



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luís Carlos Guedes Pinto

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Marcelo Barbosa Saintive

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Monitoramento por Satélite

Ademar Ribeiro Romeiro

Chefe-Geral

Luís Gonzaga Alves de Souza

Chefe-Adjunto de Administração

Ivo Pierozzi Júnior

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Evaristo Eduardo de Miranda

Supervisor da Área de Comunicação e Negócios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 0103-78110
Dezembro, 2004*

Documentos 37

Uso e Cobertura das Terras na Região dos Rios Pardo e Mogi-Guaçu - Estado de São Paulo

Cristina Criscuolo
Marcelo Guimarães
Evaristo Eduardo de Miranda

Campinas, SP
2004

Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 37

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 - Parque São Quirino

CEP 13088-300 Campinas-SP – BRASIL

Caixa Postal 491, CEP 13001-970

Fone: (19) 3256-6030

Fax: (19) 3254-1100

sac@cnpm.embrapa.br

<http://www.cnpm.embrapa.br>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Ivo Pierozzi Júnior*

Secretária: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Ana Lúcia Filardi, Carlos Alberto de Carvalho, Eliane Gonçalves Gomes, Graziella Galinari, Luciane Dourado, Maria de Cléofas Faggion Alencar e Mateus Batistella*

Supervisão editorial e revisão do conteúdo: *Evaristo Eduardo de Miranda*

Revisão gramatical e ortográfica: *Ivo Pierozzi Jr*

Normalização bibliográfica: *Maria de Cléofas Faggion Alencar*

Diagramação e editoração eletrônica: *Shirley Soares da Silva; Cristina Criscuolo*

1ª edição

1ª impressão (2004): 30 exemplares

Fotos: Arquivo da Unidade

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

MIRANDA, E. E. de.

Uso e cobertura das terras na região dos Rios Pardo e Mogi-Guaçu - estado de São Paulo / Evaristo Eduardo de Miranda; Cristina Criscuolo; Marcelo Guimarães. – Campinas : Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004.

42 p. : il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 37)

ISSN 0103-78110

1. Agricultura sustentável 2. Uso e cobertura das terras 3. Bacia do Pardo 4. Bacia do Mogi-Guaçu I. Criscuolo, C.; Guimarães, M. II. Título; III. Série; IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas-SP).

CDD 333.73098161

Autores

Evaristo Eduardo de Miranda

Doutor em Ecologia, Pesquisador
Embrapa Monitoramento por Satélite
[*mir@cnpm.embrapa.br*](mailto:mir@cnpm.embrapa.br)

Cristina Criscuolo

Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental, Pesquisadora
Embrapa Monitoramento por Satélite
[*criscuol@cnpm.embrapa.br*](mailto:criscuol@cnpm.embrapa.br)

Marcelo Guimarães

Mestre em Ecologia, Pesquisador
Embrapa Monitoramento por Satélite
[*marcelo@cnpm.embrapa.br*](mailto:marcelo@cnpm.embrapa.br)

Sumário

INTRODUÇÃO.....	9
OBJETIVOS	11
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	11
Localização e caracterização de área de estudo no Estado de São Paulo.....	11
MATERIAIS E MÉTODOS	18
Materiais	18
Procedimentos Metodológicos.....	20
1. Classificação Automática das Imagens Landsat.....	20
2. Refinamento da Classificação Automática	22
3. Organização do Material Cartográfico e Iconográfico.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	40

Índice de figuras

Figura 1. Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.	11
Figura 2. Localização da Área de Estudo (municípios e UGRH's) no Estado de São Paulo.	13
Figura 3. Municípios que compõem a área de estudo.....	14
Figura 4. Articulação das imagens Landsat utilizadas no mapeamento.	19
Figura 5. Geração de amostras de assinaturas espectrais.	22
Figura 6. Uso e Cobertura das Terras na Região de Rio Pardo e Mogi-Guaçu.	24
Figura 7. Uso e Cobertura das Terras - Folha Araraquara.	25
Figura 8. Uso e Cobertura das Terras - Folha Campinas.	26
Figura 9. Uso e Cobertura das Terras - Folha Franca.....	27
Figura 10. Uso e Cobertura das Terras - Folha Ribeirão Preto.	28
Figura 11. Uso e Cobertura das Terras - Folha São José do Rio Preto.	29
Figura 12. Uso e Cobertura das Terras - Folha Guaratinguetá.	30
Figura 13. Uso e Cobertura das Terras - Folha Bauru.	31
Figura 14. Municípios com as maiores Agropecuárias (Área em km ²).	33
Figura 15. Municípios com as maiores áreas de Vegetação Natural	34
Figura 16. Municípios com as maiores áreas de Vegetação Natural.	36
Figura 17. Municípios com as menores áreas de Vegetação Natural	37
Figura 18. Municípios com as maiores áreas urbanas	38
Figura 19. Municípios com os maiores corpos d'água (km ² em valores absolutos).	38

Índice de tabelas

Tabela 1: Área de Estudo - população total, taxa de urbanização e densidade demográfica.	15
Tabela 2: Classes e Chaves de Identificação do Uso e Cobertura das Terras.	21
Tabela 3: Uso e Cobertura das Terras nas Bacias do Rio Pardo e Mogi-Guaçu.	32
Tabela 4: Principais Categorias de Uso e Cobertura das Terras nas Bacias do Rio Pardo e Mogi-Guaçu.	32

Uso e Cobertura das Terras na Região dos Rios Pardo e Mogi-Guaçu: Estado de São Paulo

Cristina Criscuolo

Marcelo Guimarães

Evaristo Eduardo de Miranda

INTRODUÇÃO

O mapeamento do uso e cobertura das terras, nas regiões dos Rios Pardo e Mogi-Guaçu, apresenta-se como um dos resultados do projeto temático "Diagnóstico Ambiental da Agricultura no Estado de São Paulo: bases para um desenvolvimento rural sustentável - ECOAGRI".

O ECOAGRI foi estabelecido por meio de parceria multiinstitucional, com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo FAPESP nº 2002/06685-0). O projeto visa elaborar subsídios para a formulação de políticas públicas, voltadas à gestão ambiental da agricultura e uso sustentável da biodiversidade, e engloba tanto o diagnóstico dos impactos ambientais causados pela agropecuária, como o desenvolvimento de metodologias para sua avaliação (ROMEIRO, 2002).

Esta demanda vem de encontro aos propósitos estabelecidos pela Agenda 21 Brasileira, que inclui a agricultura sustentável como um de seus principais eixos de discussão. A formulação de metodologias eficazes para diagnosticar e avaliar os impactos ambientais da agricultura é um importante instrumento na busca do desenvolvimento sustentável que, de acordo com o Relatório Brundtland (WCED, 1987), prevê o uso dos recursos naturais pelas gerações atuais de forma a garantir as necessidades das futuras gerações. Trata-se de um processo, onde a mudança de paradigma técnico-científico e do modelo de desenvolvimento das nações são esperadas. Para isso, buscam-se alterações nos padrões de vida dos indivíduos e destes com o ambiente, para que ambos possam existir com mais qualidade.

Como as atividades agrícolas caracterizam-se por transformar o meio ambiente em benefício da sociedade, advém desse fato a importância de definições de ferramentas que possam também garantir o estabelecimento de uma agricultura sustentável, marcada pela eficiência ao garantir a biodiversidade, os recursos e alimentos para as presentes e futuras gerações.

A primeira preocupação levantada pela agricultura sustentável se refere à manutenção da integridade dos ecossistemas e dos biomas terrestres (ORTEGA, 2003), principalmente nas zonas mundiais de expansão agrícola, mas também é seu objetivo buscar a redução dos impactos ambientais provocados pelas técnicas convencionais, com vistas à maior equidade social, em ambientes onde a agricultura já encontra-se estabelecida.

Com a finalidade de contribuir nesse processo, a Embrapa Monitoramento por Satélite atuou na fase de diagnóstico do projeto ECOAGRI, elaborando o mapeamento do uso e cobertura das terras, nos municípios do Estado de São Paulo, que fazem parte das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) do Rio Pardo, Baixo Pardo/Grande e Mogi-Guaçu, através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Parte-se do pressuposto de que o diagnóstico é uma das etapas mais importantes do processo de gestão ambiental, pois a partir de seus resultados podem-se estabelecer os planos estratégicos voltados à melhoria da qualidade ambiental e da qualidade de vida da sociedade. Igualmente importante é o suporte à tomada de decisão, não bastando apenas o diagnóstico mas também a prática alcançada a partir dos interesses governamentais para implementação das propostas científicas e economicamente viáveis.

Mapear e analisar o uso e a cobertura das terras significa contribuir para a compreensão das paisagens, partindo da escala local à escala global, pois através de mapeamentos pode-se avaliar o que restou e como ocorreu a substituição da cobertura natural pelas atividades antrópicas de caráter econômico e cultural; quantificar as áreas urbanas e analisar a tendência na implantação de infra-estrutura regional; identificar a distribuição, a quantidade e a qualidade das principais atividades agrícolas; inferir dados sobre o tipo e conservação dos solos, a utilização dos recursos hídricos para atividades de irrigação ou outra característica ambiental diretamente relacionada às atividades agrícolas (MIRANDA *et al.*, 1995). A partir de informações sobre o uso e cobertura das terras pode-se, enfim, analisar como as paisagens foram produzidas e como estão organizadas, uma vez que a paisagem é um conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças capazes de representar as sucessivas relações entre o homem e a natureza, produzidas através do tempo. (SANTOS, 2002)

Com isso, as tecnologias modernas de aquisição e sistematização de dados são muito úteis e disseminadas em levantamentos do uso e cobertura das terras (MIRANDA *et al.*, 2002). Neste trabalho, foram utilizadas imagens orbitais para geração de um banco de dados georreferenciado, capaz de integrar informações multitemporais de várias fontes e servir de suporte para o monitoramento das atividades agrícolas da região. Os principais resultados obtidos a partir da interpretação destes produtos serão discutidos neste relatório, que apresentará também os materiais e métodos utilizados para extração e disponibilização dessas informações.

OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi o mapeamento do uso e cobertura das terras para os anos de 2002/2003, compatível com a escala 1:250.000, dos 95 municípios que fazem parte das UGRH (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) do Rio Pardo, Baixo Pardo/Grande e Mogi-Guaçu.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localização e caracterização de área de estudo no Estado de São Paulo

A bacia hidrográfica passou a ser adotada como unidade territorial de planejamento e manejo ambiental no Estado de São Paulo a partir da regulamentação da Lei 7.663/91 (SÃO PAULO, 1991). Em conformidade à legislação, o Estado de São Paulo foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH), conforme a Figura 1.



Fonte: Azevedo, 2003.

Figura 1. Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de intervenção apresenta algumas vantagens e limitações no processo de gestão ambiental. Segundo Lanna (1995), "a vantagem é que a rede de drenagem de uma bacia consiste num dos caminhos preferenciais de boa parte das relações causa/efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico. As desvantagens são que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações causa/efeito de caráter econômico e político. Além disso, em certas situações a delimitação completa de uma bacia hidrográfica poderá estabelecer uma unidade de intervenção demasiadamente grande para negociação social".

As relações de causa/efeito atuantes no contexto de bacias hidrográficas são de caráter interdisciplinar e a metodologia adotada para a realização do diagnóstico ambiental deve promover o mapeamento das principais atividades e características que possam contribuir para uma compreensão global dos eventos, incluindo nesta análise o levantamento e monitoramento dos usos e coberturas das terras.

Devido a questão dos limites municipais não coincidir com os limites das UGRH's, e com o objetivo de maximizar os resultados da pesquisa oferecendo dados que pudessem ser compatibilizados a outros critérios de regionalização, optou-se, neste trabalho, pelo mapeamento de todos os municípios do Estado de São Paulo localizados, total ou parcialmente, nas Unidades do Pardo, Baixo Pardo/Grande e Mogi-Guaçu, compreendendo 95 municípios, distribuídos em 41.175 km², conforme pode ser observado na Figura 2.

A região de estudo localiza-se entre as coordenadas 20°1'2,30"S e 46°19'29,25"W e 22°51'53,11"S e 49°19'29,25"W. A área total ocupada pelas UGRH's analisadas corresponde a 31.317 km², ou seja, 76,05% da área total mapeada pelo projeto. A localização e identificação dos municípios encontra-se disponível na Figura 3.

De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2000), esta região concentra uma população total de 3.635.867 habitantes. Os municípios mais populosos são: Ribeirão Preto, São Carlos, Araraquara, Rio Claro, Mogi Guaçu, Araras e Barretos (com mais de 100.000 habitantes) e os menos populosos são Santa Cruz da Esperança, Taquaral e Cássia dos Coqueiros, estes com menos de 3.000 habitantes. A taxa média de urbanização, considerando todos os municípios é de 86% e a densidade demográfica média da região corresponde a 88 hab/km². Na Tabela 1 podem-se identificar os dados de população total, taxa de urbanização e densidade demográfica de todos os municípios estudados.

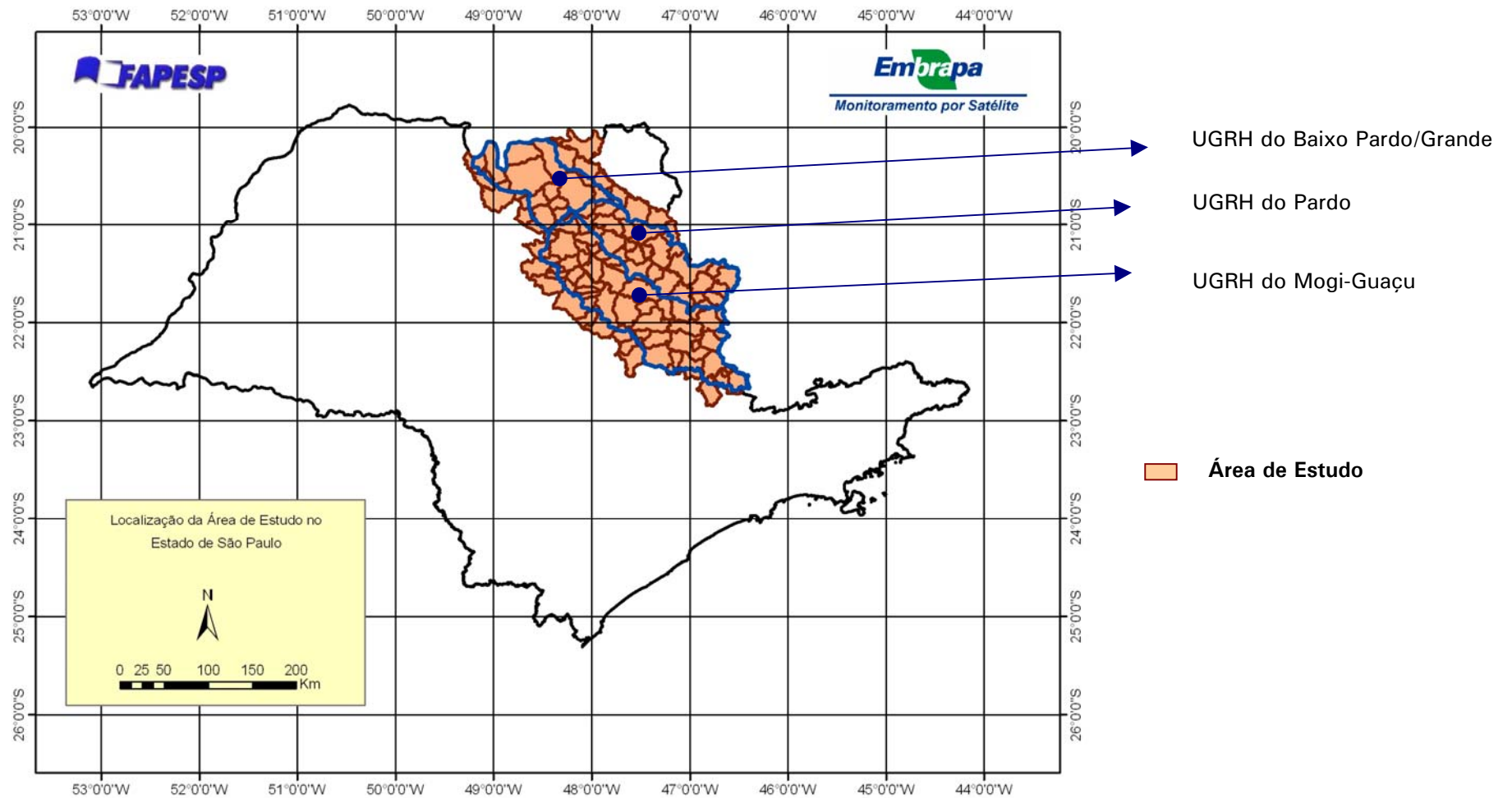
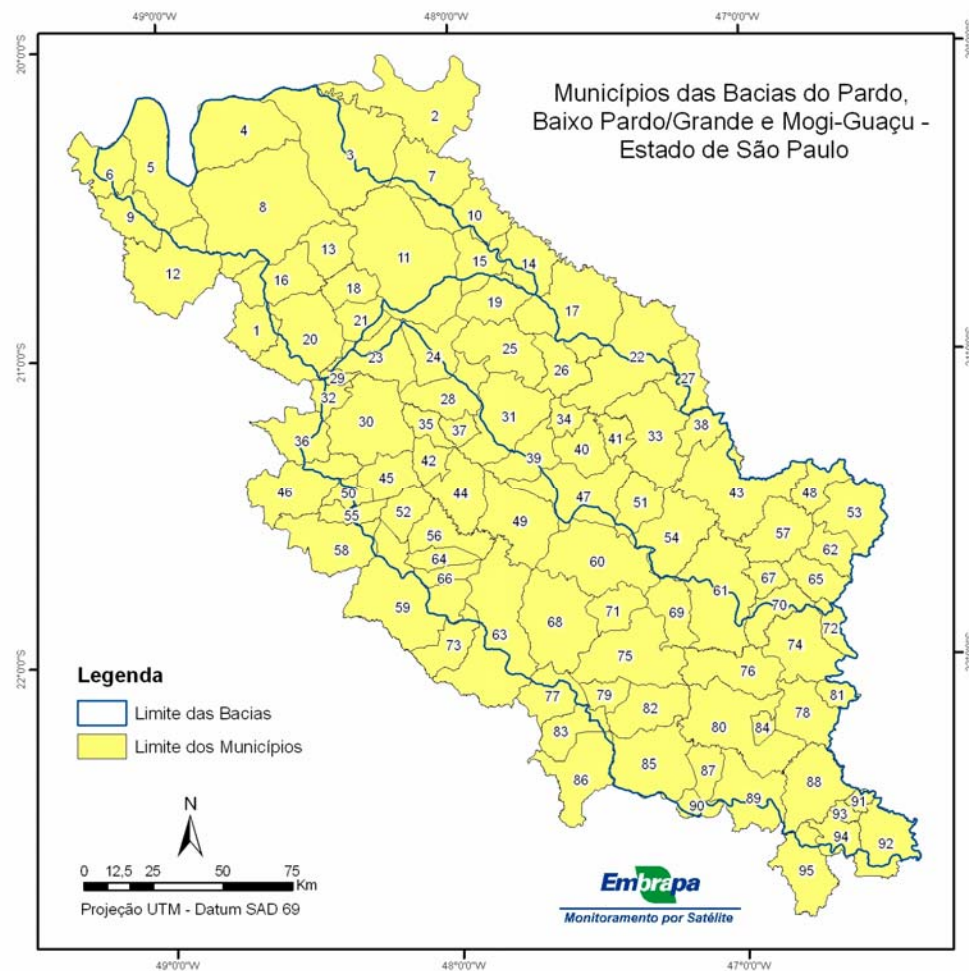


Figura 2. Localização da Área de Estudo (municípios e UGRH's) no Estado de São Paulo.



Código no mapa / Nome do Município

1	Monte Azul Paulista	33	Cajuru	65	São Sebastião da Gramma
2	Miguelópolis	34	Serrana	66	Am. Brasiliense
3	Guaíra	35	Barrinha	67	Itobi
4	Colômbia	36	Monte Alto	68	Descalvado
5	Guaraci	37	Dumont	69	Santa Cruz das Palmeiras
6	Icém	38	Cássia dos Coqueiros	70	Vargem Grande do Sul
7	Ipuã	39	Cravinhos	71	Porto Ferreira
8	Barretos	40	Serra Azul	72	Águas da Prata
9	Altair	41	Sta. Cruz Esperança	73	Ibaté
10	S. Joaquim da Barra	42	Pradópolis	74	S. João da B. Vista
11	Morro Agudo	43	Mococa	75	Pirassununga
12	Ólímpia	44	Guatapará	76	Aguai
13	Jaborandi	45	Guariba	77	Análândia
14	Nuporanga	46	Taquaritinga	78	Esp. Sto. do Pinhal
15	Orlândia	47	São Simão	79	S. Cruz da Conceição
16	Colina	48	Tapiratiba	80	Mogi Guaçu
17	Batatais	49	Luís Antônio	81	Sto. Antônio do Jardim
18	Terra Roxa	50	Santa Ernestina	82	Leme
19	Sales Oliveira	51	S. Rosa de Viterbo	83	Corumbataí
20	Bebedouro	52	Motuca	84	Estiva Gerbi
21	Viradouro	53	Caconde	85	Araras
22	Altinópolis	54	Tambaú	86	Rio Claro
23	Pitangueiras	55	Dobrada	87	Conchal
24	Pontal	56	Rincão	88	Itapira
25	Jardinópolis	57	S. José do Rio Pardo	89	Mogi Mirim
26	Brodosqui	58	Matão	90	Eng. Coelho
27	Santo Antônio da Alegria	59	Araraquara	91	Águas de Lindóia
28	Sertãozinho	60	Sta. Rita Passa Quatro	92	Socorro
29	Taquaral	61	Casa Branca	93	Lindóia
30	Jaboticabal	62	Divinolândia	94	Serra Negra
31	Ribeirão Preto	63	São Carlos	95	Amparo
32	Taiúva	64	Santa Lúcia		

Figura 3. Municípios que compõem a área de estudo.

Tabela 1: Área de Estudo - população total, taxa de urbanização e densidade demográfica, segundo o censo demográfico do IBGE (2000).

	Município	População Total	Urbanização (%)	Hab/km²
1	Monte Azul Paulista	19.553	89,8	74
2	Miguelópolis	19.019	92,3	23
3	Guaíra	34.610	93,3	27
4	Colômbia	5.954	69,2	8
5	Guaraci	8.846	83,6	14
6	Icém	6.772	84,9	19
7	Ipuã	11.870	94,3	25
8	Barretos	103.913	95,1	66
9	Altair	3.530	72,2	11
10	São Joaquim da Barra	41.587	98,1	101
11	Morro Agudo	25.428	89,7	18
12	Olímpia	46.013	92,7	57
13	Jaborandi	6.424	91,2	23
14	Nuporanga	6.309	80,4	18
15	Orlândia	36.004	97,8	121
16	Colina	16.664	89,3	39
17	Batatais	51.112	94,5	60
18	Terra Roxa	7.752	93,2	35
19	Sales Oliveira	9.325	84,1	31
20	Bebedouro	74.815	93,5	109
21	Viradouro	15.962	94,5	73
22	Altinópolis	15.481	81,0	17
23	Pitangueiras	31.156	94,1	72
24	Pontal	29.681	96,3	83
25	Jardinópolis	30.729	91,3	61
26	Brodosqui	17.139	95,0	61
27	Santo Antônio da Alegria	5.764	72,8	19
28	Sertãozinho	94.664	95,6	234
29	Taquaral	2.722	94,8	50
30	Jaboticabal	67.408	94,7	95
31	Ribeirão Preto	504.923	99,6	774
32	Taiúva	5.506	86,4	42
33	Cajuru	20.777	88,6	31
34	Serrana	32.603	97,6	259
35	Barrinha	24.207	98,9	165
36	Monte Alto	43.613	93,5	125
37	Dumont	6.307	93,1	57
38	Cássia dos Coqueiros	2.871	58,0	15
39	Cravinhos	28.411	95,7	91
40	Serra Azul	7.446	91,4	26
41	Santa Cruz da Esperança	1.796	66,6	12
42	Pradópolis	12.912	92,0	77
43	Mococa	65.574	87,4	77
44	Guataporá	6.371	65,0	15
45	Guariba	31.085	97,2	115
46	Taquaritinga	52.065	91,4	87

Continua...

Continuação da Tabela 1.

	Município	População Total	Urbanização (%)	Hab/km²
47	São Simão	13.675	87,3	22
48	Tapiratiba	12.942	71,2	59
49	Luís Antônio	7.160	91,6	12
50	Santa Ernestina	5.741	76,5	42
51	Santa Rosa de Viterbo	21.435	94,2	74
52	Motuca	3.871	63,2	17
53	Caconde	18.378	64,3	39
54	Tambaú	22.258	85,6	40
55	Dobrada	7.007	92,8	47
56	Rincão	10.330	79,9	33
57	São José do Rio Pardo	50.077	83,1	119
58	Matão	71.753	96,4	136
59	Araraquara	182.471	95,1	181
60	Santa Rita do Passa Quatro	26.138	86,1	35
61	Casa Branca	26.800	80,7	31
62	Divinolândia	12.016	57,2	54
63	São Carlos	192.998	95,0	169
64	Santa Lúcia	7.853	89,7	51
65	São Sebastião da Gramma	12.454	60,2	49
66	Américo Brasiliense	28.287	97,7	228
67	Itobi	7.466	83,1	54
68	Descalvado	28.921	83,5	38
69	Santa Cruz das Palmeiras	25.556	94,0	86
70	Vargem Grande do Sul	36.302	92,9	136
71	Porto Ferreira	47.437	96,1	194
72	Águas da Prata	7.131	85,2	50
73	Ibaté	26.462	94,9	91
74	São João da Boa Vista	77.387	92,7	150
75	Pirassununga	64.864	88,8	89
76	Aguai	28.195	87,6	59
77	Analândia	3.582	74,0	11
78	Espírito Santo do Pinhal	40.480	85,9	103
79	Santa Cruz da Conceição	3.531	54,8	24
80	Mogi Guaçu	124.228	93,5	152
81	Santo Antônio do Jardim	6.154	53,2	56
82	Leme	80.757	96,4	200
83	Corumbataí	3.794	45,3	14
84	Estiva Gerbi	8.856	86,3	120
85	Araras	104.196	93,9	162
86	Rio Claro	168.218	97,2	337
87	Conchal	22.676	89,5	123
88	Itapira	63.377	91,6	122
89	Mogi Mirim	81.467	89,7	163
90	Engenheiro Coelho	10.033	69,9	91
91	Águas de Lindóia	16.190	95,5	269
92	Socorro	32.704	64,2	73
93	Lindóia	5.331	88,5	109
94	Serra Negra	23.851	86,4	117
95	Amparo	60.404	71,8	135

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

A região do Pardo e Mogi-Guaçu começou a ser transformada pelos Bandeirantes paulistas no século XVII, período pelo qual iniciou-se o processo de alteração e produção das paisagens locais e a substituição das matas mesófilas semidecíduas, cerrados e campos nativos por atividades ligadas à presença antrópica. As mudanças nos padrões de uso e cobertura das terras ocorreram de forma mais intensa a partir do final do século XIX, com a implantação da monocultura do café e da chegada das Companhias Paulista e Mogiana de Estradas de Ferro, que possibilitaram com que o acesso até os demais centros do país pudesse ocorrer de forma mais eficiente, (MONBEIG, 1984).

No século XX, a grande maioria dos municípios passou por transformações econômicas, resultando na substituição da cafeicultura pela monocultura da cana-de-açúcar e na implantação de um parque industrial e tecnológico expressivos, como reflexo da política de desconcentração industrial da metrópole paulistana. Com base na Tabela 1, identifica-se atualmente a alta taxa de urbanização dos municípios o que, indiretamente, reflete a importância das atividades ligadas aos setores secundários e terciários na economia local.

Paralelamente à forte presença da indústria, a economia da região é fundamentada no agronegócio, principalmente da cana-de-açúcar, laranja, soja, algodão, milho e pecuária, gerando uma conseqüente movimentação de capitais e de produção de conhecimentos voltados para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. No final da década de 90, a região recebeu investimentos na modernização de infra-estrutura e telecomunicações, o que possibilitou com que pudesse estreitar negócios e contribuir de forma decisiva para a inserção do país no cenário do agronegócio mundial.

Marques (2004), baseado em dados da Confederação Nacional da Agricultura (CNA) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), aponta que o Produto Interno Bruto do Agronegócio no Brasil fechou o ano de 2003 com o valor total de 458,8 bilhões de Reais. Através de sua análise, pode-se concluir que as atividades voltadas ao agronegócio possuem a maior participação no cenário econômico brasileiro, mantendo-se durante mais de duas décadas com *superávit* na balança comercial. Além disso, a partir da década de 90 a participação destas atividades mantiveram-se expressivamente elevadas em relação aos demais setores da economia do Brasil.

Segundo o mesmo autor, os principais mercados internacionais dos produtos brasileiros para o ano de 2003, no exterior, foram os países da União Européia, os Estados Unidos, a China e o Oriente Médio, sendo o Brasil responsável no mercado mundial por 83% do suco de laranja consumido; 38% do mercado da soja; 29% do açúcar; 28% do café em grão; 44% do café solúvel; além de apresentar-se como os maiores exportadores mundiais de álcool, couro, calçados e carnes bovinas e de frango. Devido a estas considerações, verifica-se a elevada importância da região de estudo para o cenário econômico brasileiro e mundial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais e dados utilizados para elaboração do levantamento do uso e cobertura das terras nos 95 municípios da área de estudo foram:

- Mosaico das cenas do satélite Landsat 7 ETM+, composição colorida nas bandas 5,4,3 e banda 8 (resolução espacial de 15 metros), obtidas em 2002 e 2003, projeção UTM, Fuso 23, Datum Horizontal SAD 69 (em formato img), conforme a Figura 4, que apresenta a articulação das imagens utilizadas no mapeamento;
- Fotografias aéreas ortorretificadas, na escala 1:30.000 de 2001, em formato MrSid;
- Cartas Topográficas do IBGE: SF-22-X-B, SF-22-X-D, SF-22-Z-B, SF-23-V-A, SF-23-V-C, SF-23-Y-A, SF-23-Y-B, escala 1:250.000;
- Arquivo vetorial referente à base municipal do IBGE (1997), em formato shp;
- Arquivo vetorial com limite das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, segundo as Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;
- Dados numéricos do Censo Demográfico (2000) e do Censo Agropecuário (1996) do IBGE;
- *Software* ArcGIS versão 8.3;
- *Software* Erdas Imagine versão 8.6.

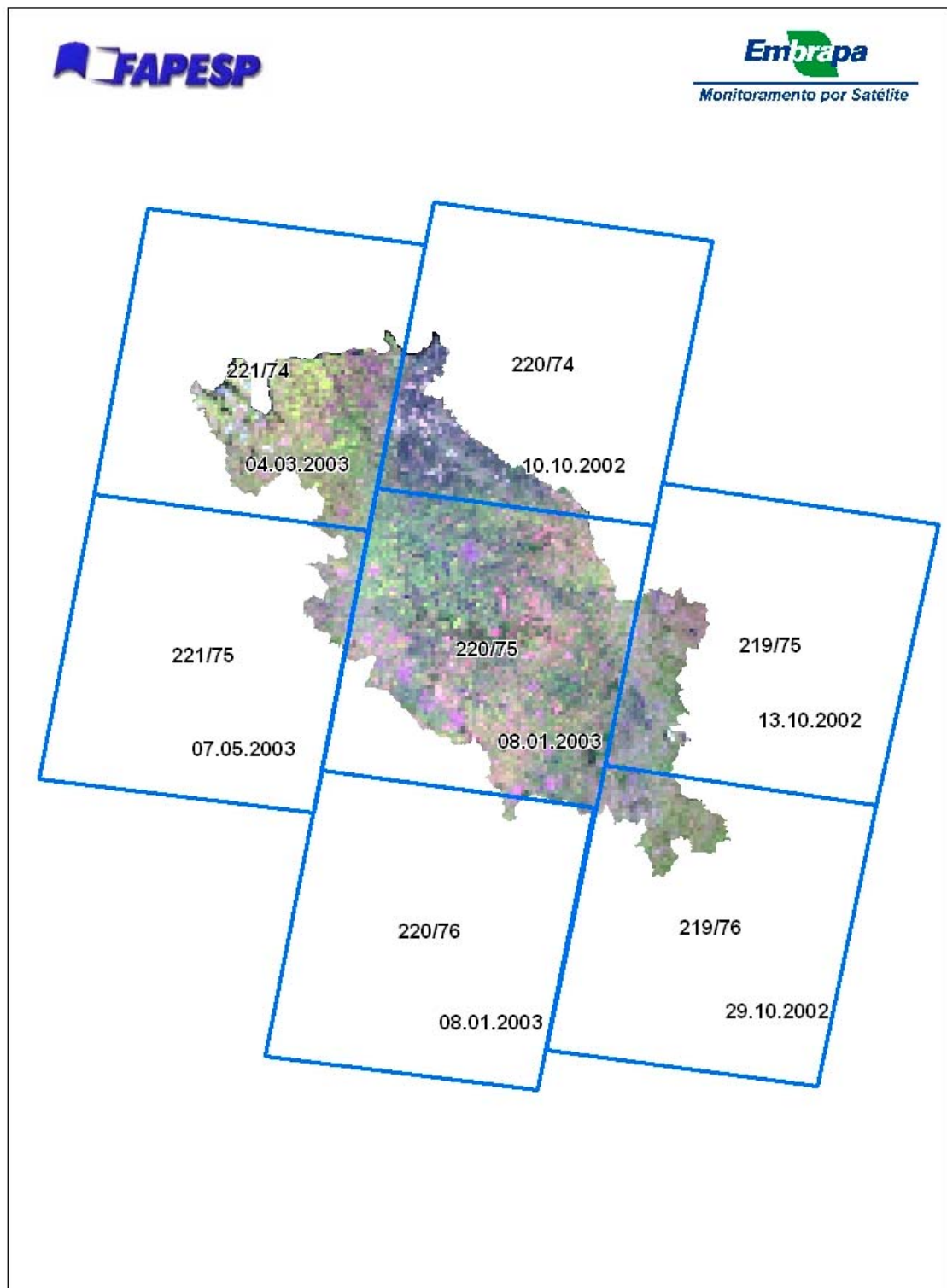


Figura 4. Articulação das imagens Landsat utilizadas no mapeamento.

Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada para elaboração do trabalho foi desenvolvida em três etapas:

- classificação automática das imagens Landsat;
- refinamento da classificação, por meio de interpretação analógica, com apoio de fotografias aéreas ortorretificadas e trabalho de campo, para comprovação da verdade terrestre;
- organização do material cartográfico e iconográfico.

1. Classificação Automática das Imagens Landsat

A interpretação das imagens foi realizada na escala 1:100.000, considerando a área de 25 ha como menor elemento cartografado. A expressão dos resultados foi elaborada visando atingir a precisão segundo a escala 1:250.000, utilizando as classes temáticas estabelecidas, conforme a Tabela 2. Os dados de uso e cobertura das terras foram obtidos a partir de classificação supervisionada e interpretação digital de imagens do satélite Landsat-ETM+, utilizando o método de classificação automática Máxima Verossimilhança (Maxver).

As áreas urbanas, culturas em pivôs centrais de irrigação, culturas perenes e mineração foram mapeadas anteriormente à aplicação do classificador automático, apoiadas em informações do censo agropecuário do IBGE (1996). Os polígonos resultantes desta digitalização foram convertidos para o formato raster, com o identificador correspondente ao de sua classe na legenda do projeto, para posterior agrupamento com a imagem final, resultante da classificação automática.

Tabela 2: Classes e Chaves de Identificação do Uso e Cobertura das Terras.

	Classes Mapeadas	Principais Características
Agricultura	culturas anuais	Correspondem às áreas cultivadas anualmente, apresentando na imagem formas regulares, textura lisa e homogênea. Exemplos: arroz, feijão, batata, soja, milho, mandioca.
	culturas perenes	São áreas onde as culturas mantêm-se ininterruptamente por vários anos possuindo formatos regulares, talhões de cultivo para plantio o manejo, textura lisa e homogênea com padrões de cores que se assemelham aos encontrados em áreas de cerrado e campo cerrado. Ex.: café, citricultura.
	cana-de-açúcar	Textura lisa e aveludada, geralmente em grandes áreas, apresentando formas regulares acompanhadas de solos freqüentemente escuros devido à prática das queimadas.
	áreas irrigadas	Possuem, em geral, padrões circulares devido aos pivôs de irrigação, podendo variar de tamanho. Apresentam textura lisa e englobam as áreas plantadas e/ou preparadas para cultivo.
	Pastagem	Predominantemente formada por gramíneas e pequenos arbustos esparsos, apresenta-se na imagem com tons claros devido à alta reflectância do solo.
	Reflorestamento	Apresenta padrões de tonalidades mais escuras e textura mais lisa que as florestas naturais devido à sua composição florística e seu dossel extremamente uniforme e contínuo, com formato regular devido aos grandes talhões onde estão plantadas.
Vegetação Natural	floresta estacional	Formação florestal adaptada às regiões que possuem estação seca e chuvosa bem marcadas. Aparecem nas imagens com diferentes tonalidades, padrões texturais e formas irregulares.
	floresta secundária	Floresta estacional com estágio intermediário de regeneração, apresentando formas irregulares com coloração levemente mais clara que o padrão apresentado em seu estado original.
	vegetação ripária	São formações florestais encontradas próximas às superfícies de inundação e áreas adjacentes aos rios, córregos e lagos. Apresenta-se na imagem com textura rugosa e tonalidades diversas.
	Cerrado	Compreendendo a vegetação arbórea densa a gramíneo-lenhosa com texturas diversas, variando de acordo com o tamanho das espécies. Apresenta formas irregulares, salvo quando localizado no entorno de áreas cultivadas, em diferentes tonalidades.
Antropismo e outros	áreas urbanas	Cidades e aglomerações urbanas aparecem em tons de rosa, roxo e avermelhadas com alta reflectância nas bandas do vermelho e infravermelho próximo. Em geral é possível identificar a regularidade das quadras.
	corpos d'água	Engloba os rios, represas, lagos e açudes. Apresenta tonalidades escuras variando do preto ao azul escuro, sendo este último em decorrência dos sedimentos em suspensão ou assoreamento dos corpos d'água.
	áreas de mineração	Formada principalmente por áreas onde ocorrem extração de areia, sendo caracterizadas pela alta reflectância do solo com a presença de lagoas de rejeito nas proximidades da área de exploração.
	outros	Engloba áreas que apresentam solo exposto e afloramento rochoso, com alta reflectância.
	Nuvens e sombras	Áreas não disponíveis nas imagens de satélite devido a cobertura de nuvens ou sombras projetadas sobre a paisagem.

Para a classificação automática, a coleta de amostras de assinaturas espectrais foi baseada no reconhecimento dos padrões de comportamento espectrais das diferentes classes na imagem, como cor, textura e rugosidade de cada alvo de acordo com a composição colorida utilizada. A partir do reconhecimento de amostras, foram criadas as assinaturas, conforme ilustra a Figura 5.

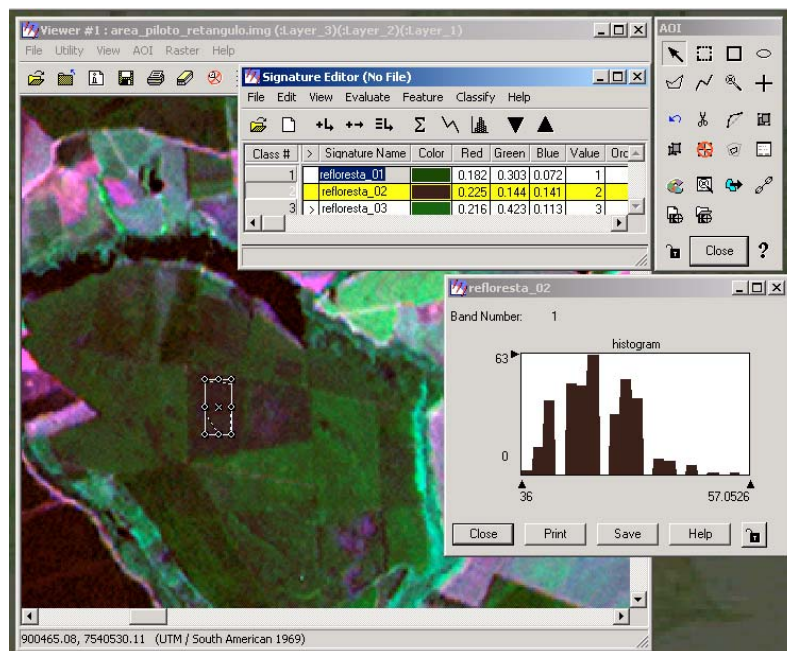


Figura 5. Geração de amostras de assinaturas espectrais.

Com o processo de edição concluído, elaborou-se um mosaico unindo todas as classes, tanto as extraídas pelo processo manual como as obtidas pela classificação automática. Em seguida, as imagens passaram por um processo de vetorização, resultando na elaboração de arquivos em formato *shapefile*, com dados de identificação das classes de uso e cobertura das terras e área em metros quadrados de cada polígono.

2. Refinamento da Classificação Automática

Com a conclusão do mapeamento, resultante da primeira fase do trabalho, iniciou-se o refinamento da qualidade da classificação, através da revisão dos polígonos mapeados e comprovação da verdade terrestre obtida por meio das fotografias aéreas e trabalhos de campo.

3. Organização do Material Cartográfico e Iconográfico

Nesta fase realizaram-se operações de interseção entre os *shapefiles* de uso e cobertura das terras por municípios e por bacias hidrográficas visando elaborar arquivos específicos que retratassem as classes, segundo diferentes critérios de regionalização. A fase final compreendeu a elaboração dos produtos finais utilizando o *software* ArcGIS, nas escalas 1:500.000 e 1:250.000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado cartográfico do mapeamento do uso e cobertura das terras na região dos Rio Pardo e Mogi-Guaçu, foram gerados os seguintes produtos georreferenciados:

- a) mapa de uso e cobertura das terras para toda a região de estudo, na escala 1:500.000, com banco de dados georrelacional, contendo as principais classes de uso e cobertura, com suas respectivas áreas em quilômetros quadrados, segundo sua ocorrência em relação aos municípios e às UGRH utilizadas como unidades de estudo;
- b) sete cartas na escala 1:250.000 referentes à região de estudo, segundo a nomenclatura e área estabelecidas pelas Cartas Topográficas do IBGE.

As Figuras 6 a 13 ilustram os produtos gerados, estando os arquivos em escala original disponíveis na Embrapa Monitoramento por Satélite.

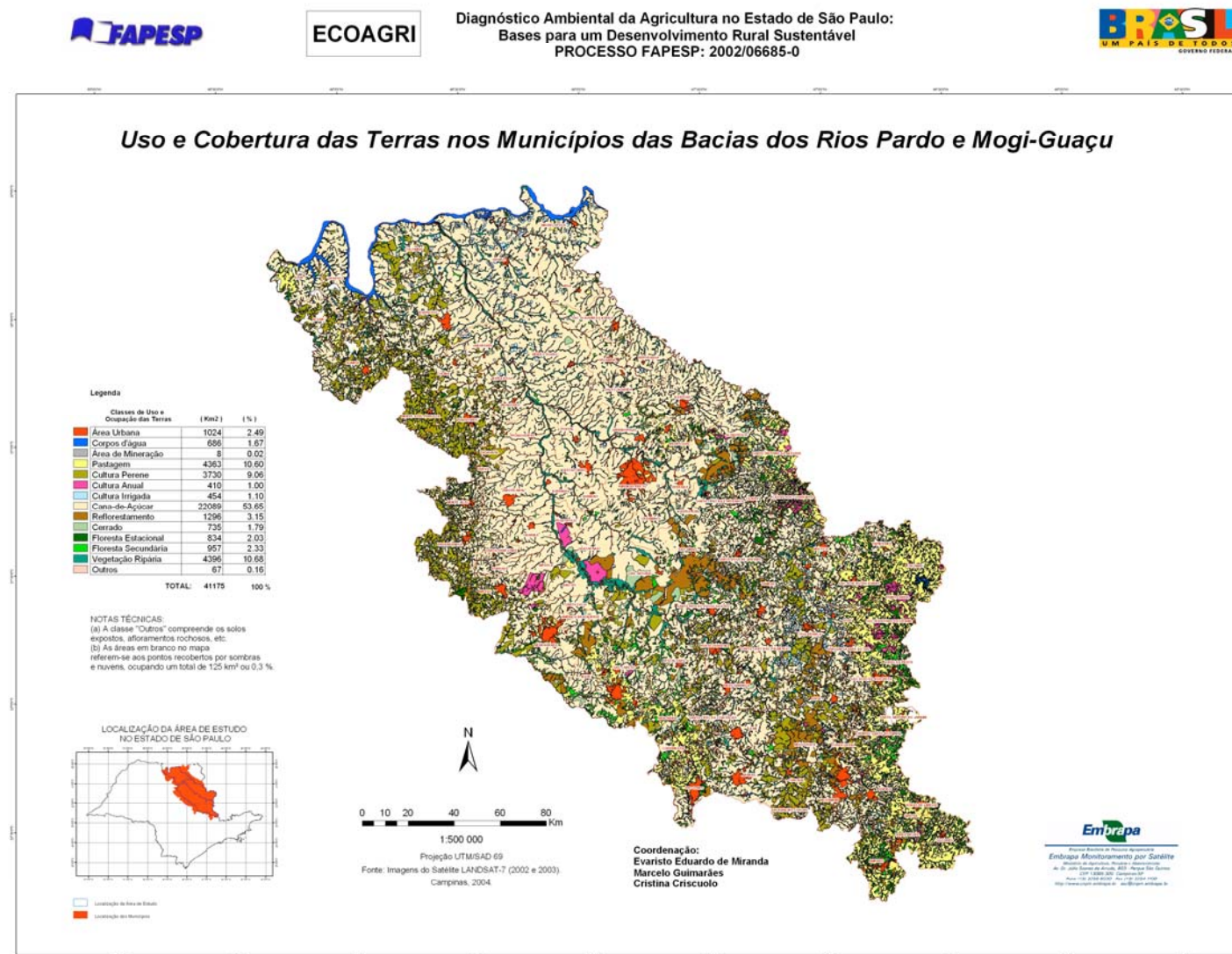


Figura 6. Uso e Cobertura das Terras na Região de Rio Pardo e Mogi-Guaçu.

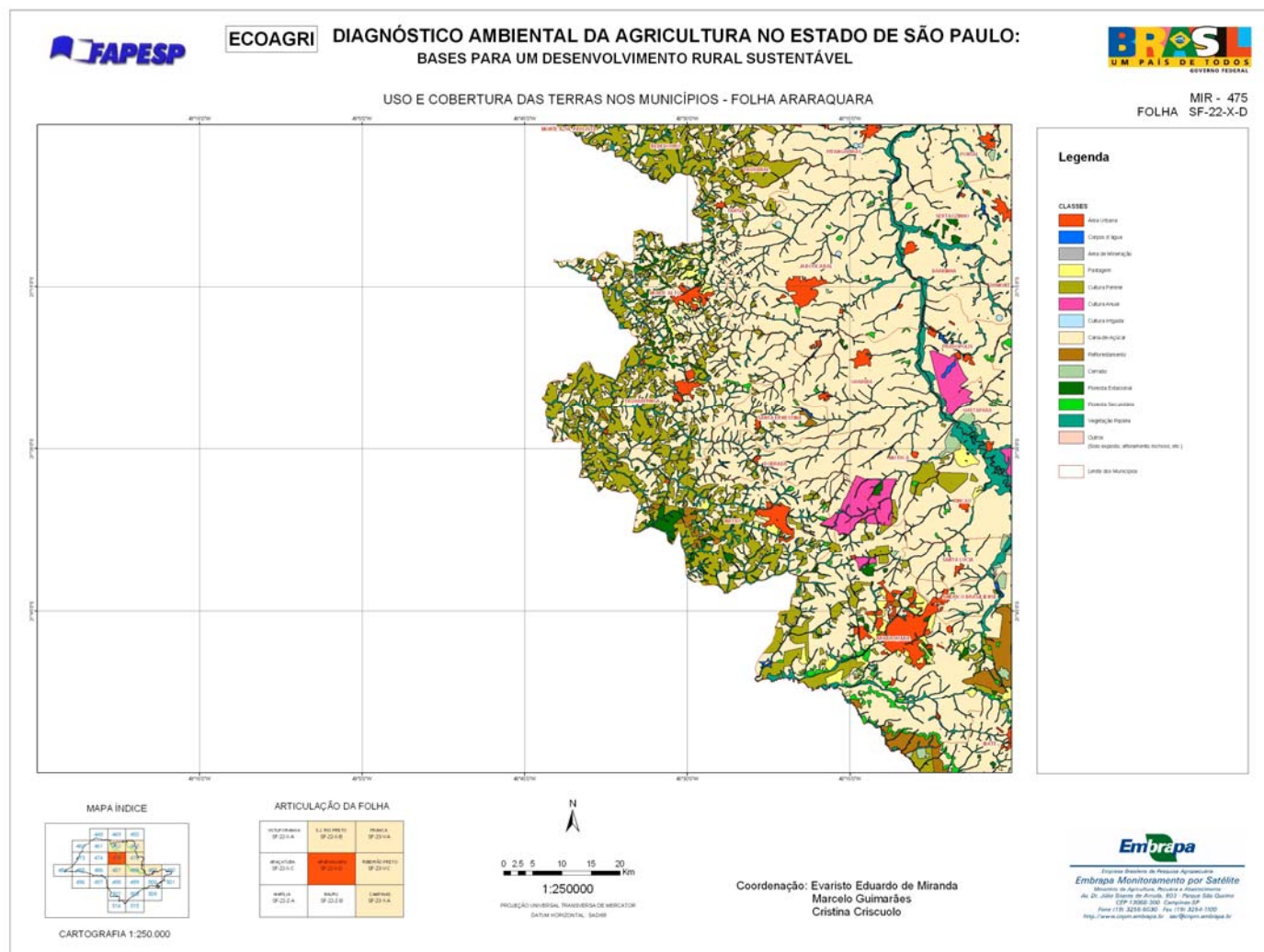


Figura 7. Uso e Cobertura das Terras - Folha Araraquara.

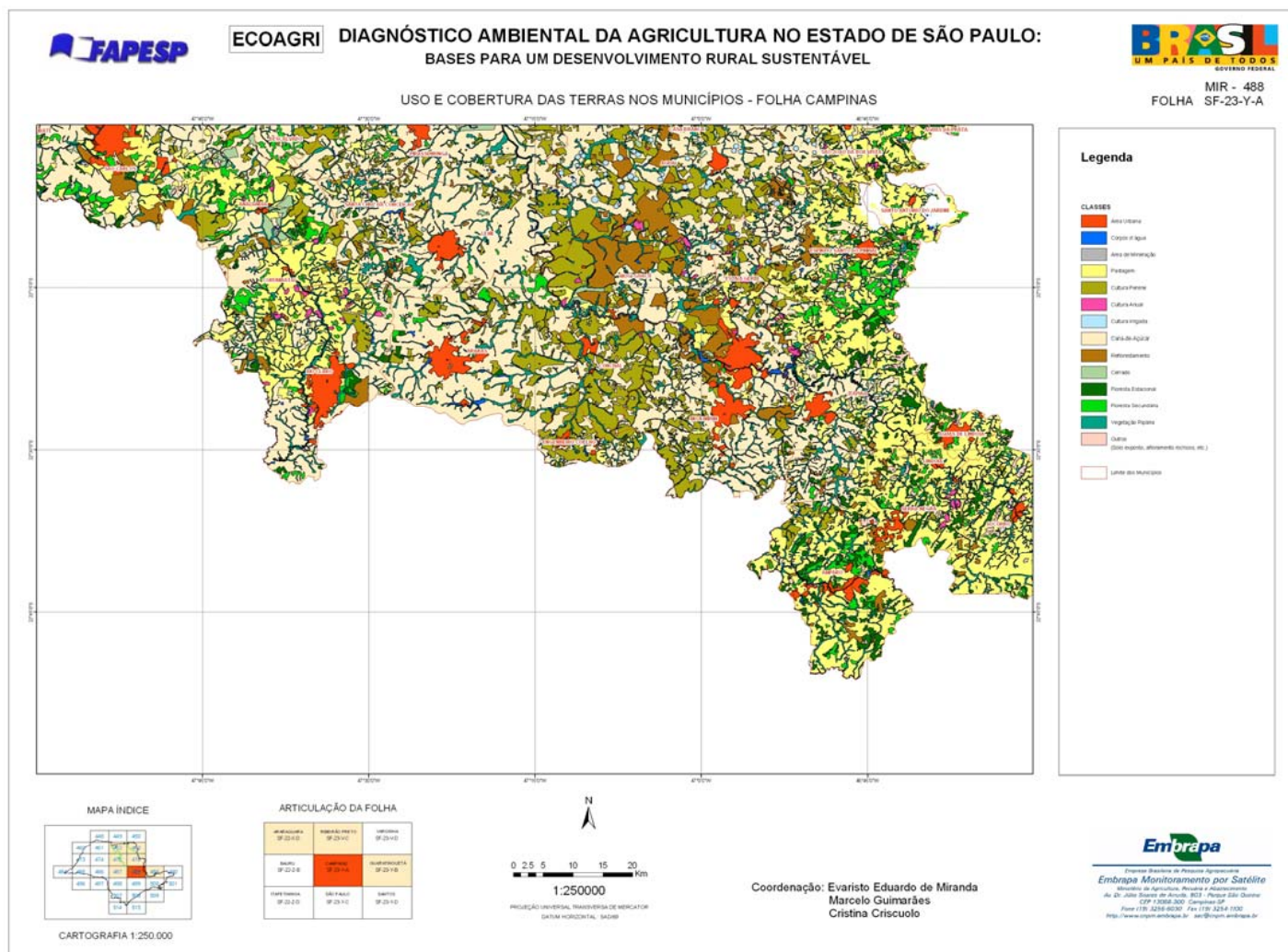


Figura 8. Uso e Cobertura das Terras - Folha Campinas.

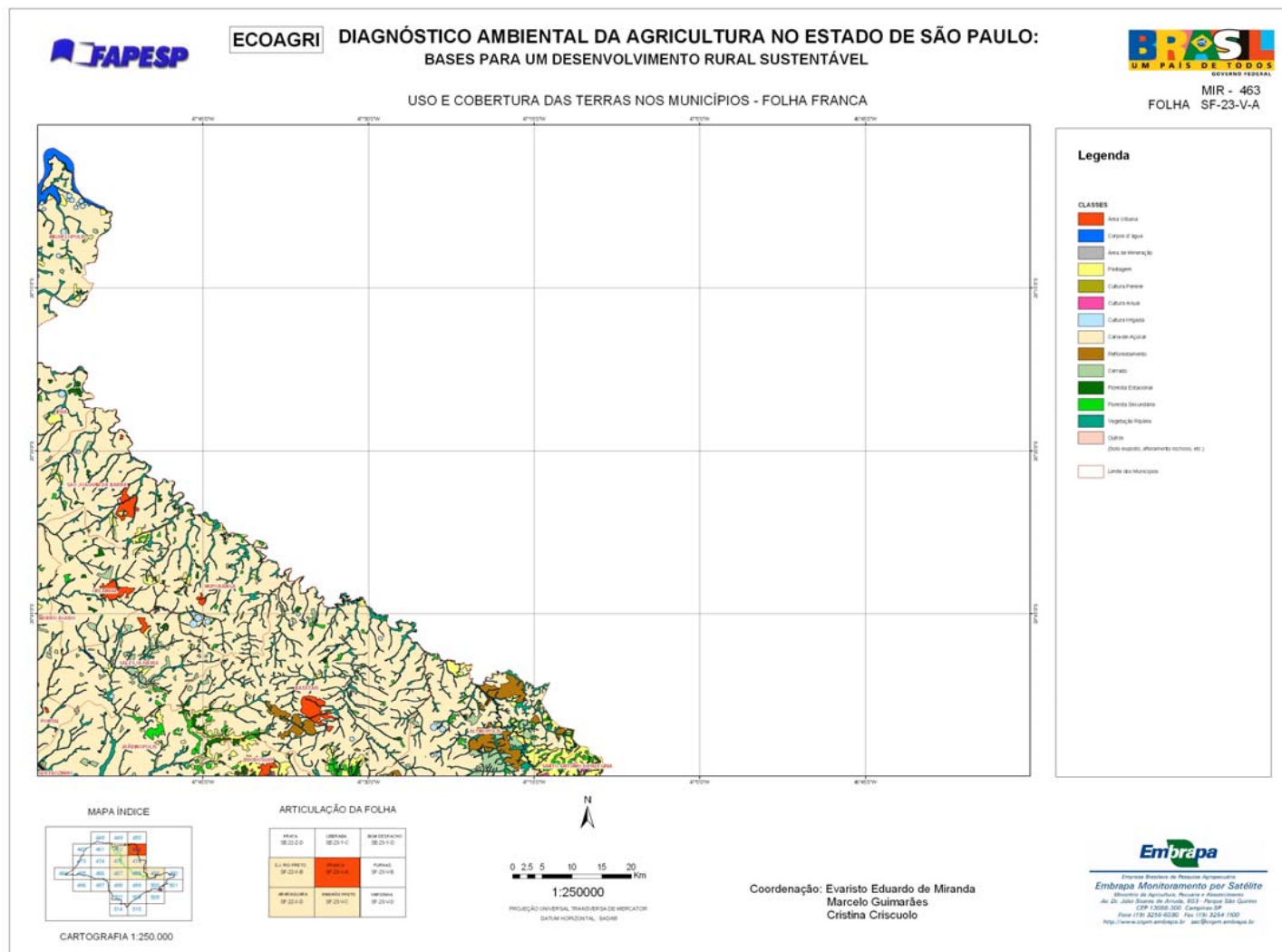


Figura 9. Uso e Cobertura das Terras - Folha Franca.

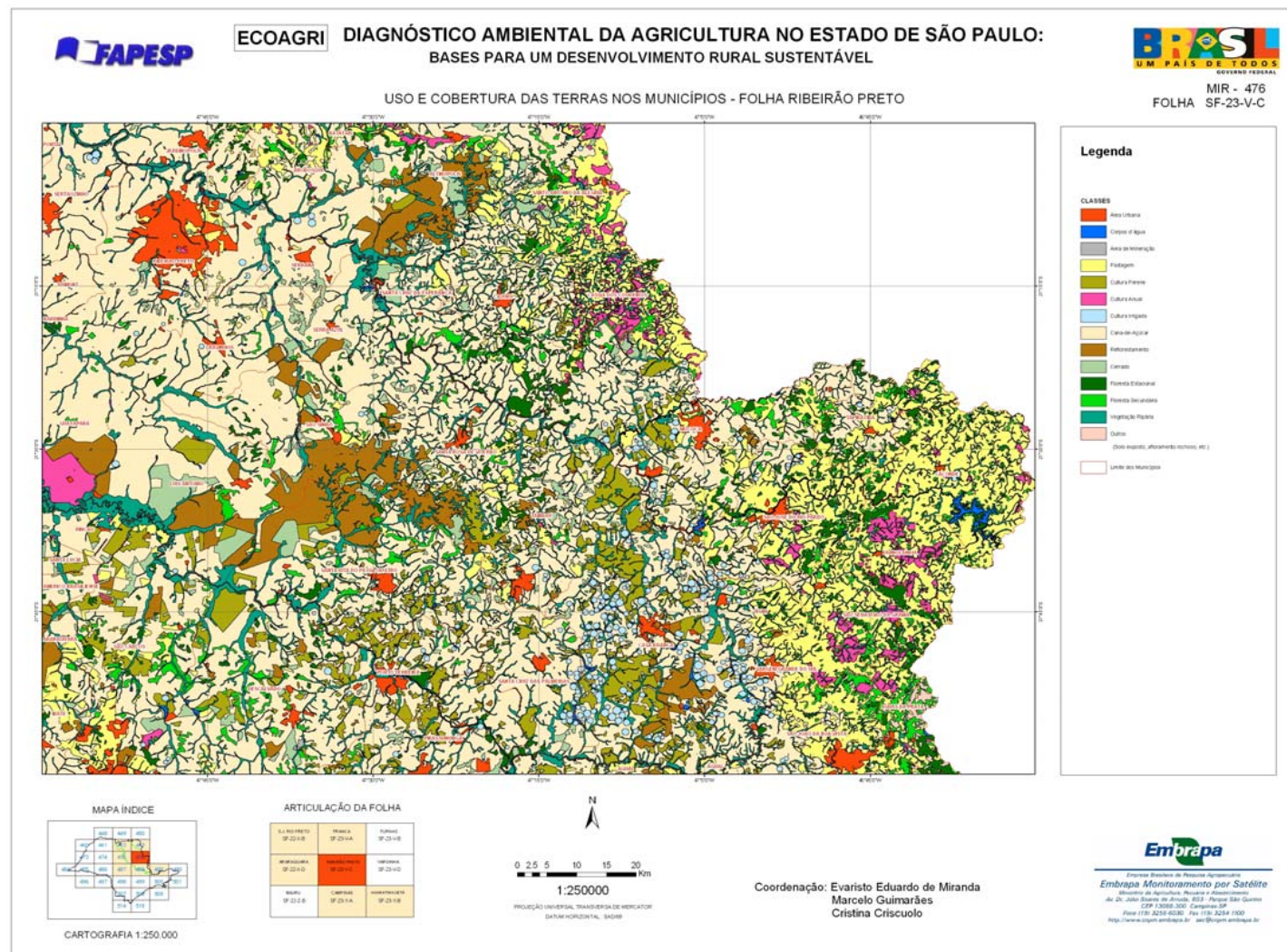


Figura 10. Uso e Cobertura das Terras - Folha Ribeirão Preto.

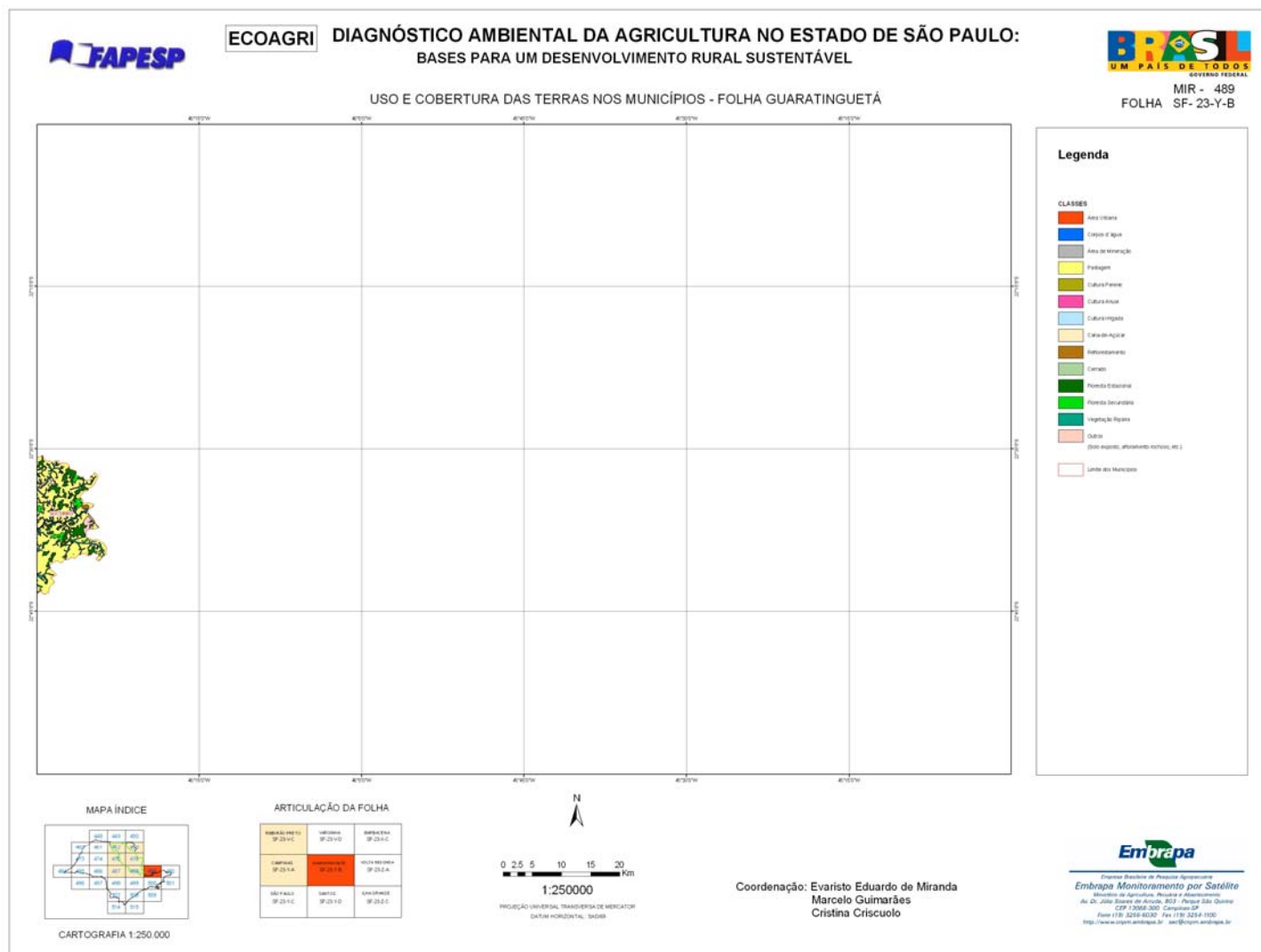


Figura 12. Uso e Cobertura das Terras - Folha Guaratinguetá.

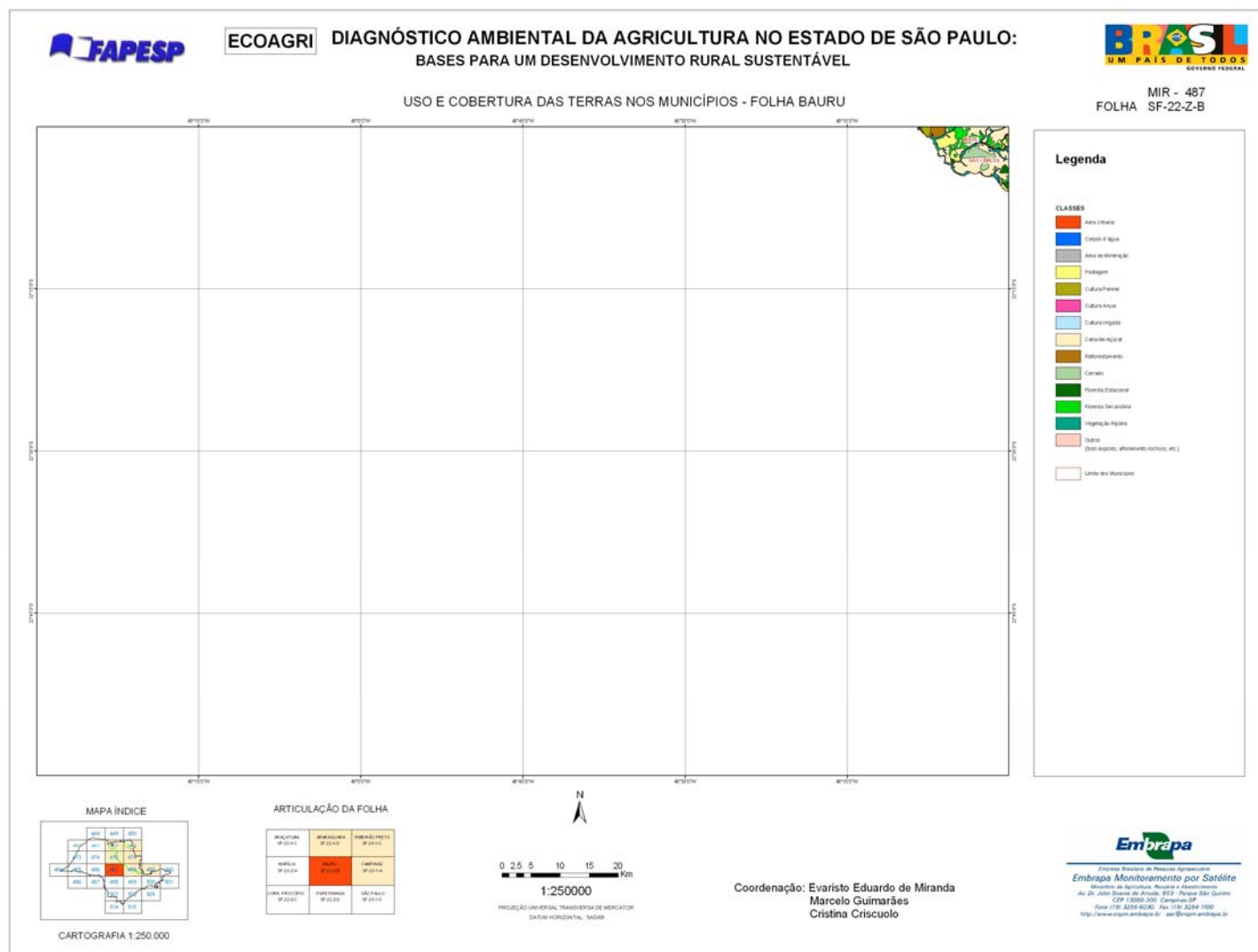


Figura 13. Uso e Cobertura das Terras - Folha Bauru.

A Tabela 3 apresenta o resultado geral obtido no levantamento do uso e cobertura das terras nos municípios estudados, enquanto na Tabela 4 os dados encontram-se agrupados segundo as grandes categorias de ocorrência.

Tabela 3: Uso e Cobertura das Terras nas Bacias do Rio Pardo e Mogi-Guaçu.

Uso e Cobertura das Terras	Área (km ²)	%
Área Urbana	1.024	2,49
Corpos d'água	686	1,67
Área de Mineração	8	0,02
Pastagem	4.363	10,60
Cultura Perene	3.730	9,06
Cultura Anual	410	1,00
Cultura Irrigada	454	1,10
Cana-de-Açúcar	22.089	53,65
Reflorestamento	1.296	3,15
Cerrado	735	1,79
Floresta Estacional	834	2,03
Floresta Secundária	957	2,33
Vegetação Ripária	4.396	10,68
Outros*	192	0,46
TOTAL	41.175	100,00

Tabela 4: Principais Categorias de Uso e Cobertura das Terras nas Bacias do Rio Pardo e Mogi-Guaçu.

Principais Categorias de Uso e Ocupação das terras	Área (km ²)	%
Agropecuária	32.342	78,55
Vegetação Natural	6.922	16,81
Área Urbana	1.024	2,49
Corpos d'água	686	1,67
Outros	200	0,48
TOTAL	41.175	100,00

AGROPECUÁRIA - Com base nos dados das Tabelas 3 e 4, a região de estudo caracteriza-se, em sua grande maioria, pelas atividades vinculadas à agropecuária, com ocorrência corresponde à 78,55% do total e ocupando 32.342 km².

Nesta categoria encontram-se incluídas as áreas de pastagem, culturas perenes, culturas anuais, cana-de-açúcar, reflorestamentos e culturas irrigadas. Barretos, Morro Agudo e Guaíra apresentaram valores superiores a 1.000 Km² de terras dedicadas às atividades de agropecuária. Na Figura 14, pode-se constatar esta situação e observar os municípios que mais se destacaram.

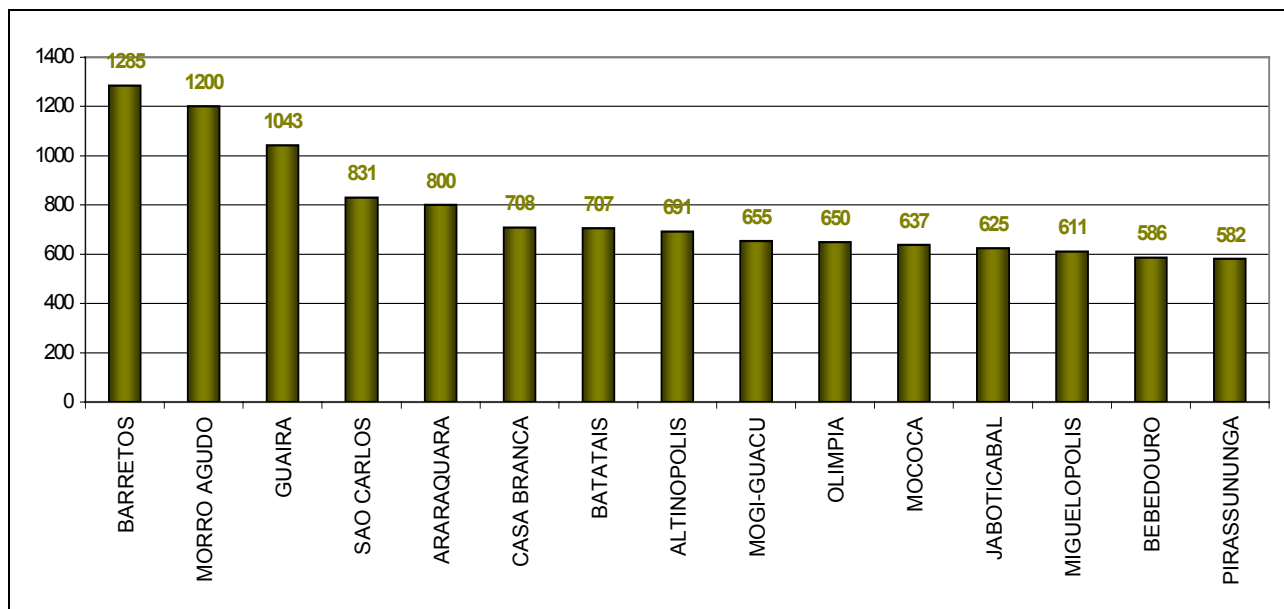


Figura 14. Municípios com as maiores Agropecuárias (Área em km²).

A cana-de-açúcar aparece como o principal produto cultivado, ocupando isoladamente 53,65% da área de estudo. Esta atividade encontra-se distribuída por toda a região, porém sua maior concentração ocorre na porção centro-nordeste, desde Batatais, Ribeirão Preto, passando por Jaboticabal e seguindo em direção a Morro Agudo e Ipuã.

Em seguida, destacam-se as pastagens, ocupando 10,60% do total regional. Localizam-se principalmente nos municípios dos rebordos da Serra da Mantiqueira: desde Amparo, Itapira, Águas da Prata, Caconde e Santo Antônio da Alegria.

Verifica-se que as culturas perenes, principalmente vinculadas à citricultura, contribuem com 9,06% do uso das terras na região, concentradas principalmente na porção leste-noroeste da área de estudo, destacando-se Matão, Bebedouro, Monte Azul Paulista e Olímpia.

Ainda, destacam-se grandes manchas de reflorestamento que representam 3,15% do total regional, principalmente no contato entre os municípios de Luís Antônio, São Simão e Santa Rosa do Viterbo com Tambaú e Santa Rita do Passa Quatro, além de grandes concentrações detectadas na região de Altinópolis, que de acordo com o IBGE (1996) destaca-se na produção de madeira em tora para produção de papel e celulose.

Constatou-se também a alta concentração de técnicas agrícolas modernas, principalmente nos municípios de Guaíra, Morro Agudo e Casa Branca onde a presença de pivôs de irrigação para cultivo, principalmente, da soja, feijão e tomate se destacam na paisagem.

As culturas irrigadas representam 1,10% do total geral mapeado, apresentando valores aproximados aos obtidos para as culturas anuais, as quais registraram 1% do mapeamento. As culturas anuais, embora sejam cultivadas em toda a região, em geral, ocupam porções de terras relativamente reduzidas nas propriedades e, devido à escala do mapeamento, em alguns casos não puderam ser identificadas. As grandes manchas de culturas anuais da região podem ser encontradas nos municípios de Araraquara, Motuca, Pradópolis e Guatapara, além dos municípios serranos, onde esta atividade encontra-se, freqüentemente, intercalada junto às áreas de pastagem.

VEGETAÇÃO NATURAL - Nesta categoria enquadram-se as áreas cobertas pelas manchas de cerrado, floresta estacional, floresta secundária e vegetação ripária. São Carlos, Barretos e Altinópolis foram os municípios com maiores áreas em valores absolutos, conforme ilustrado na Figura 15

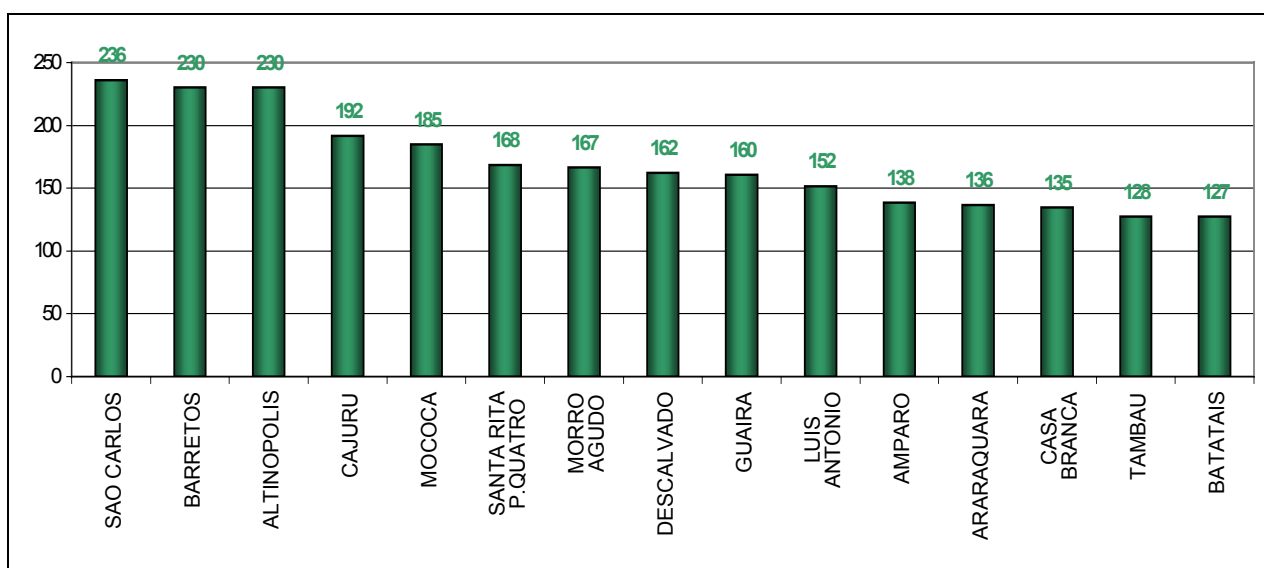


Figura 15. Municípios com as maiores áreas de Vegetação Natural (km² em valores absolutos).

Dentre as classes de vegetação natural, sobressai-se a ocorrência de vegetação ripária representando 10,68% do total da região, distribuídas em grandes manchas ao longo do rio Mogi-Guaçu e demais concentradas ao longo dos principais cursos d'água. As manchas de floresta estacional e secundária ocuparam 4,36% das terras da região e o cerrado 1,79% do total, representando remanescentes de vegetação natural que ocupavam a área de estudo e foram, gradativamente, substituídas pelas atividades antrópicas.

Se considerarmos a proporção referente à quantidade de vegetação em relação ao tamanho dos municípios, exceto as suas áreas urbanas, os municípios que

mais se destacam encontram-se localizados próximos à região da Serra da Mantiqueira devido à presença de áreas com maior declividade. Os municípios com as menores áreas cobertas por vegetação natural são Dumont, Taquaral, Guariba e Jaboticabal, que apresentam uso intenso das terras voltado às atividades agropecuárias em detrimento da vegetação natural. Estas informações encontram-se representadas nas Figuras 16 e 17, que apresentam os valores relativos de vegetação natural para todos os municípios da área de estudo.

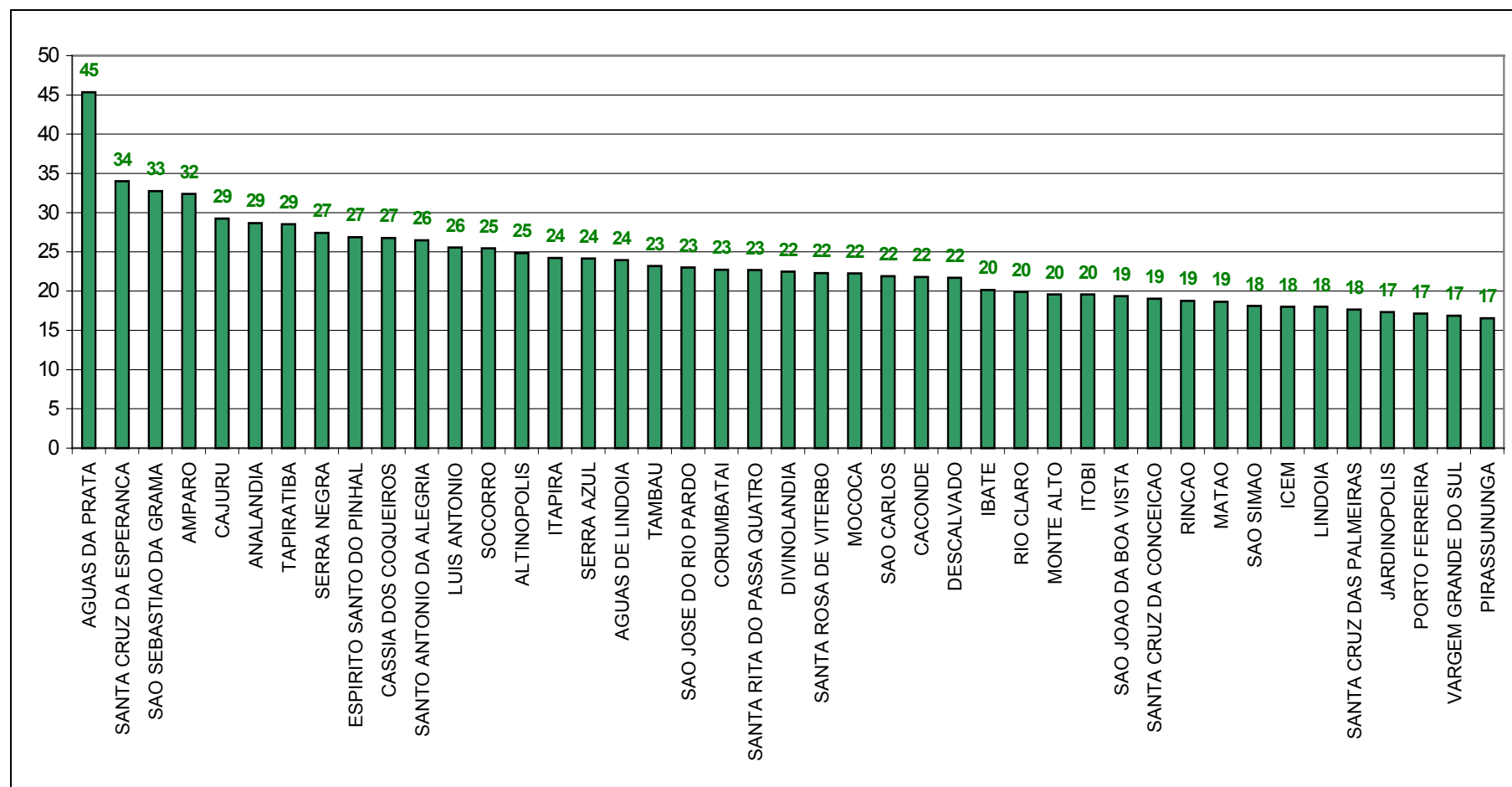


Figura 16. Municípios com as maiores áreas de Vegetação Natural (km² em valores relativos¹).

¹ Porcentagem em relação à área total do município, exceto a área urbana.

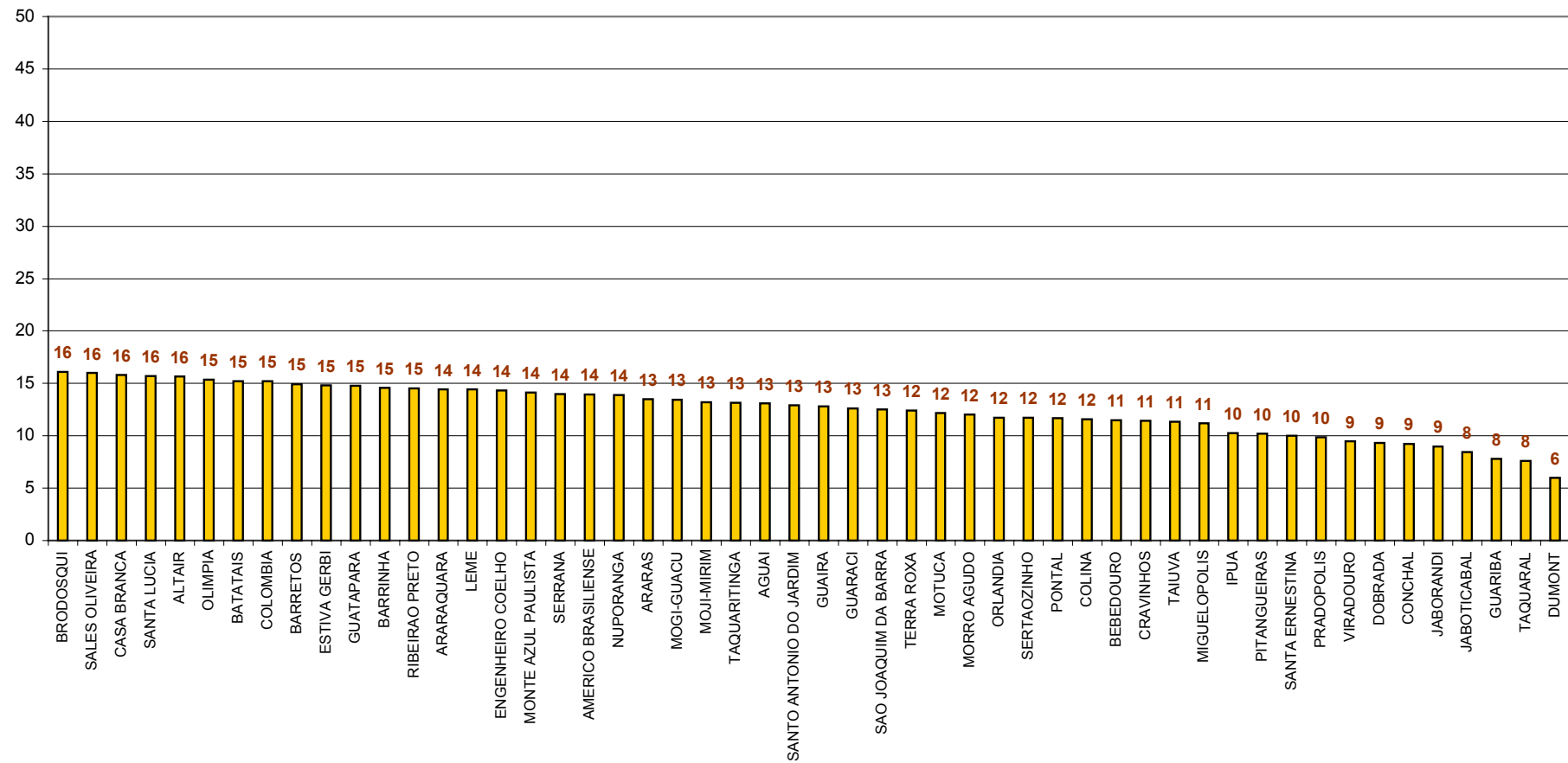


Figura 17. Municípios com as menores áreas de Vegetação Natural (Km² em valores relativos).

ÁREAS URBANAS - As áreas urbanas correspondem a 2,49% do total, destacando-se os principais centros urbanos regionais: Ribeirão Preto, São Carlos, Araraquara, Rio Claro e Mogi-Guaçu, conforme ilustra a Figura 18.

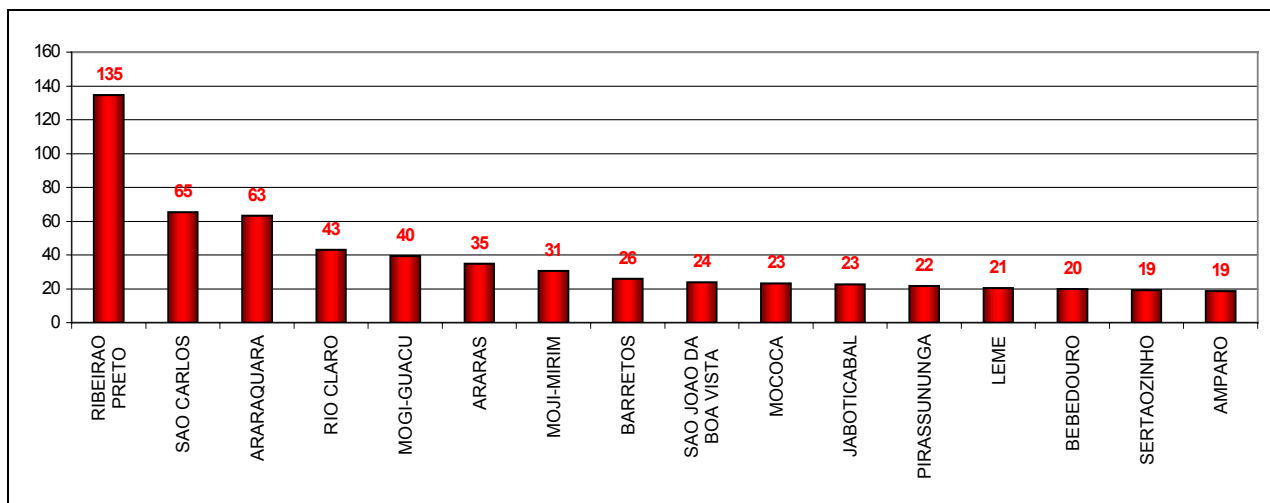


Figura 18. Municípios com as maiores áreas urbanas (km² em valores absolutos).

CORPOS D'ÁGUA - Os corpos d'água representam 1,67%, correspondendo aos principais rios, lagos, reservatórios e barragens localizados na região de estudo. A Figura 19 indica os municípios com as maiores áreas de corpos d'água.

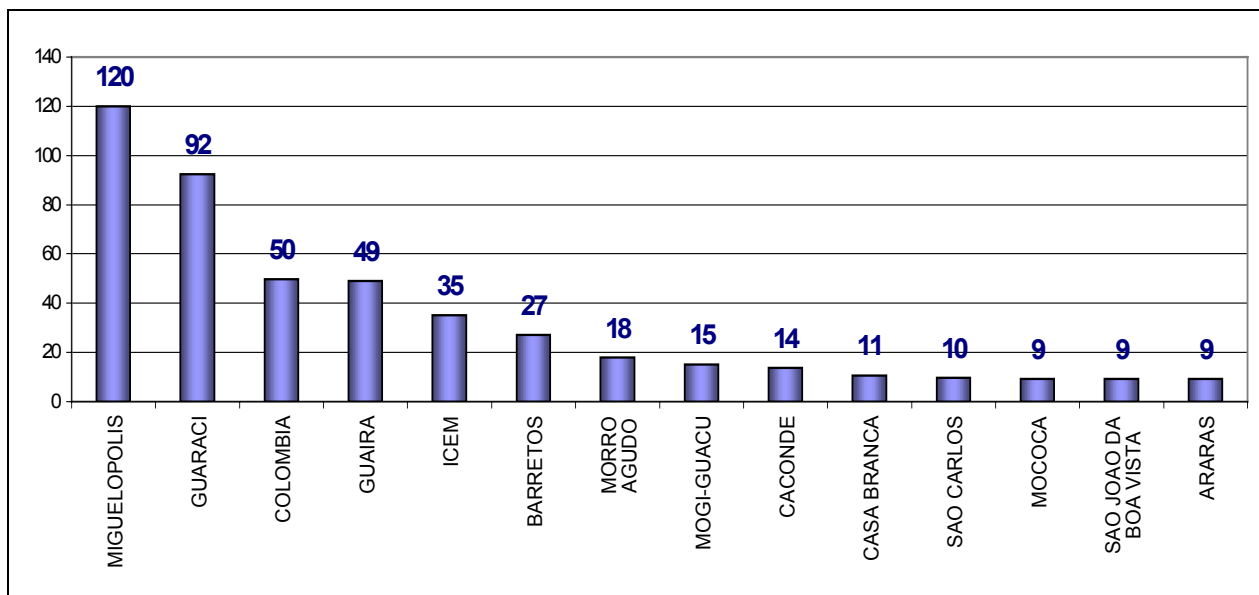


Figura 19. Municípios com os maiores corpos d'água (km² em valores absolutos).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de técnicas de geoprocessamento e processamento digital de imagens orbitais foi possível a execução do mapeamento do uso e cobertura das terras nas regiões dos Rios Pardo e Mogi-Guaçu, referentes aos anos 2002/2003, no âmbito do Projeto "Diagnóstico Ambiental da Agricultura no Estado de São Paulo: bases para um desenvolvimento rural sustentável - ECOAGRI" (Processo FAPESP nº 2002/06685-0).

Com base no estudo realizado, verificou-se que 78,55% de todas as terras existentes na região são utilizadas pela agropecuária, sendo a cana-de-açúcar o principal produto cultivado. Nesta categoria, as pastagens também ocuparam um lugar importante, principalmente localizadas nas regiões mais declivosas do complexo Mantiqueira.

A vegetação natural correspondeu à 16,81% do total, devido principalmente à presença de manchas expressivas de vegetação ripária ao longo dos principais cursos d'água: rio Mogi-Guaçu e rio Pardo. Nesta primeira análise, foram também observadas distintas situações de preservação destes remanescentes nos municípios estudados, variando entre 6 e 45% de suas respectivas áreas totais.

Esta extensa base de dados desenvolvida, será futuramente utilizada para fornecer subsídios aos estudos de impacto ambiental e valoração econômica, a fim de subsidiar o processo de tomada de decisão nas questões relativas ao zoneamento agroambiental e ao uso sustentável da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, F. Z. de. **Ver!** [Palestra da Campanha da Fraternidade], 2003. Disponível em: www.bispado.org.br/diocese/cf2004/palestra_01_ver.ppt. Acesso em 6 out. 2004.

IBGE. **Censo Agropecuário do Brasil**, 1996. Acesso em 19 jan. 05

IBGE. **Censo Demográfico do Brasil**, 2000. Acesso em 19 jan. 05

LANNA, A. E. **Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**: Aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

MARQUES, E. S. **O Estado da Arte da Agricultura Brasileira**. Rio de Janeiro: Secretaria de Política Agrícola. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2004. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/EduardoSampaio.pdf>. Acesso em 1 out. 2004.

MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J.; GUIMARÃES, M.; MANGABEIRA, J. A.; MIRANDA, J. R. **Impacto ambiental y sustentabilidad agrícola**: La contribución de los sistemas de informaciones geográficas. Santiago de Chile: RIMISP, 1995. 89 p.

MIRANDA, E. E. DE; GUIMARÃES, M.; COUTINHO, A. C.; ORSI, L. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**: Cartografia do uso e ocupação das terras no Estado do Maranhão (1984/2000). Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 17 p. (Relatório Técnico).

MONBEIG, Pierre. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. Trad. de Ary França e Raul de Andrade e Silva. São Paulo: Hucitec/Polis, 1984. p.121.

ORTEGA, E. (Org). **Engenharia Ecológica e agricultura sustentável**: exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica. Campinas: Universidade de Campinas. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/>. Acesso em 24 set. 2003.

ROMEIRO, A. R. **Diagnóstico Ambiental da Agricultura no Estado de São Paulo**: Bases para um Desenvolvimento Rural Sustentável. [Projeto Temático da FAPESP]. Campinas, 2002. 24 p.

SANTOS, M. **A natureza do espaço. Técnica e tempo. Razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, 2002.

SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH. Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos – CORHI. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1999. 128 p.

WCED (The World Comission on Environment and Development). **Our Common Future**. United Nation, 1987. (The Brundtland Report).



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Monitoramento por Satélite

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 - Parque São Quirino

CEP 13088-300 Campinas-SP

Fone (19) 3256-6030 Fax (19) 3254-1100

<http://www.cnpm.embrapa.br> sac@cnpm.embrapa.br

COMITÊ DE PUBLICAÇÃO
EDITORAÇÃO