORUPA, L. A. **Área de Preservação Permanente (APP) e desenvolvimento sustentável.** 2003. 58 p. Disponível em <www.projetobiosfera.com.br>. Acesso em: 30 jun. 2008.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal.** 2007. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2008.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO". Instituto de Geociências e Ciências Exatas. **Mapa geológico do estado de São Paulo.** São Paulo: IGCE, 1982. Escala 1:250.000.
- VALERIANO, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para América do Sul.** São José dos Campos: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2004. 72 p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BACHA, C.J.C.; BARROS, A.L.M. Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 191-203, dez. 2004.

FAO. Committee on Forestry. **The global forest resources assessment 2000:** summary report. Rome, 2001. 39 p. Disponível em <www.fao.org> Acesso em: 07 maio 2008.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 15 jul. 1987. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_19870715_220_076_L2.tif.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 15 jul. 1987. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_19870715_220_077_L2.tif.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 11 ago. 1997. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_19970811_220_076_L2.tif.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 19 jul. 1997. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_19970719_219_076_L2.tif.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 11 ago. 1997. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_19970811_220_077_L2.tif.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 08 set. 2007. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_20070908_220_076_L2.tif.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 01 set. 2007. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_20070901_219_076_L2.TIF.

LANDSAT TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 08 set. 2007. Imagem de satélite. Canais 2, 3, 4 e 5.
LANDSAT_5_TM_20070908_220_077_L2.tif.

SIMÕES, L.L.; VIANA, V.M.; FREITAS, A.G.; CAFFER, M. M.; SUITER FILHO, W.; ARMELIN, M.J.C. **Certificação florestal**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Caderno 23, 2003. 51 p. (Série 04 Políticas Públicas).

VALENTE, R.O.A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.** 2005. 121 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

APÊNDICE

Análise física e pedológica da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Bofete, SP.

Mapas de solos são convencionalmente utilizados para o fornecimento de informações utilizadas em processos de decisão do manejo e uso do solo (BECKETT; BYE, 1978). Comumente, a geração de informações primárias de solos é onerosa e demorada. Beckett e Bye questionam qual a real demanda por mapa de solos como uma fonte de informação prática de solos e quais tipos e legendas de mapas são mais apropriados para as diferentes necessidades e estudos.

Informações físicas do ambiente, tais como geomorfologia, declividade e geologia, auxiliam na inferência sobre informações de solos em diversas escalas de estudo. Já na década de 70, Beckett e Bye (1978) elaboraram uma técnica cartográfica de mapeamento de unidades fisiográficas denominada “LandSystem”, desenvolvida para produzir informações de solos na Austrália. O refinamento da técnica citada resultou na elaboração de um documento de especificações técnicas do programa Australian Collaborative Land Evaluation Program (ACLEP), ou no sistema Australian Soil Resource Information System (ASRIS), publicado em 2005 (McKENZIE et al., 2005). O sistema especificado tem como objetivo produzir dados primários de solos e paisagem, utilizando informações já existentes.

Baseado no sistema acima, o presente trabalho objetivou realizar um estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio do Peixe para verificar se os dados da paisagem existentes (geomorfologia, geologia e modelo numérico do terreno) são capazes de produzir informações de solos, tendo como base de comparação o mapa de solos produzido pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em escala 1: 500.000.

Dados de geomorfologia

A primeira subdivisão do relevo paulista foi elaborada por Rego (1932, apud ROSS, 1997), que delimitou grandes unidades fisiográficas do estado. A partir de então outros trabalhos foram realizados para descrever e propor divisões regionais das unidades geomorfológicas do estado de São Paulo, sendo que o trabalho mais atual é o *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*, elaborado no laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia e Ciências

Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH - USP), publicado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em escala 1:500.000 em 1997. O referido mapa segue a ordem taxonômica de Ross (1992, apud ROSS 1997) abrangendo três táxons: 1º Taxon – unidades morfoestruturais; 2º Taxon – unidades morfoesculturais; 3º Taxon – padrões de forma semelhantes (tipos de relevo).

O 3º táxon, codificado pelo conjunto de letras símbolos e números arábicos, define a forma do relevo, por exemplo, Denudacional (D), acompanhada informação do tipo de modelado dominante como convexo (c), tabular (t) e outros, e ainda acompanhado de números onde a dezena indica o entalhamento dos vales, divididos em 5 níveis e a unidade define a dimensão interfluvial, também dividida em cinco níveis (Tabela 26).

Tabela 26 - Matriz dos índices de dissecação do relevo do Mapa geomorfológico do estado de São Paulo

Grau de Entalhamento dos vales	Dimensão Interfluvial Média				
	Muito grande (1) (>3750m)	Grande (2) (1750 a 3750m)	Média (3) (750 a 1750m)	Pequena (4) (250 a 750m)	Muito pequena (5) (<250m)
Muito fraco (< de 20m) (1)	11	12	13	14	15
Fraco (20 a 40m) (2)	21	22	23	24	25
Médio (40 a 80m) (3)	31	32	33	34	35
Forte (80 a 160m) (4)	41	42	43	44	45
Muito forte (>160m) (5)	51	52	53	54	55

Fonte: (ROSS; MOROZ, 1997).

O mapa de geomorfologia foi digitalizado, georreferenciado e vetorizado para análise na área de estudo. As classes de geomorfologia encontradas para a bacia de região de Bofete estão descritas na Tabela 27. A declividade média de todas as classes encontradas pelo mapa foi de 10 a 20%. O nível de fragilidade potencial explícito na tabela exprime a susceptibilidade da unidade de mapeamento principalmente à erosão. A Figura 25 mostra as unidades geomorfológicas encontradas na bacia do Rio do Peixe.

Tabela 27 - Identificadores e informações das classes geomorfológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP

ID	Unidades morfoesculturais	Subdivisão	Altitude Predominante	Níveis de fragilidade Potencial
		Planalto Residual de		
Dc 44	Planalto Ocidental Paulista	Botucatu	600 a 900 m	Alta
Dc 13	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Média
Dc 14	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Alta
Dc 15	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Muito Alta
Dc 33	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Média
Dc 25	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Muito Alta
Dt 12	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Baixa
Dc 34	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio Tietê	500 a 650 m	Alta

Fonte: (ROSS; MOROZ, 1997).

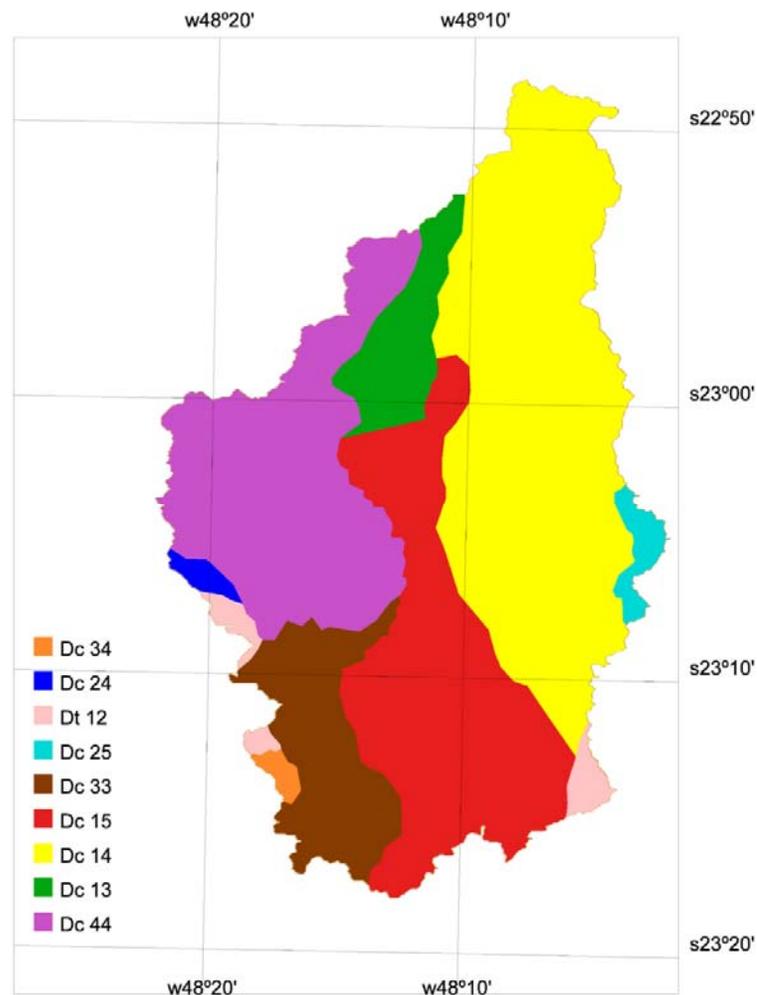


Figura 25 - Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP

Dados de geologia

As informações de geologia do presente trabalho foram obtidas de folhas do *Mapa Geológico do estado de São Paulo*, elaborado em 1982, pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (IGCE), em escala 1:250.000. No referido mapa a divisão se baseia nas unidades litoestatigráficas do estado de São Paulo, sendo essas divididas por épocas geológicas (Holoceno, pleistoceno, triássico-cretáceo etc).

As cartas geológicas, do referido mapeamento, utilizadas no trabalho, com legenda compatível com a cartografia do IBGE, foram: Itapetininga (SF 22 Z D), Cornélio Procópio (SF 22 Z C), e Bauru (SF 22 Z B) (UNESP, 1982). A Tabela 28 apresenta as unidades de mapeamento encontradas na área estudada.

Tabela 28 - Identificadores e informações das classes geológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP

ID	Período	Unidade	Descrição
Qa	Holoceno	-	Depósitos aluviais, areias e argilas, conglomerados na base
JKsg	Triássico-Cretáceo	Formação Serra Geral	Basaltos em derrames tabulares superpostos e arenitos intertrapianos
Trjb	Triássico-Cretáceo	Formação Botucatu	Arenitos finos a médios, estratificação cruzada de grande porte; cores creme e vermelho
Trjp	Triássico-Cretáceo	Formação Pirambóia	Arenitos finos a médios com matriz sílico-argilosa, estratificação cruzada de médio a grande porte; cor vermelho-claro
Pc	Permiano	Formação Corumbataí	Arenitos muito finos, siltitos, lamitos e folhelhos, níveis de calcário oolíticos e coquina; cores predominante lilás e cinza
Pi	Permiano	Formação Itatí	Folhelho, siltitos e calcários dolomíticos

Fonte: (UNESP, 1982)

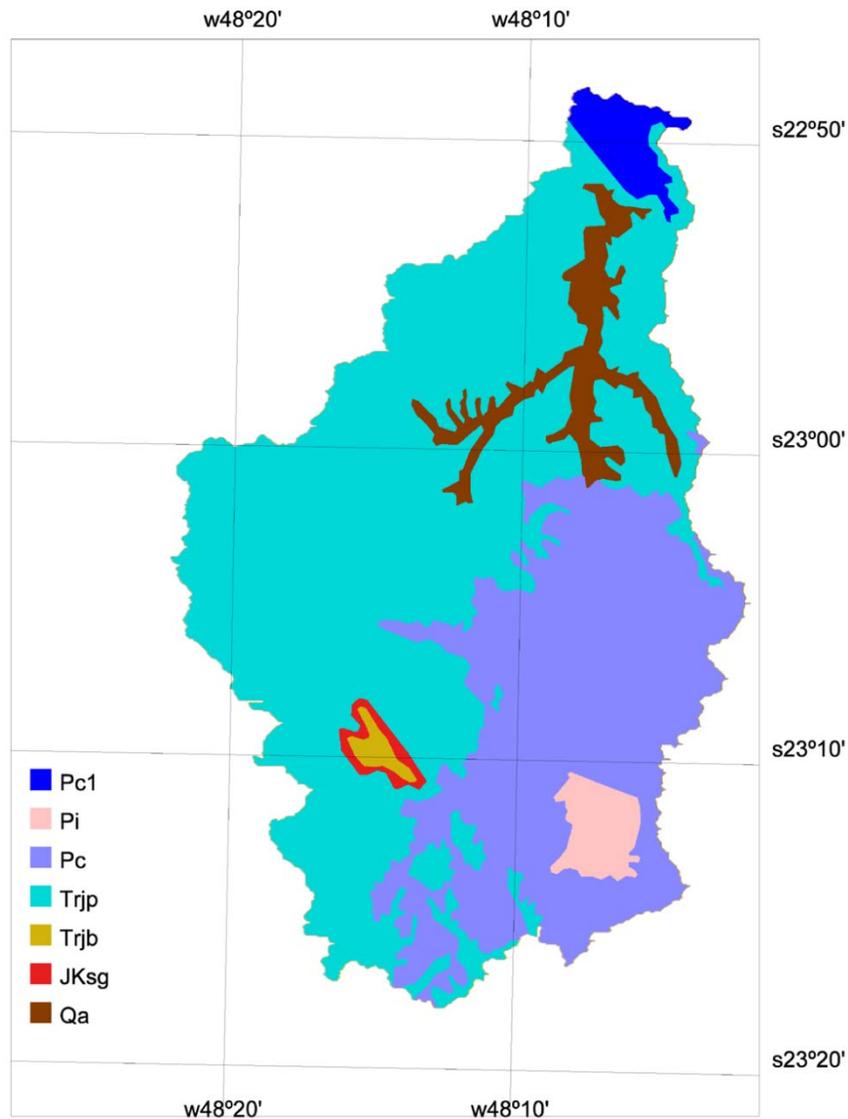


Figura 26 - Unidades geológicas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP

Altimetria e Declividade

Os dados do radar SRTM foram transformados em isolinhas através de uma função de contorno com interpolador linear. As informações de altimetria foram subdivididas em isolinhas de 50 metros cada. As isolinhas foram transformadas em amostras, sobre as quais foi gerada uma grade retangular com dados de altimetria, com resolução de 30 metros através do ponderador *Média Simples*. A partir da grade produzida foi possível se calcular a declividade a partir de derivadas parciais de

primeira e segunda ordem, gerando assim uma segunda grade de mesma resolução com valores de declividade em porcentagem (eq.2).

$$D = \arctan \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \quad (2)$$

Z = altitude

X e y = coordenadas axiais

D = declividade (%)

As informações da grade de declividade foram subdivididas nas seguintes classes temáticas: 0-3% - relevo plano; 3-6% - relevo suave ondulado; 6-12% - relevo ondulado; 12-20% - relevo forte ondulado; 20-40% - relevo forte ondulado mais montanhoso; 40-60% - relevo montanhoso; > 60% - relevo fortemente montanhoso. As informações de altimetria foram divididas em classes de altitude de 50 metros (ex. 450 a 500m, 500 a 550m etc) (Figura 27).

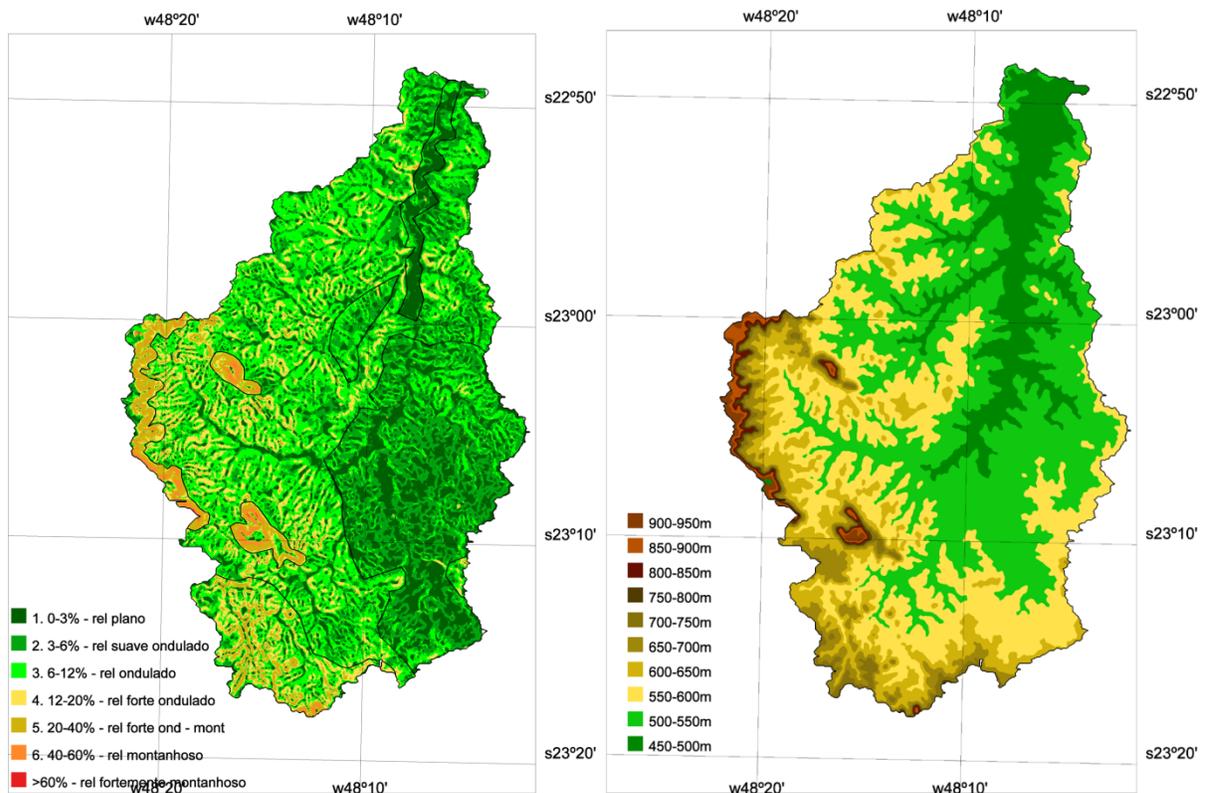


Figura 27 – Mapas de declividade e altimetria da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP

Unidades de mapeamento

Em função das informações de geomorfologia, geologia, declividade e altimetria foram delimitadas unidades de mapeamento fisiográficas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, essas descritas a seguir.

A unidade de mapeamento 1 (UM1) englobou as áreas da bacia que encontram-se a altitude superior a 700 metros e com o tipo de modelado dominante tabular, com fraco entalhamento de vales. Essa unidade se localiza no planalto residual de Botucatu, com geologia da formação Pirambóia.

A unidade de mapeamento 2 (UM2) englobou as áreas com altimetria maior de 600 metros e com um agrupamento de declividade predominante maior de 20%. Foram diagnosticadas duas manchas isoladas, a primeira mancha na depressão periférica cuja geologia é predominantemente formação Serra Geral e formação Botucatu, as duas únicas constatações dessas formações na bacia, segundo o mapa do IGCE, e a segunda mancha, conhecida popularmente como o morro do gigante deitado, localizada sobre o planalto residual de Botucatu.

A terceira unidade de mapeamento (UM3) mapeou as áreas com altimetria maior de 700 metros, localizadas à sudoeste da bacia (Serra de Botucatu), com formação Pirambóia, cujo material de origem predominante são arenitos finos a médios, do período Triássico-Cretáceo.

A unidade de mapeamento 4 (UM4) mapeou as áreas com altimetria menor de 500 metros e que se encontram sobre a formação Corumbataí localizada na foz da bacia.

A quinta unidade de mapeamento 5 (UM5) engloba os depósitos aluviais em altitudes inferiores a 500 metros, formação geológica mais recente da bacia (período Holoceno).

A unidade de mapeamento 6 (UM6) mapeou a mancha presente na bacia da formação Irati, onde predominam folhelhos. Engloba também a formação Corumbataí, também do período Permiano. A extensão da unidade de mapeamento encontra-se sobre declividade predominante menor do que 6%.

A sétima unidade de mapeamento (UM7) contempla também a formação Corumbataí, com a presença de siltitos, arenitos muito finos, lamitos e folhelhos, porém

com um entalhamento dos vales muito forte, caracterizando a região com nível de fragilidade potencial muito alta (ROSS, 1997).

A oitava unidade mapeada (UM8) abrange uma extensa mancha da formação pirambóia (predominantemente arenitos) sobre o planalto residual de Botucatu, onde há forte entalhamento dos vales.

A unidade de mapeamento 9 (UM9) engloba a mancha da depressão periférica com entalhamento de vales muito forte e com nível de fragilidade potencial muito alto.

A décima unidade de mapeamento (UM10) localiza-se à sudoeste da bacia, onde a declividade predominante é maior que 12%, a formação geológica é pirambóia, e a dimensão interfluvial e o entalhamento dos vales são medianos.

A última unidade de mapeamento (UM11) engloba a mancha da formação Pirambóia não incorporada nas demais classes, e se concentra na parte mais baixa da bacia.

Mapa de Solos

O estado de São Paulo possui hoje um mapeamento de solos que recobre toda sua área, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em parceria com a Embrapa-Solos (EMBRAPA/CNPS) na escala de 1:500.000, publicado em 1999, *O mapa pedológico do Estado de São Paulo*. Essas unidades de mapeamento foram utilizadas na verificação da validade da delimitação das unidades de mapeamento. A Tabela 29 apresenta as unidades de mapeamento encontradas na área estudada.

Tabela 29 – Identificadores e descrição das classes pedológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP

(continua)

ID	Legenda	Descrição
PVA67	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos + Argissolos Vermelhos distróficos ambos A moderado textura argilosa e média/argilosa relevo suave ondulado e ondulado.
PVA53	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura arenosa/média + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média ambos A moderado relevo suave ondulado.
PVA54	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura arenosa/média relevo forte ondulado e ondulado + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média relevo ondulado e suave ondulado ambos A moderado.
LVA5	Latossolos	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado.
RL26	Neossolos	Neossolos Litólicos distróficos A moderado e A proeminente eutróficos A moderado textura ambos textura argilosa relevo ondulado e forte ondulado + Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos rasos e pouco profundos A moderado textura argilosa e média/
LVA13	Latossolos	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média + Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos ambos A moderado relevo suave ondulado e plano.
PVA62	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos abrupticos textura arenosa/média relevo ondulado + Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado ambos A moderado.
PVA69	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos abrupticos ou não textura arenosa/média relevo ondulado e forte ondulado + Neossolos Litólicos distróficos textura média relevo forte ondulado ambos A moderado.
LV64	Latossolos	Latossolos Vermelhos distróficos textura argilosa relevo suave ondulado + Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos abrupticos ou não textura média/argilosa e arenosa/média relevo ondulado ambos A moderado.
LVA54	Latossolos	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média + Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura arenosa/média e média/argilosa + Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos todos A moderado relevo suave ondulado.
NV3	Nitossolos	Nitossolos Vermelhos eutróficos A moderado e A chernozêmico relevo ondulado e forte ondulado + Neossolos Litólicos eutróficos A moderado relevo forte ondulado ambos textura argilosa.

Tabela 29 – Identificadores e descrição das classes pedológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe - região de Bofete/SP

(conclusão)

NV5	Nitossolos	Nitossolos Vermelhos eutróficos A chernozêmico e A moderado relevo forte ondulado e montanhoso + Latossolos Vermelhos eutróficos A moderado relevo ondulado ambos textura argilosa + Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos e distróficos A moderado
PVA56	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média e média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média relevo suave ondulado ambos A moderado.
PVA20	Argissolos	Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos A moderado textura média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado.

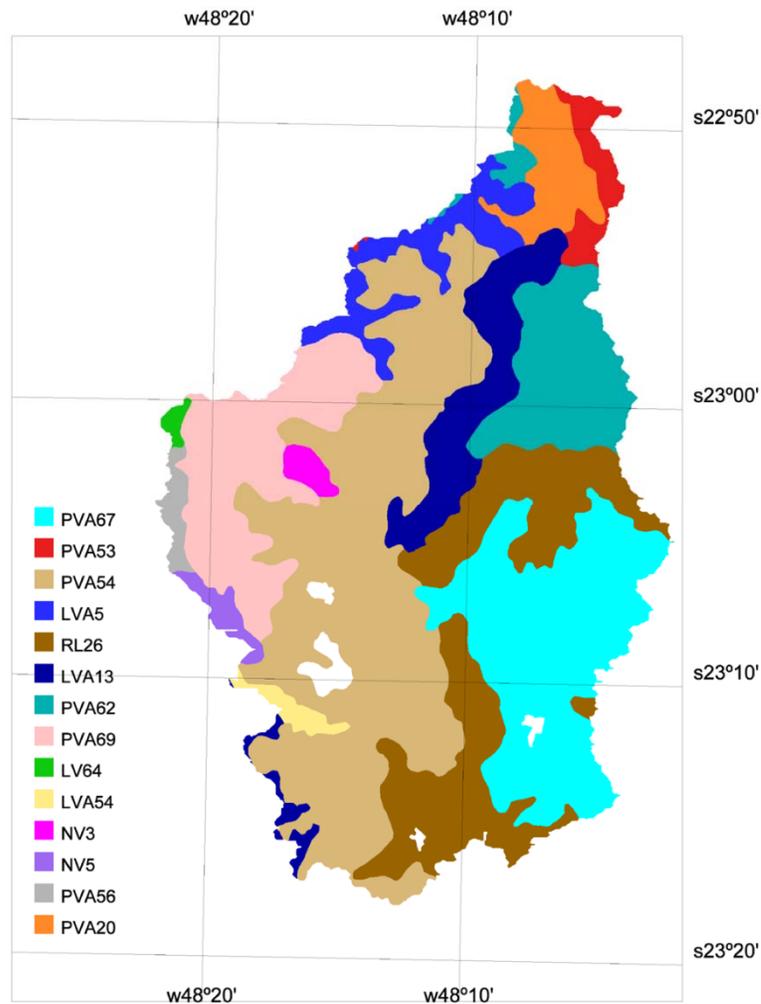


Figura 28 - Unidades pedológicas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, região de Botete-SP

Tabulação Cruzada

A Tabela 30 e a Tabela 31 apresentam os resultados em área e porcentagem da tabulação cruzada entre as unidades de mapeamento obtidas através de dados de geologia, altimetria, declividade e geomorfologia e as unidades pedológicas do mapa elaborado pelo IAC.

Tabela 30 – Unidade de mapeamento (ha) por unidade pedológica do Mapa pedológico do estado de São Paulo (IAC)

	LV64	PVA62	PVA20	PVA53	LVA5	PVA69	LVA13	RL26	PVA54	PVA67	PVA56	LVA54	NV3	NV5	nc	Total
UM1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	467	1	468
UM2	-	-	-	-	-	191	-	-	742	-	-	-	493	-	718	2 144
UM3	331	-	-	-	-	1071	158	168	576	-	960	14	-	187	-	3 465
UM4	-	53	1442	684	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 180
UM5	-	1752	788	-	72	0	1062	-	618	-	-	-	-	-	-	4 292
UM6	-	548	-	-	-	-	-	8211	161	17495	-	-	-	-	152	26 567
UM7	-	-	-	-	-	-	67	4094	2683	179	-	-	-	-	29	7 052
UM8	-	-	-	22	1640	8999	121	28	9143	-	8	-	275	-	181	20 416
UM9	-	-	-	-	-	-	1930	1208	6240	127	-	0	-	-	68	9 573
UM10	-	-	-	-	-	-	438	205	5583	-	-	847	-	38	2	7 115
UM11	-	6048	1550	1279	2877	641	3455	994	5095	5	-	1	-	1	-	21 946
nc	-	614	207	120	103	400	301	721	2876	272	37	5	-	273	10	5 938
	331	9 016	3 987	2 104	4 691	11 302	7 533	15 630	33 717	18 078	1 005	868	768	966	1 161	111 130

Tabela 31 – Unidade de mapeamento (%) por unidade pedológica do Mapa pedológico do estado de São Paulo (IAC)

	LV64	PVA62	PVA20	PVA53	LVA5	PVA69	LVA13	RL26	PVA54	PVA67	PVA56	LVA54	NV3	NV5	nc	
UM1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,8	0,2	100
UM2	-	-	-	-	-	8,9	-	-	34,6	-	-	-	23,0	-	33,5	100
UM3	9,6	-	-	-	-	30,9	4,6	4,8	16,6	-	27,7	0,4	-	5,4	-	100
UM4	-	2,4	66,2	31,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
UM5	-	40,8	18,4	-	1,7	0,0	24,7	-	14,4	-	-	-	-	-	-	100
UM6	-	2,1	-	-	-	-	-	30,9	0,6	65,9	-	-	-	-	0,6	100
UM7	-	-	-	-	-	-	0,9	58,1	38,0	2,5	-	-	-	-	0,4	100
UM8	-	-	-	0,1	8,0	44,1	0,6	0,1	44,0	-	0,0	-	1,3	-	0,9	100
UM9	-	-	-	-	-	-	20,2	12,6	65,2	1,3	-	0,0	-	-	0,7	100
UM10	-	-	-	-	-	-	6,2	2,9	78,5	-	-	11,9	-	0,5	0,0	100
UM11	-	27,6	7,1	5,8	13,1	2,9	15,7	4,5	23,2	0,0	-	0,0	-	0,0	-	100
nc	-	10,3	3,5	2,0	1,7	6,7	5,1	12,1	48,4	4,6	0,6	0,1	-	4,6	0,2	100

Com os dados apresentados pode-se verificar uma consistência na delimitação de algumas unidades de mapeamento. A UM1, em relevo tabular sobre a serra de Botucatu é contemplada pela a legenda NV5 do mapa de solos, onde predomina Nitossolos (solos argilosos, com estruturas angulares) em relevo forte ondulado a montanhoso. A UM2, que contempla o morro do gigante deitado e as formações geológicas serra geral e Botucatu, é contemplada em parte pela legenda NV3, que comporta solos jovens (Nitossolos) e parte não se encontra classificada no mapa de solos do IAC. A UM3, segundo a Figura 29 contempla as manchas de solo sobre a serra de Botucatu (LV64, PVA56) à oeste da microbacia, Latossolos e Argissolos Vermelho-Amarelos, distróficos em relevo suave-ondulado. A mancha de Neossolo Litólico (RL26), cujo relevo é ondulado a forte ondulado no centro da microbacia encontra-se em grande parte na UM6, onde a declividade predominante é menor do que 6%, apresentando uma inconsistência da comparação. Já a segunda mancha na parte sul da microbacia encontra-se em entalhamento dos vales muito forte e nível de fragilidade alta (UM7). As unidades de mapeamento 8, 9 e 10 (UM8, UM9 e UM10) apresentaram-se de forma diluída nas unidades de mapeamento pedológicas, sendo predominadas pela mancha de Latossolos e Argissolos de textura media/arenosa (PVA54).

A presente metodologia de delimitação de unidades de mapeamento fisiográficas, no geral, não se apresentou satisfatória para a produção de informações primárias de solos, sendo indispensáveis em estudos regionais as informações fornecidas por mapas pedológicos em média escala (1:500.000).

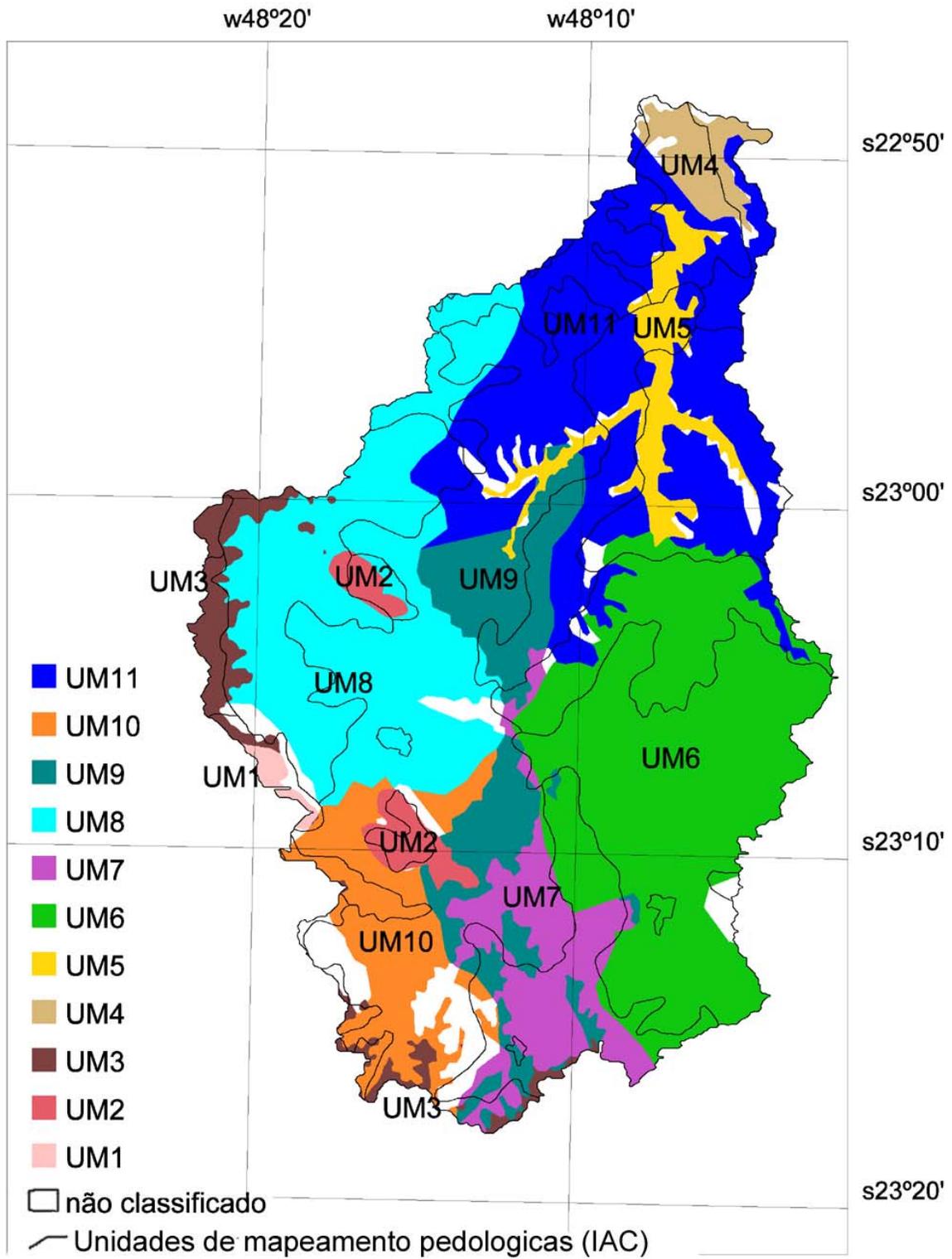


Figura 29 – Unidades de mapeamento (UM) e limites das unidades pedológicas do *Mapa pedológico do estado de São Paulo* (IAC)