

SAMUEL SANTANA PAES LOURES

**AMBIENTES, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ZONEAMENTO  
ESTRATÉGICO PARA AS SUB-BACIAS DOS RIOS JACUPIRANGA E  
PARIQUERA-AÇU, VALE DO RIBEIRA, SP.**

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil, para  
obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L892a  
2008

Loures, Samuel Santana Paes, 1981-  
Ambientes, uso e ocupação do solo e zoneamento  
estratégico para as sub-bacias dos rios Jacupiranga e  
Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP/Samuel Santana  
Paes Loures. – Viçosa, MG, 2008.  
xviii, 180f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Maria Lúcia Calijuri.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 150-162.

1. Solo - Uso. 2. Sistemas de informação geográfica.  
3. Zoneamento - Ribeira do Iguape, Rio, vale (PR e SP).  
4. Proteção ambiental. 5. Solos - Testes. I. Universidade  
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.4


**SAMUEL SANTANA PAES LOURES**


**AMBIENTES, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ZONEAMENTO  
ESTRATÉGICO PARA AS SUB-BACIAS DOS RIOS JACUPIRANGA E  
PARIQUERA-AÇU, VALE DO RIBEIRA, SP**

Tese apresentado à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 01 de julho de 2008.

  
Prof. Dario Cardoso de Lima  
(Co-Orientador)

  
Prof. Carlos Ernesto Gonçalves R.  
Schaefer  
(Co-Orientador)

  
Profa. Maria do Carmo Calijuri

  
Prof. Silvio Crestana

  
Maria Lúcia Calijuri  
(Orientadora)

*"Há lugares de onde se tira a prata, lugares onde o ouro é apurado;  
O ferro é extraído do solo, o cobre é extraído de uma pedra fundida.  
Foi posto um fim às trevas, escavaram-se as últimas profundidades da rocha obscura e sombria.  
Longe dos lugares habitados (o mineiro) abre galerias que são ignoradas pelos pés dos  
transeuntes; suspenso, vacila longe dos humanos.  
A terra, que produz o pão, é sacudida em suas entranhas como se fosse pelo fogo.  
As rochas encerram a safira, assim como o pó do ouro..."*

*...O homem põe a mão no sílex, derruba as montanhas pela base;  
Fura galerias nos rochedos, o olho pode ver nelas todos os tesouros.  
Explora as nascentes dos rios, e põe a descoberto o que estava escondido.  
Mas a sabedoria, de onde sai ela? Onde está o jazigo da inteligência?  
O homem ignora o caminho dela, ninguém a encontra na terra dos vivos.  
O abismo diz: Ela não está em mim. Não está comigo, diz o mar.  
Não pode ser adquirida com ouro maciço, não pode ser comprada a peso de prata.  
Não pode ser posta em balança com o ouro de Ofir, com o ônix precioso ou a safira.  
Não pode ser comparada nem ao ouro nem ao vidro, ninguém a troca por vaso de ouro fino.  
Quanto ao coral e ao cristal, nem se fala, a sabedoria vale mais do que as pérolas.  
Não pode ser igualada ao topázio da Etiópia, não pode ser equiparada ao mais puro.  
De onde vem, pois, a sabedoria? Onde está o jazigo da inteligência?"*

*...Dizem o inferno e a morte: Apenas ouvimos falar dela.  
Deus conhece o caminho para encontrá-la, é ele quem sabe o seu lugar, porque ele vê até os  
confins da terra, e enxerga tudo o que há debaixo do céu.  
Quando ele se ocupava em pesar os ventos, e em regular a medida das águas, quando fixava as  
leis da chuva, e traçava uma rota aos relâmpagos, então a viu e a descreveu, penetrou-a e  
escrutou-a.*

*Depois disse ao homem: O temor do Senhor, eis a sabedoria; fugir do mal, eis a inteligência."*

## Agradecimentos

A Deus, por todo amor dedicado à nós gratuitamente.

Aos meus pais, Carlindo e Maria do Carmo, que surpreenderam na educação de seus filhos e nunca mediram esforços para ver qualquer um de nós, filhos, seguir caminhos do bem, de honestidade e ausência de vaidades.

À Rosamaria e Robson, irmãos de paz, de bem, muito carinho e confiança, ontem, hoje e sempre.

A toda minha família, tios, primos, pelo companheirismo e voto de confiança.

À Milene: amor, uma palavra sem definição, tudo define...

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do Ensino Médio e dos Cursos de Graduação e de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Aos Departamentos de Engenharia Civil (DEC) e de Solos (DPS), pela disponibilização da infra-estrutura necessária à realização desta pesquisa.

Aos Professores Eduardo Gomes Marques e Roberto Azevedo pelo apoio oferecido na formação dos pós-graduandos e ao trabalho de campo desta pesquisa.

Aos meus grandes amigos Wilson (Wiil!), André (meu irmão camarada), Othávio (Joovem!), Thatiana (Gente!!), Romina (vamo pra Belém?), Pedro João (esse é o cara!), Sandra Helenaá!, Alessandra (Lelê, você é 10!), pela forte amizade no longo tempo que trabalhamos, rimos e nos divertimos juntos. Sem esquecer da motivação extremamente importante, e consistentes contribuições realizadas neste trabalho. À Paola, Fernanda, Luana, Heber e aqueles que chegaram à pouco no Lab, Giuliana, Adauri, Luiz, Madson, Henrique, Rodrigo, Ronan, Marcos e Tiago.

Ao Gabriel e a Marlize, pela colaboração e pelo auxílio na realização dos ensaios geotécnicos.

Ao jovem Aníbal, meu caro irmão e companheiro, pela amizade que construímos, certamente, estaremos lado a lado pela frente.

Ao Dnilson Dias, pela colaboração nas análises estatísticas e pelas grandes idéias.

À Profa. Maria Lúcia Calijuri, pela orientação, pela atenção, pelo companheirismo, pela confiança e pelos ensinamentos, que nunca serão esquecidos.

Aos professores co-orientadores Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer e Dario Cardoso de Lima, pelo convívio e orientação que tanto contribuíram com minha formação e qualidade do presente trabalho.

À Profa. Maria do Carmo Calijuri, pela participação na banca colaboradora e por todo apoio direcionado a este trabalho.

Ao Prof. Silvio Crestana, então Diretor-Presidente da EMBRAPA, presente na banca de qualificação e na banca de tese, pela disponibilidade de participar deste trabalho e pelas valiosíssimas contribuições e sugestões.

Ao Prof. Elpidio Inácio Fernandes Filho e ao Prof. Felipe Nogueira Bello Simas, pela participação na banca de qualificação e contribuições realizadas.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pela troca de idéias e de experiências;

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil da UFV, pelo excelente convívio.

À Cristina Beatriz Schemes Costa (secretária da Pós-Graduação em Engenharia Civil) e Maria Cristina de Figueiredo (secretária do Departamento de Eng. Civil) pela paciência, pela atenção e pela presteza.

Ao pessoal do Laboratório de Geotecnia: prof. Paulo Sérgio, pelo apoio com os equipamentos do laboratório e pela orientação; Julinho, Geraldo e Paulo Afonso pelo apoio e pela colaboração.

Ao Marcos, Jorge, Dirceu, Janete, Cláudio, Cida e todos os técnicos do Departamento de Engenharia Civil da UFV pela colaboração.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **Biografia**

SAMUEL SANTANA PAES LOURES, filho de Carlindo Rosa Loures e Maria do Carmo Santana Paes Loures, é natural de Ponte Nova, Minas Gerais.

No período de 1996 à 1998 cursou o ensino médio no COLUNI – Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Em abril de 1999 ingressou no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. Foi bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa no período de 2002-2004, sob a orientação da Profa. Maria Lúcia Calijuri. Em janeiro de 2004, graduou-se Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2004 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, Área de Concentração em Geotecnia Ambiental, em nível de mestrado, passando em abril de 2005 para o nível de doutorado, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2008.

# Sumário

<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Considerações Gerais .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Abrangência e limitações do trabalho .....	3
1.4 Organização do trabalho.....	4
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Processos Erosivos .....	6
2.2 Classificação Geotécnica dos Solos .....	9
2.2.1 Classificação TRB .....	9
2.2.2 Sistema unificado de classificação de solos.....	10
2.2.3 Classificação MCT .....	11
2.3 Planejamento Integrado.....	13
2.4 Estudos Ambientais.....	13
2.5 Geoambiente e Pedogeomorfologia .....	15
2.6 Modelagem Ambiental .....	17
2.7 Zoneamento Ambiental .....	18
2.7.1 Metodologias de Zoneamento Ambiental .....	21
2.7.1.1 Metodologia de BECKER et al. (1997) .....	21
2.7.1.2 Metodologia de ZUQUETTE (1987).....	22
2.7.1.3 Metodologia de BEDÊ et al. (2000) – Mapeamento de Biótopos.....	23
2.8 Tomada de Decisões pelo Processo Hierárquico Analítico.....	24
2.9 Função de Produção .....	27
2.10 Caracterização da Área de Estudo .....	28
2.10.1 Aspectos Sócio-econômicos .....	29
2.10.2 Ocorrências de cheias na bacia .....	32
2.10.3 Geologia.....	35
2.10.4 Aspectos geomorfológicos.....	37
2.10.5 Hidrografia e Clima .....	41
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
3.1 Material .....	47



3.2	Métodos.....	49
3.2.1	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente – MDEHC.....	51
3.2.2	Carta de Declividade.....	51
3.2.3	Mapa de Uso do Solo.....	52
3.2.4	Coleta e Tratamento de dados de Precipitação .....	54
3.2.5	Mapa Geomorfológico.....	55
3.2.6	Mapa Pedológico .....	56
3.2.7	Caracterização Geotécnica.....	58
3.2.7.1	Método das Pastilhas.....	59
3.2.8	Mapa de Geoambientes.....	63
3.2.9	Carta de Suscetibilidade à Erosão.....	64
3.2.9.1	Fator Solos .....	65
3.2.9.2	Fator Geoambientes .....	66
3.2.9.3	Fator Uso do Solo .....	66
3.2.9.4	Fator Declividade.....	67
3.2.9.5	Fator Clima .....	67
3.2.9.6	Análise dos Fatores .....	69
3.2.10	Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal.....	72
3.3	Zoneamento de Áreas para Planejamento Estratégico .....	72
3.3.1	Função da Produção.....	78
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>79</b>
4.1	MDEHC .....	79
4.2	Carta de Declividade .....	79
4.3	Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal .....	82
4.4	Dados de Precipitação .....	86
4.5	Mapa Geomorfológico .....	87
4.6	Mapa Pedológico.....	89
4.7	Caracterização Geotécnica .....	97
4.8	Mapa de Geoambientes .....	100
4.9	Suscetibilidade à Erosão.....	112
4.10	Diagnóstico do Uso do Solo .....	118
4.10.1	Formações Florestais .....	120
4.10.2	Campo de Várzea.....	122
4.10.3	Capoeira.....	124
4.10.4	Área Urbanizada .....	125
4.10.5	Uso Agrícola.....	126
4.10.6	Pastagens .....	131
4.10.7	Mineração .....	133
4.10.8	Recursos Hídricos e Afloramentos Rochosos.....	133
4.11	Zoneamento para Áreas de Desenvolvimento.....	134
4.12	Discussões Gerais.....	143

<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>146</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>149</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>150</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>163</b>
8.1	Anexo 1 .....	163
8.1.1	Curvas Granulométricas – Primeira Amostragem .....	163
8.1.2	Curvas Granulométricas - Segunda amostragem.....	167
8.2	Anexo 2 - Descrição Morfológica Dos Solos.....	174
8.3	Anexo 3 .....	177
8.3.1	Classificação de solos segundo a USCS (ASTM, 1990).....	177
8.3.2	Gráfico de Plasticidade (ASTM, 1990) .....	178
8.3.3	Classificação dos solos segundo a TRB (DNER, 1996) .....	179
8.3.4	Gráfico de Classificação MCT pelo Método das Pastilhas (NAGOMI et al., 1996) .....	180

## Lista de Quadros

Quadro 2.1 Propriedades geotécnicas em função dos grupos MCT .....	12
Quadro 2.2 Classes de Declividade (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).....	52
Quadro 2.3 Postos Pluviométricos Seleccionados .....	55
Quadro 2.4 Ensaios de Caracterização Química (Embrapa, 1997) .....	58
Quadro 2.5 Classes de suscetibilidade à erosão para o fator solos.....	65
Quadro 2.6 Classes de suscetibilidade à erosão para o fator geoambientes .....	66
Quadro 2.7 Graus de proteção uso do solo .....	67
Quadro 2.8 Importância relativa entre os fatores – C1 .....	69
Quadro 2.9 Importância relativa entre os fatores – C2 .....	70
Quadro 2.10 Importância relativa entre os fatores – C3 .....	70
Quadro 2.11 Importância relativa entre os fatores – C4 .....	70
Quadro 2.12 Importância relativa entre os fatores – C5 .....	70
Quadro 2.13 Classificação segundo a Necessidade de Insumos .....	73
Quadro 2.14 Padronização para as classes pedológicas .....	73
Quadro 2.15 Valores atribuídos para as classes de declividade .....	74
Quadro 2.16 Valores atribuídos às classes de suscetibilidade à erosão .....	74
Quadro 2.17 Escalas de adequabilidade para os fatores.....	75
Quadro 2.18 Matriz de comparação par a par para seleção de áreas para o desenvolvimento.....	77
Quadro 2.19 Risco e Compensação para os Cenários Obtidos .....	77
Quadro 4.1 Quadro de Áreas das Classes de Declividade .....	79
Quadro 4.1 Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal .....	82
Quadro 4.3 Unidades Geomorfológicas .....	89
Quadro 4.4 Descrição da Associação dos Solos. ....	93
Quadro 4.5 Caracterização Geotécnica .....	94
Quadro 4.6 Análises Químicas.....	94
Quadro 4.7 Resultados obtidos nos ensaios de caracterização geotécnica.....	97
Quadro 4.8 Classificações TRB, USC e MCT.....	97
Quadro 4.9 Unidades Geoambientais.....	100
Quadro 4.10 Caracterização geral das unidades geoambientais das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu.....	102
Quadro 4.11 Descrição da Unidade Geoambiental A1 .....	103
Quadro 4.12 Descrição da Unidade Geoambiental B1 .....	104
Quadro 4.13 Descrição da Unidade Geoambiental B2 .....	105
Quadro 4.14 Descrição da Unidade Geoambiental C1 .....	106

Quadro 4.15 Descrição da Unidade Geoambiental D1 .....	107
Quadro 4.16 Descrição da Unidade Geoambiental D2 .....	108
Quadro 4.17 Descrição da Unidade Geoambiental D3 .....	109
Quadro 4.18 Descrição da Unidade Geoambiental D4 .....	110
Quadro 4.19 Descrição da Unidade Geoambiental D5 .....	111
Quadro 4.20 Uso do solo das sub-bacias hidrográficas do baixo Ribeira de Iguape, 1984, 1990 e 2006 .....	118
Quadro 4.21 Lavoura Plantada e Extração Vegetal em 2006 (IBGE, 2008c).....	126
Quadro 4.22 Distribuição e Taxa de Ocupação da Cultura de Banana por Classe de Solo .....	130
Quadro 4.23 Dados do censo agropecuário para Pecuária em 2006 (IBGE, 2008c).....	131
Quadro 8.1 Descrição Geral – Perfil 1 (2ª Coleta).....	174
Quadro 8.2 Descrição Geral – Perfil 2 (2ª Coleta).....	174
Quadro 8.3 Descrição Geral – Perfil 3 (2ª Coleta).....	175
Quadro 8.4 Descrição Geral – Perfil 4 (2ª Coleta).....	175
Quadro 8.5 Descrição Geral – Perfil 5 (2ª Coleta).....	176
Quadro 8.6 Descrição Geral – Perfil 5 (2ª Coleta).....	176
Quadro 8.7 Classificação de solos segundo a USCS .....	177
Quadro 8.8 Classificação dos solos segundo a TRB.....	179

## Lista de Figuras

Figura 2.1 Esquema de Classificação da Carta Síntese. Fonte: (Becker e Egler, 1997). .....	22
Figura 2.2 Espaço estratégico de decisão (RAMOS e MENDES, 2001).....	27
Figura 2.3 Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape. ....	28
Figura 2.4 Unidades de Conservação das sub-bacias estudadas .....	31
Figura 2.5 Localização dos municípios e sub-bacias hidrográficas estudadas.....	33
Figura 2.6 Sistema Viário das sub-bacias hidrográficas estudadas.....	34
Figura 2.7 Geologia da sub-bacia do rio Jacupiranga e rio Pariquera-Açu.....	36
Figura 2.8 Modelo Tridimensional com as divisões propostas para caracterização. ....	37
Figura 2.9 Relevo montanhoso com presença de mata atlântica preservada. ....	38
Figura 2.10 Obras especiais para controle de drenagem no talude de corte. ....	38
Figura 2.11 Obras especiais para controle de drenagem no talude natural. ....	39
Figura 2.12 Injeção de carbonatito.....	40
Figura 2.13 Presença de apatita no carbonatito.....	40
Figura 2.14 Hidrografia das sub-bacias do rio Jacupiranga e rio Pariquera-Açu.....	42
Figura 2.15 Mapa de clima da região sul de São Paulo (IBGE, 2008b) .....	43
Figura 3.1 Fluxograma da metodologia .....	46
Figura 3.2 Mosaico das cartas do IBGE para a área de estudo .....	48
Figura 3.3 Localização dos pontos de amostragem na primeira e segunda campanha. ....	50
Figura 3.4 Obtenção de um MDEHC, Fonte: Soares (2005). ....	51
Figura 3.5 Postos pluviométricos na região da área de estudo e adjacências. ....	54
Figura 3.6 Delimitação das unidades .....	57
Figura 3.7 Geologia referente à região mapeada.....	57
Figura 3.8 Anéis, agulha e pedra porosa .....	59
Figura 3.9 Cuba para reabsorção d'água .....	60
Figura 3.10 Espatulação e homogeneização da massa.....	61
Figura 3.11 Amostras moldadas em pastilhas.....	61
Figura 3.12 Medida da penetração a 1mm .....	62
Figura 3.13 Amostras em reabsorção d'água.....	63
Figura 3.14 Fluxograma da metodologia para elaboração da carta de suscetibilidade à erosão. 64	
Figura 3.15 Fatores para Análise de Suscetibilidade à Erosão.....	68
Figura 3.16 Espaço estratégico de decisão para análise WLC .....	70
Figura 3.17 Cenários para Análise de Suscetibilidade à Erosão .....	71
Figura 4.1 Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).....	80
Figura 4.2 Carta de Declividade.....	81
Figura 4.3 Mapa de Uso e Cobertura Vegetal do solo 1984 .....	83

Figura 4.4 Mapa de Uso e Cobertura Vegetal do solo 1990 .....	84
Figura 4.5 Mapa de Uso e Cobertura Vegetal do solo 2006 .....	85
Figura 4.6 Distribuição Mensal das Precipitações entre 1969 e 1996.....	86
Figura 4.7 Precipitação Média Anual.....	87
Figura 4.8 Mapa Geomorfológico.....	88
Figura 4.9 Mapa Pedológico .....	90
Figura 4.10 Disposição do Argissolo Acinzentado.....	92
Figura 4.11 Médias do parâmetro Declividade Média.....	95
Figura 4.12 Médias do parâmetro Altitude Média.....	95
Figura 4.13 Médias do parâmetro Densidade de Drenagem.....	95
Figura 4.14 Altitude máxima e mínima de ocorrência dos Solos.....	96
Figura 4.15 Mapa de Unidades Geoambientais .....	101
Figura 4.16 Suscetibilidade à erosão .....	113
Figura 4.17 Carta de Suscetibilidade à Erosão.....	114
Figura 4.18 Área ocupada pelos solos/Área Total - Classe Baixa .....	115
Figura 4.19 Área ocupada pelos solos/Área Total - Classe Média .....	115
Figura 4.20 Área ocupada pelos solos/ Área Total - Classe Alta.....	115
Figura 4.21 Área ocupada pelos solos/Área Total - Classe Muito Alta.....	115
Figura 4.22 Vias sobre a Carta de Suscetibilidade à Erosão .....	117
Figura 4.23 Ganhos e Perdas, km <sup>2</sup> , entre 1984 e 1990.....	119
Figura 4.24 Ganhos e Perdas, km <sup>2</sup> , entre 1990 e 2006.....	119
Figura 4.25 Ganhos e Perdas, km <sup>2</sup> , entre 1984 e 2006.....	120
Figura 4.26 Mata densa em relevo suave .....	121
Figura 4.27 Mata densa em relevo forte ondulado.....	121
Figura 4.28 Contribuições para alteração de Formações Florestais 1984 e 1990 (km <sup>2</sup> ) .....	122
Figura 4.29 Contribuições para alteração de Formações Florestais 1990 e 2006 (km <sup>2</sup> ) .....	122
Figura 4.30 Contribuições para alteração de Campos 1984 e 1990 (km <sup>2</sup> ) .....	123
Figura 4.31 Contribuições para alteração de Campos 1990 e 2006 (km <sup>2</sup> ) .....	123
Figura 4.32 Contribuições para alteração de Capoeira 1984 e 1990 (km <sup>2</sup> ).....	124
Figura 4.33 Contribuições para alteração de Capoeira 1990 e 2006 (km <sup>2</sup> ).....	125
Figura 4.34 Plantação de Banana .....	127
Figura 4.35 Plantação de Banana à Beira da BR-116 .....	127
Figura 4.36 Plantação de Chá, fonte: CPRM, 2008 .....	128
Figura 4.37 Plantação de Chá em Pariquera-Açu .....	128
Figura 4.38 Contribuições para alteração de Outras Culturas 1984 e 1990 (km <sup>2</sup> ) .....	129
Figura 4.39 Contribuições para alteração de Outras Culturas 1990 e 2006 (km <sup>2</sup> ) .....	129
Figura 4.40 Pastagens próximas à Serra de Cajati fonte: Google Earth (2008).....	131

Figura 4.41 Contribuições para alteração de Pastagem 1984 e 2006 (km <sup>2</sup> ) .....	132
Figura 4.42 Contribuições para alteração de Pastagem 1990 e 2006 (km <sup>2</sup> ) .....	132
Figura 4.43 Alterações no uso e meandros do rio Jacupiranga entre 1984 e 2006 .....	134
Figura 4.44 Carta de Potencial Agrícola .....	135
Figura 4.45 Cenários propostos para o Zoneamento .....	136
Figura 4.46 Áreas selecionadas para o Desenvolvimento Estratégico .....	138
Figura 4.47 Distribuição das Áreas Selecionadas por tipo de Uso .....	139
Figura 4.48 Distribuição das Áreas Selecionadas por classe de declividade .....	139
Figura 4.49 Distribuição das Áreas Selecionadas por município .....	139
Figura 8.1 P1 - PVA unidade b .....	163
Figura 8.2 P2 - PVA unidade a .....	163
Figura 8.3 P3 - CXbd1 .....	164
Figura 8.4 P4 - LAd .....	164
Figura 8.5 P5 - LVAd A .....	165
Figura 8.6 P6 - CXbd2 .....	165
Figura 8.7 P7 - LVAd B .....	166
Figura 8.8 P8 - GXbd2 A .....	166
Figura 8.9 P9 - GXbd1 .....	167
Figura 8.10 P1 - CxBd1 Horizonte B .....	167
Figura 8.11 P1 - CxBd1 Horizonte C .....	168
Figura 8.12 P2 - CxBd2 Horizonte B .....	168
Figura 8.13 P2 - CxBd2 Horizonte C .....	169
Figura 8.14 P3 - LA Horizonte B .....	169
Figura 8.15 P3 - LA Horizonte C .....	170
Figura 8.16 P4 - LVAd Horizonte B .....	170
Figura 8.17 P4 - LVAd Horizonte C .....	171
Figura 8.18 P5 - PVAd Horizonte B .....	171
Figura 8.19 P5 - PVAd Horizonte C .....	172
Figura 8.20 P6 - RLd Horizonte B .....	172
Figura 8.21 P6 - RLd Horizonte C .....	173
Figura 8.22 Gráfico de Plasticidade .....	178
Figura 8.23 Gráfico de Classificação MCT pelo Método das Pastilhas .....	180

## Resumo

LOURES, Samuel Santana Paes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2008. **Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.** Orientadora: Maria Lúcia Calijuri. Co-Orientadores: Dario Cardoso de Lima, Carlos Ernesto G. R. Schaefer.

Nesta pesquisa mapeou-se os solos, a geomorfologia e os geoambientes das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu. Identificou-se nove unidades de mapeamento pedológico: Cambissolo Háplicos fase relevo forte ondulado; Cambissolo Háplico fase relevo moderado; Gleissolo Háplico fase relevo plano a suave ondulado; Gleissolos Háplico fase relevo suave ondulado a ondulado; Latossolo Vermelho-Amarelo fase relevo ondulado; Latossolo Amarelo fase relevo forte ondulado; Argissolo Vermelho Amarelo; Chernossolo Argilúvico e Neossolo Litólico. A partir das unidades geomorfológicas definidas, obteve-se o Mapa de Geoambientes, que associou as características de relevo, de solos, de geologia e de cobertura vegetal da região estudada. Os solos coletados em viagens de campo foram analisados e caracterizados quimicamente e geotecnicamente. As análises químicas demonstraram que a maioria deles possuem baixa fertilidade e alto teor de alumínio, o que prejudica práticas agrícolas convencionais. Procedeu-se à caracterização geotécnica por meio de ensaios de granulometria, limites de Atterberg e método das pastilhas (metodologia MCT). Os solos apresentaram granulometria, em sua maioria argilo-siltosa e variabilidade quanto ao comportamento Laterítico e não laterítico. A metodologia MCT mostrou-se útil na comparação com resultados das metodologias de classificação mais utilizadas – USCS e TRB. Por meio da análise multicritério, selecionou-se fatores do meio físico para avaliação da suscetibilidade à erosão da área de estudo. Os fatores foram: a precipitação média anual, a carta de declividade, mapa de solos e o uso do solo e cobertura vegetal do ano 2006. A análise demonstrou que 48% da área encontra-se em classe de alta e alta suscetibilidade à erosão devido principalmente às características pedológicas e às altas declividades. Avaliou-se a atividade sócio-econômica por meio da análise entre imagens de satélite dos anos 1984, 1990 e 2006. As análises entre as alterações do uso mostraram a forte pressão antrópica observada entre 1984 e 1990, onde 24% da cobertura foi removida. Entre 1990 e 2006,



observou-se que a remoção de cobertura vegetal foi de 5%, demonstrando tendência à estabilização que pode estar associada às características pedológicas e geomorfológicas da região. Apesar desse quadro, as pastagens têm mostrado tendência forte de aumento da área ocupada, sempre associadas às antigas áreas agricultáveis, o que remete ao abandono de áreas, favorecendo a ocorrência de processos erosivos do solo pela remoção da cobertura vegetal. Para o zoneamento de áreas de desenvolvimento estratégico, 28.473 ha foram selecionados como áreas mais adequadas a partir da análise multicritério. Para esse fim, utilizaram-se todas as informações desenvolvidas ao longo desta pesquisa. As áreas selecionadas são propícias à utilização em sistemas agro-florestais e em pecuária, desde que estabelecido o manejo correto. Esse zoneamento, aliado a incentivos públicos de desenvolvimento local, revela potencial de alteração da qualidade de vida da população dos municípios envolvidos.

## **Abstract**

LOURES, Samuel Santana Paes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2008. **Environments, Land Use e Occupation and Strategic Zonning for sub-basins of Jacupiranga and Pariquera-Açu Rivers, Ribeira Valley, SP.** Advisor: Maria Lúcia Calijuri. Co-Advisors: Dario Cardoso de Lima and Carlos Ernesto G. R. Schaefer.

In this research were mapped soils, geomorphology and geo-environments of sub-basins of river Jacupiranga and river Pariquera-Açu. It was identified nine units of mapping pedological: Cambisol Haplics phase strong emphasis wavy; Haplic Cambisol moderate relief phase; Haplic Gleissol relief phase plan to gentle wavy; Haplic Gleissol relief phase to smooth wavy corrugated; Latosol red-yellow wavy relief phase; Latosol Yellow Strong relief phase wavy; Argisol Red Yellow; Argiluvic Chernossolo and Litolic Neossol. From the geomorphological units defined, returned to the map of Geo-environments, which joined the characteristics of topography, soils, geology and vegetation cover in the region studied. The samples of soils collected in the field were characterized in terms chemical and geotechnical. The chemical analysis showed that most soils have very low fertility and high levels of aluminum, which affect conventional farming practices. There has been geotechnical characterization through tests of size, the limits of Atterberg and the method of chips (MCT methodology). The soil had a larger majority of its size clay and silt, with variations on the behaviour Laterite. The MCT methodology proved to be useful in comparison with the methodologies of classification USCS and TRB, which are frequently used. Through multicriteria analysis were selected environment's factors for further assessment of the susceptibility to erosion of the study area. The factors were: the average annual rainfall, the map of slope, map of land use and soil and vegetation covering the year 2006. The analysis showed that 48% of the area is in the class of high and very high susceptibility to erosion due to soil characteristics and the high slope. Was evaluated the socio-economic activity through the analysis of satellite images between the years 1984, 1990 and 2006. The analyses between changes of use showed the strong pressure manmade observed between 1984 and 1990, where 24% of the cover was removed. Between 1990 and 2006, it was observed that the removal of vegetation cover was 5%, which demonstrates the stabilization trend that may be associated with soil and geomorphological features of the region. Despite this framework, the pastures have had strong tendency to

increase of its area covered, that progress is generally on the old areas of agriculture. This fact, cause the abandonment of areas and encourages the exposure and frequent occurrence of erosive soil by the lack of vegetation cover. For the zoning of areas of strategic development, 28,473 ha have been selected as the most appropriate from the multicriteria analysis. It was used all the information developed over this search. The selected areas are conducive to use in agro-forestry systems and livestock, provided that established the correct management. This zoning, coupled with public incentives for local development, has great potential to change the quality of life of the municipalities involved.

# 1 Introdução

---

## 1.1 Considerações Gerais

Toda obra de engenharia, seja ela de pequeno ou de grande porte, produz modificações na paisagem, alterando os aspectos que controlam a dinâmica natural do meio ambiente, principalmente solo-água. É de fundamental importância que os pesquisadores das ciências ambientais e das engenharias estejam preparados com técnicas de planejamento adequadas, além de produzir pesquisas, com vistas à preservação da dinâmica ambiental.

MARQUES (2000) ressalta que em regiões ou países deficientes em investimentos e mão-de-obra qualificada, a população está mais diretamente dependente dos recursos naturais, consubstanciados na “terra”. Isso faz com que os responsáveis pelas tomadas de decisão na área de planejamento detenham uma boa base constituinte de informações acerca da “terra”. O autor afirma que estas informações devem cobrir não só o conhecimento físico do território, mas também incluir a previsibilidade de prováveis impactos relativos à sustentabilidade ou degradação.

Para uma gestão territorial adequada do espaço físico, necessita-se de informações sobre os seus componentes abióticos e bióticos (rochas, relevo, solos, clima, hidrografia e vegetação), para integrá-los em uma única base de dados. Isto evita a dispersão de informações e reduz a dificuldade em correlacioná-los.

SILVA (2005) relata que uma caracterização relevante do ambiente é executada por meio da obtenção organizada de informações relativas ao meio físico e constitui um instrumento que auxilia o planejamento e o ordenamento territorial. Esse processo visa a adequação do uso, o controle e a proteção do ambiente às aspirações sociais e governamentais expressa em uma política ambiental.

O planejamento e o gerenciamento territorial requerem um bom diagnóstico da área de interesse, o qual deve abranger a caracterização fisiográfica, biológica e humana do local ou região, bem como as relações entre esses fatores. Isso possibilita a compreensão de sua dinâmica, indicando suas limitações e suas potencialidades para que se estabeleçam restrições legais adequadas subsidiando os planos e projetos de intervenção, sejam estes de cunho preventivo ou corretivo (BAPTISTA, 2005).

Neste contexto, o conceito geoambientes e zoneamento geoambiental são largamente utilizados por equipes de planejamento e diagnóstico. Os geoambientes são entidades espaciais que compõem um conjunto particular de características de vegetação, de solos, de substrato e de topografia homogêneas, com variabilidade mínima de acordo com a escala cartográfica adotada. O zoneamento geoambiental, de acordo com GRECCHI (1998), é obtido a partir da avaliação das características do meio físico e da classificação da área com relação às suas aptidões e suas restrições às atividades em desenvolvimento, possíveis de serem implantadas.

Para o desenvolvimento de um zoneamento geoambiental de uma determinada região é importante considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, uma vez que esta é uma maneira adequada de representar a dinâmica da natureza. Dessa forma, as sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, no estado de São Paulo, foram escolhidas como a região de estudo.

A seleção destas sub-bacias hidrográficas foi motivada pelo fato de sua área apresentar características bastante heterogêneas do ponto de vista geomorfológico, pedológico, geológico, geotécnico, hidrogeológico, mineral e ambiental. Isso porque a história geológica da região começa desde a Era Arqueana, cerca de 2,6 bilhões de anos atrás, até os tempos geológicos mais recentes. A formação da região envolveu vários eventos geotectônicos, sendo sustentada por uma variedade admirável de rochas de diversas origens, idades e composição mineral. Destaca-se também por possuir uma grande porção de mata primária conservada, extensas drenagens, cachoeiras e alagados naturais sendo de grande importância para a preservação do ecossistema Mata Atlântica.

Devido as grandes formações calcárias, a região apresenta uma extensa área com presença de cavernas, de grutas, de sumidouros, de dolinas, o que contribuiu para a UNESCO conferir em 1999 o título de Patrimônio Histórico e Ambiental da Humanidade ao Vale do Ribeira de Iguape. A atividade mineral na região é uma das mais importantes do país, destacando-se o fosfato, importante insumo agrícola, e o calcário, insumo da indústria de construção civil.

A região é a mais rica em serviços ambientais do estado de São Paulo, e, embora possua terras apropriadas para alguns cultivos e recursos minerais relativamente abundantes, preservou extensas áreas com vegetação natural intacta ou pouco modificada pelo homem, das quais grande parte são protegidas por legislação. Apesar da natural riqueza ambiental,

o Vale do Ribeira é também considerado como a região menos desenvolvida do Estado de São Paulo apresentando os menores índices populacionais e de desenvolvimento humano.

A realidade atual da região é pautada em conflitos existentes entre a urbanização, a agricultura, a exploração dos recursos minerais, a riqueza ambiental ameaçada e problemas sociais. A busca do desenvolvimento exploratório e a ausência de um planejamento direcional que considere as variáveis do meio físico podem levar a respostas insatisfatórias e a resultados inesperados, agravando os problemas ambientais.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho teve como objetivo realizar o zoneamento para áreas de desenvolvimento estratégico das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, considerando aspectos relativos ao meio físico e alterações de uso e ocupação do solo.

Foram objetivos específicos do trabalho:

- Mapear, quantificar e caracterizar química e geotecnicamente (sistemas USC, TRB e metodologia MCT) os solos das sub-bacias da área de estudo em escala 1:50.000;
- Identificação, mapeamento e quantificação dos geoambientes a partir das informações sobre solos, relevo, litologia e uso do solo nas sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, em escala 1:100.000;
- Avaliar a suscetibilidade à erosão da área de estudo por meio da análise estratégica de decisão;
- Analisar a evolução da ocupação e do uso do solo das sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu subsidiados em informações extraídas de Imagens Landsat 5 TM dos anos 1984, 1990 e 2006.

## **1.3 Abrangência e limitações do trabalho**

Esta pesquisa abordou os principais temas relacionados com levantamento do meio físico, onde incluiu-se geologia, geomorfologia, pedologia e geotecnia. A área de estudo selecionada foi a compreendida pelas sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, situadas no sul do estado de São Paulo, no conhecido Vale do Ribeira de Iguape. A região é carente economicamente perante o estado de São Paulo e, em contrapartida, conserva a maior área contínua de Mata Atlântica do Brasil.

A base cartográfica foi produzida em escala 1:100.000, através de base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e levantamentos de campo.

Os solos coletados foram caracterizados de forma a subsidiar tomadas de decisões futuras. Utilizou-se o ensaio de pastilha da metodologia Miniatura Compactada Tropical (MCT) para identificar o comportamento laterítico ou não laterítico do solo. Para esse fim, o material do ensaio foi confeccionado e adaptado para corresponder aos padrões indicados pelos autores do método.

Relacionou-se as informações produzidas na base cartográfica e a caracterização dos solos de forma a produzir uma carta de suscetibilidade à erosão. Nesse tema, a principal limitação foi a quantidade de amostras representativas. O ideal seria efetuar a coleta em diversos pontos para que houvesse significância estatística. Justifica-se para esse estudo a utilização de uma amostra para cada unidade, devido à escala do mapeamento.

Avaliou-se a atividade sócio-econômica por meio da análise temporal entre imagens de satélite. Essa análise completa e promove uma visão integrada da atuação antrópica e o meio físico.

Realizou-se, por fim, através da integração dos diversos temas estudados e abordados, um zoneamento para áreas de desenvolvimento estratégico. Dessa forma, obteve-se uma resposta científica que busca a melhoria da qualidade de vida do local, com o mínimo de degradação ao meio ambiente.

## **1.4 Organização do trabalho**

Este trabalho foi organizado em sete capítulos mais anexos, como segue:

- O capítulo 2 trata do referencial teórico sobre temas considerados relevantes. Abordou-se a classificação geotécnica, o processo de avaliação da paisagem, as unidades geoambientais, o zoneamento ambiental e o processo de tomada de decisão. Discorre ainda sobre a caracterização da área de estudo, considerando os aspectos fisiográficos relevantes, a fim de formar uma base teórica regional para os estudos aqui desenvolvidos;
- No capítulo 3 apresenta-se a metodologia utilizada nesta pesquisa e a maneira como os dados foram analisados;
- No capítulo 4 tem-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos;

- O capítulo 5 apresenta as discussões gerais;
- No capítulo 6 e 7 são apresentadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros;
- O capítulo 8 relaciona as referências bibliográficas utilizadas para este estudo;
- O Anexo 1 contém as curvas granulométricas dos perfis coletados;
- O Anexo 2 contém a descrição morfológica dos perfis de solos analisados e amostrados para a classificação geotécnica;
- O Anexo 3 apresenta as tabelas e gráficos utilizados em algumas classificações geotécnicas.



## 2 Revisão de Literatura

---

### 2.1 Processos Erosivos

A dinâmica superficial do relevo terrestre é responsável pela feição atual da superfície. O resultado dessa dinâmica, a paisagem, a geomorfologia, são objetos de estudo das ciências da engenharia, da geologia, da pedologia e da geografia. Pode-se dizer que uma paisagem somente estará completamente estudada quando puder ser corretamente descrita em termos de estrutura, processo e tempo, o que envolve conhecimentos multidisciplinares (JACINTO, 2006).

O entendimento do mecanismo de desencadeamento e de evolução dos processos erosivos não é simples, envolve o conhecimento de muitas variáveis e exige uma visão sistêmica do fenômeno. Dois são os elementos centrais responsáveis pelo desencadeamento do processo erosivo: a erosividade da água, elemento ativo, e a erodibilidade do solo, elemento passivo. Complementarmente, intervêm os fatores moduladores, facilitando ou dificultando o processo erosivo. Mesmo que a chuva, a declividade do terreno e a cobertura vegetal sejam as mesmas, alguns solos são mais susceptíveis ao destacamento e ao transporte de partículas pelos agentes de erosão que outros. Essa diferença, devido às propriedades do solo, é conhecida como erodibilidade do solo (CAMAPUM DE CARVALHO et. al., 2006).

Segundo os autores CAMAPUM DE CARVALHO (2006), os fatores moduladores atuam na erosão geológica juntamente com a formação dos solos, permitindo certo equilíbrio do sistema. Com o uso do solo, a alteração de um ou mais desses fatores permite a atuação de outros em desequilíbrio. Situam-se alguns fatores moduladores do processo erosivo:

- O clima e o regime de precipitação;
- O grau e tipo de intervenção no meio ambiente;
- O tipo de cobertura do solo;
- A taxa de impermeabilização/infiltração;
- O tipo de solo;
- A geomorfologia;
- A geologia;

O clima exerce influência no processo erosivo sob várias formas, através de agentes como o vento, a chuva, a neve e seu degelo. A chuva é o fator climático que exerce maior influência na erosão dos solos. Segundo PRUSKI (2006), a chuva constitui o agente responsável pela energia necessária para ocorrência da erosão hídrica, tanto pelo impacto direto das gotas sobre a superfície do solo quanto pela sua capacidade de produzir o escoamento superficial. O volume e a velocidade de escoamento dependem da intensidade, da duração e da frequência da chuva (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Quanto maior a intensidade da chuva, maior a perda de solo por erosão. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A intensidade, a frequência e a duração dos eventos de precipitação ao longo das estações do ano e as variações de temperatura diária são elementos importantes na determinação dos processos de intemperismo físico e/ou químico, condicionando a rápida degradação do solo, por efeito da lixiviação, da erosão e da compactação. Verifica-se que a natureza diferencial do manto de intemperismo e o próprio perfil do solo com seus horizontes de propriedades distintas podem afetar o fluxo das águas, seja na superfície ou em sub-superfície. Essas diferenciações, ao influírem na circulação das águas, podem afetar a dinâmica dos processos erosivos (JACINTO, 2006).

A cobertura vegetal exerce papel fundamental na defesa natural do terreno contra a erosão. Segundo SILVA et al. (2003), qualquer corpo, vivo ou não, que cubra o solo contra o impacto das gotas de chuvas constitui-se em cobertura do solo. Porém, conforme o tipo de cobertura, a proteção do solo será maior ou menor, uma vez que algumas coberturas favorecem o processo de infiltração de água e outras impermeabilizam totalmente o solo, como é o caso da pavimentação. A vegetação protege o solo, impede erosões, desmoronamentos de encostas e assoreamento dos corpos d'água.

Os solos apresentam inúmeras propriedades que conferem maior ou menor resistência à erodibilidade, que interferem na taxa de infiltração da água no solo e aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e da enxurrada. Dentre elas, destacam-se a textura, a densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica e o pH do solo (GUERRA, 2001).

O relevo é o principal agente controlador do escoamento superficial. E dentre os fatores topográficos, a declividade é, na maioria das vezes, o mais importante na evolução do processo erosivo. (PRUSKI, 2006). De acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO

(1999), o comprimento da encosta não é menos importante que o declive, pois, à medida que o caminho percorrido aumenta, as águas se tornam mais volumosas e a velocidade de escoamento aumenta progressivamente, juntamente com a energia resultante, traduzindo em maior erosão

De acordo com AMORIM (2000), o processo erosivo constitui-se na principal causa de degradação dos solos, trazendo como consequência, prejuízos ao setor agrícola e ao meio ambiente, com reflexos não só econômicos, mas também sociais.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), a erosão do solo causa a acumulação de sedimentos nas partes mais baixas dos terrenos, consistindo em materiais grosseiros. Entretanto, os mais finos, em muito maior volume, são transportados pelas enxurradas provocando, dentre outros:

- Redução da capacidade dos córregos e dos reservatórios – a sedimentação causa perda de capacidade de armazenamento dos reservatórios;
- Aumento dos custos das fontes de suprimento de água – o transporte de sedimentos afeta a qualidade da água e eleva os custos de tratamento para o consumo humano e outras finalidades nos reservatórios municipais e nas grandes indústrias. Numerosos processos industriais não toleram nem mesmo pequenas porções de sedimentos em suspensão na água. Isso envolve, quase sempre, significativos custos para a solução do problema (CARVALHO, 1994);
- Danos para a fauna silvestre e aquática – o sedimento em suspensão nos lagos e nos reservatórios prejudica o balanço de oxigênio dissolvido nas águas e obscurece a luz necessária ao crescimento das espécies aquáticas. Não havendo entrada de luz, cai a taxa de produção primária do ecossistema, afetando toda a cadeia alimentar (SILVA et al., 2003);
- Acréscimo dos custos de manutenção dos canais e rios navegáveis – o grande volume de material que deve ser retirado para conservar os leitos navegáveis aumenta os custos de dragagem;
- Diminuição do potencial de energia – reservatórios assoreados têm sua capacidade de armazenamento reduzida, resultando em diminuição do potencial de energia;
- Acréscimo dos custos dos caminhos e das estradas – após grandes chuvas é comum estradas e caminhos bloqueados por sedimentos, necessitando de grandes gastos para sua limpeza e reparo dos estragos;

- Questões de irrigação e drenagem – a capacidade dos sistemas de irrigação é diminuída pela sedimentação, pois o material erodido e sedimentado é depositado, dificultando a drenagem, com redução da fertilidade das terras e conseqüente diminuição da sua produção;
- Prejuízos em municípios e em edificações devido às enchentes.

O solo, as áreas alagadas e a água são componentes ambientais fundamentais à manutenção da vida. Esses recursos estão se tornando mais limitados e cruciais com o crescente aumento populacional humano. A importância da conservação da produtividade do solo e da proteção da qualidade do solo, dos sistemas de transição e da água é inquestionável (MINOTI, 2006).

## **2.2 Classificação Geotécnica dos Solos**

No Brasil, as classificações geotécnicas mais utilizadas são o Sistema Unificado de Classificação de Solos (USCS) e o sistema *Transportation Research Board* (TRB), da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Essas classificações, desenvolvidas para regiões temperadas, apresentam limitações para emprego em regiões tropicais, uma vez que se baseiam em análise granulométrica e limites de consistência dos solos.

Algumas dessas limitações ocorrem principalmente em razão das diferenças existentes entre os solos de regiões tropicais e de regiões temperadas, principalmente quanto à natureza das frações argila e areia. Pode-se citar como limitação a baixa repetibilidade dos resultados dos ensaios, de falta de correlação da classificação e o comportamento geotécnico observado (propriedades mecânicas e hidráulicas), como destacam FORTES et al, (2002).

NOGAMI E VILLIBOR (1995) propuseram uma nova sistemática de classificação denominada Miniatura, Compactada, Tropical (MCT), visando sobretudo agrupar os solos tropicais de acordo com suas peculiaridades de comportamento sob o ponto de vista mecânico e hidráulico.

### **2.2.1 Classificação TRB**

A classificação *Transportation Research Board* (TRB) teve por base o sistema criado nos Estados Unidos na década de 1920 pelo *Public Roads Administration*. Essa classificação

relaciona os solos em grupos e subgrupos, de acordo com critérios de granulometria e plasticidade (ASTM, 1990).

Nesse sistema, os solos são divididos em materiais granulares e materiais siltosos e argilosos, de acordo com a quantidade de material que passa na peneira de nº 200, seja esta menor ou maior do que 35%, respectivamente. Os solos granulares compreendem os grupos A-1 (subdividido em A-1-a e A-1-b), A-2 (subdividido em A-2-4, A-2-5, A-2-6 e A-2-7), e A-3. Os solos siltosos e argilosos pertencem aos grupos A-4, A-5, A-6, A-7 (subdividido em A-7-5 e A-7-6).

Para utilização do sistema TRB, executam-se ensaios de granulometria por peneiramento, limites de liquidez e de plasticidade, devendo-se determinar também o índice de grupo (IG) que, de acordo com esta classificação, informa sobre a possível capacidade de suporte do terreno de fundação de uma estrada. Utilizam-se os dados de granulometria (curva granulométrica), limite de liquidez, índice de plasticidade para obter-se o grupo ao qual o solo ensaiado pertence. Essa classificação possui limitações quando aplicada em regiões de clima tropical devido às peculiaridades já mencionadas dos solos recorrentes nessas regiões.

### **2.2.2 Sistema unificado de classificação de solos**

O Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano adotou em 1942 a classificação visual e tátil desenvolvida por Arthur Casagrande. Esse sistema, posteriormente, foi modificado e adotado pelo *U.S. Bureau of Reclamation*, sendo denominado “Unified Soil Classification System (USCS).

As principais classes de solos identificadas pela classificação USC são: solos grossos - aqueles que apresentam mais de 50% dos seus grãos retidos na peneira de abertura nominal de 0,074 mm (#200); solos finos - aqueles que apresentam mais de 50% dos seus grãos passados na peneira de abertura nominal de 0,074 mm (#200); e solos altamente orgânicos - apresentam elevado teor de matéria orgânica.

A análise granulométrica e os limites de Atterberg são parâmetros determinantes para essa classificação. Os solos são classificados, de acordo com o tamanho dos grãos, em pedregulho, areia, silte ou argila. Os pedregulhos e areias subdividem-se em bem graduados, graduação média, mal graduados, siltosos e argilosos. Os siltes subdividem-se

em siltes de baixa plasticidade, orgânicos e de alta plasticidade, ou elásticos. As argilas subdividem-se em pouco plásticas, muito plásticas e orgânicas.

### **2.2.3 Classificação MCT**

A metodologia MCT divide os solos em dois grandes grupos: o grupo dos solos de comportamento laterítico e o grupo dos solos de comportamento não laterítico. (NOGAMI E VILLIBOR, 1995).

De acordo com essa metodologia, os solos de comportamento laterítico são designados pela letra L, sendo subdivididos em três grupos: LA - areia laterítica quartzosa; LA' - solo arenoso laterítico e LG' - solo argiloso laterítico. Os solos de comportamento não laterítico, são designados pela letra N, sendo subdivididos em quatro grupos: NA – areias, siltes e misturas de areias e siltes com predominância de grão de quartzo e/ou mica, não laterítico; NA' – misturas de areias quartzosas com finos de comportamento não laterítico (solo arenoso); NS' – solo siltoso não laterítico e NG' – solo argiloso não laterítico.

O conhecimento do comportamento laterítico ou não laterítico dos solos permite inferir características preliminares como capacidade de suporte, expansibilidade e suscetibilidade à erosão. O Quadro 2.1 apresenta as propriedades geotécnicas em função de cada grupo, considerando o comportamento mecânico dos solos em obras viárias. Os solos são classificados através dos índices  $c'$ , que traduzem o caráter argiloso do solo em análise e  $e'$ , que expressam o caráter laterítico.

Quadro 2.1 Propriedades geotécnicas em função dos grupos MCT

COMPORTAMENTO		N = NÃO LATERÍTICO				L = LATERÍTICO			
GRUPO	MCT		NA	NA'	NS'	NG'	LA	LA'	LG'
Propriedades	MINI CBR	Sem imersão	M, E	E	M, E	E	E	E, EE	E
		Com imersão	M, E	M, E	B, M	E	E	E	E
	EXPANSÃO		B	B	E	M, E	B	B	B
	CONTRAÇÃO		B	B, M	M	M, E	B	B, M	M, E
	COEF. PERMEABILIDADE (K)		M, E	B	B, M	B, M	B, M	B	B
COEF. SORÇÃO (S)		E	B, M	E	M, E	B	B	B	
Utilização ( ordem de preferência)	Base de Pavimento		NR	4.º	NR	NR	2.º	1.º	3.º
	Reforço do Subleito		4.º	5.º	NR	NR	2.º	1.º	3.º
	Subleito Compactado		4.º	5.º	7.º	6.º	2.º	1.º	3.º
	Aterro Compactado (corpo)		4.º	5.º	6.º	7.º	2.º	1.º	3.º
	Proteção à erosão		NR	3.º	NR	NR	NR	2.º	1.º
Revestimento Primário		5.º	3.º	NR	NR	4.º	1.º	2.º	
Corpos de prova compactados na massa específica aparente seca máxima próxima da energia normal		Mini- CBR (%) sobrecarga padrão	Expansão (%) Contração (%)		Coef. sorção (S) log (cm/V mm)		Coef. de permeabilidade (K) log (cm/s)		
B = baixo (a)		<4	< 0,5		< (-2)		< (-6)		
M = médio (a)		4 a 12	0,5 a 3		(-2) a (-1)		(-6) a (-3)		
E = elevado (a)		12 a 30	> 3		> (-1)		> (-3)		
EE = muito elevad(a)		>30							

fonte: Nogami e Villibor (1995)

Do ponto de vista prático, a identificação dos solos conhecidos genericamente como lateríticos, assume importância especial, quando o estudo visa aplicações em pavimentação, observando boas características de capacidade de suporte e baixa suscetibilidade à erosão. Vale ressaltar que, em obras geotécnicas, as conseqüências são de grande importância. Muitas vezes existe necessidade de mudança de traçado de vias imposto por voçorocas, ou mesmo de manutenção de corte e aterros de vias por problemas de erosão laminar ou linear.

Os resultados obtidos pela interpretação genético-geotécnica permitem, geralmente, elaborar mapas de distribuição dos principais tipos de ocorrência de solos utilizáveis para o planejamento das etapas de maior detalhamento do estudo geotécnico, para aplicação direta na elaboração de anteprojeto de obras viárias e para estudos que envolvem a análise de estruturação dos solos, como a suscetibilidade a processos erosivos (NOGAMI e VILLIBOR, 1995).

As informações obtidas em estudos dessa natureza, aliados ao conhecimento pedológico, geológico e geomorfológico tornam-se um excelente instrumento de planejamento, que permite caracterizar o meio físico de forma mais adequada para uma determinada região.

## **2.3 Planejamento Integrado**

A necessidade de promover a recuperação ambiental e a manutenção de recursos naturais escassos, como a água, fez com que o conceito de bacia hidrográfica passasse a ser difundido e consolidado, tendo-se observado o fato de que ela extrapolava os limites político-administrativos das regiões.

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área total drenada por um rio e seus tributários. Cada bacia hidrográfica, unidade geomorfológica fundamental, é formada por um conjunto de sub-bacias superpostas (CALIJURI e BUBEL, 2004).

Para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água, foi preciso reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico, que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto em uma área. Foi preciso também entender como os recursos naturais estão interligados e são dependentes. Ou seja, quando o curso de um rio é alterado para levar esgotos para longe de uma determinada área, acaba por poluir outra. Da mesma forma, a impermeabilização do solo em uma região provoca o escoamento das águas para outra, que passa a sofrer com enchentes. Diante disso, tornou-se necessário reconhecer, na dinâmica das águas, que os limites geográficos para trabalhar o equilíbrio ecológico devem ser os da bacia hidrográfica, ou seja, o espaço territorial determinado e definido pelo escoamento, pela drenagem e pela influência da água, do ciclo hidrológico na superfície da Terra e não as divisões políticas definidas pela sociedade, como municípios, estados e países, que não comportam a dinâmica da natureza (EMATER, 2003).

## **2.4 Estudos Ambientais**

O estudo do meio físico, no contexto da pesquisa ambiental sem uma interpretação multidisciplinar conjugada, resulta com frequência, em quantidades desproporcionais de informações temáticas, além de negligenciar as divisões da escala humana do tempo. No entanto, os impactos gerados na macroescala podem dissipar um processo em cadeia, modificando os sistemas em todos os níveis posteriores (FORNASARI FILHO, 1998).

Segundo URBAN (1996), os tomadores de decisão demandam informações sobre espécies em particular e sobre locais específicos, e as suposições de prognósticos em escalas globais frequentemente não são satisfatórias nas escalas relevantes para o manejo dos ecossistemas ou a avaliação de impactos ambientais.



De forma geral, o estudo da paisagem, assim como o manejo dos ecossistemas, envolve o monitoramento de grandes áreas ao longo de escalas temporais. Em muitos casos, a complexidade dos processos estudados e as grandes extensões envolvidas resultam em problemas logísticos que dificultam a condução de experimentos, o teste de hipóteses e a geração de previsões detalhadas. No sentido de contornar essas dificuldades, algumas estratégias são: a amostragem da paisagem em múltipla escala e a integração de modelos nos planos de amostragem das paisagens (URBAN, 2000).

A primeira consiste em coletar amostras de modo que cubram a maior parte da área de estudo, mas ao mesmo tempo, localizadas suficientemente próximas umas das outras para capturar os padrões em pequenas escalas. A segunda estratégia consiste em pré-selecionar as observações que podem, da melhor forma possível, auxiliar na interpretação dos padrões da paisagem e no monitoramento de sua variação ao longo do tempo (URBAN, 2000).

Segundo SCHAEFER et al. (2000), a ecologia da paisagem é o estudo das inter-relações dos fenômenos da geosfera e da biosfera, sua dinâmica e processos funcionais, que definem a ecologia da paisagem. Esses estudos abrangem a paisagem humana e envolvem graus de modificação (interferência) antrópica. Levam em conta fatores socioeconômicos, além de ecológicos. É um conceito que agrega muitas das ciências tradicionalmente envolvidas com o meio ambiente, dentro de um paradigma diferenciado, de visão holística e abrangente, integrando os diferentes aspectos da paisagem numa visão orgânica.

A estratificação ambiental atende aos princípios da ecologia da paisagem na medida em que os ambientes identificados não representam condições ideais de equilíbrio, mais tendências dinâmicas ao clímax pedobioclimático, com mecanismos permanentes e cíclicos de adaptação e retroalimentação, que levam ao aparente “equilíbrio” atual. O tipo de ocupação e uso de diferentes ambientes pelo homem estão intimamente ligados às características do meio físico, sendo essencial o conhecimento das peculiaridades de cada situação para o planejamento eficiente da gestão ambiental (SIMAS, 2002).

As perspectivas envolvendo as análises ecológica, geográfica e ambiental englobam estudos que consideram a complexidade do sistema e o estudo das suas partes componentes. A abordagem sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de alinhamento (CHRISTOFOLETTI, 1999).

## 2.5 Geoambiente e Pedogeomorfologia

Segundo TRICART (1977), a dinâmica do meio ambiente e dos ecossistemas é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos quanto à dinâmica do meio biótico. Ambos os aspectos são estreitamente relacionados entre si, refletindo as interações entre o ser vivo e seu habitat.

TURNER (1990) salienta que a compreensão da evolução da paisagem se manifesta com o decorrer do tempo. Qualquer alteração na sua dinâmica natural é associada à ocorrência de um desequilíbrio, sendo de origem antropogênica ou não. Estas perturbações e alterações contribuem para produzir uma estrutura específica de paisagem.

As paisagens naturais diferenciam-se pelos atributos climáticos, geológicos, de relevo, solos, cobertura vegetal, entre outros. Uma visão integradora dos vários componentes pressupõe a capacidade de associar os fenômenos correlatos e interdependentes, que tornam o estudo da paisagem algo complexo (SCHAEFER et al, 2000).

Os autores RICHIE e TONNEAU (1989) conceituaram unidade geoambiental como sendo uma entidade espacial constituindo um conjunto específico de atributos de solos, de vegetação, de substrato e de topografia, homogêneo e repetível, com variabilidade mínima de acordo com a escala cartográfica. Para DIAS (2000), o geoambiente é definido como ambiente geográfico que numa extensão territorial apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse ou a maioria deles.

O conceito geoambiente é diverso de pedopaisagem, onde subtende-se que as unidades pedogeográficas possam necessariamente ser identificadas em campo. A pedopaisagem é a manifestação das propriedades intrínsecas do solo, em estreita correlação com atributos em paisagens diferenciadas. As correlações existentes entre limites estreitos de variabilidade em áreas geograficamente separadas permite que o levantamento e o mapeamento dos solos sejam realizados (CHARMELO, 2000).

As pedopaisagens constituem um instrumento auxiliar dos pedólogos nos levantamentos de solos, sendo facilmente reconhecíveis no campo e identificadas em imagens de sensores remotos, constituindo objeto de separação de ambientes naturais. (CHARMELO, 2000).

A partir da década de 80, a geomorfologia caracterizou-se por enfatizar os problemas ambientais. Os geomorfólogos passaram a demonstrar aos planejadores a importância na tomada de decisões dos estudos geomorfológicos na gestão ambiental, principalmente no

que diz respeito ao planejamento da ocupação territorial e aos diferentes usos da água. A geomorfologia pode ser utilizada para obter uma visão integradora do ambiente, pois procura compreender a evolução espaço-temporal dos processos do modelado terrestre em um determinado ambiente. Ou seja, o modelado da paisagem é uma evidência que se manifesta da interação de fenômenos de naturezas diversas, como por exemplo: geológicas, pedológicas, climáticas, hidrológicas, socioeconômicas, culturais, políticas, etc. (GUERRA e BATISTA, 1996).

A geomorfologia privilegia o estudo da dinâmica das bacias hidrográficas que, por serem sistemas abertos, estão sujeitas a ganhos e perdas de energia e a matéria. Esses processos de ganhos e perdas ocorrem, em primeira instância, pela energia recebida tanto das forças endógenas ou tectônicas, quanto das exógenas ou climáticas, e, em um segundo momento, pela saída considerável de parte dessa energia por meio de fluxos energéticos como: o desprendimento de calor latente, a saída da água (evapotranspiração e descarga, tanto superficial como subterrânea), a erosão e as perdas de material solúvel. As conseqüências desse processo de ganhos e de perdas são ajustes nos equilíbrios químicos, na redistribuição de materiais, na evolução dos modelados e nos processos associados (CHARMELO, 2000).

As relações entre os solos e as geoformas têm sido usadas como base para muitos levantamentos integrados, combinando elementos pedológicos, geomorfológicos e da vegetação, como os levantamentos de recursos naturais e de sistemas da terra, incluindo obviamente os de solos, a avaliação da terra e o planejamento de seu uso (DAVIDSON, 1980). Mesmo em nível generalizado, são bem conhecidas no Brasil as inter-relações fundamentais entre as ocorrências de classes de solos e as paisagens (unidades de relevo) que lhes são características, bem como os aspectos fitofisionômicos da vegetação natural (PALMERI e LARACH, 1996).

## **2.6 Modelagem Ambiental**

A modelagem ambiental não é uma nova descoberta, tampouco uma nova atividade. Ela vem sendo desenvolvida através dos séculos. Ao utilizar-se de um modelo, busca-se respostas a uma determinada situação possível de ser simulada. No entanto, a utilização de um modelo exige que o usuário possua conhecimentos sobre processos e eventos que estão sendo simulados para que a simulação seja a mais próxima possível da realidade (JAMES e HUNTLEY, 1990).

Um modelo é uma abstração da realidade projetada para realizar uma tarefa específica. Os modelos matemáticos utilizam equações que simulam vários cenários e eventos e prevêm ou simulam impactos, sendo os mesmos uma hipótese sobre o sistema que representam (SAGGIO, 1992). Segundo o autor, o objetivo principal da modelagem não é produzir uma cópia exata do ecossistema, mas sim tentar reproduzir as características relevantes para o tratamento de uma determinada questão, podendo o ecossistema ser modelado de diferentes maneiras, de acordo com as informações disponíveis e os propósitos do projeto.

Uma função dos modelos é servir como instrumento para o planejamento. O planejamento envolve-se em realizar previsões, considerando as implicações de planos alternativos sem os custos de esperar ou de colocá-los em prática. A simulação pode ser feita desde uma simples projeção ou tendência para sistemas complexos em sua distribuição espacial. Caso as previsões sejam corretas, pode-se tomar decisões e fazer escolhas entre os cenários simulados pela modelagem (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O manejo e o planejamento devem integrar as várias atividades humanas desenvolvidas na área da bacia hidrográfica com os impactos resultantes à qualidade dos meios físico e biótico. Para tanto, é necessário a utilização de ferramentas de apoio à decisão que permitam simular vários cenários e comparar as respostas de cada um. As ferramentas necessárias, em geral, são modelos capazes de simular esses dados, integrando dados de sistemas georreferenciados (SIG) e de evolução da ocupação e da cobertura vegetal do solo.

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1999) entre as diversas técnicas que servem de suporte à elaboração e a estudos sobre as reações ocorrentes nos sistemas ambientais, ecológicos, econômicos e sociais destaca-se a função da modelagem. O uso de modelos é

empregado para avaliar os efeitos que se desenvolvem em amplo espectro de fenômenos, tais como no tocante às mudanças no uso das terras, emissão de poluentes, mudanças climáticas, modificações nos canais fluviais, mudanças nas condições de estuários, erosão e manejo de bacias hidrográficas.

Modelos de simulação espacial visam auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e dos processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como eles evoluem diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais (RODRIGUES, 2007).

## **2.7 Zoneamento Ambiental**

Segundo TRICART (1977), a gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema, ou seja, determinar a taxa aceitável de extração de recursos, com redução do impacto (menor degradação) no ecossistema, ou determinar quais as medidas que devem ser tomadas para permitir mais extração sem comprometer a sustentabilidade. Esse tipo de avaliação exige bom conhecimento do funcionamento do ecossistema a ser caracterizado.

Fundamentado em conceitos elaborados por TRICART (1977), buscando uma associação entre a ecodinâmica e as relações com a morfogênese e a pedogênese, CREPANI et al. (1996) desenvolveram uma metodologia de caracterização do meio físico, considerando o seu potencial erosivo, auxiliado por técnicas de geoprocessamento e uso de imagens de satélite. Tal metodologia permitiu a elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão como um suporte ao planejamento integrado, a fim de subsidiar o zoneamento ecológico-econômico.

De acordo com MONTAÑO et al. (2007), o zoneamento ambiental como instrumento estratégico de planejamento apresenta como principal qualidade a possibilidade de inserção da variável ambiental em diferentes momentos do processo de tomada de decisão, desde a formulação de estratégias de desenvolvimento até a decisão sobre a ocupação para a implantação de uma determinada atividade. O autor ressalta que o zoneamento é adequado para obtenção de respostas amplas com relação à viabilidade da ocupação do território em bases ambientalmente sustentáveis

Ao analisar-se os Estudos de Impacto Ambiental - EIA, pode-se dizer que o seu cerne está associado ao estudo de viabilidade ambiental do empreendimento, que abriga o estudo de alternativas de localização e tecnológicas e, para sua efetivação, há necessidade de prévia elaboração do diagnóstico ambiental (artigo 6º, inciso I da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 01/86). Numa situação ideal, as informações ambientais que devem ser necessariamente consideradas pelo empreendedor durante a elaboração de um EIA, deveriam estar contidas em um zoneamento ambiental (OLIVEIRA, 2004).

SABATINI et al. (2006) avaliaram os efeitos de inovações em zoneamento de áreas e suas implicações para conservação da biodiversidade através da formulação de um método quantitativo. Para os autores, o zoneamento ambiental mostra-se como importante ferramenta para o planejamento do uso do solo para evidenciar os possíveis conflitos de uso e minimizando planos ineficientes.

Dentre os mecanismos de planejamento à disposição do Poder Público passíveis de serem utilizados no planejamento territorial, é possível perceber que, nos anos recentes, o zoneamento ambiental tem se destacado entre as políticas públicas como um instrumento estratégico de planejamento regional, que busca a compatibilização entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental. Entretanto, apesar de sua crescente utilização, a prática envolvendo a aplicação deste instrumento é caracterizada pela ausência de uma definição a respeito de suas reais atribuições (MONTAÑO, 2002).

O zoneamento ambiental pode ser caracterizado como instrumento de auxílio no planejamento e no ordenamento territorial, seja em escala regional ou local, pois possibilita a caracterização de áreas quanto às suas aptidões e suas restrições às atividades já em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas, além de indicar aquelas a serem preservadas (GRECCHI, 1998).

MORAES e LORANDI (2004) consideram que o zoneamento ambiental tem por propósito a ordenação espacial do território com base em suas características bióticas e abióticas, podendo ser aplicado a qualquer sistema ambiental contendo um mosaico de unidades da paisagem relativamente homogêneo, na perspectiva do conhecimento integrado das individualidades e da dinâmica de funcionamento dessas unidades.

Recomenda-se o Sistema de Informação Geográfica como ferramenta básica e efetiva para análise e para zoneamento do processo de uso do solo. Em seu estudo, LIN (2000)

comprovou como informações úteis podem ser extraídas de uma base de mapas. Verificou que o zoneamento por tentativas pode ser analisado computacionalmente, e diferentes políticas podem ser recomendadas através da correlação de diferentes informações.

ZUQUETTE et al. (2004a) utilizaram o zoneamento com base em um mapeamento geológico-ambiental para a região metropolitana de Fortaleza – CE, através de cinco grupos de atributos principais: gênese, granulometria e textura do material solto, litologia e classe de declividade. As unidades foram analisadas para suscetibilidade e risco geológico e adequabilidade para áreas de disposição de resíduos, em condições de fundação e de escavação. O resultado final demonstra uma idéia geral da distribuição dos solos, das rochas, dos aspectos geomorfológicos, das características geotécnicas e dos problemas ambientais, fornecendo subsídio para o planejamento e indicações de áreas que requerem estudos mais detalhados.

O conceito de zoneamento ecológico-econômico no Brasil, segundo NITSH (1998), está ligado ao planejamento agrícola e à regulação do solo urbano. O primeiro diz respeito ao planejamento agrícola sob a forma dos zoneamentos agro-ecológicos ou agrícolas, nos quais se faz um estudo da aptidão dos solos e do clima de uma dada área para diversos tipos de cultura, ou, ao contrário, procura-se identificar as áreas mais adequadas para uma determinada cultura. Dessa forma, o zoneamento figura como instrumento técnico, de caráter indicativo, que subsidia o agricultor em suas decisões de investimento, ou o setor público no que concerne à concessão de créditos para a agricultura. A segunda refere-se a instrumentos legais e normativos que conferem ao zoneamento o caráter público e governamental para tomadas de decisão em nível nacional, estadual e municipal.

Segundo BECKER et al. (1997), são vantagens do Zoneamento Ecológico-Econômico:

- 1 – Instrumento técnico de informação integrada sobre o território, em bases geográficas, classificando-o segundo suas potencialidades e suas vulnerabilidades;
- 2 – Instrumento político de regulação do uso do território, com possibilidade de integrar as políticas públicas, aumentar a eficácia da intervenção pública na gestão do território e construir parcerias;
- 3 – Instrumento de planejamento e de gestão territorial não apenas corretivo, mas estimulador do desenvolvimento sustentável.

O zoneamento ambiental, instrumento de suporte à decisão preconizado pela Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, só foi efetivamente regulamentado no Brasil pelo Decreto 4.297/02, que fez valer a denominação de Zoneamento Ecológico-Econômico.

## **2.7.1 Metodologias de Zoneamento Ambiental**

### **2.7.1.1 Metodologia de BECKER et al. (1997)**

Esta metodologia foi proposta a fim de compatibilizar os procedimentos para execução do Zoneamento Ecológico-Econômico dos estados da Amazônia Legal. Consiste na elaboração de três cartas, sendo duas temáticas (vulnerabilidade natural e potencial social) e uma carta síntese de subsídio à gestão do território baseada nos níveis de sustentabilidade e na legislação vigente.

A carta de Vulnerabilidade Natural é elaborada a partir de informações adquiridas em Imagens de Satélite sensor TM/Landsat, geologia, geomorfologia e solos. As informações obtidas são associadas a fim de caracterizar cada uma das unidades, considerando a relação entre os processos de morfogênese e de pedogênese.

Para a carta temática de Potencialidade Social são levados em consideração dados socioeconômicos como sistema viário, divisão territorial, censos demográficos, população agrícola, áreas de lavra, entre outros. São preparados os planos de informações complementares, constituindo um banco de dados socioeconômicos georreferenciado para a avaliação da potencialidade social das unidades territoriais.

Por fim, faz-se uma avaliação dos graus de sustentabilidade do meio a partir do relacionamento entre as cartas de vulnerabilidade natural e de potencialidade social das unidades territoriais definindo, assim, os níveis de sustentabilidade de uso do território. Elabora-se um plano de informações com as áreas protegidas por lei de uso restrito para subsidiar o planejamento final. Faz-se uma sobreposição do plano de informação dos níveis de sustentabilidade com a legislação atual de ordenamento do uso do território, classificando-as segundo o esquema da Figura 2.1.



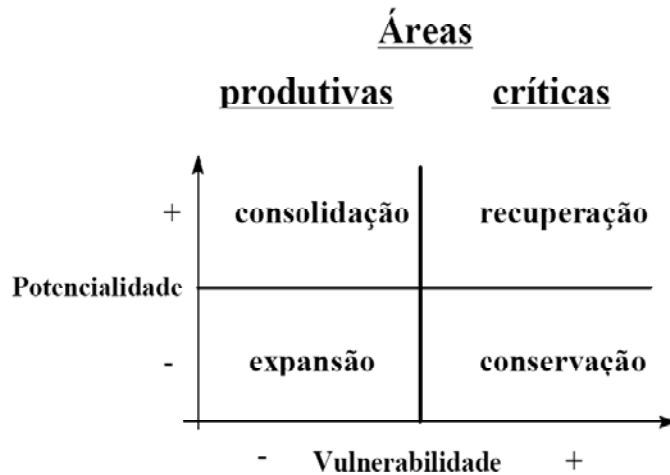


Figura 2.1 Esquema de Classificação da Carta Síntese. Fonte: (Becker e Egler, 1997).

As unidades territoriais podem ser agrupadas em áreas produtivas (consolidadas ou de expansão), em áreas críticas (conservação, recuperação) e em áreas institucionais (preservação permanente, uso restrito e controlado, interesse estratégico).

### 2.7.1.2 Metodologia de ZUQUETTE (1987)

A carta de zoneamento ambiental, proposta por ZUQUETTE (1987) corresponde a uma cartografia geotécnica, referindo-se à avaliação do contexto global das potencialidades do meio físico.

Para a obtenção da carta de zoneamento ambiental faz-se necessário analisar documentos cartográficos preliminares, os quais são divididos em quatro grupos:

- Documentos Fundamentais Básicos – mapa de substrato rochoso, mapa de qualidade das águas, mapa de *landforms*, (formas de relevo, geomorfologia), mapa de bacias hidrográficas, mapa de documentação, etc.;
- Cartas Fundamentais de Síntese – mapa de condições geológico-geotécnicas, etc;
- Cartas Derivadas ou Interpretativas - carta de potencial ao escoamento superficial, carta de potencial ao movimento de massa, carta de zona de recarga de aquífero, carta para disposição de rejeitos e resíduos, etc;
- Cartas Analíticas Básicas – carta de probabilidade de ocorrência de eventos naturais, carta de possibilidade de ocorrer eventos perigosos, etc.

Uma observação importante considerada por ZUQUETTE (1987), é que se deve admitir um critério rigoroso na seleção dos atributos a serem considerados e suas respectivas

classificações, as quais devem atender diretamente às solicitações do trabalho. Isso é possível por meio da hierarquização de cada componente para o detalhamento da região. A priorização adequada dos atributos pode proporcionar uma maior confiabilidade na caracterização dos problemas de determinada área, possibilitando a exclusão de alguns atributos do meio físico, seja em função de sua pouca expressão ou pela impossibilidade de obtenção dos dados ou ainda pela sua confiabilidade.

### **2.7.1.3 Metodologia de BEDÊ et al. (2000) – Mapeamento de Biótopos**

Este mapeamento consiste no registro cartográfico de parcelas da paisagem sob uma abordagem abrangente e integrada, considerando aspectos dos meios físico, biótico e antrópico na forma de um mosaico de tipologias (tipos de biótopos), que caracterizam uma superfície sob o ponto de vista ambiental. No mapeamento de biótopos é realizado o desmembramento de uma determinada superfície de estudos em unidades cartográficas menores (biótopos) de uso e estrutura ambiental semelhantes, descrevendo-se detalhadamente suas características. Enfim, o mapeamento de biótopos tem a sua base na identificação de zonas homogêneas com relação aos aspectos dos meios físico e biótico e dos usos antrópicos do solo, isto é, ele gera, a partir dessa integração, um novo plano de caracterização ambiental, que é o biótopo (BEDÊ et al., 2000).

Segundo BEDÊ et al., (2000), das numerosas metodologias aplicadas ao mapeamento de biótopos, destacam-se três categorias: **mapeamento seletivo**, que abrange somente biótopos considerados relevantes, passíveis de proteção ou potencialidades para obter este *status*. Isso pressupõe a existência de um esquema de avaliação através do qual a relevância de um tipo de biótopo possa ser previamente reconhecida; **mapeamento representativo**, em que são analisadas superfícies amostrais consideradas representativas de cada tipo de biótopo. Os resultados das análises são extrapolados para superfícies com estrutura semelhante. Processos de avaliação e decisão com relação à relevância são feitos em etapas posteriores aos levantamentos; e **mapeamento integral**, que não é limitado a superfícies amostrais selecionadas. Trata-se de um inventário das características ambientais dos biótopos de toda a superfície em estudo. Este procedimento é ideal para áreas não muito extensas.

A base metodológica do mapeamento de biótopos pode ser resumida em três fases de trabalho, com seus respectivos pontos chaves: trabalhos preliminares, no qual são

realizadas a delimitação da área de estudos, a coletânea dos dados e as fundamentações preexistentes; levantamentos, que incluem mapeamentos das áreas de estudo, com delimitação dos tipos de biótopos existentes, escolha das superfícies amostrais e realização dos levantamentos; e elaboração dos dados, que inclui interpretação, avaliação dos dados, valoração dos tipos de biótopos, definição dos objetivos do planejamento e das medidas de intervenção e de execução e de controle da eficiência.

Uma das vantagens do método é sua aceitação internacional. Como exemplo, o governo alemão transformou o método em política de governo como forma de padronização dos levantamentos ambientais. Esse fato pode favorecer a atração de recursos estrangeiros, considerando esta uma metodologia já consagrada em outros países. Outra vantagem seria a possibilidade para inserção de novos parâmetros e dados, através de cartas temáticas atualizadas compatíveis com a metodologia.

## **2.8 Tomada de Decisões pelo Processo Hierárquico Analítico**

Para efetivar um zoneamento, normalmente são definidos critérios e hierarquia de decisão, além de existir a necessidade de tomada de decisão com base em objetivos conflitantes. Dessa maneira, as diferentes estratégias de avaliação sob critérios múltiplos e resolução de conflitos podem ser utilizadas como ferramentas de suporte para o zoneamento (COSTA, 2001).

Nesse contexto, o método de análise hierárquica (MAH) apresenta-se como solução apropriada. Esse método possibilita a obtenção de pesos dos critérios e apóia a tomada de decisão sob critérios múltiplos, na qual todos os fatores que interferem em um problema são dispostos em uma estrutura hierárquica. O método assume que a tarefa mais criativa e difícil no problema de tomada de decisão consiste em relacionar todos os fatores relevantes para a decisão considerada. No MAH, estes fatores são dispostos em uma estrutura hierárquica descendente, partindo de um critério geral em direção aos demais critérios, subcritérios e alternativas, em níveis sucessivos.

De acordo com BADIRU et al. (1993), uma descrição geral para a utilização do MAH consiste nas seguintes etapas:

- Desenvolver uma estrutura hierárquica para o problema de decisão;

- Determinar os pesos relativos de cada alternativa com relação às características e subcaracterísticas na hierarquia;
- Realizar julgamentos comparativos para estabelecer prioridades para os elementos da hierarquia, determinando a "nota" geral de prioridades para cada alternativa;
- Determinar os indicadores de consistência na realização de comparações paritárias de características e alternativas;
- Tomar uma decisão final com base nos resultados obtidos.

Depois de construir a hierarquia, a Tomada de Decisão (TD) deve realizar um procedimento de comparações subjetivas, a fim de determinar o peso de cada fator em cada nível de hierarquia. Comparações paritárias são realizadas em cada nível para determinar a importância relativa de cada fator naquele nível, com relação a cada fator no próximo nível superior na hierarquia. Para isso, utiliza-se uma matriz de comparação pareada com o mesmo número de linhas e colunas, em que cada fator é comparado com os outros fatores (FATURETO, 1997).

Essas comparações consistem em julgamentos com relação a critérios de importância ou prioridade, definidos de acordo com o problema, variando de igual a extremo (igual, moderadamente superior, fortemente superior, muito fortemente superior, extremamente superior). Esses julgamentos verbais correspondem a uma escala de julgamentos numéricos (1, 3, 5, 7 e 9 ou 1/3, 1/5, 1/7 e 1/9) e a compromissos entre esses valores (BADIRU et al., 1993).

O sistema IDRISI apresenta uma aplicação desenvolvida e específica para apoio à tomada de decisão. A Análise Multi-Critério (MCE - Multi-Criteria Evaluation) pode ser utilizada de três formas: análise booleana simples, combinação linear ponderada (WLC - Weighted Linear Combination) e média ponderada ordenada (OWA - Ordered Weighted Averaging). (EASTMAN, 2006).

Segundo EASTMAN (2006), para aplicar o método OWA do sistema Idrisi são necessárias as seguintes etapas; identificação dos critérios (fatores e restrições) mais relevantes; padronização dos fatores; valoração dos fatores; e definição dos pesos ordenados.

Para a definição do peso dos fatores através do módulo WEIGHT do IDRISI, são obtidos os pesos de cada fator e a consistência da comparação pareada. O método OWA necessita de um segundo conjunto de pesos, denominados pesos de ordenação, que serão aplicados aos fatores. Este método pode propiciar controle tanto sobre as posições da MCE ao longo

de um contínuo, quanto sobre o nível global de compensação, permitindo controlar o nível de risco que se deseja assumir na MCE e o grau com que os pesos dos fatores (pesos de compensação) irá influenciar o mapa final de aptidão.

O controle sobre o nível de risco e sobre a compensação é feito especificando-se um conjunto de pesos de ordenação para as diferentes posições de ordem hierárquica dos fatores em cada local (pixel). O risco assumido e o grau de compensação podem ser calculados pelas expressões 1 e 2. A Figura 2.2 representa o espaço estratégico de decisão MCE.

$$R = \frac{1}{1-n} \sum_i^n (n-1) O_i \quad \text{Equação 1}$$

$$C = 1 - \sqrt{\frac{n \sum_i^n \left(oi - \frac{1}{n}\right)}{(n-1)}} \quad \text{Equação 2}$$

Fonte: EASTMAN (2006)

Onde:

- ✓ R = risco;
- ✓ C = compensação;
- ✓  $O_i$  = peso ordenado na posição i;
- ✓ n = número de fatores.

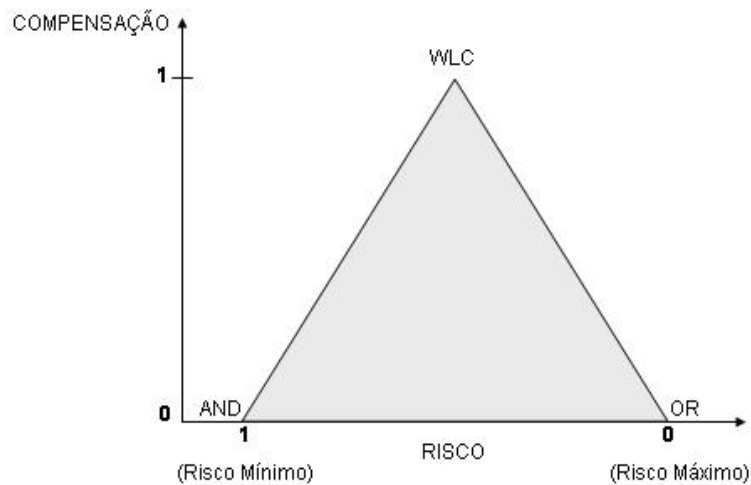


Figura 2.2 Espaço estratégico de decisão (RAMOS e MENDES, 2001)

## 2.9 Função de Produção

A função de produção é a relação que mostra qual a quantidade máxima obtida do produto a partir da quantidade utilizada dos fatores de produção. Portanto, a função de produção indica o máximo de produto que se pode obter com as quantidades dos fatores, uma vez escolhido determinado processo de produção mais conveniente (PINDYCK e RUBINFELD, 2007).

A função de produção pode ser representada por:

$q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , onde:

- $q$  = quantidade máxima produzida do bem, sendo  $q > 0$  e
- $x_1, x_2, \dots, x_n$  são as quantidades utilizadas dos diversos fatores de produção, sendo  $x_i > 0$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

Para maximizar o PIB da região,  $q = \text{PIB}$ ,  $x_1 = \text{hectares de banana}$ ,  $x_2 = \text{hectares de arroz}$ ...

A função de produção é uma representação algébrica da alocação relativa dos fatores de uma economia ou setor, cujo resultado final é o produto ou serviço agregado. A função Cobb-Douglas é bastante utilizada por ser de fácil manipulação algébrica e econométrica (FONSECA, 2007).

## 2.10 Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape apresentada na Figura 2.3, situa-se entre as latitudes 23° 30' e 25° 30' S e longitudes 46° 50' e 50° 00' W, abrangendo uma área de 28.307 km<sup>2</sup>, dos quais 61% pertencem ao Estado de São Paulo (27 municípios) e 39% ao Estado do Paraná (13 municípios), segundo ISA (1998). A bacia hidrográfica possui uma conformação alongada no sentido SO-NE, quase paralela à orla marítima, confrontando-se com as bacias dos rios Tietê ao norte, Paranapanema a oeste, Iguazu ao sul, e tendo a leste pequenos cursos de água da vertente atlântica.

O rio Ribeira de Iguape nasce no estado do Paraná, a noroeste da Região Metropolitana de Curitiba, a uma altitude de cerca de 1.000 m. Possui extensão total de aproximadamente 470 km, sendo cerca de 120 km em terras paranaenses. Sua foz localiza-se no município de Iguape, no local denominado Barra do Ribeira.

Desde a conclusão do Valo Grande<sup>1</sup>, parte de suas águas não deságua diretamente no mar, mas sim no Mar Pequeno ou de Iguape, compreendido entre o continente e a Ilha Comprida, conforme ISA (1998).

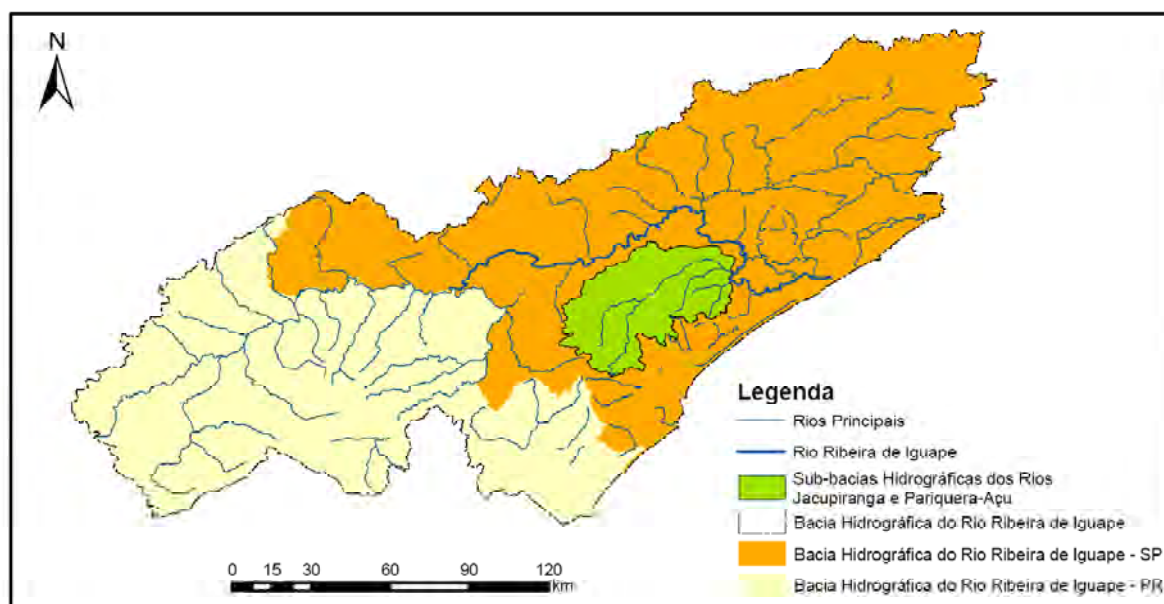


Figura 2.3 Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape.

<sup>1</sup>Valo Grande é o canal de interligação entre o rio Ribeira de Iguape e o Mar Pequeno, construído entre os anos de 1827 e 1852, para facilitar o acesso ao porto de Iguape por parte dos barcos que faziam a interligação [através do rio Ribeira] com a região interiorana e o Alto Ribeira. Aberto originalmente com 4,5 m, foi alargado e aprofundado pela força das águas, passando a ter mais de 200 m. A terra retirada de suas margens e leito foi se depositando no Mar Pequeno, assoreando e inviabilizando por completo a utilização do porto de Iguape” (ISA, 1998).

Os principais afluentes do Ribeira de Iguape, segundo DAEE (1998), são os rios Juquiá, São Lourenço, Jacupiranga e Pariquera-Açu. A vazão média total da bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape é de 508 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a cerca de 17% da vazão média total do estado de São Paulo. A vazão mínima (Q<sub>7,10</sub>) é de 153 m<sup>3</sup>/s, enquanto que a vazão de referência é de 180 m<sup>3</sup>/s. O Ribeira de Iguape é o último rio de grande porte do estado de São Paulo que ainda não foi alterado por barragens ou outras grandes obras.

A região do Vale do Ribeira representa um grande patrimônio ambiental para o país com mais de 2,1 milhões de hectares de florestas, equivalentes a aproximadamente 21% dos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil, com 150 mil ha de restingas e 17 mil ha de manguezais, todos bem conservados, além de abrigar um dos mais importantes patrimônios espeleológicos do país. Detém a maior parcela remanescente contínua da Mata Atlântica e de ecossistemas associados do país, concentrando 40% das unidades de conservação do Estado de São Paulo. O Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá é uma unidade ecológica de grande importância econômica e ambiental, por ser um dos maiores criadouros de espécies marinhas do Atlântico Sul, o que levou a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), em 1987, a considerá-lo um dos três mais importantes estuários do mundo para conservação (ALVES, 2004).

As unidades de conservação inseridas na área de estudo são apresentadas na Figura 2.4.

### **2.10.1 Aspectos Sócio-econômicos**

A colonização do Vale do Ribeira pelos Portugueses iniciou-se em 1502, quando o “Barão de Cananéia”, Mestre Cosme Fernandes, um judeu deportado de Portugal, foi trazido para a cidade de Cananéia pela expedição comandada pelo cartógrafo Américo Vespúcio, visando demarcar as terras descobertas para a Coroa Portuguesa. Em 1531, outra expedição organizada por Martin Afonso de Souza instalou-se na região. Nesse período, prevaleceu a exploração mineral, a agricultura de subsistência, a indústria naval e o porto de abastecimento para outras expedições.

A partir do século XVII, iniciou-se uma ocupação mais intensa em busca do ouro, que contribuiu para o fim do isolamento do interior. Até o século XIX, a atividade minerária, mesmo em menor relevância comparada a outras regiões do Brasil, teve importância e contribuiu para o desenvolvimento da agricultura, principalmente rizicultura, tendo como facilitador o Porto de Iguape, utilizado para o escoamento da produção.



A construção do Valo Grande, as oscilações do mercado, as dificuldade de repor fatores de produção, combinados com a expansão das lavouras de café do oeste paulista e a abolição da escravidão, são fatores que cooperaram para o colapso da produção de arroz e a conseqüente estagnação econômica, que ainda permanece em algumas regiões.

O Vale do Ribeira é uma das regiões economicamente mais pobres, menos urbanizadas, com menor densidade demográfica e menos desenvolvida do estado de São Paulo. Apresenta alguns dos piores indicadores sócio-econômicos do estado, com baixos níveis de renda e de escolaridade, índices elevados de mortalidade infantil e de analfabetismo e condições precárias de infra-estrutura e de saneamento básico. A economia regional é precária e baseia-se, em grande parte, na agricultura do chá e de banana, e na mineração (principalmente do calcário e fosfatos). Uma grande parcela da população vive em áreas rurais e desenvolve atividades agrícolas de subsistência e extrativistas (ROMÃO, 2006). Os municípios apresentam baixa arrecadação e mínima capacidade de investimento público, sendo que a maioria deles apresenta índices de desenvolvimento humano (IDH) baixos no contexto estadual (ISA, 1998; IBGE, 2008a).

A região manteve-se à margem da maioria dos ciclos econômicos que marcaram outras regiões, particularmente o do café. Assim, fatores físicos e históricos permitiram a preservação da maior porção de Mata Atlântica do estado e do Brasil. Entre os fatores físicos, destacam-se a topografia bastante acidentada, a baixa fertilidade dos solos e o regime hídrico, ainda como os grandes aliados da preservação da vegetação natural (IAC, 1990). Ressalta-se que as tecnologias disponíveis no mercado atualmente superam os fatores antes considerados barreiras do avanço industrial, comercial, agrícola e urbano. Isso revela um cenário em que o planejamento torna-se cada vez mais importante para nortear ações que favoreçam tanto a qualidade ambiental quanto a melhoria da qualidade de vida da população.

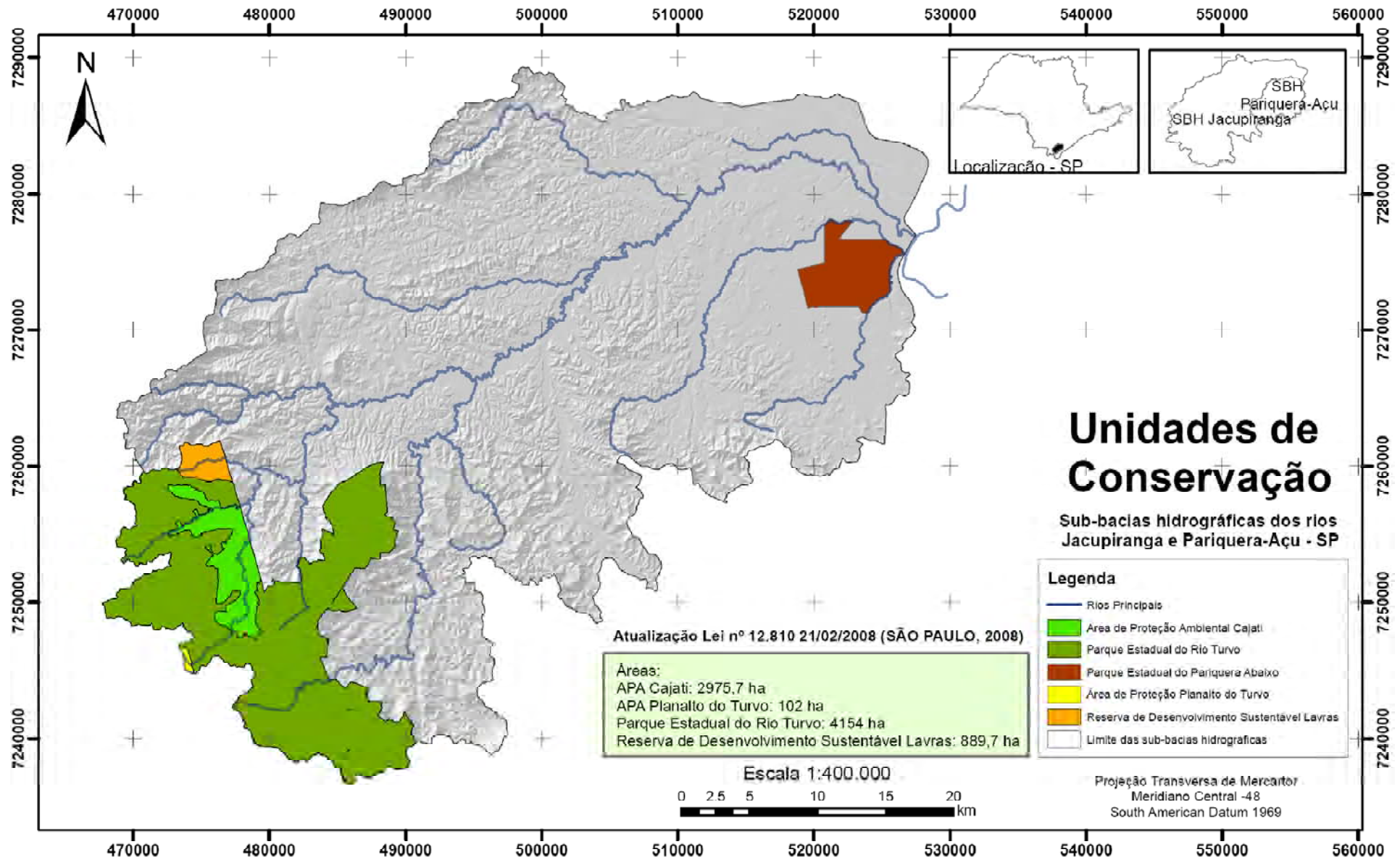


Figura 2.4 Unidades de Conservação das sub-bacias estudadas

## 2.10.2 Ocorrências de cheias na bacia

As cheias do rio Ribeira de Iguape constituem-se em sério problema para a região. As bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu possuem características peculiares em relação à potencialidade de ocorrência de cheias. Em primeiro lugar, as condições climáticas da região são altamente favoráveis à ocorrência de chuvas do tipo frontal, de grande intensidade e duração, que tendem a produzir grandes volumes de deflúvio superficial. Em segundo lugar, as características geomorfológicas das regiões de planícies e de várzeas da bacia também favorecem a ocorrência de grandes cheias.

Em janeiro de 2008, as águas do rio Jacupiranga atingiram 50% da área urbana do município de Cajati. Cerca de 6.000 pessoas foram desalojadas e 200 foram removidas para abrigos, com prejuízos estimados da ordem de R\$ 5 milhões. Em Pariquera-Açu, a enchente no Rio Turvo deixou cerca de 3 mil pessoas desalojadas. Outras 60 estavam em abrigo da Prefeitura. Em Jacupiranga cerca de 9 bairros na área urbana e outros 12 na área rural foram atingidos pela enchente, deixando mais de 900 pessoas desabrigadas e 2 mortos (WESTPHALEN, 2008).

As sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, objetos deste estudo, são representativas do Baixo Ribeira de Iguape. Essas sub-bacias hidrográficas apresentadas na Figura 2.5, pertencem aos municípios de Eldorado (3%)<sup>2</sup>, Cajati (100%), Jacupiranga (100%), Registro (31%), Pariquera-Açu (100%) e Iguape (3%). A Figura 2.6 ilustra as vias existentes na região das sub-bacias hidrográficas, com destaque para a Rodovia Régis Bittencourt (BR 116), que atravessa as sub-bacias em um trecho de aproximadamente 70 km no sentido NE-SO.

Como o divisor de águas entre essas sub-bacias ocorrem predominantemente em declividades muito baixas e existe semelhança pedogeomorfológica entre a região do baixo Jacupiranga e a sub-bacia do rio Pariquera-Açu, elas foram consideradas em conjunto.

---

<sup>2</sup> Valores de área do município, em porcentagem, ocupada pelas sub-bacias hidrográficas em estudo.

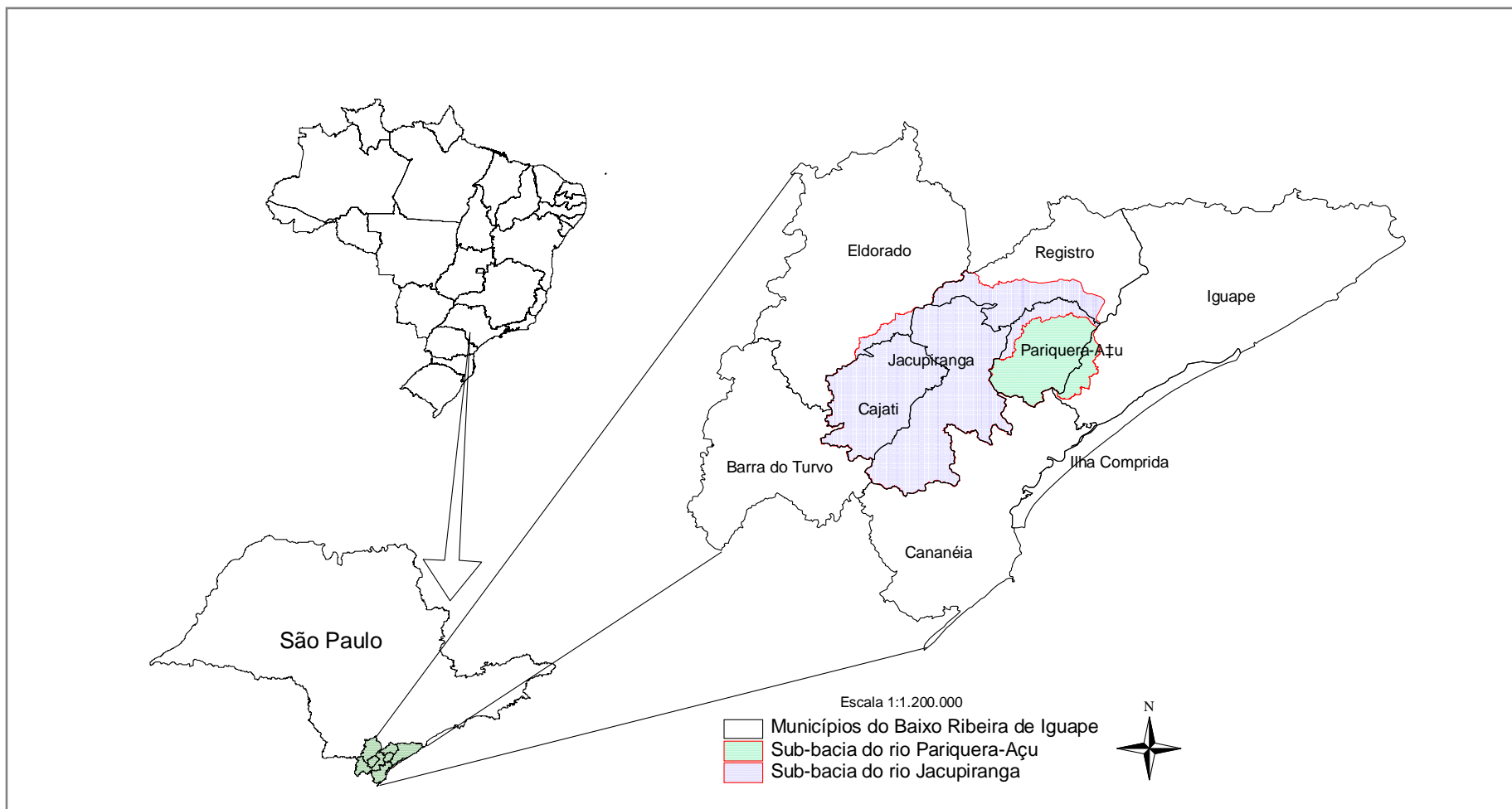


Figura 2.5 Localização dos municípios e sub-bacias hidrográficas estudadas

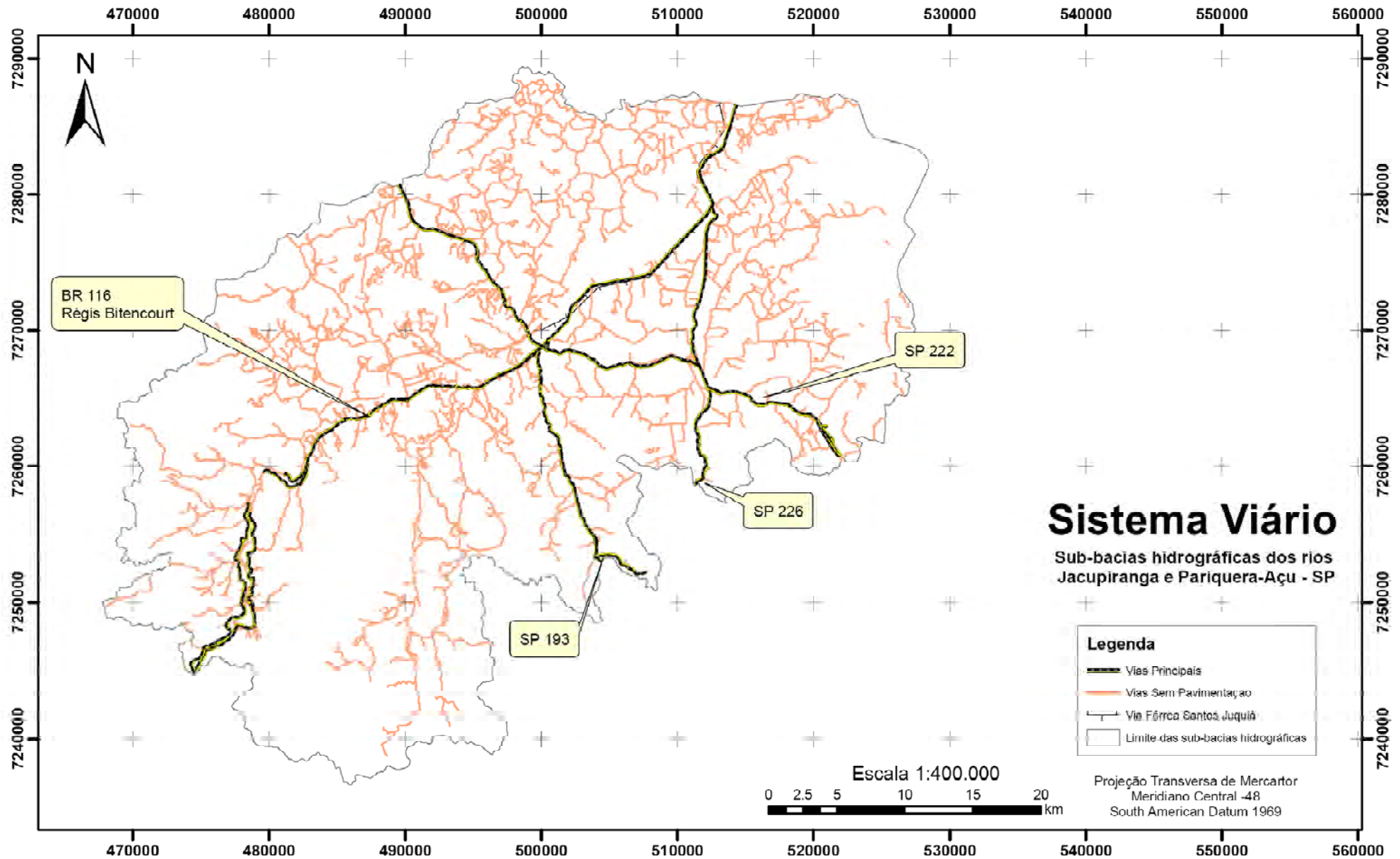


Figura 2.6 Sistema Viário das sub-bacias hidrográficas estudadas

### 2.10.3 Geologia

O Vale do Ribeira de Iguape está inserido na denominada Faixa Dobrada Apiaí. Tal área compõe o segmento sudoeste do Cinturão Ribeira (CORDANI e BRITO NEVES, 1982) e, caracteriza-se por um conjunto de rochas supracrustais vulcano-sedimentares, de grau metamórfico fraco a médio, denominadas genericamente de Grupo Açungui, cujo embasamento é formado por rochas gnássico-migmatíticas, localmente charnockíticas e com intercalações metassedimentares com grau metamórfico médio a alto. Esse embasamento, de posição estratigráfica ainda controversa, domina o leste paranaense, enquanto as supracrustais, ocupam predominantemente o sudeste paulista (KARMANN et al., 1986; CAMPANHA et al., 1987).

Segundo KARMANN (1994), a região do Baixo Ribeira do Iguape, possui estrutura regional e é constituída por uma série de intrusões granitóides, do Proterozóico Médio a Superior, as quais afetaram tanto a seqüência supracrustal, como também o embasamento. Essas intrusões e rochas associadas, possivelmente contribuíram como principal fonte de origem da matéria prima lítica na região. Sobre esse quadro, ressalta-se um sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes, verticalizadas a sub-horizontais, de caráter dúctil a dúctil-rúptil, de movimentação na direção NE-SW, e rejeitos quilométricos.

Nas sub-bacias hidrográficas em estudo, os principais compartimentos geológicos são os grupos de rochas sedimentares dos tipos Qa (Sedimentos aluvionares) e Qp (Sedimentos da Formação Pariquera-Açu) e o complexo Turvo-Cajati com rochas do tipo Xistos e Migmatitos.

Destaca-se na região de Cajati a presença do Jacupiranguito, rochas alcalinas piroxeníticas, onde ocorrem reservas de carbonato de cálcio, fosfatos, óxidos de ferro e de titânio (MELCHER, 1962). A empresa BUNGE S.A., antiga SERRANA Mineração, explora a rocha fosfatada para fabricação de fertilizantes e o calcário para a fabricação do cimento.

A Figura 2.7 apresenta a geologia das sub-bacias hidrográficas estudadas.

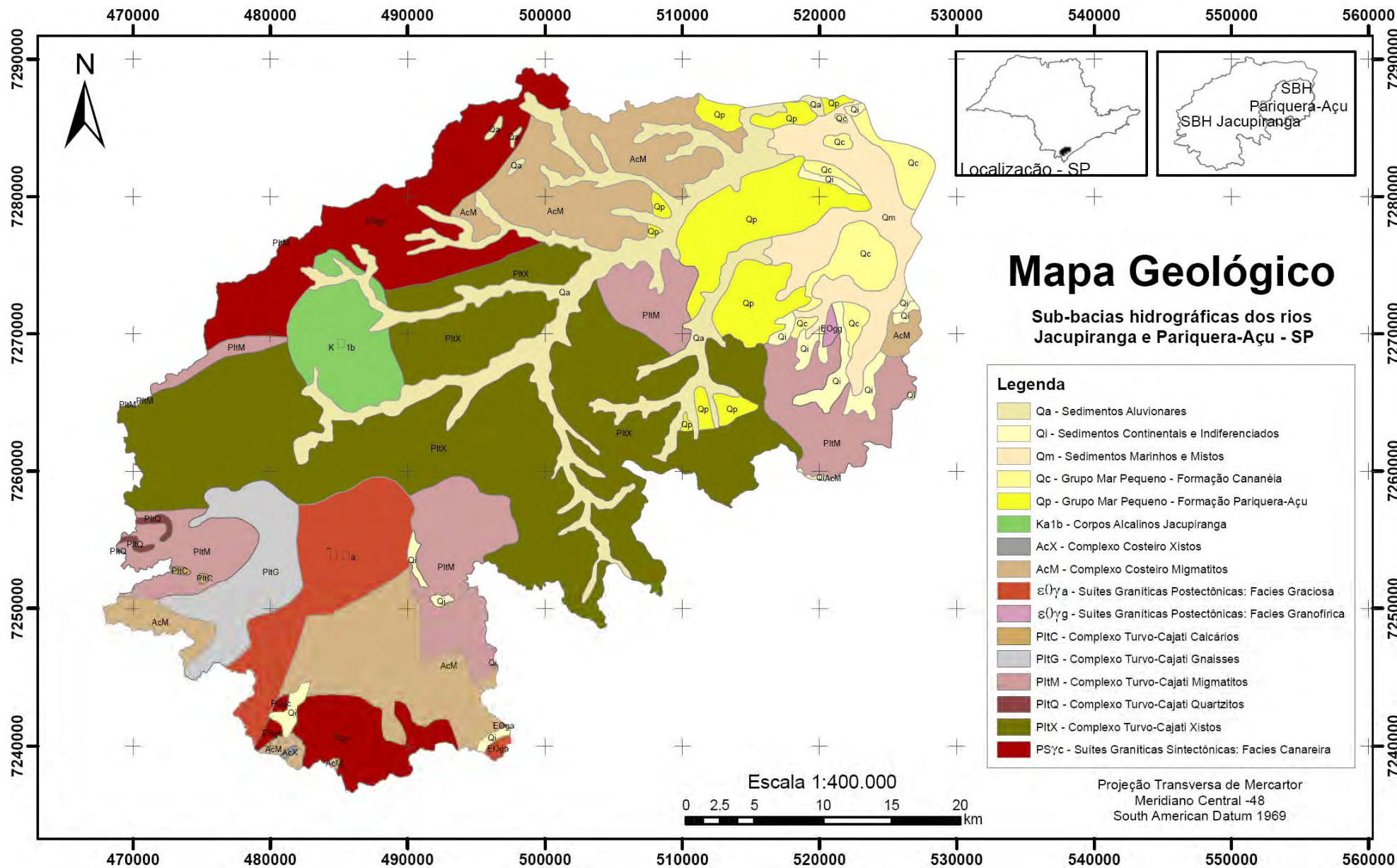


Figura 2.7 Geologia da sub-bacia do rio Jacupiranga e rio Pariquera-Açu

## 2.10.4 Aspectos geomorfológicos

Para a melhor caracterização das sub-bacias estudadas, dividiu-se a região em três compartimentos, como ilustrado pela Figura 2.8: o alto Jacupiranga, parte oeste da sub-bacia do rio Jacupiranga; o médio Jacupiranga, região entre a porção leste/oeste da sub-bacia hidrográfica do rio Jacupiranga; e o baixo Jacupiranga e Pariquera-Açu, porção leste da sub-bacia hidrográfica do Jacupiranga e sub-bacia hidrográfica do rio Pariquera-Açu.

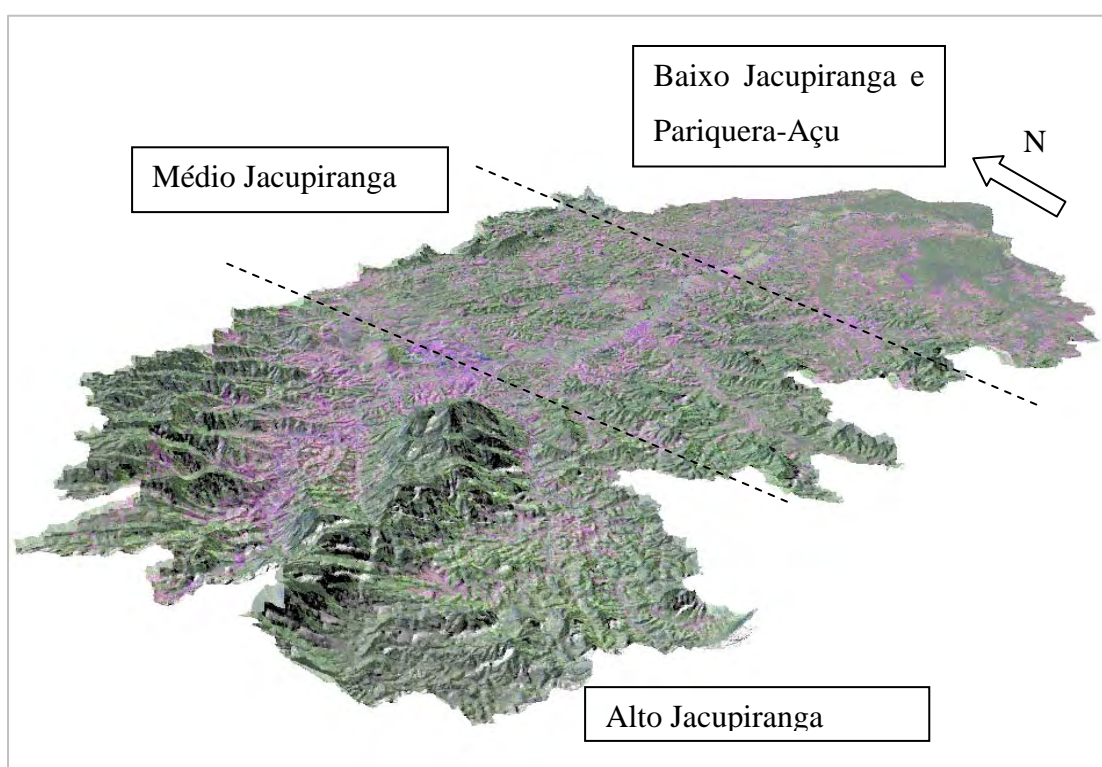


Figura 2.8 Modelo Tridimensional com as divisões propostas para caracterização.

### Alto Jacupiranga

O relevo da região do alto Jacupiranga é bastante movimentado, com a presença de montanhas e vales encaixados em locais próximos às nascentes do rio Jacupiranguinha e do rio Guaraú. A Figura 2.9 mostra a presença de cobertura vegetal de Mata Atlântica nos locais de relevo mais acidentado, mantendo-se preservada pelas dificuldades naturais de ocupação. Observa-se também os afloramentos rochosos, regiões de solos pouco profundos com presença de fragmentos de rocha e deslizamentos em encostas íngremes. Apesar da



cobertura vegetal densa, os solos são rasos e pouco estruturados, caracterizados por intenso processo de remoção, tornando-os susceptíveis à escorregamentos e movimentos de massa.



Figura 2.9 Relevo montanhoso com presença de mata atlântica preservada.

São comuns na região obras de engenharia para contenção de encostas, deslizamentos e obras de pavimentação. O solo apresenta problemas quanto à estabilidade, necessitando de obras para escoamento e controle da drenagem, como mostrado nas Figuras 2.10 e 2.11.

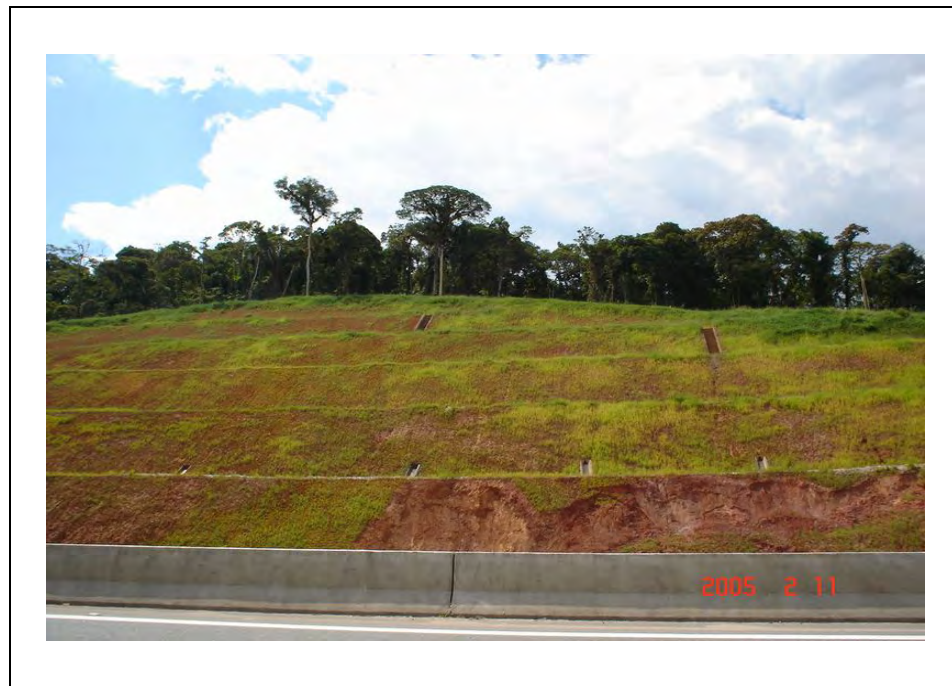


Figura 2.10 Obras especiais para controle de drenagem no talude de corte.



Figura 2.11 Obras especiais para controle de drenagem no talude natural.

### **Médio Jacupiranga**

O médio Jacupiranga é caracterizado por ser menos montanhoso e possuir relevo mais colinoso. A planície fluvial do rio Jacupiranguinha possui extensão entre 1,5 km a 3,0 km, sendo estas áreas utilizadas para pastagens e cultivo de banana. São áreas com baixas altitudes, variando de 20 a 30 metros com relação ao nível do mar, apesar de distantes cerca de 80 km em linha reta até a costa. Os solos apresentam características hidromórficas devido aos períodos de inundação nas épocas de chuva.

A região abriga a mineração de apatita e calcário pela Serrana S.A., pertencente ao grupo Bunge. As Figuras 2.12 e 2.13 ilustram a injeção de carbonatito no corpo alcalino, o que possibilita extração de apatita, rocha fosfatada, pela referida mineradora.

MOCELLIN (2006) observou que a falta de planejamento e fiscalização do cultivo de banana em Cajati tem causado conseqüências danosas ao rio, devido à falta da mata ciliar, favorecendo a erosão e, conseqüentemente, elevando o aporte de sedimentos para o rio Jacupiranguinha, principal afluente do rio Jacupiranga. A autora salienta que os sedimentos apresentaram elevada concentração de fósforo em períodos de seca, associado ao intenso lançamento de efluentes da indústria Serrana.



Figura 2.12 Injeção de carbonatito



Figura 2.13 Presença de apatita no carbonatito

### **Baixo Jacupiranga e Pariquera-Açu**

As áreas alagadas naturais, presentes em elevado número na região devido às características geomorfológicas, são conhecidas por terem funções de redução natural de cargas poluidoras, o que demonstra a necessidade de sua preservação.

A região do baixo Jacupiranga se encontra em área de relevo plano e suave ondulado, muitas vezes com nível freático sub-aflorante. É comum para a ocupação desses locais, como na região do município de Pariquera-Açu, a abertura de valas para drenagem dos

terrenos. Trata-se de uma região onde o relevo é suavizado e recortado por denso sistema de drenagem, sendo que o sistema principal contém amplas planícies aluviais.

### **2.10.5 Hidrografia e Clima**

O rio Ribeira de Iguape é um rio de primeira grandeza regional. As nascentes do planalto apresentam um sistema hidrográfico freqüentemente com cabeceiras na própria escarpa da Serra do Mar, cujos escoamentos se direcionam para noroeste, oeste e sudoeste, integrando a Bacia Paraná-Uruguai (ROSS e MOROZ, 1997). A Figura 2.14 apresenta a hidrografia das sub-bacias hidrográficas em estudo.

As sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu localizam-se inteiramente no domínio do sistema climático sub-tropical, mais precisamente, na zona de transição entre os domínios do ar tropical e das invasões dos fluxos polares, com variações anuais de temperaturas médias mínimas e máximas, controladas principalmente pela altitude e, secundariamente, pela latitude (GUTJAHR, 1993).

A pluviosidade e a umidade elevadas são bem distribuídas durante o ano, favorecendo a manutenção da cobertura vegetal densa, tipo Mata Atlântica, típica ao longo da região do alto e médio Jacupiranga.

Na classificação dos tipos climáticos, feita com base no sistema de Köppen, tem-se o tipo Af, tropical úmido sem estação seca; o tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente, e o tipo Cfb, subtropical úmido com verão fresco. Este abrange as encostas das serras.

De acordo com o IBGE (2008b), a região de estudo encontra-se na faixa de transição entre a Zona de Clima Temperado e a Zona Tropical Brasil Central. Os principais tipos climáticos são do tipo “Super-úmido”, sem estação seca e temperaturas entre 15 e 18° C, sendo classificados como “Sub-quente” e do tipo “Super-úmido, sub-seco” e com temperaturas médias variando entre 10 e 15 °C. A Figura 2.15 apresenta as divisões climáticas da região.

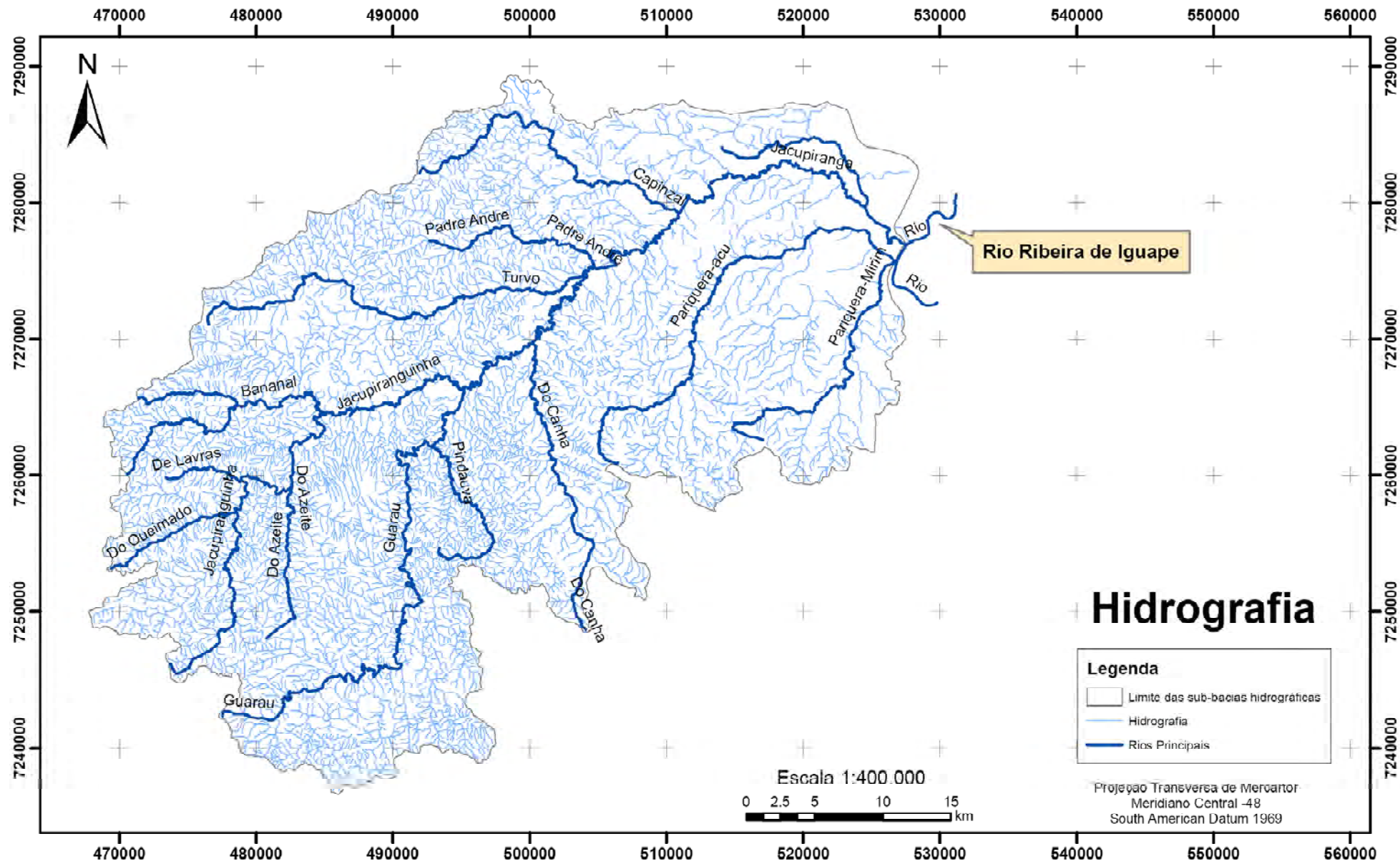


Figura 2.14 Hidrografia das sub-bacias do rio Jacupiranga e rio Pariquera-Açu



Figura 2.15 Mapa de clima da região sul de São Paulo (IBGE, 2008b)

Segundo dados da Agência Nacional de Águas – ANA (2008), chove cerca de 1600 mm/ano na região do baixo Ribeira de Iguape. Observa-se também que o período mais chuvoso vai de setembro a março, sendo janeiro o mês de maior pluviosidade, seguido por fevereiro e março. No período entre os meses de abril e agosto a precipitação média gira em torno de 50 mm (o chamado período seco), sendo agosto o mês em que chove menos (CETEC, 2007).

### 3 Material e Métodos

---

Neste item descreve-se o material e as metodologias empregadas para o desenvolvimento deste estudo. Inicialmente apresenta-se o fluxograma da pesquisa (Figura 3.1) a fim de abordar, de forma geral, as metodologias empregadas e facilitar o seu entendimento. Posteriormente, detalha-se cada uma das etapas.

Observa-se pelo fluxograma que as diferentes etapas do estudo estão inter-relacionadas. A avaliação da interação entre os resultados das etapas é de grande importância para a obtenção de dados que reflitam a realidade, uma vez que os fatores são interdependentes. Avaliar esta integração favorece a proposição de medidas que trazem benefícios reais em nível ambiental e social para a população da área de estudo.

No diagrama apresentado as setas da mesma cor remetem aos diferentes materiais empregados no estudo e ao objetivo específico a que estão ligados. Desta forma, ao observar-se as setas de cor alaranjada, nota-se que por meio das imagens orbitais Landsat dos anos 1984, 1990 e 2006 foram obtidas as avaliações dos uso do solo e cobertura vegetal nestes anos e, estas foram subsídio para a obtenção do diagnóstico do uso e ocupação do solo, por meio do aplicativo *Land Change Modeler* (LCM).

A Carta Altimétrica e a Hidrografia foram utilizadas na obtenção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), escala 1:100.000 (Setas magenta). O MDEHC, o Mapa de Solos (1:500.000), o Mapa Geológico (1:500.000) e o Uso do Solo e Cobertura Vegetal de 2006 (setas azul escuro), por sua vez, foram utilizados no desenvolvimento do Mapa de Solos (escala 1:100.000). O MDEHC foi empregado ainda na obtenção do Mapa Geomorfológico (seta preta) e da Carta de Declividade (seta roxa).

A partir do Mapa de Solos detalhado, procedeu-se à amostragem dos solos da região de estudo. Foram realizadas análises físicas, químicas e geotécnicas com as amostras coletadas (setas azul claro).

O Mapa de Geoambientes foi obtido da análise do Uso do Solo e Cobertura Vegetal do ano de 2006, do Mapa de Solos (1:100.000) e do Mapa Geomorfológico (1:100.000), setas verdes.

Por meio da Análise Multicritério (WLC) a partir do software Idrisi 15.1 v.2006 ® do Mapa de Solos (1:100.000), Mapa de Geoambientes (1:100.000), Carta de Declividade (1:50.000) e dos dados de precipitação média anual, obteve-se a Carta de Suscetibilidade à Erosão (setas marrons).

Por meio da análise da Carta de Suscetibilidade à Erosão, da Carta de Declividade e dos dados das análises físicas, químicas e geotécnicas (setas vermelhas), obteve-se a Carta de Aptidão Agrícola dos Solos.

Realizou-se então, a análise multicritério (OWA) das Cartas de Suscetibilidade à Erosão, Aptidão Agrícola dos Solos e Declividades, Uso e Ocupação do Solo, Hidrografia, Unidades de Conservação e Sistema Viário. A interação dos resultados desta análise com o Diagnóstico de Uso e Ocupação dos Solos deu origem ao Zoneamento de Áreas para Desenvolvimento Estratégico (setas roxas).



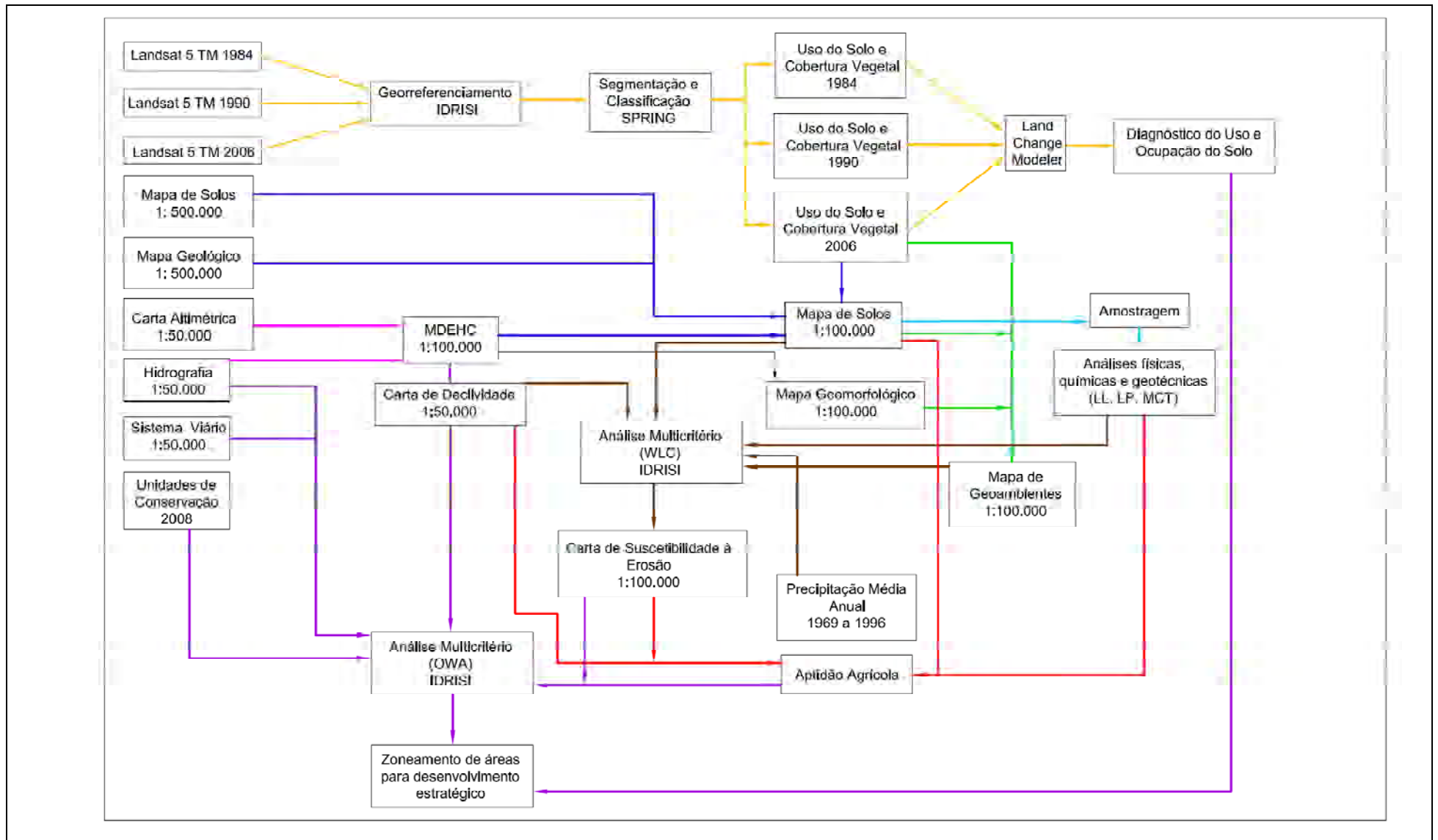


Figura 3.1 Fluxograma da metodologia

### 3.1 Material

Utilizou-se para este trabalho, os seguintes dados cartográficos:

- i. Folhas topográficas do IBGE, em escala 1:50.000, que recobrem a área de estudo. Incluem os seguintes temas: Hidrografia, Altimetria e Sistema Viário. A Figura 3.2 apresenta o mosaico das cartas do IBGE (1979) utilizadas;
- ii. Mapa geológico, escala 1:500.000, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981);
- iii. Mapa de solos, escala 1:500.000, do Instituto Agrônomo de Campinas (OLIVEIRA et al., 1999);
- iv. Dados Hidrometeorológicos da Agencia Nacional de Águas (ANA, 2008): obtidos a partir de 31 postos pluviométricos;
- v. Imagem orbital de 04/06/1984, órbita-ponto 220/77, sensor a bordo do satélite LandSat 5 sensor TM+. As características da imagem LandSat 5 são: resolução espectral 8 bits, resolução espacial 30 m, e faixa de varrimento de 185 km;
- vi. Imagem orbital de 09/09/1990, órbita-ponto 220/77, sensor a bordo do satélite LandSat 5 sensor TM+. Características: resolução espectral 8 bits, resolução espacial 30 m, e faixa de varrimento de 185 km;
- vii. Imagem orbital de 05/09/2006, órbita-ponto 220/77, sensor a bordo do satélite LandSat 5 sensor TM+. Características: resolução espectral 8 bits, resolução espacial 30 m, e faixa de varrimento de 185 km;
- viii. Mapas das unidades de conservação adquiridas no acervo do Parque Estadual do Jacupiranga-SP.

Os principais softwares utilizados foram: i) Idrisi<sup>®</sup> 15.0<sup>®3</sup>; ii) Spring 4.3.3<sup>®4</sup>; iii) Arcview 3.2a<sup>®5</sup>; iv) ArcGis 9.2<sup>®6</sup>; v) ArcINFO 9.2<sup>®4</sup>; vi) AutoCad 2007<sup>®7</sup> e vii) Cartalinx<sup>®8</sup>.

---

<sup>3</sup> The Andes Edition, Clark Labs 1987-2006.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2008

<sup>5</sup> ESRI Inc. 1992-2000.

<sup>6</sup> ESRI Inc. ESRI Inc. 1982-2004.

<sup>7</sup> Auto Desk 1982-2006.

<sup>8</sup> The Spatial Data Builder, Clark Labs 1998-1999.

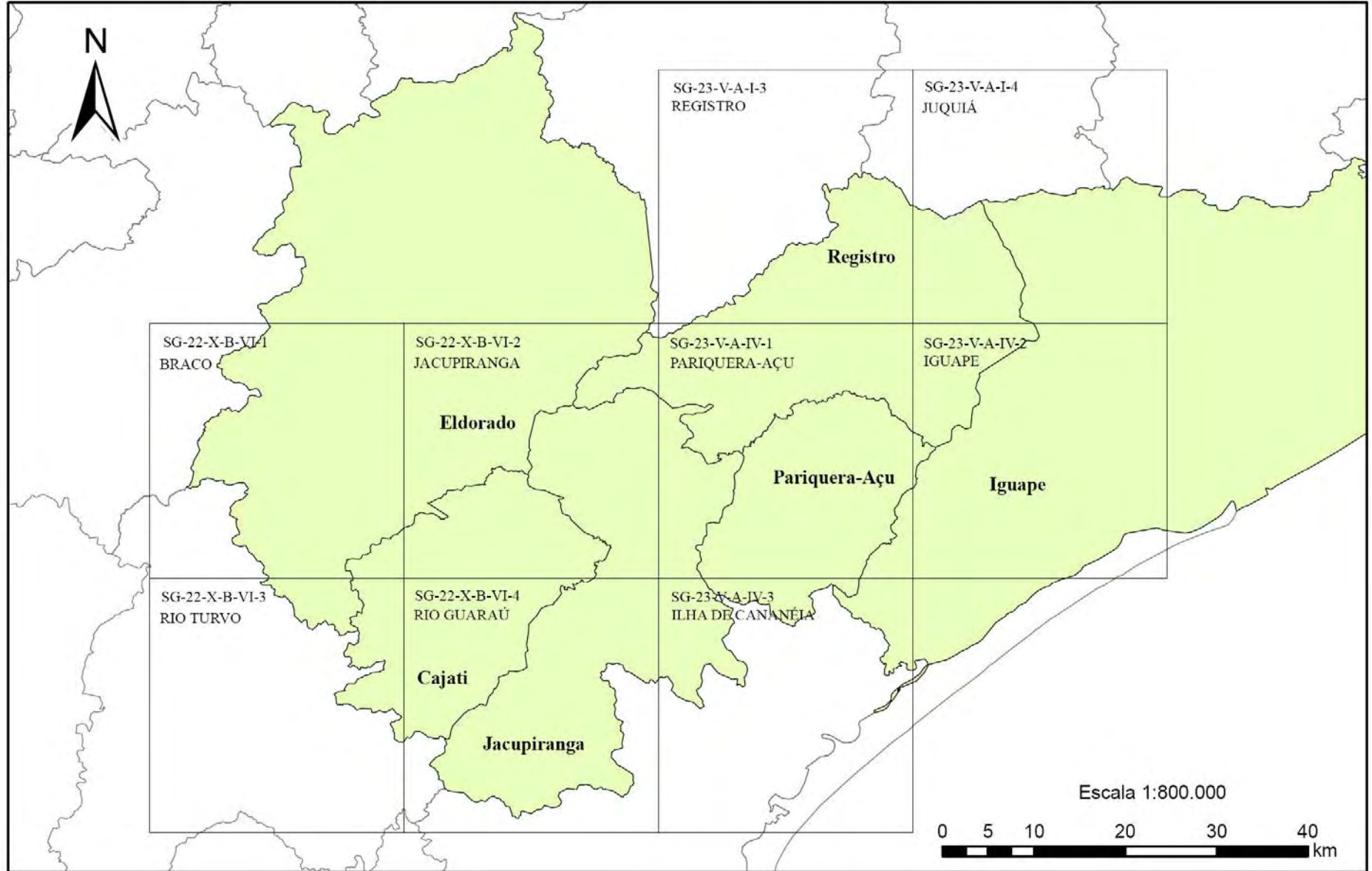


Figura 3.2 Mosaico das cartas do IBGE para a área de estudo

## 3.2 Métodos

Realizou-se pesquisa bibliográfica a fim de se coletar informações referentes ao tema central da tese e aspectos do meio físico abordados ao longo do trabalho, além de relacionar e agrupar todo o acervo existente de mapas, de cartas e de imagens de satélites referentes à área de estudo.

De posse desse acervo de informações, identificou-se o conjunto de cartas topográficas que continham as sub-bacias hidrográficas a serem pesquisadas. Procedeu-se a digitalização das feições altimetria, hidrografia e sistema viário, servindo como base para os mapas temáticos.

Foram realizadas duas campanhas de campo. A primeira, em fevereiro de 2005, teve como finalidade o reconhecimento da área de estudo, a elaboração do mapa pedológico e a coleta de amostras de solo para caracterização das principais unidades pedológicas. A segunda campanha, em setembro de 2007, teve por objetivo aferir os mapeamentos produzidos, bem como corrigir as eventuais discordâncias identificadas e coletar novas amostras de solo.

Para a segunda viagem de campo, identificou-se para a região estudada os principais solos, mais representativos em área e com características críticas do ponto de vista geotécnico, e procedeu-se a coleta das amostras em campo. Para cada ponto definido, coletou-se duas amostras, uma no horizonte A, com profundidade de 40 a 60 cm, e outra no horizonte C, com profundidade de 80 a 100 cm. A Figura 3.3 apresenta os seis pontos de coleta de amostras de solos (P1 a P6). Observou-se nesses locais ocorrência de escorregamentos de solo e problemas relacionados às camadas inferiores dos pavimentos. O local de amostragem dos pontos P4 e P5 foram adjacentes às sub-bacias estudadas devido a dificuldades de acesso às unidades de Neossolos Litólicos e Latossolos Amarelos. As amostras coletadas desses solos são representativas por estarem próximas e possuírem geologia e geomorfologia coincidentes. A descrição dos perfis coletados é apresentada no Anexo 2.

Os solos hidromórficos não foram analisados por não apresentarem processos de erosão aparente, visto que sua maioria se encontra em relevo plano e suave ondulado. Os Chernossolos também foram excluídos da análise devido à pequena representatividade e por sua área estar praticamente toda ocupada pela mineração de apatita e calcário (Serrana Mineração - BUNGE S.A.).

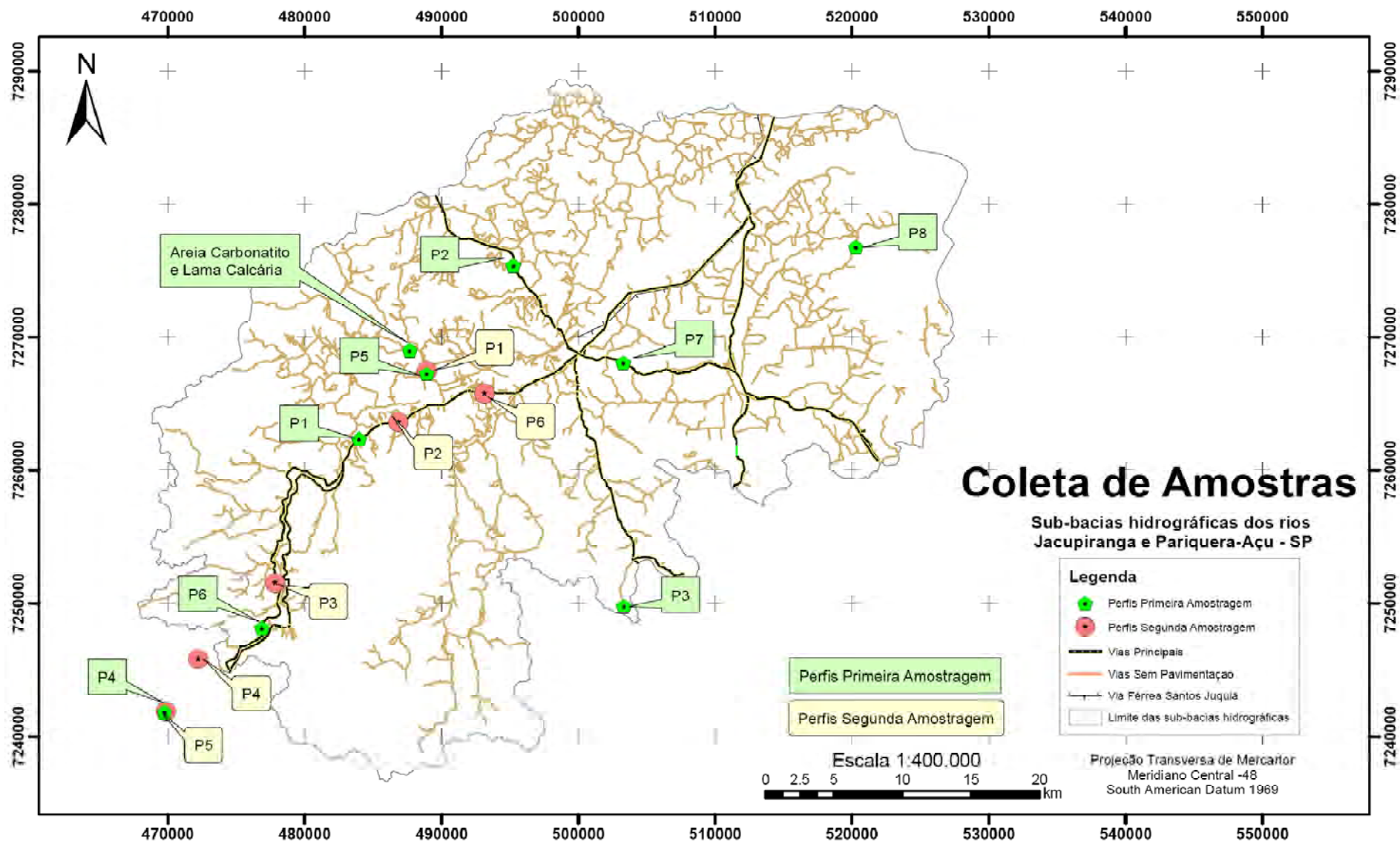


Figura 3.3 Localização dos pontos de amostragem na primeira e segunda campanha.

### 3.2.1 Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente – MDEHC

Um modelo digital de elevação (MDE) é considerado hidrologicamente (MDEHC) consistente quando representa adequadamente o relevo da área em estudo, permitindo eficiente simulação dos processos hidrológicos ocorrentes na área. A partir da base altimétrica em escala 1:50.000, cotas de 20 em 20 metros, obteve-se o MDEHC.

Utilizou-se o algoritmo de interpolação *Topogrid/ArcGRID* para geração do MDE e posteriormente eliminou-se as depressões espúrias.

A Figura 3.4 apresenta um diagrama para a obtenção de um MDEHC e suas iterações através de comandos do software ArcGis 9.2<sup>®</sup>.

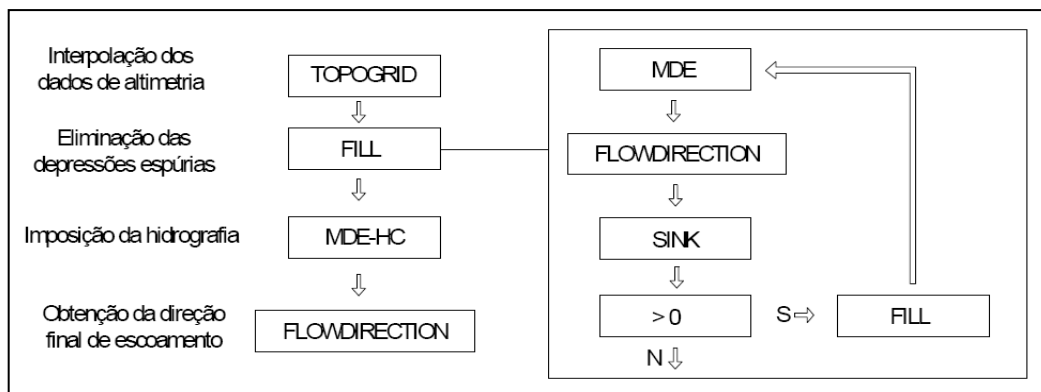


Figura 3.4 Obtenção de um MDEHC, Fonte: Soares (2005).

### 3.2.2 Carta de Declividade

A Carta de Declividade foi gerada a partir do MDEHC. A declividade das sub-bacias hidrográficas foi classificada segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). O Quadro 2.2 apresenta as classes de declividade delimitadas para a paisagem em estudo.

Quadro 2.2 Classes de Declividade (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995)

<b>Classe de Declividade</b>	<b>Característica</b>
0 - 3%	Plano
3 - 8%	Suave Ondulado
8 - 13%	Moderado Ondulado
13 - 20%	Ondulado
20 - 45%	Forte Ondulado
45 - 100%	Montanhoso
Mais de 100%	Escarpado

### 3.2.3 Mapa de Uso do Solo

Obteve-se os mapas de cobertura vegetal e uso antrópico escala 1:100.000, por meio do tratamento das imagens do sensor orbital LandSat 5 TM datas 04 de junho de 1984, 09 de setembro de 1990 e 05 de setembro de 2006, das quais extraíram-se informações para o reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos. Os mapas do sistema viário e da hidrografia foram utilizados como referências para o georreferenciamento da imagem.

A classificação das imagens consistiu em associar cada pixel ou região da imagem a uma classe rótulo que descreve um objeto real. A tarefa do classificador é usar o vetor fornecido pelo processo de extração e de seleção de atributos para atribuir o objeto a esta classe (DUDA et al., 2001).

Primeiramente, realizou-se o georreferenciamento ou registro das imagens pelo software Idrisi Andes<sup>®</sup>, estabelecendo, segundo EASTMAN (2006), a localização de uma imagem no espaço, definida por um sistema referencial de coordenadas conhecido. Através do georreferenciamento a imagem adquire propriedades de um mapa, com todos os pixels referenciados a um sistema de Projeção Cartográfica.

Neste trabalho, o sistema de referência utilizado foi o sistema de coordenadas planas do Datum SAD 69, e projeção TM com deslocamento do Meridiano Central em 3° negativos com relação ao Sistema UTM23S, devido à localização da área de estudo interceptar a mudança do fuso 22 para o fuso 23.

Para o procedimento de classificação, utilizou-se o software Spring 4.3.3<sup>®</sup>, devido ao excelente desempenho das ferramentas de processamento digital de imagens orbitais, principalmente para segmentação e classificação.

Apenas três bandas foram selecionadas para o processamento das imagens (3B, 4G e 5R). Segundo RIBEIRO (2001), as classes de uso do solo são melhor distinguidas por tais bandas, uma vez que possuem um menor grau de correlação, diminuindo a redundância entre os dados.

Submeteu-se a imagem à Segmentação por Crescimento de Regiões, técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Para os critérios de similaridade e de área, utilizou-se os valores 9 e 12, respectivamente. A similaridade é um teste de hipótese estatístico que avalia a média de níveis de cinza entre as regiões. No critério de área identifica-se a quantidade mínima de pixels para cada região a ser agrupada.

Posteriormente, procedeu-se ao Treinamento interativo com o usuário, a partir da identificação visual das classes a serem registradas no mapa de uso e de cobertura final. As áreas selecionadas nessa etapa são regiões de conhecimento e de amostragens espaciais em campo.

Utilizou-se o método Battacharya para a classificação final, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Este método avalia a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

Partindo-se do princípio que não há regra geral para a classificação de imagens orbitais, a escolha dos limiares de similaridade, valor da área mínima e o tipo do classificador foi realizada após várias simulações. Cada região apresenta características distintas, devendo o observador analisar e avaliar os melhores resultados a partir de mapas conhecidos, amostragens em campo e conhecimento prévio da área em estudo (INPE, 2008). Utilizou-se 5 e 10 pixels como valores de *similaridade* e *área*, respectivamente, para a imagem do ano 1984, 9 e 15 pixels para a imagem do ano 1990 e 9 e 12 pixels para a imagem do ano 1984.

As informações referentes à hidrografia foram suprimidas por dois motivos distintos: a imagem não apresentou resolução espacial suficiente para identificar e categorizar os cursos d'água secundários e, os cursos d'água principais exibiram resposta espectral idêntica ao de vias não pavimentadas devido ao fato de ter havido precipitação e conseqüente carreamento de partículas de solos para a água, provocando confusão entre estas duas classes. Os dados referentes ao sistema viário, ao polígono limitante das cidades e a hidrografia foram utilizados da base de dados do IBGE, na escala 1:50.000.



O software ArcGIS 9.2, © ESRI Inc, foi utilizado para execução do layout final das imagens para ilustração e posterior impressão.

### 3.2.4 Coleta e Tratamento de dados de Precipitação

Através de dados disponibilizados pelo Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas, ANA (2008), identificou-se 38 postos pluviométricos situados na região de Cajati, Jacupiranga, Pariquera-Açu e municípios adjacentes.

Conforme verificado, há séries incompletas e antigas. Realizou-se então seleção dos postos pluviométricos que melhor atendessem às necessidades deste trabalho, de acordo com os seguintes critérios: proximidade geográfica, tamanho da série histórica (pelo menos 27 anos, incluindo falhas) e defasagem com relação ao período atual.

Para as estações com séries de dados que apresentaram falhas nos valores mensais, efetuou-se o preenchimento por meio de regressão linear simples com a estação mais próxima e de melhor coeficiente  $r_2$ . A Figura 3.5 apresenta a localização espacial das estações pluviométricas e o Quadro 2.3 mostra os respectivos nomes, município de localização e código da ANA dos postos utilizados para o banco de dados.

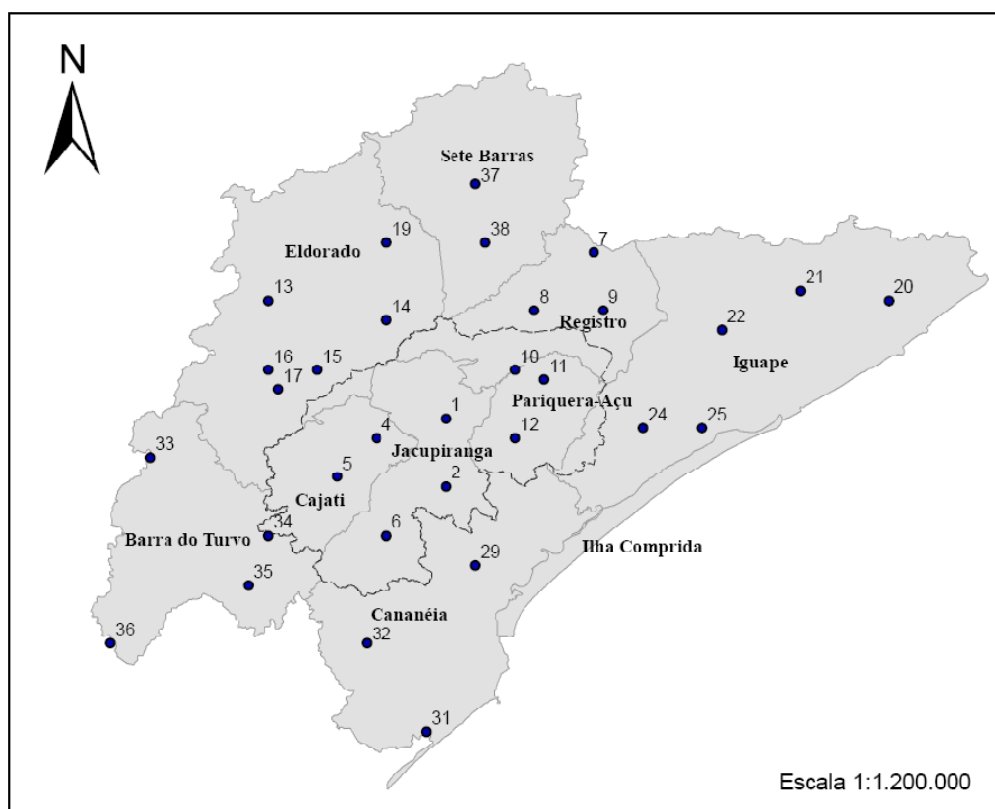


Figura 3.5 Postos pluviométricos na região da área de estudo e adjacências.

Quadro 2.3 Postos Pluviométricos Selecionados

Índice	Nome	Município	Cod. ANA
1	Jacupiranga	Jacupiranga	2447034
2	Canha	Canha	2447038
4	Serrana do sul	Cajati	2448024
5	Barra do Azeite	Cajati	2448027
6	Salto Grande Do Guarau	Jacupiranga	2448028
7	Serrote	Registro	2447021
8	Registro	Registro	2447026
9	Jurumirim	Registro	2447027
10	Barra do Capinzal	Pariquera-Açu	2447030
11	Pariquera Abaixo	Pariquera-Açu	2447031
12	Pariquera-Açu	Pariquera-Açu	2447036
13	Pedro Cubas	Eldorado	2448012
14	Eldorado	Eldorado	2448014
15	Itapeuna	Eldorado	2448018
16	Ouro Leve	Eldorado	2448019
17	Barra do Braço	Eldorado	2448020
19	Turvo do Eta	Eldorado	2448056
20	Cachoeira do Guilherme	Iguape	2447024
21	Morro Grande	Iguape	2447025
22	Sítio Grande	Iguape	2447028
24	Momuna	Iguape	2447033
25	Iguape	Iguape	2447037
29	Itapitangui	Cananéia	2447040
31	Ariri	Cananéia	2548011
32	Morro Redondo	Cananéia	2548054
33	Barra do Turvo	Barra do Turvo	2448026
34	Faxinal	Barra do Turvo	2448029
35	Turvo	Barra do Turvo	2448030
36	Rio Pardinho	Barra do Turvo	2548069
37	Ribeirão da Serra	Sete Barras	2447012
38	Sete Barras	Sete Barras	2447020

### 3.2.5 Mapa Geomorfológico

A metodologia utilizada para o mapeamento geomorfológico teve como base a ordenação dos fatores de relevo mapeados em taxonomia que os hierarquiza. As formas de grandeza adotadas na taxonomia foram diferenciadas entre si de acordo com a prevalência de causalidade e de predominância de formas de relevo.

Os Grupos Modelados são manchas ou polígonos que constituem grupamento de formas de relevo que apresentam similaridade de definição geométrica em função de uma gênese comum e da generalização dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência de materiais correlativos superficiais. (IBGE, 1995b). As Unidades Geomorfológicas são definidas como um arranjo de formas fisionomicamente semelhantes

em seus tipos de modelados. A semelhança resulta de uma determinação da geomorfogênese, inserida em um processo mais amplo.

Utilizou-se a Carta de Declividade e o MDEHC como informações básicas para a compartimentalização das unidades geomorfológicas.

### **3.2.6 Mapa Pedológico**

O mapeamento pedológico realizado teve por objetivo criar um mapa base que possibilitasse a inferência de características geotécnicas, visto que, em geral, ensaios para a obtenção de parâmetros geotécnicos são dispendiosos, demorados e necessitam de mão de obra qualificada.

Embora as características inferidas pelo mapa pedológico nunca substituem os parâmetros geotécnicos reais, os obtidos de ensaios de laboratório podem ser úteis em uma avaliação preliminar da área. Ressalta-se que somente os parâmetros geotécnicos refletem características comportamentais dos solos para fins de engenharia.

Elaborou-se o mapa pedológico a partir do MDEHC (escala 1:50.000), foto-interpretação da Imagem Landsat 5 TM+ devidamente georreferenciada, do mapa pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 e trabalhos de campo. A escala do mapa topográfico é fator limitante para a escala do mapa final. Nesse caso não foi limitante pois a escala utilizada para o mapeamento foi inferior à base de dados altimétrica.

As sub-bacias hidrográficas foram subdivididas em unidades de estudo com enfoque fisiográfico, ou seja, considerando os aspectos do relevo. Delimitou-se, dessa forma, as diferentes feições do relevo com base em um conjunto de observações fotointerpretativas e de campo. Foram observados planícies de inundação, leito maior dos rios, terraços, vales profundos, encostas íngremes, encostas escarpadas, colinas, montanhas e afloramentos rochosos. Considerou-se também a altitude, clima (umidade e precipitação) e material de origem (geologia).

Para a visualização do relevo, utilizou-se o Modelo de Sombreamento Digital, gerado a partir do MDEHC, e sobreposição da Imagem Landsat 5 com transparência (30%), permitindo a observação da superfície. A Figura 3.6 ilustra a delimitação das unidades a partir do relevo, com auxílio do mapa geológico e de observações de campo, de acordo com a escala do mapeamento. A Figura 3.7 apresenta para a mesma região o mapa geológico, escala 1:500.000.

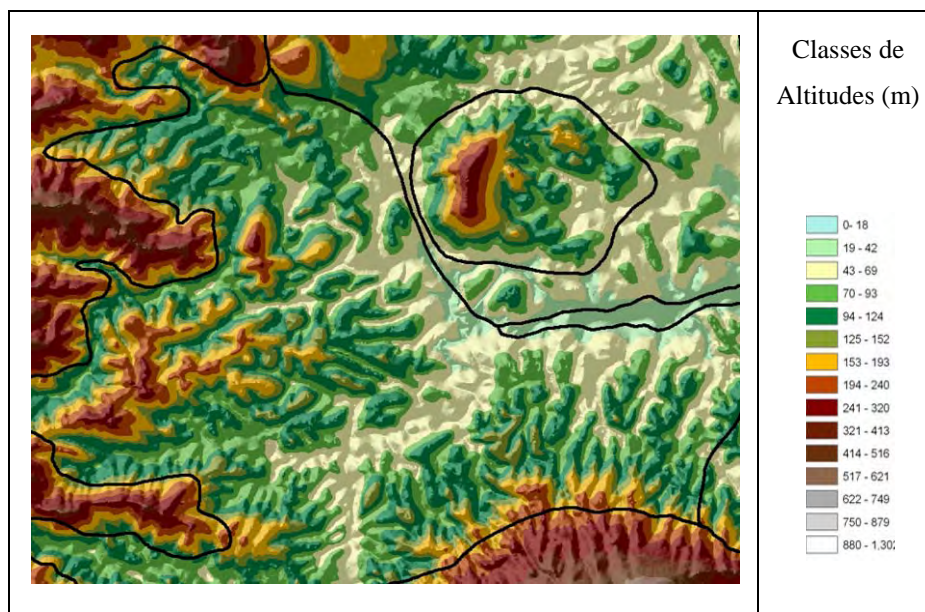


Figura 3.6 Delimitação das unidades

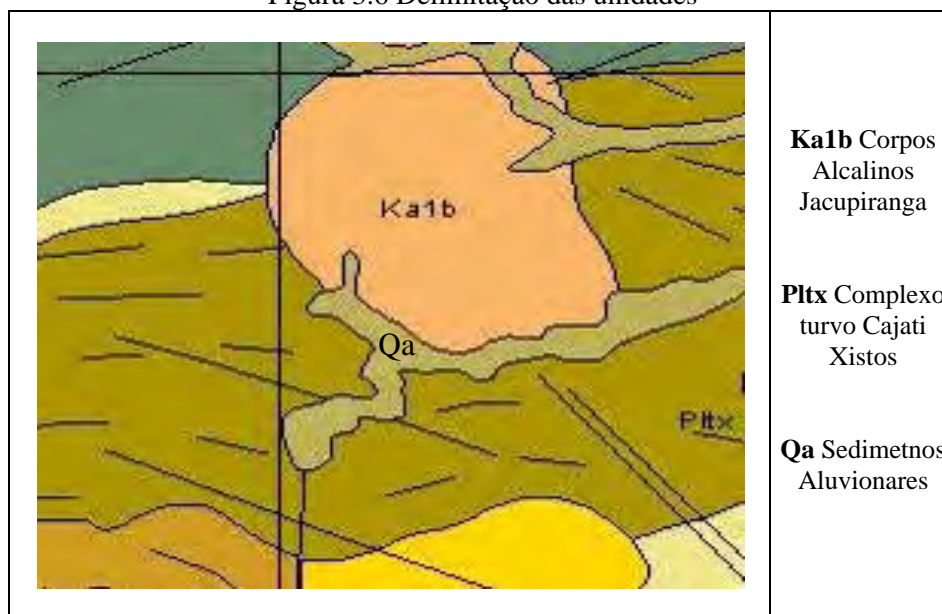


Figura 3.7 Geologia referente à região mapeada

Avaliou-se o balanço morfogênese e pedogênese com vistas a classificar as feições mapeadas. Onde a paisagem é mais ativa, com observância de movimentos de massa, ravinas, escorregamentos, tem-se solos mais jovens com horizontes menos intemperizados, caracterizando predominância de fatores morfogenéticos, morfoestruturais ou morfoclimáticos. Onde percebe-se maior estabilidade da paisagem, com topos de morros aplainados, por exemplo, tem-se predominância de processos pedogenéticos como o intemperismo químico, observando as diferenças entre os solos de acordo com a profundidade dos horizontes superficiais e sub-superficiais.

Quantificou-se os parâmetros morfométricos nas classes de solos mapeadas. Com isso, esperou-se avaliar a existência de correlações entre esses parâmetros e os respectivos tipos de solos, considerando que os solos sofrem influência direta do relevo. Os parâmetros avaliados foram: densidade de drenagem (Dd), calculado pela divisão do comprimento total dos canais de drenagem pela área em estudo, declividade média e altitude média.

Nos procedimentos de trabalho de campo, foram avaliados os materiais pedológicos e suas características quanto à distribuição espacial. Procedeu-se, em campo, a coleta de treze amostras de solo para a caracterização química, granulométrica e geotécnica (Limites de Atterberg) das unidades pedológicas identificadas. O Quadro 2.4 lista os ensaios de caracterização química.

Os mapas das unidades de solos foram digitalizados em mesa digitalizadora A0 com auxílio do software Cartalinx<sup>®</sup>, e posteriormente exportados para o ArcView<sup>®</sup>, software com melhores qualidades para a edição e a identificação dos polígonos, bem como agilidade de trabalho e armazenamento de dados.

Quadro 2.4 Ensaios de Caracterização Química (Embrapa, 1997)

Característica	Ensaios Químicos
pH em água e KCl	Relação 1:2,5
P - K	Extrator Mehlich 1
Ca <sup>+</sup> - Mg <sup>+</sup> - Al <sup>3+</sup>	Extrator: KCl - 1 mol/L
H + Al	Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0
S	Extrator Fosfato monocálcico em ácido acético
SB	Soma das Bases Trocáveis
CTC (t)	Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
CTC (T)	Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
V	Índice de Saturação de Bases
m	Índice de Saturação de Alumínio
Mat. Org. (MO)	C.Org x 1,724 - Walkley-Black
P-rem	Fósforo Remanescente

### 3.2.7 Caracterização Geotécnica

As amostras coletadas em primeira e segunda viagem de campo foram preparadas segundo as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6457/86 (ABNT, 1986a). Foram realizados os seguintes ensaios: granulometria segundo NBR 7181/84 (ABNT, 1984b), determinação de massa específica dos grãos ( $\gamma_s$ ) via a NBR 6508/ 84 (ABNT, 1984c), determinação do limite de plasticidade (LP) conforme a NBR 7180/84

(ABNT, 1984d) e determinação do limite de liquidez (LL) segundo a NBR 6459/84 (ABNT 1984e). Para as amostras selecionadas de especial interesse para análises geotécnicas, adquiridas na segunda viagem de campo, determinou-se através da metodologia MCT o comportamento laterítico ou não laterítico pelo Método das Pastilhas, preconizado por NOGAMI e VILLIBOR (1995).

Após os ensaios geotécnicos os solos foram classificados segundo os Sistemas TRB (*Transportation Research Board*) e USCS (*Unified Soil Classification*) (Anexo 3).

### 3.2.7.1 Método das Pastilhas

Os materiais utilizados para o ensaio foram produzidos segundo as especificações de FORTES et al. (2002) e NOGAMI e VILLIBOR (1995).

Para a realização do ensaio, confeccionou-se seis anéis de aço com dimensões de 20 mm de diâmetro, 5 mm de espessura, 3 mm de parede (Figura 3.8) e agulha de alumínio com espessura 1,3 mm e massa igual a 10 gramas, segundo padronização de NOGAMI E VILLIBOR (1995) e FORTES et al. (2002). Utilizou-se também um penetrômetro; placa porosa e cuba para reabsorção de água conforme se ilustra na Figura 3.9.



Figura 3.8 Anéis, agulha e pedra porosa



Figura 3.9 Cuba para reabsorção d'água

A cuba para reabsorção d'água foi adaptada para garantir pressão negativa de 5 mm de coluna d'água. Utilizou-se uma mangueira conectada ao interior da cuba e em contato com o ambiente externo a fim de manter o nível d'água constante no nível desejado.

As amostras foram destorroadas e passadas pela peneira nº 40 (0,42mm) e posteriormente foram separadas cerca de 30 gramas para a realização do ensaio. Procedeu-se o umedecimento do solo com água destilada e espatulação por aproximadamente 8 minutos sobre uma placa de vidro esmerilada, a fim de se homogeneizar a pasta de solo no teor de umidade necessário para obter-se penetração de 1 mm (Figura 3.10 e 3.11)



Figura 3.10 Espatulação e homogeneização da massa



Figura 3.11 Amostras moldadas em pastilhas

Eventualmente, corrigiu-se o teor de umidade das amostras para atingir a penetração desejada. A Figura 3.12 apresenta o penetrômetro para medição da penetração de 1mm. Esse procedimento é utilizado para a padronização da massa de solo a uma umidade que resista à penetração de uma massa de 10 gramas.

Uma série de três corpos de provas foi moldada em forma de pastilha para cada amostra. Secou-se o conjunto de pastilhas de solo por no mínimo 12 horas, em estufa a 60°C.



Utilizou-se um paquímetro para a leitura da contração das três pastilhas e, através da média aritmética, obteve-se o valor da contração diametral (Ct).

Após esse procedimento, submeteram-se as pastilhas à reabsorção de água (Figura 3.13) por um período de 2 horas. Manteve-se o nível d'água constante a fim de se garantir 5 mm de pressão negativa na pedra porosa. Posteriormente, efetuou-se as medidas de penetração nas pastilhas úmidas através do penetrômetro adaptado que permite leituras de 0,01 mm, evitando assim, erros do operador.

Através desse ensaio, o solo é caracterizado quanto à manutenção de sua resistência física após o umedecimento e a secagem. Quanto menor a penetração após a reabsorção d'água, dependendo da contração ou da expansão, é possível inferir características sobre o comportamento geotécnico do solo e sobre a existência de micro-ligações cimentantes entre as partículas de solo, uma das peculiaridades dos solos de regiões tropicais.

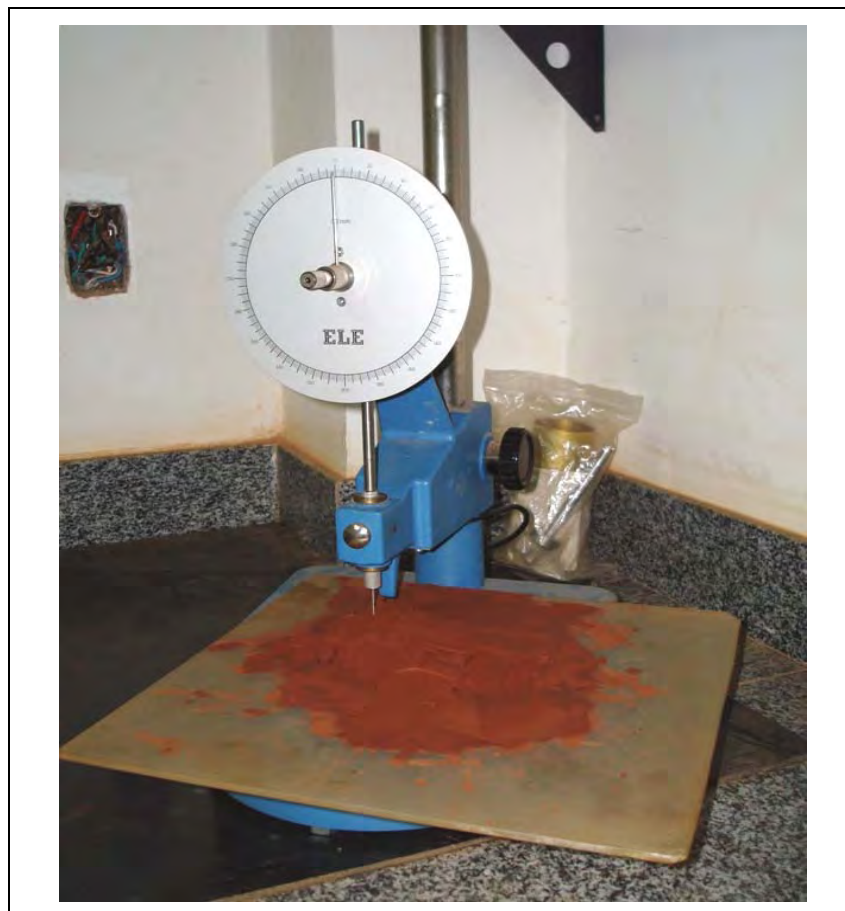


Figura 3.12 Medida da penetração a 1mm

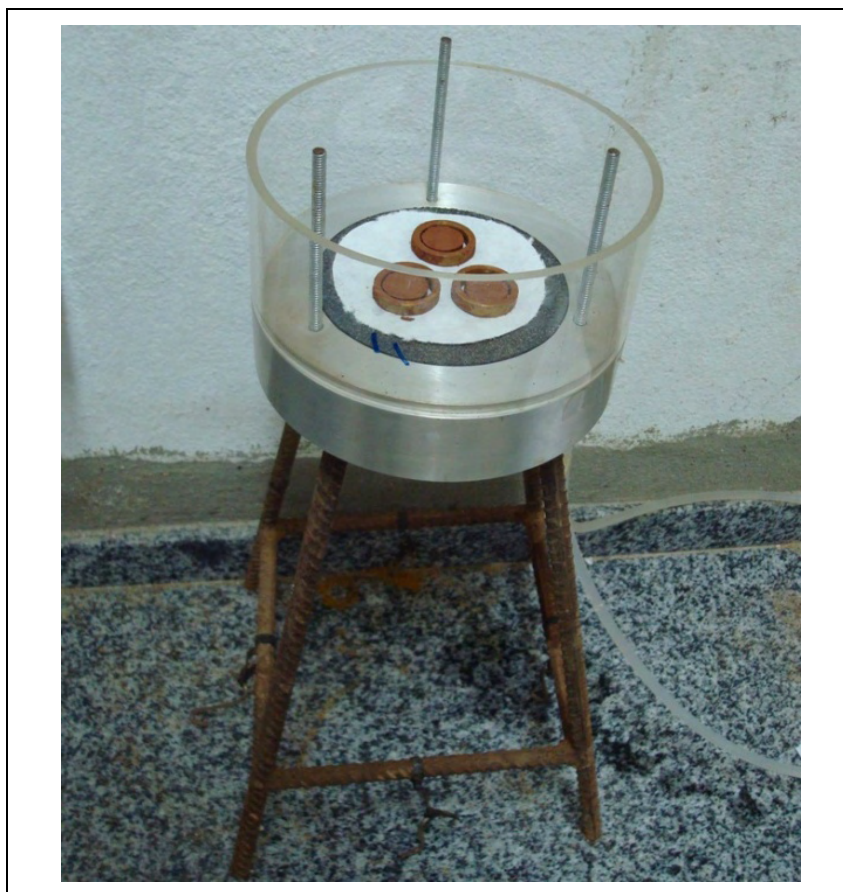


Figura 3.13 Amostras em reabsorção d'água

### 3.2.8 Mapa de Geoambientes

Para a estratificação das unidades geoambientais, utilizou-se uma metodologia com base em dados pedo-geomorfológicos, onde as características ecogeográficas foram identificadas, estratificadas e descritas, assim como problemas geoambientais associados (TRICART e KIEWIETDEJONGE, 1992; SCHAEFER, 1997).

As principais informações utilizadas para o mapeamento dos geoambientes foram: mapa pedológico, mapa geomorfológico e mapa de uso e cobertura vegetal, em escala 1:100.000, temas estes, desenvolvidos no âmbito deste trabalho. A base para a distinção dos geoambientes foi o mapa geomorfológico, por apresentar maior estratificação para definição dos atributos tipos de solos, de topografia e de cobertura vegetal (RAO e REDDY, 2004).

### 3.2.9 Carta de Suscetibilidade à Erosão

Elaborou-se a carta síntese de suscetibilidade à erosão para avaliar, de forma integrada, as potencialidades e as vulnerabilidades do meio ambiente.

A carta de suscetibilidade à erosão foi desenvolvida por meio da correlação dos fatores Geomorfologia, Solos, Uso do Solo, Clima e Declividades. A Figura 3.14 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada para a elaboração da carta de suscetibilidade à erosão.

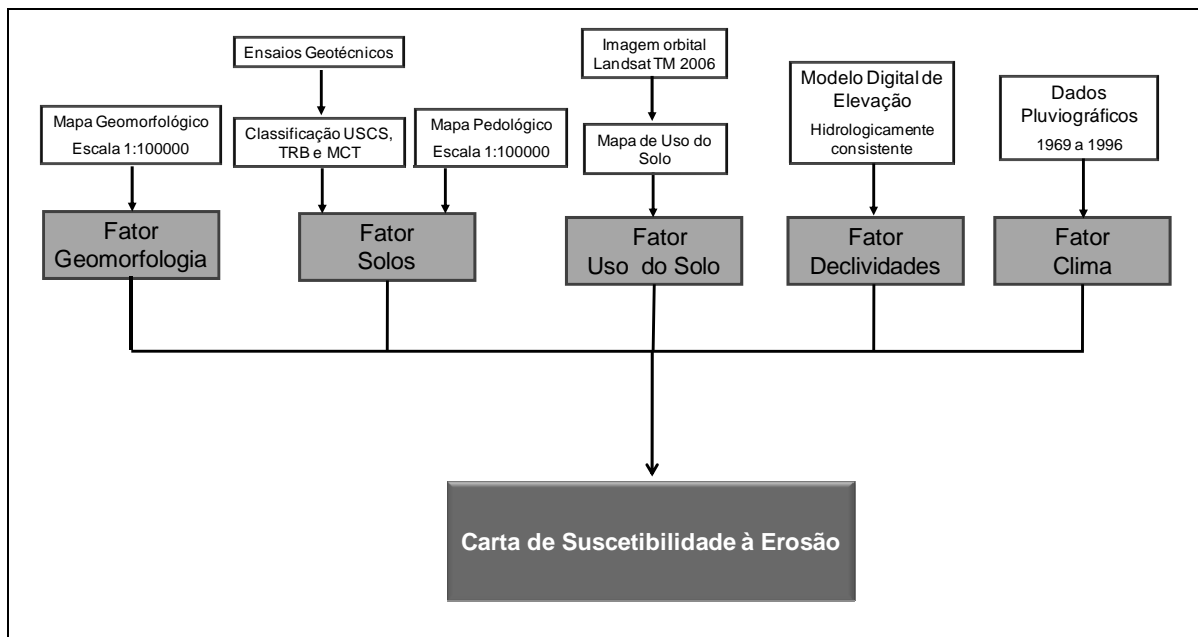


Figura 3.14 Fluxograma da metodologia para elaboração da carta de suscetibilidade à erosão.

Para a elaboração da Carta de Suscetibilidade à Erosão levou-se em consideração as análises qualitativas e quantitativas dos solos das sub-bacias hidrográficas em estudo.

Os dados cartográficos utilizados foram: modelo digital de elevação, carta de declividade, mapa do sistema viário, mapa pedológico, mapa geomorfológico, mapa de precipitação anual e mapa de uso do solo e cobertura vegetal (ano 2006) em escala 1:100.000. Empregou-se, também, o conjunto de resultados dos ensaios geotécnicos realizados para fins de caracterização dos solos segundo os sistemas USCS, TRB e MCT.

A Carta de Suscetibilidade à Erosão foi produzida em algoritmo de análise de decisão através da combinação entre os temas solos, geomorfologia, declividades, precipitação, uso do solo e cobertura vegetal por meio da combinação linear ponderada. A análise multicritério exige o estabelecimento de fatores e/ou restrições. As restrições indicam áreas inadequadas ou inaptas para a análise. Os dados cartográficos, convertidos em formato

matricial, foram padronizados em escala de adequabilidade fuzzy (EASTMAN, 2006). As funções fuzzy foram empregadas, pois passam de maneira contínua do não adequado à adequabilidade máxima. Utilizou-se a escala de adequabilidade variando de zero, menor valor possível de suscetibilidade à erosão, até 255, maior valor possível de suscetibilidade à erosão. Neste método, cada fator padronizado é multiplicado pelo seu peso correspondente, somados, e a soma é dividida pelo número de fatores.

Os pesos foram obtidos no processo hierárquico analítico por meio da comparação par a par do software Idrisi 15.1 2007<sup>®</sup>. O processo de agregação de combinação linear ponderada fornece um cenário com máxima compensação entre os fatores e risco médio na análise.

### 3.2.9.1 Fator Solos

Para o Mapa Pedológico, utilizou-se valores de suscetibilidade para as diferentes unidades, como se mostra no Quadro 2.5. Os critérios utilizados para a variável consideram a estrutura, grau de coesão, profundidade de horizontes, erodibilidade (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990) e comportamento geotécnico. Os resultados dos ensaios de caracterização e de comportamento geotécnico obtidos neste trabalho orientaram o escalonamento das classes pedológicas quanto à predisposição à erosão.

Para padronização dos fatores, os valores de adequabilidade utilizados foram divididos em cinco classes, sendo classe Muito Alta (255), Alta (200), Média (150), Baixa (100) e Muito Baixa (50).

Quadro 2.5 Classes de suscetibilidade à erosão para o fator solos

<b>Classe Pedológica</b>	<b>Suscetibilidade à Erosão</b>
Cambissolo Háptico fase relevo forte ondulado a montanhoso	Muito Alta (255)*
Cambissolo Háptico fase relevo ondulado a forte ondulado	Alta (200)
Gleissolo Háptico fase relevo plano de várzea	Média (150)
Gleissolo Háptico fase relevo plano de várzea inundável	Baixa (100)
Latossolo fase relevo suave ondulado de topo	Baixa (100)
Latossolo Vermelho-Amarelo	Muito Baixa (50)
Chernossolo Argilúvico Órtico fase relevo ondulado	Muito Baixa (50)
Argissolo Vermelho-Amarelo fase suave ondulado e ondulado	Alta (200)
Neossolo Litólico fase relevo montanhoso	Muito Alta (255)

\*Valor de adequabilidade para análise de decisão

### 3.2.9.2 Fator Geoambientes

As unidades geoambientais foram classificadas conforme o Quadro 2.6 quanto à suscetibilidade erosiva de acordo com o nível de dissecação do relevo e das características geoambientais peculiares de cada região.

Quadro 2.6 Classes de suscetibilidade à erosão para o fator geoambientes

Classe Geomorfológica	Descrição	Classe de Suscetibilidade à Erosão
A – 1	Planícies e Vales de Fundo Chato com Campo de Várzea e Solos Hidromórficos	Muito Baixa (50)
B – 1	Terraços e Colinas Suaves com Argissolos e Solos Aluviais	Muito Baixa (50)
B – 2	Colinas e Encostas Baixas Dissecadas Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos	Baixa (100)
C – 1	Planalto de Cajati com Latossolos e Chernossolos	Média (150)
D – 1	Cristas e Morrotes Alinhados Florestados com Solos Rasos	Alta (200)
D – 2	Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga com Cambissolos	Alta (200)
D – 3	Serras do Paranapiacaba Florestadas com Cambissolos e Solos Litólicos	Muito Alta (255)
D – 4	Cristas Serranas do Alto Jacupiranga Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos	Muito Alta (255)
D – 5	Serras do Alto Jacupiranga com Solos Rasos e Litólicos e Planaltos com Solos bem Desenvolvidos	Muito Alta (255)

### 3.2.9.3 Fator Uso do Solo

O uso do solo e da cobertura vegetal foi hierarquizado definindo-se graus de proteção para as classes de uso, como apresentado no Quadro 2.7. As classes Outras Culturas, Banana, Chá e Pastagem foram classificados com graus de proteção baixo e muito baixo devido à possibilidade de remoção de cobertura total ou parcial por capina e manejo inadequados. Os Afloramentos Rochosos são áreas cobertas por rocha sã, sem cobertura de Neossolos, contribuindo pouco ou muito pouco com o processo erosivo.

Quadro 2.7 Graus de proteção uso do solo

<b>Classe de Uso e Cobertura</b>	<b>Graus de Proteção</b>
Floresta	Muito Alto (50)
Capoeira	Alto (100)
Campo de Várzea	Alto (100)
Outras Culturas	Muito Baixo (255)
Cultura de Banana	Baixo (200)
Cultura de Chá	Baixo (200)
Pastagem	Baixo (200)
Rec. Hídricos	Restrição
Área Urbanizada	Medio (150)
Mineração Cajati	Muito Baixo (255)
Afloramentos Rochosos	Alto (100)

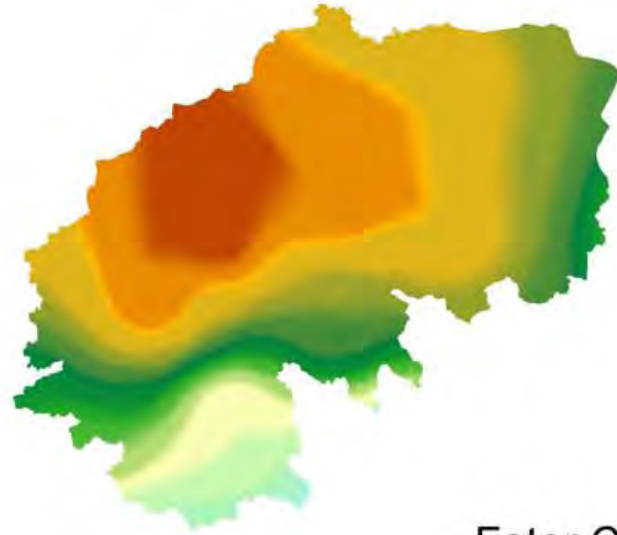
#### **3.2.9.4 Fator Declividade**

O fator declividade foi definido a partir de uma função linear crescente, em que os valores de declividade variaram de zero (menor grau de suscetibilidade erosiva - 0) a 45% ou maiores (maior grau de suscetibilidade - 255). Esta análise é mais coerente com a realidade do que aquela na qual atribui-se valores de suscetibilidade a cada classe de declividade.

#### **3.2.9.5 Fator Clima**

Obteve-se através do mapa de precipitação média anual o fator clima, que relaciona as precipitações com a suscetibilidade. Dividiu-se o mapa em cinco classes de suscetibilidade, de acordo com as categorias baixa (1500 – 1650 mm), média (1650 – 1800 mm), alta (1800 – 1950 mm) e muito alta (1950 – 2100).

A Figura 3.15 apresenta os cinco fatores reclassificados para a análise.



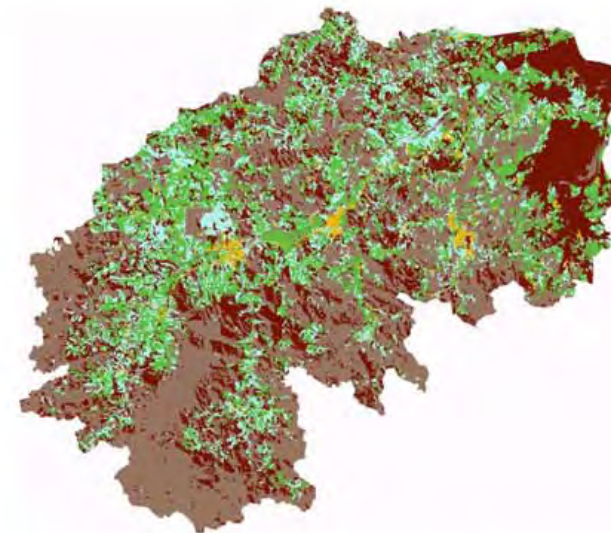
Fator Clima



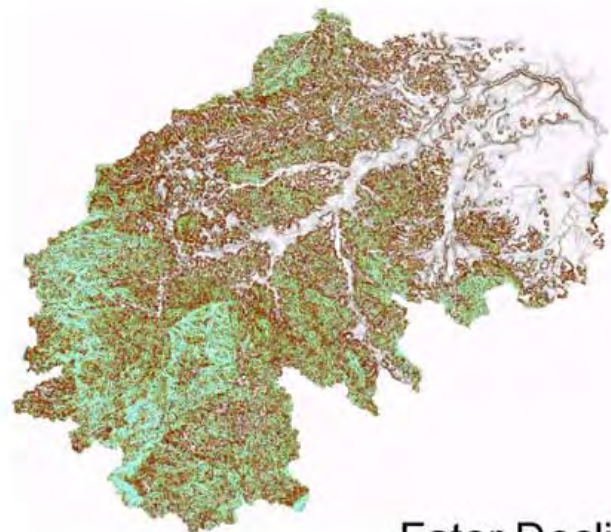
Fator Geoambientes



Fator Solos

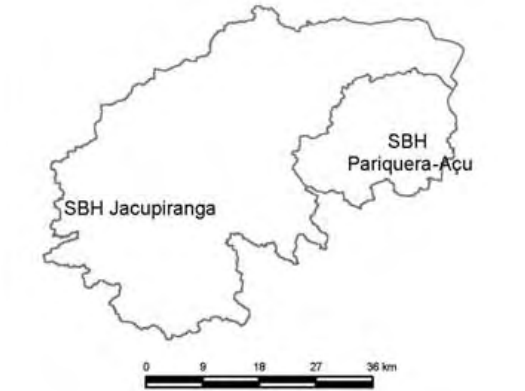


Fator Uso do Solo e Cobertura Vegetal



Fator Declividades

Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



**Legenda**

**Suscetibilidade à Erosão**



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Fatores  
Suscetibilidade à Erosão**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

**Escala:**  
1:200.000

**Data:**  
Julho/2008

**Página:**  
68

### 3.2.9.6 Análise dos Fatores

Com o objetivo de se identificar áreas de maior predisposição à erosão e que representassem de maneira mais fidedigna possível a realidade, estabeleceram-se cenários para a suscetibilidade à erosão.

Foram obtidos cinco cenários resultantes da variação de importância entre os fatores no processo hierárquico analítico (Quadro 2.8 a 2.12). Esta análise considerou o fator declividade com menor influência por estar diretamente relacionado com o fator geoambientais.

Na comparação pareada, o valor um (1) representa a mesma importância de um item sobre outro e o valor meio (1/2) representa importância intermediária, entre igualmente e moderadamente menos importante. As restrições booleanas e os fatores foram agregados, e utilizando máxima compensação e risco médio. A Figura 3.16 mostra o espaço estratégico de decisão com a indicação da análise efetuada.

Dentre os cenários produzidos, optou-se pelo que melhor representou as condições de suscetibilidade erosiva das sub-bacias hidrográficas estudadas, de acordo com áreas de controle levantadas em campo, os aspectos físicos mapeados e observações.

Para o cenário identificado como o que melhor representou as condições *in situ*, estabeleceu-se quatro classes de suscetibilidade à erosão, variando de baixa a muito alta.

Utilizou-se a generalização tipológica do software ArcGis 9.2 2007<sup>®</sup> para a remoção de ruídos e de pequenos detalhes a fim de obter-se a área mínima mapeável de 40 ha, de acordo com a escala de mapeamento, 1:100.000 (IBGE, 1995<sub>a</sub>).

A Figura 3.17 mostra os cenários avaliados para a carta de suscetibilidade à erosão.

Quadro 2.8 Importância relativa entre os fatores – C1

Fatores	Solos	Geomorfologia	Clima	Declividade	Uso	Pesos (C1)
Fator Solos	1					0,2536
Fator Geoambientais	1	1				0,2245
Fator Clima	1/2	1/2	1			0,1487
Fator Declividade	1	1	1	1		0,2245
Fator Uso	1/2	1	1	1/2	1	0,1487



Quadro 2.9 Importância relativa entre os fatores – C2

Fatores	Solos	Geomorfologia	Clima	Declividade	Uso	Pesos (C1)
Fator Solos	1					0,2269
Fator Geoambientes	1	1				0,2269
Fator Clima	½	½	1			0,1523
Fator Declividade	1	1	1	1		0,1969
Fator Uso	1	1	1	1	1	0,1969

Quadro 2.10 Importância relativa entre os fatores – C3

Fatores	Solos	Geomorfologia	Clima	Declividade	Uso	Pesos (C1)
Fator Solos	1					0,2589
Fator Geoambientes	1	1				0,2254
Fator Clima	½	½	1			0,1487
Fator Declividade	1	1	1	1		0,1962
Fator Uso	½	1	1	1	1	0,1708

Quadro 2.11 Importância relativa entre os fatores – C4

Fatores	Solos	Geomorfologia	Clima	Declividade	Uso	Pesos (C1)
Fator Solos	1					0,2488
Fator Geoambientes	1	1				0,2488
Fator Clima	½	½	1			0,1244
Fator Declividade	1	1	2	1		0,1971
Fator Uso	½	½	1	2	1	0,1808

Quadro 2.12 Importância relativa entre os fatores – C5

Fatores	Solos	Geomorfologia	Clima	Declividade	Uso	Pesos (C1)
Fator Solos	1					0,2589
Fator Geoambientes	1	1				0,2254
Fator Clima	½	1	1			0,1768
Fator Declividade	1	1	1	1		0,1962
Fator Uso	½	½	1	1	1	0,1487

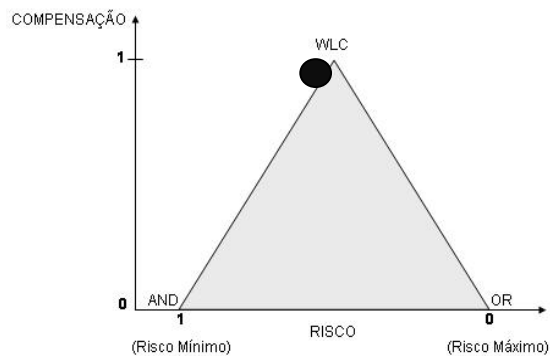
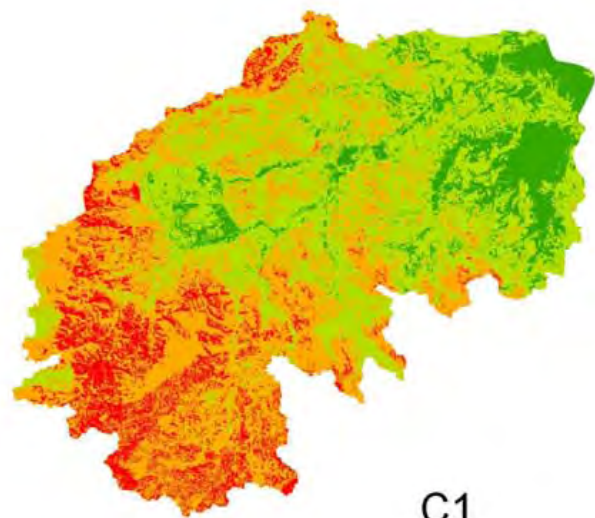
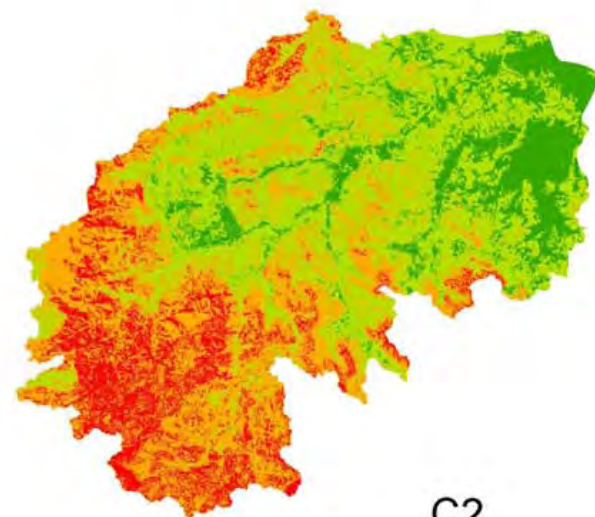


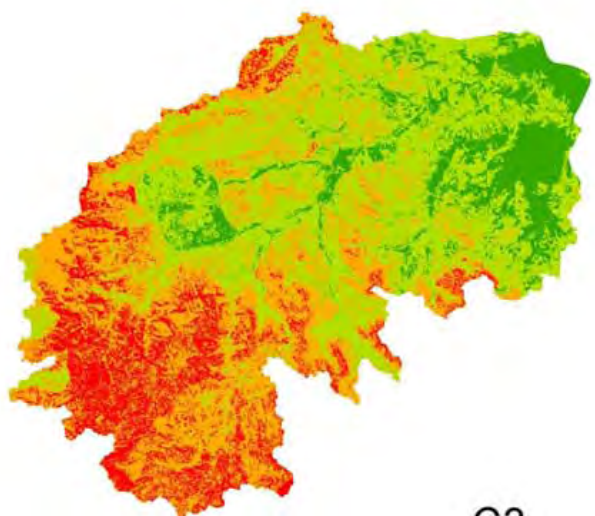
Figura 3.16 Espaço estratégico de decisão para análise WLC



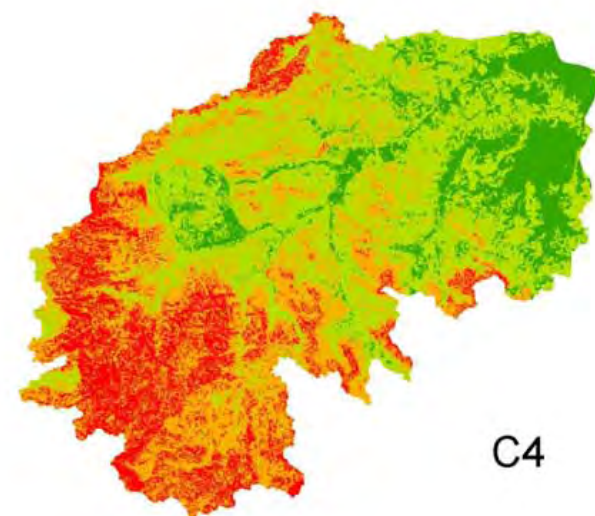
C1



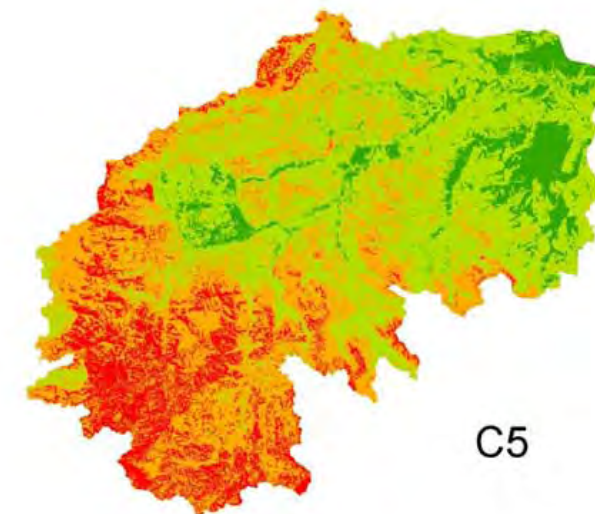
C2



C3

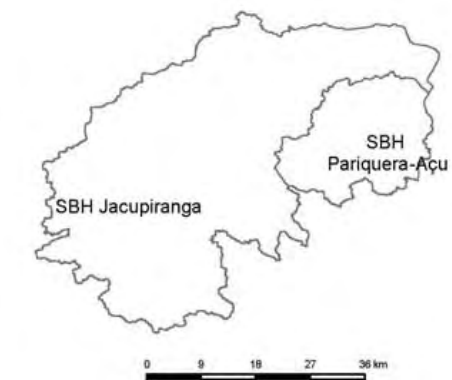


C4



C5

### Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



#### Legenda

##### Classes de Suscetibilidade

-  Baixa
-  Média
-  Alta
-  Muito Alta



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

#### Tese de Doutorado:

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

### Cenários Suscetibilidade à Erosão

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

**Escala:**  
1:700.000

**Data:**  
Julho/2008

**Página:**  
71

### **3.2.10 Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal**

As alterações nos usos do solo foram caracterizadas por meio da classificação de imagens orbitais, de onde foram extraídas informações para o reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos.

Para avaliação da evolução da paisagem, utilizou-se o modelo *Land Change Modeller* (LCM) do Idrisi Andes<sup>®</sup>. O modelo analisa as mudanças a partir de mapas de uso e cobertura do solo gerado em diferentes datas produzindo gráficos de ganhos e perdas para cada classe, contribuição de cada classe para a rede de mudanças e de transição de mudanças por classe. São utilizados como dados de entrada as imagens de uso do solo de diferentes datas, com número de linhas, de colunas e de classes idênticas, modelo digital de elevação, e de principais rodovias.

## **3.3 Zoneamento de Áreas para Planejamento Estratégico**

Neste item descreve-se as metodologias empregadas para a elaboração da Carta de Aptidão Agrícola dos Solos, da Carta de Potencial Agrícola e da identificação de áreas para o desenvolvimento estratégico.

A Carta de Aptidão Agrícola dos Solos foi obtida conforme recomendações de ZUQUETTE e GANDOLFI (2004) e BRASIL (1979).

De posse das análises químicas e dos parâmetros  $MO^9$ , SB, (T), V,  $Al^{+3}$ ,  $Ca^+$ ,  $Mg^+$ , K, P, pH, enquadraram-se cada uma das classes pedológicas conforme a necessidade da aplicação de insumos (fertilizantes e corretivos). O Quadro 2.13 apresenta classes pedológicas classificadas para cada um dos fatores, conforme proposta de ZUQUETTE e GANDOLFI (2004) e BRASIL (1979).

---

<sup>9</sup> Matéria Orgânica (MO); Saturação de Bases (SB); Capacidade de Troca Catiônica CTC (T); Índice de Saturação de Bases (V);

Quadro 2.13 Classificação segundo a Necessidade de Insumos

Classe Pedológica	MO	SB	(T)	V	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K	P	pH
GXbd1	A	A	M	A	A	A	A	A	A	A
GXbd2	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CXbd1	A	A	MA	A	A	A	A	A	A	A
CXbd2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LA	A	A	MA	A	M	A	A	A	A	A
MTo	A	B	B	B	A	B	B	A	A	M
RLd	A	A	A	A	A	A	M	A	S	A
LVA	A	A	MA	M	B	M	M	A	A	B
PVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

\*MA (Muito Alta); A (Alta); M (Média); B (Baixa)

Utilizou-se a análise multicritério para obtenção da Carta de Potencial Agrícola. No processo de agregação da combinação linear ponderada estabeleceu-se como fatores a aptidão agrícola dos solos, a carta de declividade e a carta de suscetibilidade à erosão.

Os fatores foram padronizados na mesma escala, variando de zero (menor potencial agrícola) a 255 (maior potencial agrícola). O Quadro 2.14 apresenta a padronização para as classes pedológicas.

Quadro 2.14 Padronização para as classes pedológicas

Classes Pedológicas	Valores Atribuídos
GXbd1	Muito Baixo (50)
GXbd2	Muito Baixo (50)
CXbd1	Muito Baixo (50)
CXbd2	Muito Baixo (50)
LA	Muito Baixo (50)
MTo	Muito Alto (255)
RLd	Muito Baixo (50)
LVA	Médio (150)
PVA	Muito Baixo (50)

O Quadro 2.15 mostra a padronização para as classes de declividade quanto ao Potencial Agrícola.

Quadro 2.15 Valores atribuídos para as classes de declividade

<b>Classe de Declividade</b>	<b>Valores Atribuídos</b>
0 – 3%	Alto (255)
3 – 8%	Médio Alto (230)
8 – 13%	Médio (180)
13 – 20%	Médio Baixo (100)
20 – 45%	Baixo (75)
45 – 100%	Muito Baixo (50)
> 100%	Muito Baixo (50)

No Quadro 2.16 estão os valores atribuídos às classes de suscetibilidade à erosão.

Quadro 2.16 Valores atribuídos às classes de suscetibilidade à erosão

<b>Classes de Suscetibilidade à Erosão</b>	<b>Valores Atribuídos</b>
Baixa	Baixa (255)
Média	Média (180)
Alta	Alta (75)
Muito Alta	Muito Alta (50)

A valoração das classes pedológicas foi feita com base na carta de aptidão agrícola e em conhecimentos adquiridos nas análises anteriores.

O menor valor (50) foi atribuído a classes com altas exigências de fertilizantes e moderada necessidade de calagem para manutenção e para correção do seu estado nutricional. O valor intermediário (150) foi atribuído à classe LVA que apresenta moderada exigência de fertilizante e baixa necessidade de calagem para manutenção e correção do seu estado nutricional. À classe MTo atribuiu-se o maior valor (255) por demandar exigências mínimas de fertilizantes para manutenção de seu estado nutricional, embora sua área esteja praticamente ocupada pela mineradora Bunge S.A.

Na valoração da carta de declividade privilegiou-se áreas mais planas (255). Valores menores foram atribuídos a declividades maiores por trazer dificuldades adicionais como a mecanização agrícola, por exemplo.

Para a carta de suscetibilidade à erosão entendeu-se que quanto mais baixa a erosão melhor.

No Processo Hierárquico Analítico (AHP) ou comparação par-a-par para obter-se os pesos de cada um dos fatores, considerou-se o fator aptidão agrícola dos solos como o mais importante. Os fatores suscetibilidade à erosão e declividade foram considerados de mesma importância para a análise, com peso maior atribuído ao fator aptidão agrícola. Os pesos resultantes foram:

- ✓ Fator aptidão agrícola= 0.5
- ✓ Fator suscetibilidade à erosão = 0.25
- ✓ Fator declividade > 0.25

Ressalta-se que na comparação par-a-par o somatório dos pesos dos fatores deve ser igual a um.

Os critérios estabelecidos para a identificação de áreas estratégicas de desenvolvimento envolveram restrições e fatores. Considerou-se como restrição:

- Formações Florestais;
- Campo de Várzea;
- Cultura de Banana, Cultura de Chá, Área Urbana e Mineração;
- Corpos d'água protegidos por buffer de 50 m;
- Declividade acima de 45%;
- Parque Estadual do Pariquera-Abaixo (PEPA).

Para converter os fatores em imagens padronizadas a uma escala de adequabilidade, utilizou-se as funções dos conjuntos fuzzy, em bytes, variando de zero (áreas menos adequadas) a 255 (áreas mais adequadas). Em alguns casos, os fatores foram reescalados para valores categóricos de adequabilidade (Quadro 2.17).

Quadro 2.17 Escalas de adequabilidade para os fatores

DESCRIÇÃO	d <sub>min.</sub>	FUNÇÃO FUZZY	PONTO DE CONTROLE			
			a	b	c	d
Uso do Solo	-	Escala [0-255]			-	
Potencial Agrícola	-	Escala [0-255]			-	
Suscetibilidade à Erosão	-	Escala [0-255]			-	
Sistema Viário	15 m	Linear monotônica crescente	0 m	1000 m	1000m	1000 m
Declividade	-	Escala [0-255]			-	
Corpos D'Água	30 m	Linear monotônica decrescente	30 m	2500 m	2500 m	2500 m

Para o fator uso do solo os valores categóricos das classes foram: Pastagem igual a 255 de adequabilidade, Outras Culturas igual a 220 e Capoeira igual a 150. O Parque Estadual do Rio Turvo e a APA Cajati receberam o valor 30 por serem áreas de proteção, mas que permitem o uso do solo com práticas adequadas. Considerou-se o PEPA de uso restrito por ser área de proteção ambiental e de impedimento a atividade antrópica, de uso apenas para ecoturismo

A Carta de Potencial Agrícola foi utilizada mantendo-se os valores potenciais adquiridos na análise anterior. Assim, os valores mais próximos à 255 indicam áreas aptas ao desenvolvimento e valores próximos à 50 ou menor, indicam áreas com baixo ou nulo potencial ao desenvolvimento.

Para o fator suscetibilidade à erosão, as classes foram definidas em quanto maior a suscetibilidade à erosão, menor é a adequabilidade das áreas a serem encontradas. Obteve-se o fator declividade por meio da reclassificação de acordo com a melhor trabalhabilidade de uso do solo e de transporte de sedimentos. Assim, quanto menor a declividade, maior a adequabilidade da área.

A partir de uma função linear crescente, a distância das vias foi reclassificada com menor adequabilidade em 0 m e, a partir de 100 m, a adequabilidade foi considerada máxima.

Nesse mesmo conceito, utilizou-se uma função linear decrescente para o fator hidrografia. O valor para adequabilidade máxima estabelecido foi 30 m a partir dos corpos d'água, que decresce quanto maior a distancia, até atingir 2500 m.

O fator declividade foi considerado de menor importância devido à relação direta com o fator suscetibilidade à erosão. Já o fator hidrografia, através do conhecimento do regime hídrico e da densidade hidrográfica, verificou-se que as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano e a rede de drenagem é densa e satisfaz as necessidades a que se propõe esse zoneamento.

O Quadro 2.18 apresenta a matriz de comparação par a par entre os fatores analisados.

Quadro 2.18 Matriz de comparação par a par para seleção de áreas para o desenvolvimento

	Fator Uso	Fator Potencial	Fator Susc. Erosão	Fator Vias	Fator Declividade	Fator Hidrografia
Fator Uso	1					
Fator Aptidão	1/3*	1				
Fator Susc. Erosão	1/3	1/3	1			
Fator Vias	1/3	1/3	1	1		
Fator Decliv	1/5	1/5	1	1	1	
Fator Hidrografia	1/5	1/5	1	1	1	1

\*(1) Igualmente importante; (1/3) Moderadamente menos importante, (1/5) Fortemente menos importante

Os pesos obtidos para cada fator foram:

- Fator Uso: 0,329;
- Fator Potencial Agrícola: 0,329;
- Fator Suscetibilidade à Erosão: 0,093;
- Fator Vias: 0,093;
- Fator Declividade: 0,078;
- Fator Hidrografia: 0,078.

As restrições booleanas e os fatores foram agregados pelo procedimento OWA, variando os níveis de compensação e de risco, gerando cenários finais de adequabilidade. Dentre as infinitas possibilidades de variação do risco e da compensação, as que representam risco extremo (análise otimista e ausência de compensação) e aversão ao risco (análise pessimista ou conservadora), não foram consideradas, pois não estão em conformidade com os objetivos propostos. Assim, percebe-se que além dos casos particulares citados, qualquer combinação de pesos ordenados é possível, desde que o somatório dos mesmos seja a unidade.

Os cenários finais, propostos a partir da variação do risco e da compensação, estão apresentados no Quadro 2.19.

Quadro 2.19 Risco e Compensação para os Cenários Obtidos

Cenários	Risco	Compensação
C1	0,50	1,00
C2	0,35	0,79
C3	0,30	0,73
C4	0,42	0,87
C5	0,34	0,77



### 3.3.1 Função da Produção

Com o objetivo de verificar os efeitos da produção agropecuária no Produto Interno Bruto per capita (PIBPCapita) da região, avaliou-se o impacto da área cultivada para diferentes culturas no PIB. Utilizou-se um modelo de aproximação simplificada de uma função de produção. Assume-se que o PIB é uma função das seguintes variáveis:

$PIB = f( A_{Arroz}, A_{Cana-de-açúcar}, A_{Feijão}, A_{Mandioca}, A_{Milho}, A_{Banana}, A_{Borracha}, A_{Chá}, A_{Tangerina}, A_{Goiaba}, A_{Maracujá}, A_{Palmito}, A_{Laranja} )$ , em que:

- PIB é o Produto Interno Bruto em “R\$ correntes”;
- $A_{Arroz}$  : área plantada (hectares) de arroz;
- $A_{Cana-de-açúcar}$  : área plantada (hectares) de cana-de-açúcar;
- $A_{Feijão}$  : área plantada (hectares) de feijão;
- $A_{Mandioca}$  : área plantada (hectares) de mandioca;
- $A_{Milho}$  : área plantada (hectares) de milho;
- $A_{Banana}$  : área plantada (hectares) de banana;
- $A_{Borracha}$  : área plantada (hectares) de seringueira para extração de borracha;
- $A_{Chá-da-Índia}$  : área plantada (hectares) de chá-da-índia;
- $A_{Tangerina}$  : área plantada (hectares) de tangerina;
- $A_{Goiaba}$  : área plantada (hectares) de goiaba;
- $A_{Maracujá}$  : área plantada (hectares) de maracujá;
- $A_{Palmito}$  : área plantada (hectares) de palmito;
- $A_{Laranja}$  : área plantada (hectares) de laranja.

Para alimentação do banco de dados da função de produção, foram coletados dados anuais de PIB per capita e de área plantada para cada cultura do modelo dos anos de 1999 até 2005. Coletou-se dados das cidades incluídas nas sub-bacias do rio Jaupiranga e Ribeira de Iguape e entorno: Registro Jacupiranga, Cajati, Eldorado, Cananéia, Sete Barras, Iguape, Barra do Turvo e Pariquera-Açu. Os dados são do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (IBGE, 2008).

Procedeu-se a análise dos dados coletados por meio do Método dos Mínimos Quadrados com três estágios. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Stata, versão 9.1, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

## 4 Resultados e Discussão

---

### 4.1 MDEHC

O Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente é uma das principais fontes de informação do Sistema de Informações Geográficas, pois, a partir dele, extrai-se outras informações que auxiliam em mapeamentos do meio físico e tomadas de decisão.

A Figura 4.1 mostra o MDEHC obtido para a região de estudo.

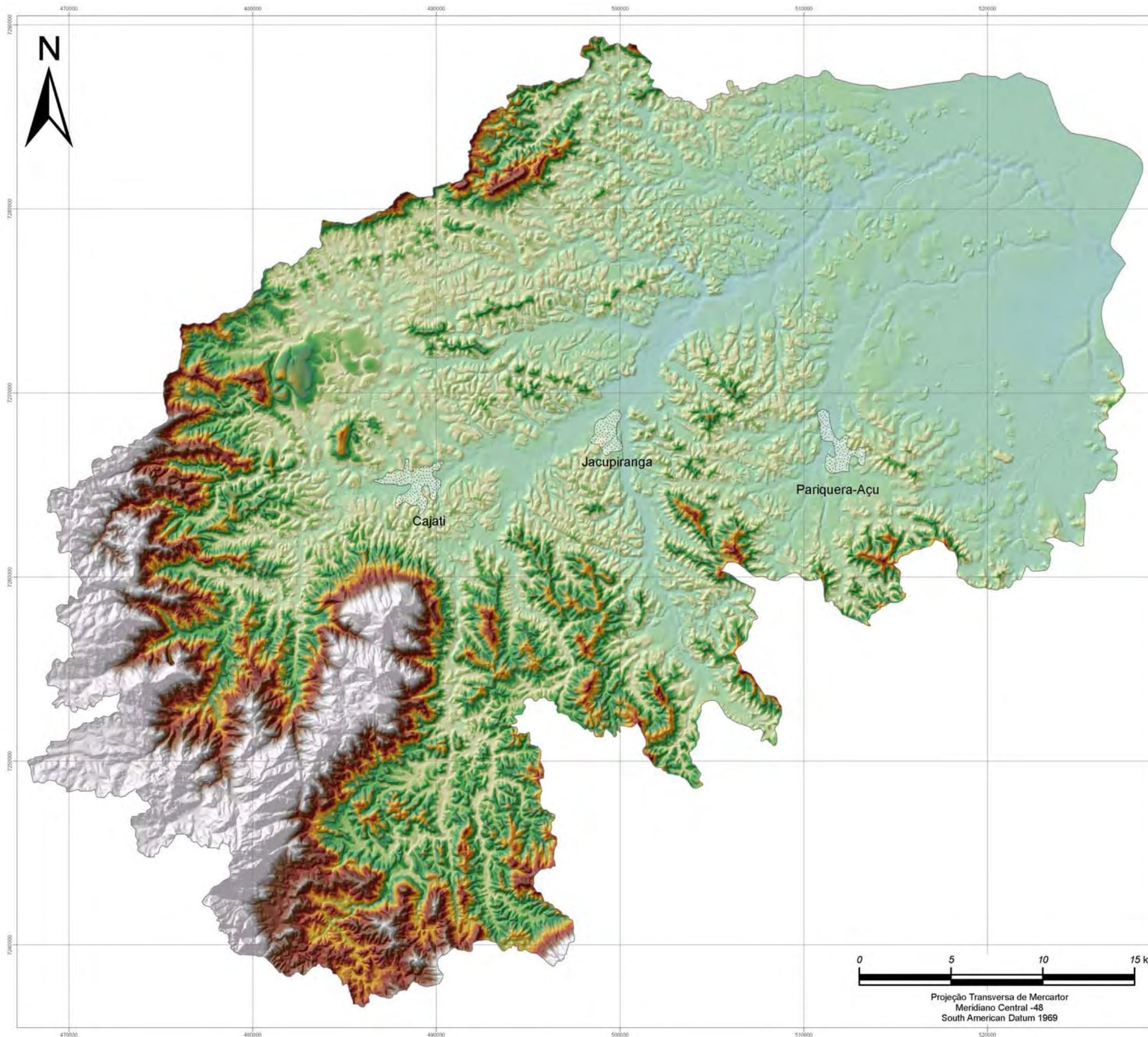
### 4.2 Carta de Declividade

A carta de declividade, obtida a partir do cálculo da primeira derivada do MDEHC, é apresentada na Figura 4.2. O Quadro 4.1 mostra a área ocupada pelas classes de declividade.

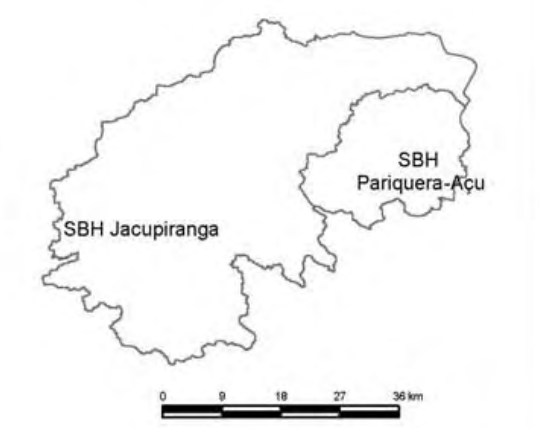
Quadro 4.1 Quadro de Áreas das Classes de Declividade

Classe de Declividade	Característica	Área
0 - 3%	Plano	22.0%
3 - 8%	Suave Ondulado	16.0%
8 - 13%	Moderado Ondulado	9.7%
13 - 20%	Ondulado	11.0%
20 - 45%	Forte Ondulado	28.9%
45 - 100%	Montanhoso	12.3%
Mais de 100%	Escarpado	0.2%

A Carta de Declividade, assim como o MDEHC, subsidia a tomada de decisão e mapeamentos do meio físico.



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



**Legenda**

- Área Urbana
- Limite das sub-bacias hidrográficas

**Altitude (m)**

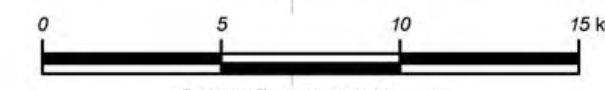
Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

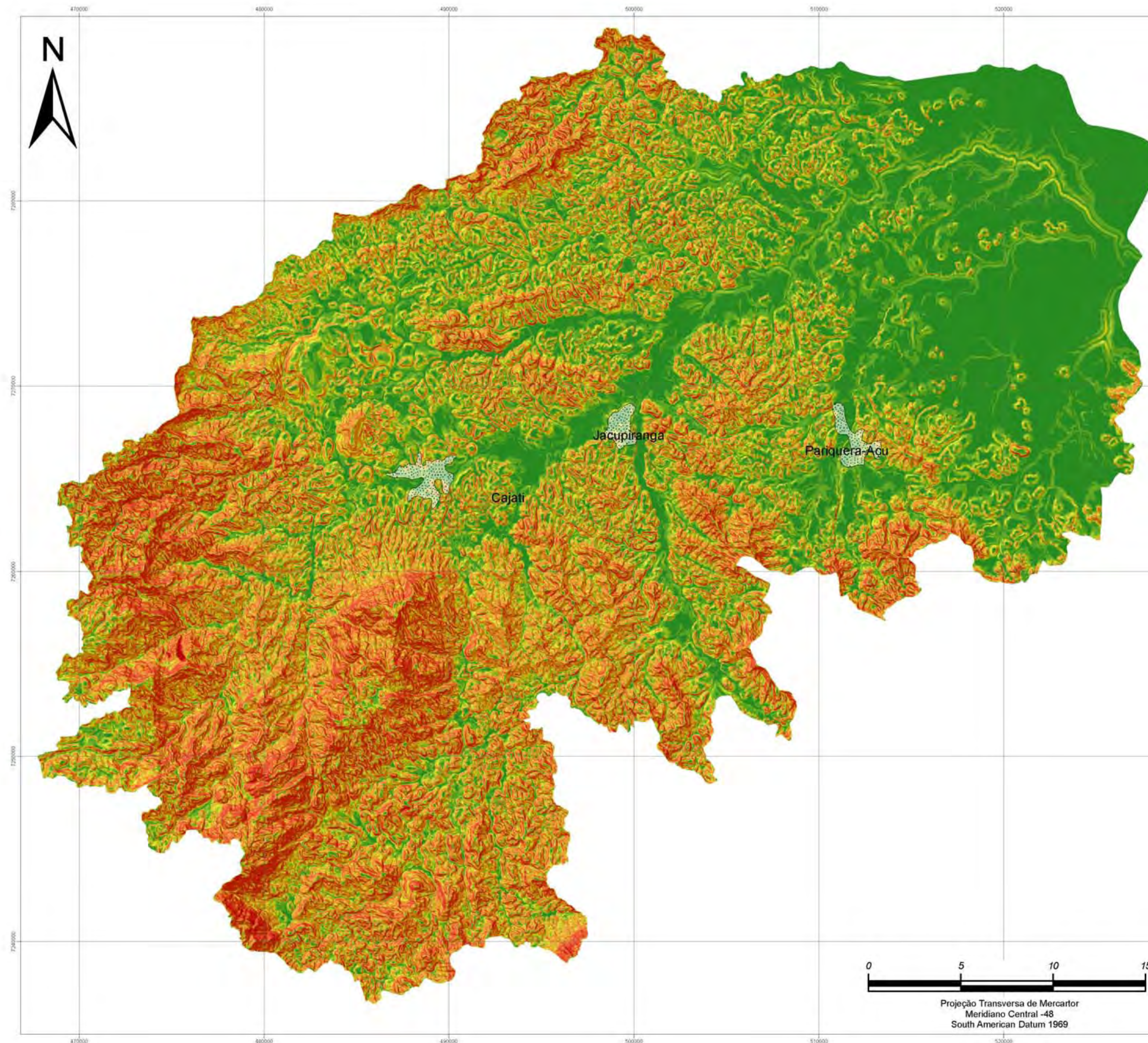
**Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

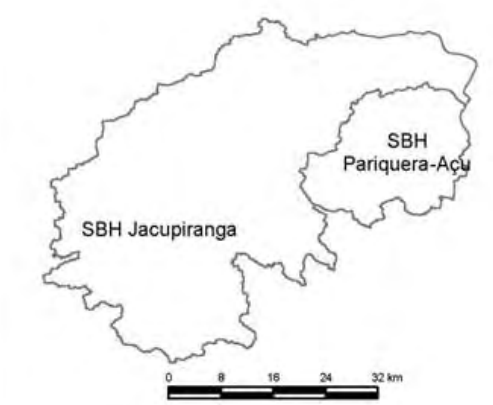
<b>Escala:</b> 1:200.000	<b>Data:</b> Julho/2008	<b>Página:</b> 80
-----------------------------	----------------------------	----------------------



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969




Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



Legenda

- Limite das sub-bacias hidrográficas
- ▨ Área Urbana
- Declividades (%)**
- Classes**
- 0 - 3
- 3 - 8
- 8 - 13
- 13 - 20
- 20 - 45
- 45 - 100
- > 100

 Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Carta de Declividade**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures  
**Escala:** 1:200.000    **Data:** Julho/2008    **Página:** 81



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969

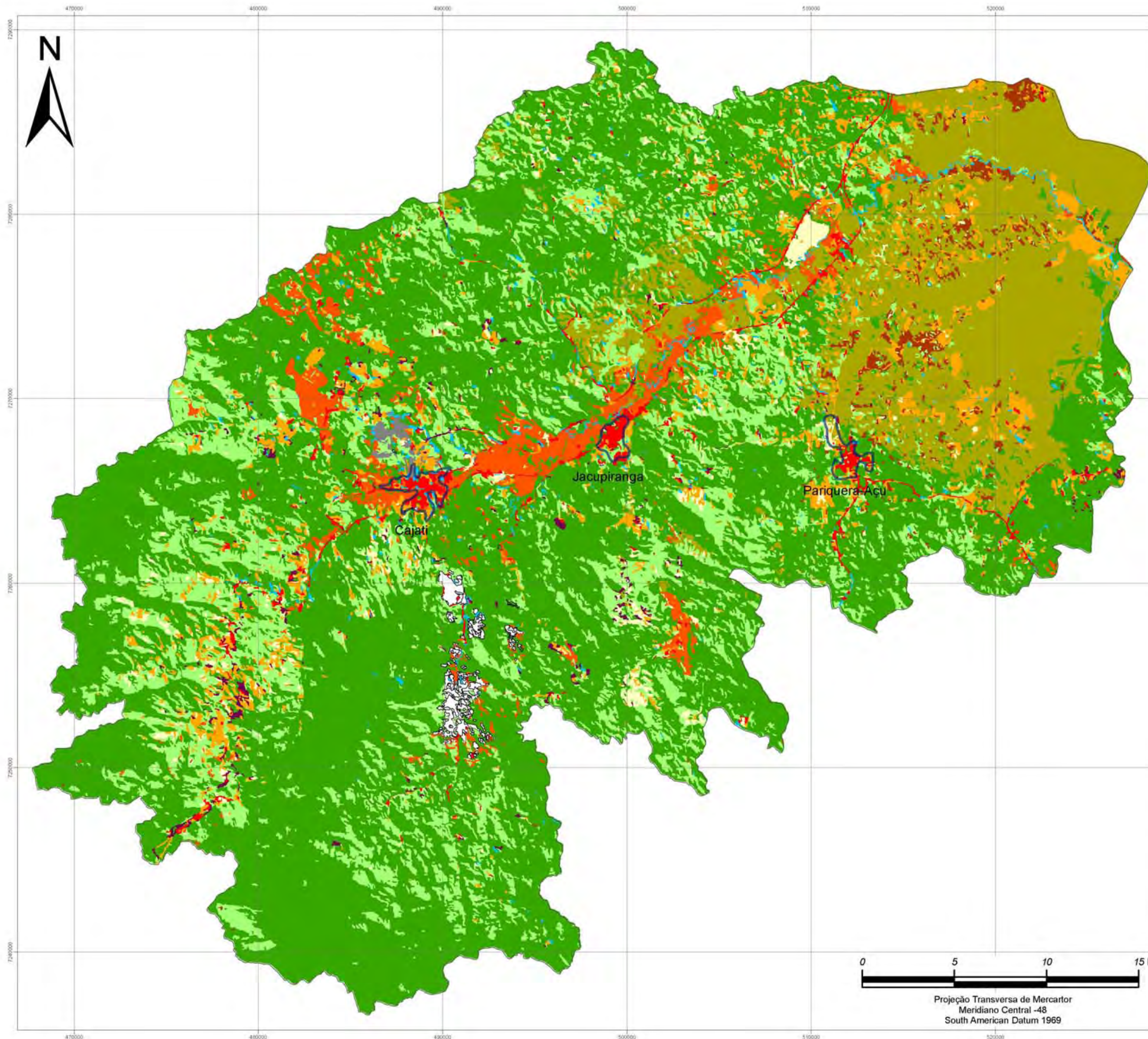
### 4.3 Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal

Foram identificadas onze classes de uso, apresentadas no Quadro 4.2 para o ano 2006. As Figuras de 4.3 a 4.5 apresentam os mapas de Uso e Cobertura do Solo obtidos das imagens de 1984, 1990 e 2006, respectivamente.

Quadro 4.1 Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal

<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Floresta</b>	71476	38.8%
<b>Capoeira</b>	26735	14.5%
<b>Campo de Várzea</b>	15586	8.5%
<b>Outras Culturas</b>	25322	13.7%
<b>Cultura de Banana</b>	6826	3.7%
<b>Cultura de Chá</b>	4001	2.2%
<b>Pastagem</b>	25436	13.8%
<b>Rec. Hídricos</b>	2610	1.4%
<b>Área Urbanizada</b>	3835	2.1%
<b>Mineração Cajati</b>	481	0.3%
<b>Afloramentos Rochosos</b>	1252	0.7%

As discussões e as análises referentes aos mapas de Uso e Cobertura Vegetal dos anos 1984, 1990 e 2006 estão apresentadas no item 4.10, Diagnóstico do Uso do Solo e Cobertura Vegetal, que utiliza dados do meio físico obtidos em levantamentos produzidos no âmbito deste trabalho para enriquecimento da análise crítica.



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



- Legenda**
- Área Urbana
  - Limite das sub-bacias hidrográficas
  - Uso e Cobertura**
  - Classes**
  - Formações Florestais
  - Capoeira
  - Campo de Várzea
  - Agricultura
  - Cultura de Banana
  - Cultura de Chá
  - Pastagem
  - Corpos D'Água
  - Área Urbanizada
  - Mineração Cajati
  - Afloramento Rochoso
  - Nuvem
  - Sombra

Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Mapa de Uso e Cobertura do Solo - 1984**

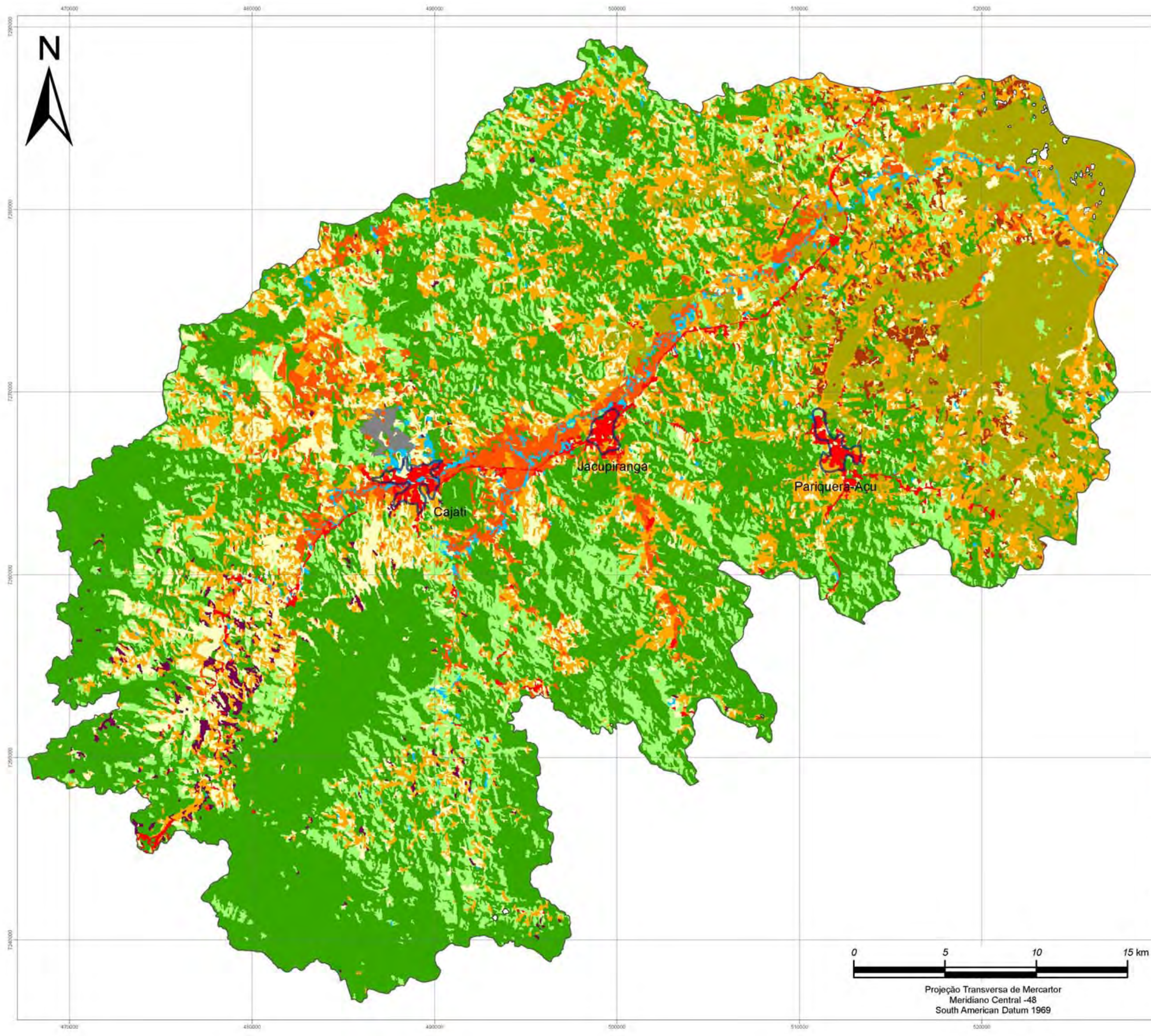
Base Landsat 5 TM+ 06/1984

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

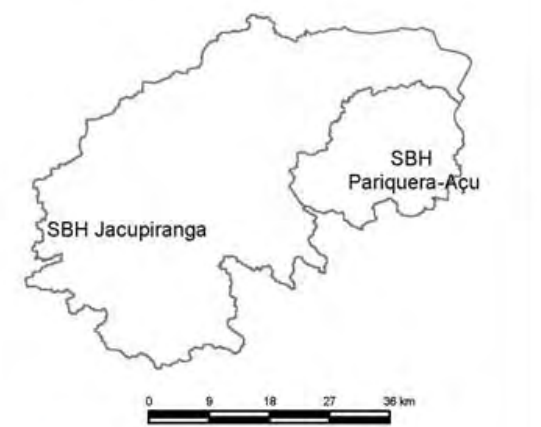
<b>Escala:</b> 1:200.000	<b>Data:</b> Julho/2008	<b>Página:</b> 83
-----------------------------	----------------------------	----------------------




Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



- Legenda**
- Limite das sub-bacias hidrográficas
  - Área Urbana
- Uso e Cobertura**
- Classes**
- Formações Florestais
  - Capoeira
  - Campo de Várzea
  - Agricultura
  - Cultura de Banana
  - Cultura de Chá
  - Pastagem
  - Corpos D'Água
  - Área Urbanizada
  - Mineração Cajati
  - Afloramento Rochoso
  - Nuvem
  - Sombra

 Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

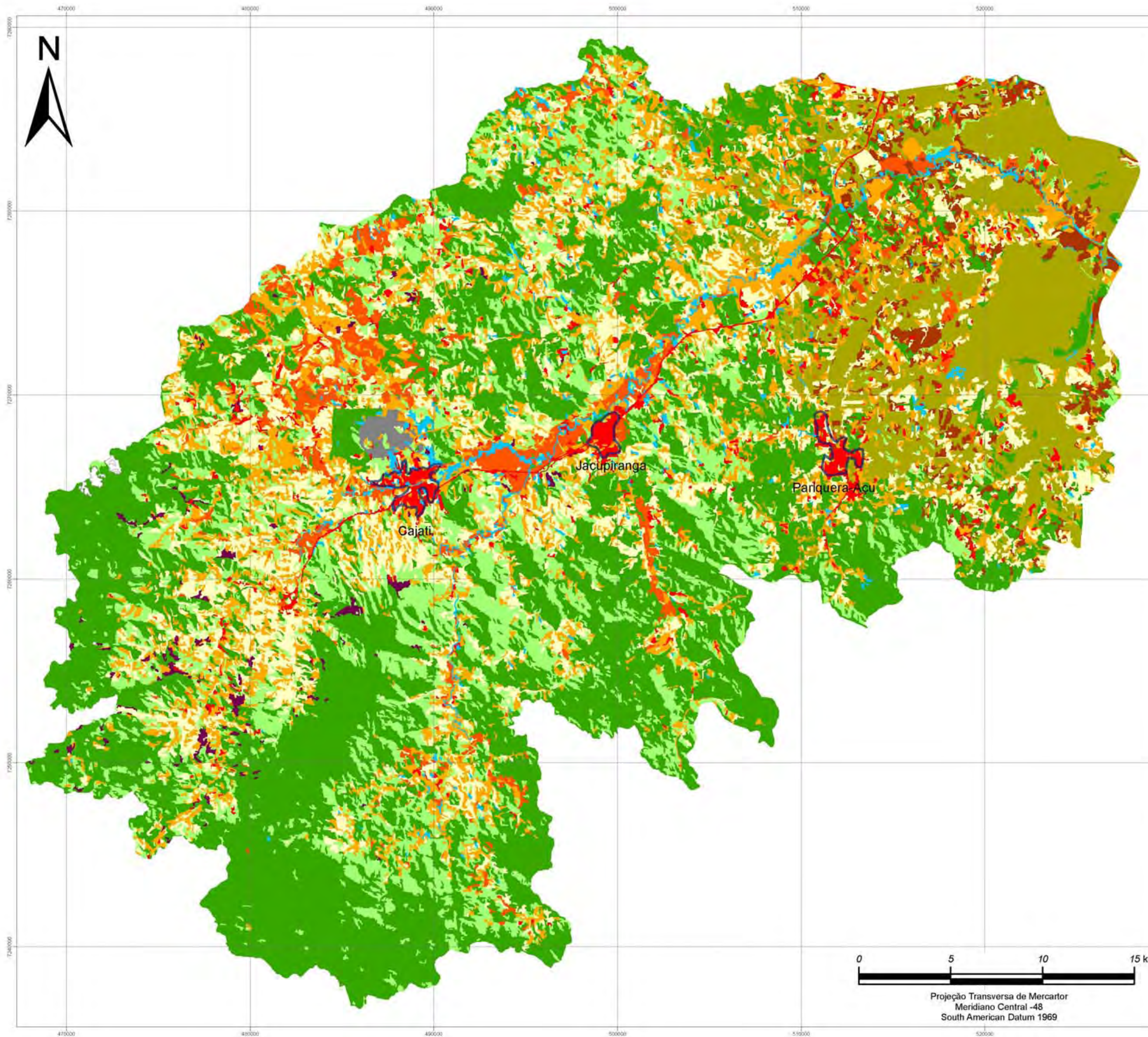
**Mapa de Uso e Cobertura do Solo - 1990**  
Base Landsat TM+ 09/1990

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

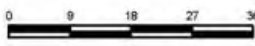
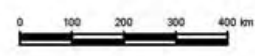
<b>Escala:</b> 1:200.000	<b>Data:</b> Julho/2008	<b>Página:</b> 84
-----------------------------	----------------------------	----------------------



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



Legenda

- ▭ Área Urbana
- ▭ Limite das sub-bacias hidrográficas
- Uso e Cobertura
- Classes
- ▭ Formações Florestais
- ▭ Capoeira
- ▭ Campo de Várzea
- ▭ Agricultura
- ▭ Cultura de Banana
- ▭ Cultura de Chá
- ▭ Pastagem
- ▭ Corpos D'Água
- ▭ Área Urbanizada
- ▭ Mineração Cajati
- ▭ Afloramento Rochoso
- ▭ Nuvem
- ▭ Sombra



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

Tese de Doutorado:

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

Mapa de Uso e Cobertura do Solo - 2006

Base Landsat TM+ 09/2006

Autor: Samuel Santana Paes Loures

Escola:	Data:	Página:
1:200.000	Julho/2008	85



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969



#### 4.4 Dados de Precipitação

Obteve-se a precipitação média anual das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu a partir da análise dos dados coletados para as 31 estações fluviométricas de referência.

A média de precipitação obtida na área entre janeiro de 1969 até setembro de 1996 foi de 1694 mm anuais. Ao analisar-se a distribuição mensal das precipitações entre 1969 e 1996, apresentada na Figura 4.6, observa-se uma pequena diferença entre a estação de maiores precipitações e a estação de menores precipitações. Os quatro meses mais chuvosos, de dezembro a março, concentram pouco mais de 50% das chuvas, sendo o restante distribuído e tendo o pico de precipitação média mínima no mês de agosto.

A Figura 4.7 mostra a precipitação média anual registrada pelas estações contidas nas sub-bacias hidrográficas em estudo. Ressalta-se o ano de 1983, onde a precipitação anual atingiu valor acima de 2500 mm, correspondendo ao ano de maior cheia do Vale do Ribeira de Iguape. Neste mesmo ano, as águas do rio Ribeira de Iguape romperam a barragem de Valo Grande e o rio voltou a desaguar no Mar Pequeno.

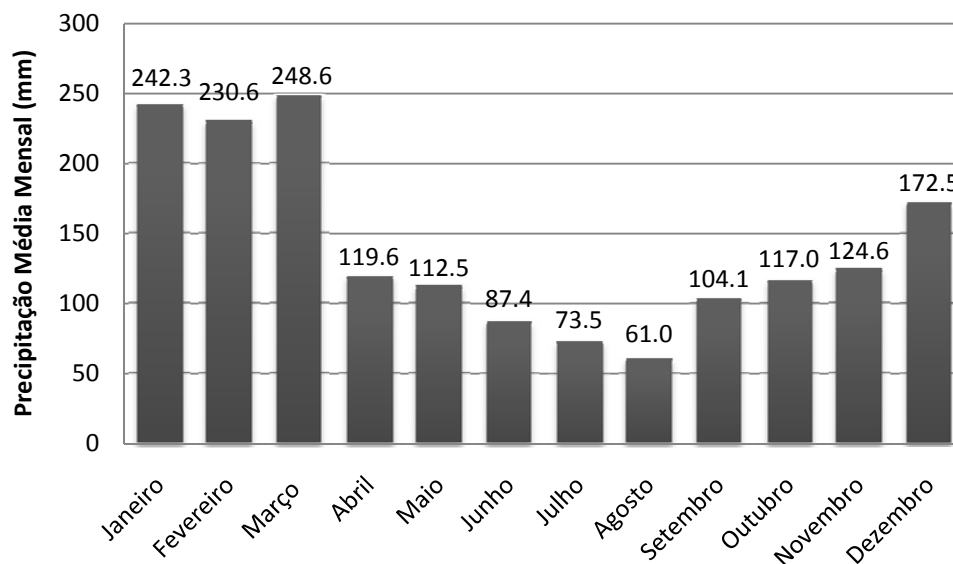


Figura 4.6 Distribuição Mensal das Precipitações entre 1969 e 1996

A partir de uma análise criteriosa dos dados de precipitação para a região das sub-bacias hidrográficas em questão, observou-se que ocorre uma ligeira variação nos volumes precipitados do baixo, médio e alto Jacupiranga, pois a topografia, fator expressivo na

alteração das precipitações, encontra altitudes relevantes apenas nas bordas das cabeceiras do rio Jacupiranga, não impedindo que as chuvas ocorram em praticamente toda região das sub-bacias hidrográficas estudadas.

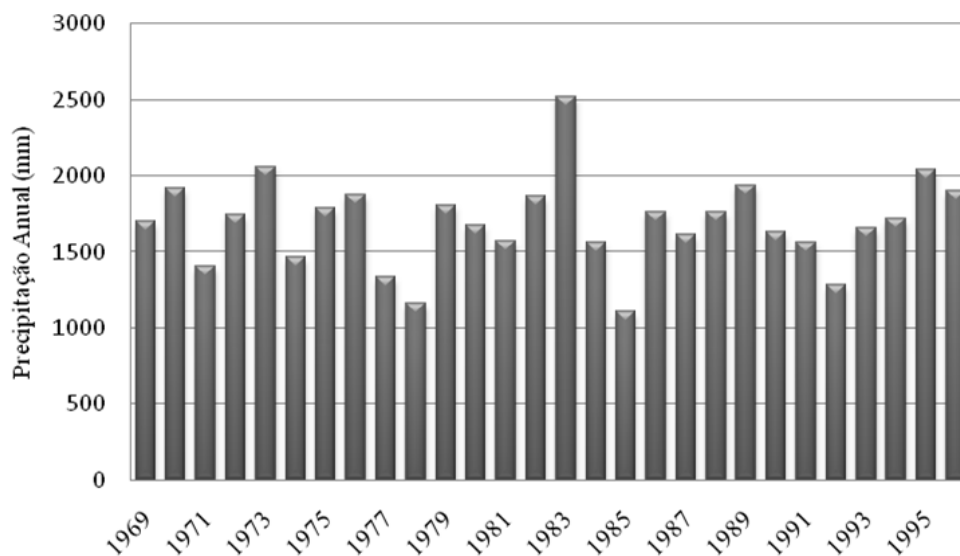
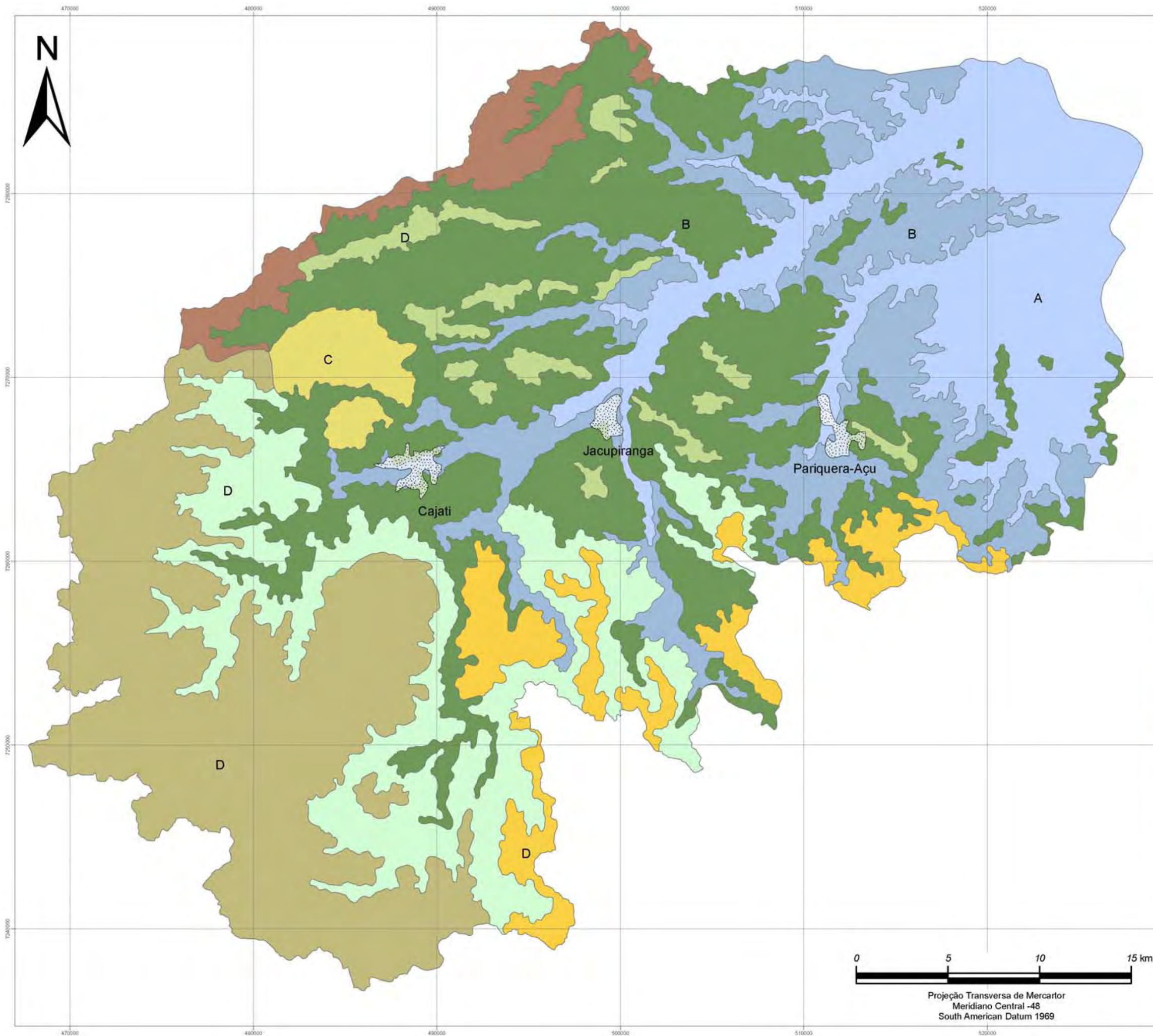


Figura 4.7 Precipitação Média Anual

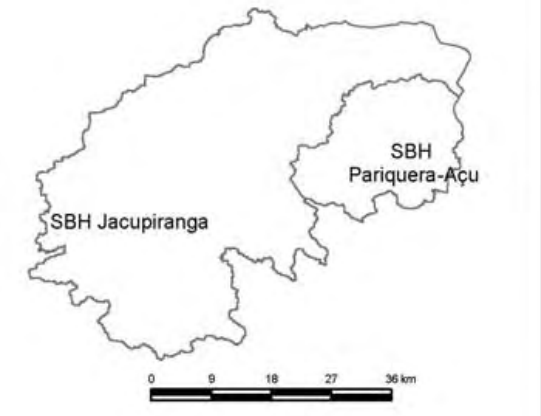
## 4.5 Mapa Geomorfológico

Realizou-se o mapeamento geomorfológico da região, como apresentado na Figura 4.8, na escala 1:100.000. Os Grupos Modelados definidos para o mapa geomorfológico são:

- ✓ A – Formas de Acumulação
- ✓ B – Formas de Dissecação Fraca com Pouca Acumulação
- ✓ C – Formas de Dissecação Média, Homogênea
- ✓ D – Formas de Dissecação Forte e Exumação de Núcleos Rochosos com Controle Estrutural e Tectônico.



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



**Legenda**

- Área Urbana
- A - Planícies e Vales de Fundo Chato
- B - Terraços e Colinas Suaves
- B - Colinas e Encostas Baixas Dissecadas
- C - Planalto de Cajati
- D - Cristas e Morrotes Alinhados
- D - Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga
- D - Serras do Paranapiacaba
- D - Cristas Serranas do Alto Jacupiranga
- D - Serras e Planaltos do Alto Jacupiranga



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Mapa Geomorfológico**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

<b>Escala:</b> 1:200.000	<b>Data:</b> Julho/2008	<b>Página:</b> 88
-----------------------------	----------------------------	----------------------



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969

O Grupo A refere-se a formas de acumulação de sedimentos provenientes das regiões de dissecação que contornam as sub-bacias hidrográficas. Os Grupamentos seguintes foram definidos como formas de dissecação, variando de acordo com a intensidade dos processos morfogenéticos atuantes de remoção de sedimentos. O Grupo Modelado B se refere às formas de dissecação menos intensas. As formas de dissecação média e homogênea (Grupo Modelado C) representam relevos mais estabilizados e são regiões de maior atuação de processos pedogenéticos. As regiões de relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado estão representadas pelo Grupo Modelado D, que corresponde às áreas de solos jovens e de controle do relevo em movimentos de massa e transporte de sedimentos. As unidades de mapeamento foram escalonadas como apresentado no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 Unidades Geomorfológicas

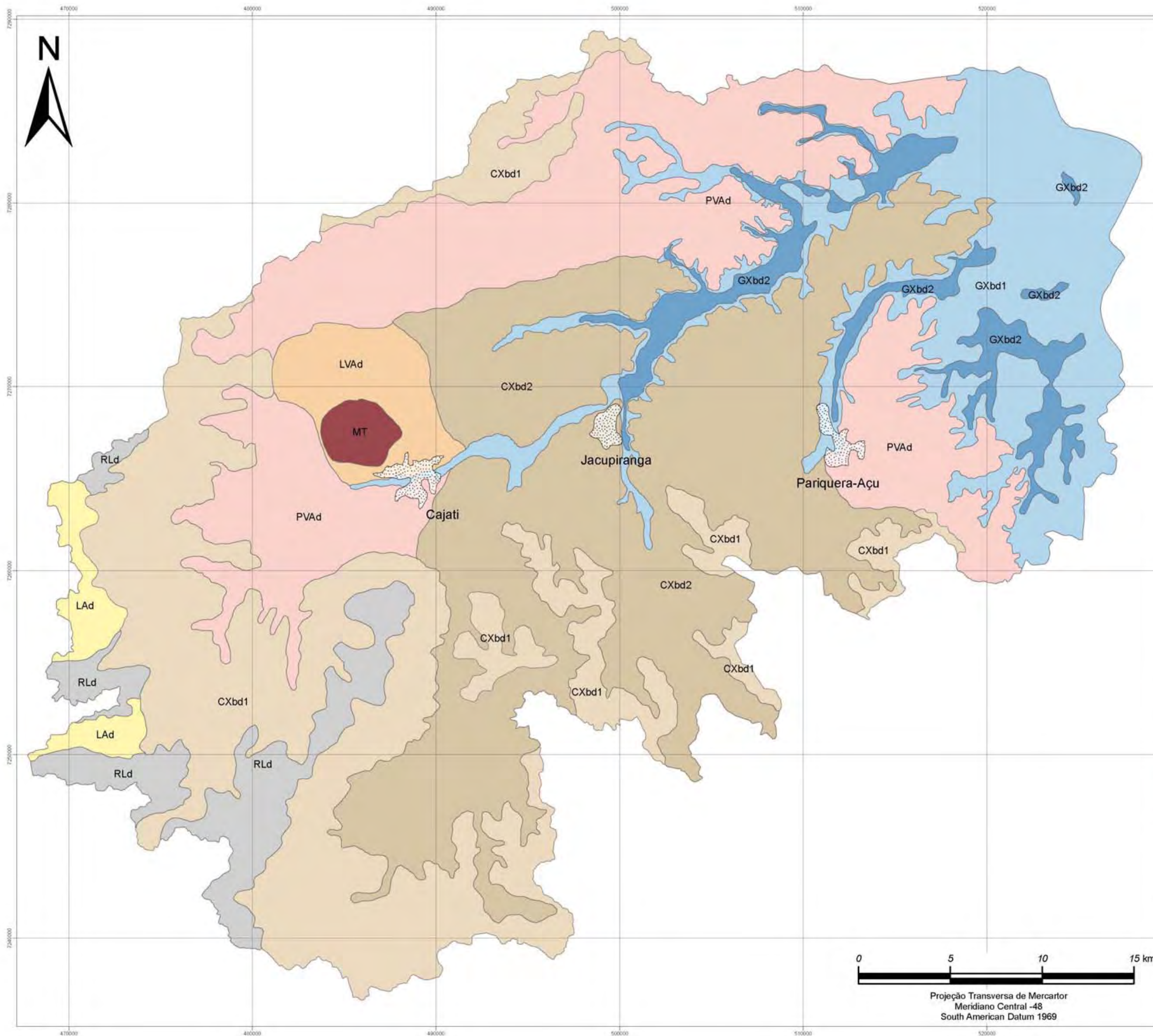
Unidade de Mapeamento	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Alt. Média (m)	Decliv. Média (%)
A1 – Planícies e Vales de Fundo Chato	267.3	14.5	16.1	2.7
B1 – Terraços e Colinas Suaves	248.8	13.5	34.8	6.4
B2 – Colinas e Encostas Baixas Dissecadas	499.5	27.1	65.0	16.1
C1 – Planalto de Cajati	36.9	2.0	114.7	15.4
D1 – Cristas e Morrotes Alinhados	49.8	2.7	106.2	27.7
D2 – Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga	230.4	12.5	151.8	29.1
D3 – Serras do Paranapiacaba	51.6	2.8	189.4	30.7
D4 – Cristas Serranas do Alto Jacupiranga	90.3	4.9	199.0	33.4
D5 – Serras e Planaltos do Alto Jacupiranga	368.6	20.0	521.2	37.4

As Unidades Geoambientais foram definidas de acordo com as Unidades de Relevo segundo (RAO e REDDY, 2004). Desta forma, optou-se por descrever as características das unidades mapeadas no tema Mapa Geoambiental.

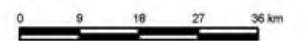
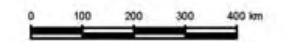
## 4.6 Mapa Pedológico

Identificou-se e mapeou-se os solos nas sub-bacias hidrográficas estudadas, totalizando nove unidades de mapeamento, com suas respectivas associações, sendo a ordem dos Cambissolos a mais representativa. Foram identificados também Gleissolos, Latossolos, Chernossolos, Argissolos e Neossolo Litólico. A Figura 4.9 apresenta o mapa pedológico.

Os Neossolos Litólicos são constituídos por material mineral ou orgânico, pouco espesso, com pequena expressão dos processo pedogenéticos. Apresentam o horizonte A pouco profundo sobre fragmentos de rochas e matações, revelando características herdadas do material de origem. Ocupam cerca de 4,9 % da região estudada. São encontrados nas cristas serranas das cabeceiras da sub-bacia do rio Jacupiranguinha, e sobre o granitóide divisor de águas das sub-bacias do rio Jacupiranguinha e do rio Guaraú.



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



Legenda

- Área Urbana
- Limite das sub-bacias hidrográficas
- Classe de Solos**
- CXbd1 Cambissolo Hápico Tb Distrófico típico fase relevo forte ondulado a montanhoso
- CXbd2 Cambissolo Hápico Tb Distrófico típico fase relevo ondulado a forte ondulado
- GXbd1 Gleissolo Hápico Tb Distrófico típico fase relevo plano de várzea
- GXbd2 Gleissolo Hápico Tb Distrófico típico fase relevo plano de várzea inundável
- LAd Latossolo Amarelo Distrófico típico fase relevo suave ondulado de topo
- LVAd Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico fase relevo ondulado
- MT Chernossolo Argilúvico Órtico típico fase relevo ondulado
- PVAd Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico fase suave ondulado e ondulado
- RLd Neossolo Litólico Distrófico típico fase relevo montanhoso



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

Tese de Doutorado:

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

Mapa Pedológico

Autor: Samuel Santana Paes Loures

Escola: 1:200.000	Data: Julho/2008	Página: 90
-------------------	------------------	------------



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969

As áreas com solos litólicos caracterizam o início do Planalto Curitibano alcançando cotas superiores a 700 m. Nesses locais, as precipitações são elevadas comparadas à porção leste das sub-bacias hidrográficas, intensificando o processo erosivo nas encostas íngremes, com acentuada remoção, e mantendo os horizontes dos solos pouco profundos. São comuns grandes cicatrizes de deslizamentos de terras onde a vegetação é mais rala e aberta.

Os Cambissolos ocupam 50,8% da área das sub-bacias hidrográficas. Estão presentes desde as encostas com altas declividades partindo da porção NO, ocupam boa parte das cabeceiras da sub-bacia hidrográfica do rio Jacupiranga, e seguem no sentido Leste, até confrontar-se com os limites das planícies de inundação dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu. A dinâmica da sub-bacia hidrográfica dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu provoca a perda de solo por erosão laminar nas regiões subjacentes à planície de inundação, mantendo os solos pouco profundos.

Os Cambissolos representam solos de elevada instabilidade, ainda que possuam horizonte C profundo (saprolito), proveniente do intemperismo de rochas cristalinas. Esses saprolitos, quando associados a granitóides ricos em feldspatos e quartzo, mostram-se extremamente erodíveis, com quedas de barreiras e intensos movimentos de massa. Nos sopés das elevações são observados grandes depósitos de colúvios decorrentes de sucessivos eventos de deslizamentos.

Atualmente, são observados processos pontuais, de maior ou de menor expressão, de voçorocamentos nos Cambissolos, e a manutenção da vegetação florestal é a melhor medida de proteção às encostas com Cambissolos.

As Unidades de Mapeamento com Latossolos dominantes (4,2% da área) ocorrem em duas situações distintas. A primeira, nas cabeceiras do rio Jacupiranguinha, onde os Latossolos ocupam o topo da região do planalto dissecado, o clima é mais úmido e maior altitude do Planalto Curitibano permitem uma maior lixiviação e aprofundamento do intemperismo, tornando os solos mais profundos e estruturados. Possuem características distróficas devido à maior porosidade e atuação dos agentes químicos, responsáveis pela remoção de bases por percolação para horizontes subjacentes.

Do ponto de vista geotécnico, os latossolos enquadram-se nos solos de comportamento laterítico, que possuem boas características para pavimentação rodoviária. Facilitam os processos construtivos por apresentarem, quase sempre, valores adequados de capacidade de suporte para camadas de sub-leito e de padrões geotécnicos adequados quanto à

estabilidade de taludes e de fenômenos erosivos. Numa segunda situação, região do município de Cajati, ocorrem os Latossolos formados a partir de rochas alcalinas. Possui coloração avermelhada pela presença de minerais máficos no jacupiranguito, denominação da rocha intrusiva da região.

A unidade de mapeamento MTo é a associação de Chernossolos Argilúvico com Cambissolo Háplico e Nitossolo Bruno, e inclusões de Latossolos. A unidade é envolvida por Latossolo Vermelho-Amarelo com influência do jacupiranguito. Os Chernossolos foram mapeados na área de afloramento do corpo de carbonatito, intrusão de rochas com alto teor de apatita, mineral fosfatado. Ocupa 0,7 % da área total de estudo e encontra-se fortemente antropizada.

Os Argissolos são a segunda classe de maior representatividade, ocupando cerca de 22% da área estudada. Estão localizados em regiões de antigos terraços soerguidos formados por sedimentos cenozóicos advindos da Serra do Paranapiacaba, a noroeste e a norte da sub-bacia hidrográfica. Com o soerguimento, ocorreu processo de podzolização, com eluviação de argila do horizonte A para B. A Figura 4.10 ilustra a associação de Argissolos Vermelho Amarelo nos topos das colinas, e Argissolos Acinzentados nas baixadas devido à presença do lençol freático.

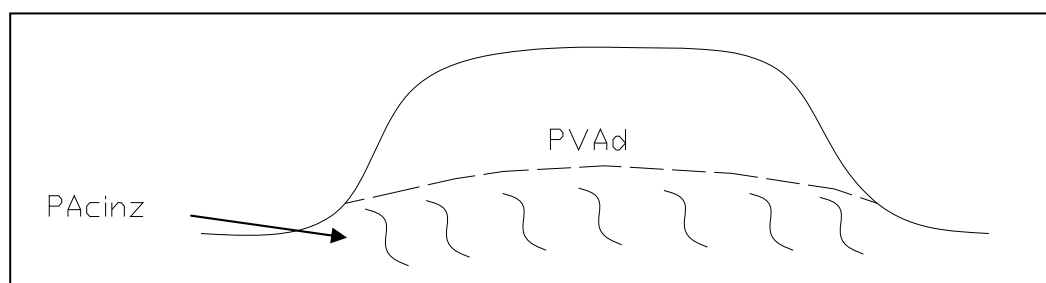


Figura 4.10 Disposição do Argissolo Acinzentado

Os Gleissolos representam 17,5 % da área total. Localizam-se nas planícies de inundação e de terraços baixos do rio Jacupiranga e do rio Pariquera-Açu, na porção leste das sub-bacias. São solos característicos de regiões com forte variação do lençol freático, favorecendo a acúmulo de matéria orgânica e dificultando a mineralização.

O Quadro 4.4 apresenta as áreas referentes às unidades de mapeamento dos solos. Os Quadros 4.5 e 4.6 mostram os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica e caracterização química da primeira amostragem, respectivamente.

Quadro 4.4 Descrição da Associação dos Solos.

Unidades de mapeamento	Descrição	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
<b>CXbd1</b>	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico + Neossolo Litólico Distrófico típico + Latossolo Amarelo Distrófico típico; fase relevo forte ondulado a montanhoso	434.24	23,56
<b>CXbd2</b>	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico + Latossolo Amarelo Distrófico típico + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico; fase relevo ondulado a forte ondulado	502.48	27,26
<b>GXbd1</b>	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico + Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico + Gleissolo Melânico Tb Distrófico típico; fase relevo plano de várzea	249.78	13,55
<b>GXbd2</b>	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico + Organossolo Háptico Hêmico típico + Gleissolo Melânico Tb Distrófico típico; fase relevo plano de várzea inundável	72.31	3,92
<b>LAd</b>	Latossolo Amarelo Distrófico típico + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico; fase relevo suave ondulado de topo	28.03	1,52
<b>LVAd</b>	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico + Nitossolo Bruno Distrófico típico	49.29	2,67
<b>MTo</b>	Chernossolo Argilúvico Órtico típico + Cambissolo Háptico Alumínico Eutrófico típico + Nitossolo Bruno Distrófico típico; fase relevo ondulado	11.98	0,07
<b>PVAd</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Argissolo Acinzentado Distrófico típico + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico fase suave ondulado e ondulado	404.89	21,97
<b>RLd</b>	Neossolo Litólico Distrófico típico + Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico; fase relevo montanhoso	90.25	4,90

No geral os solos são muito pobres, com acidez elevada, elevado teor de alumínio e baixo teor de matéria orgânica, além de teores bastante reduzidos de Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio. No entanto, o Cambissolo fase relevo forte ondulado a montanhoso e os Neossolo Litólico são ricos em Potássio, mostrando-se favoráveis quimicamente para o cultivo de banana.

### ***Morfometria***

Calculou-se os parâmetros morfométricos para as unidades de solo. São eles: Declividade Média, Densidade de Drenagem e Altitude Média. As médias obtidas para cada unidade de solo estão apresentadas nas Figura 4.11 a 4.13.



Quadro 4.5 Caracterização Geotécnica

Perfil	Unidade	Prof	*LL	LP	IP	Areia	Silte	Argila	$\gamma_s$	Potencial kPa		ADA
		(cm)	(%)	(%)		(< 2 mm)	(0,002 ≤ % < 0,06 mm)	(0,06 ≤ % < 2 mm)		(g/cm <sup>3</sup> )	-30	
P 1	PVA unidade a	0- 20	80	26	54	26	13	61	2,87	0,33	0,26	01
P 2	PVA unidade b	0- 20	67	40	27	24	19	57	2,82	0,35	0,28	01
P 3	CXbd1	0- 20	51	29	22	39	23	38	2,85	0,27	0,19	01
P 4	LAd	0- 20	86	54	32	11	25	64	3,31	0,70	0,43	01
P 6	CXbd2	0- 20	49	22	27	29	36	35	2,80	0,32	0,21	01
P 5a	LVA d A	0- 20	85	43	42	40	16	44	3,39	0,37	0,25	01
P 5b	LVA d B	80 - 100	81	28	53	49	34	17	2,25	0,45	0,23	11
P 7	GXbd2 A	0- 20	41	21	20	19	57	24	2,75	0,38	0,16	12
P 8	GXbd1	0- 20	29	16	13	42	31	27	2,76	0,22	0,13	21

Legenda: LL (limite de liquidez); LP (limite de Plasticidade); IP (índice de plasticidade); ADA (Argila Dispersa em Água)

Quadro 4.6 Análises Químicas

Perfil	Unidade	Prof	pH	P	K	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P rem	
		(cm)	H <sub>2</sub> O								KCl	mg/dm <sup>3</sup>					cmol./dm <sup>3</sup>
P 1	PVA unidade b	20-40	4,72	4,04	0,3	16	0	0,05	2,57	4,6	0,09	2,66	4,69	1,9	96,6	0,63	6,7
P 2	PVA unidade a	20-40	4,62	3,89	1	20	0,37	0,94	1,33	4,1	1,36	2,69	5,46	24,9	49,4	1,01	14,2
P 3	CXbd1	20-40	4,51	3,91	0,7	18	0,13	0,22	1,71	4,7	0,4	2,11	5,1	7,8	81	1,01	13,3
P 4	LAd	20-40	4,93	4,45	4,9	7	0	0,01	0,38	3,5	0,03	0,41	3,53	1,8	90,7	1,01	2,9
P 5	MTo A	20-40	5,56	3,78	7	15	7,3	14,9	3,62	7,4	22,24	25,86	29,64	75	14	0,13	4,4
P 5	MTo B	80-100	5,03	4,05	5,2	21	0	0,66	1,71	6,1	0,71	2,42	6,81	10,4	70,7	0,38	0
P 6	CXbd2	20-40	4,75	3,91	0	8	0	0,05	2,1	3,6	0,07	2,17	3,67	1,9	93,8	0,76	11,5
P 7	GXbd2 A	20-40	4,48	3,81	2,1	19	0	0,15	1,81	4,9	0,2	2,01	5,1	3,9	90	2,15	24,7
P 8	GXbd1	20-40	4,85	3,93	1,8	12	0,27	0,14	3,24	6,3	0,44	3,68	6,74	6,5	88	1,01	17,9
-	Areia Carbonatito	-	7,53	6,11	1324,9	61	9,46	14,19	0	0	23,81	23,81	23,81	100	0	0,13	53,8
-	Areia Calcária	-	8,71	9,19	2,5	95	1,09	0,29	0	0	1,62	1,62	1,62	100	0	0,38	34,6

Legenda: (SB) Soma das Bases Trocáveis; (t) Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (T) Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; (V) Índice de Saturação de Bases; (m) Índice de Saturação de Alumínio; (MO) matéria orgânica; (P-rem) Fósforo remanescente

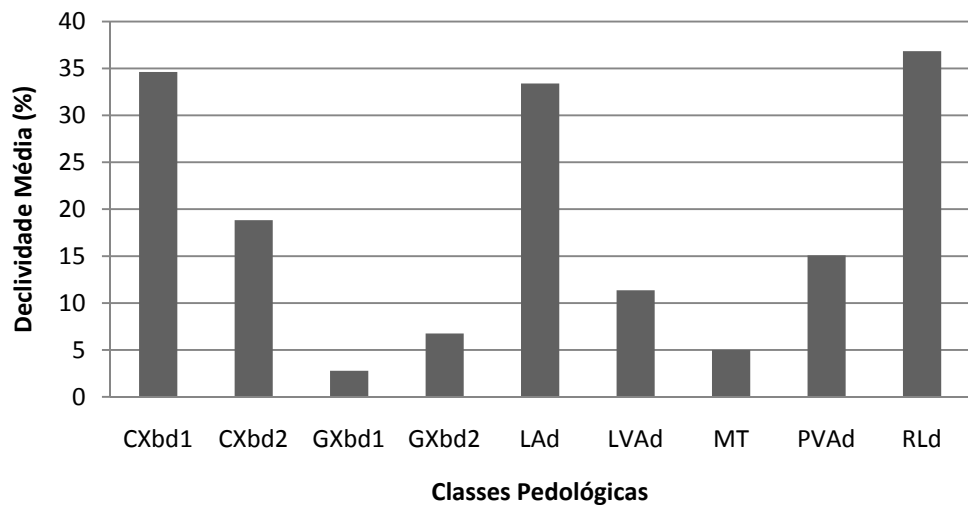


Figura 4.11 Médias do parâmetro Declividade Média.

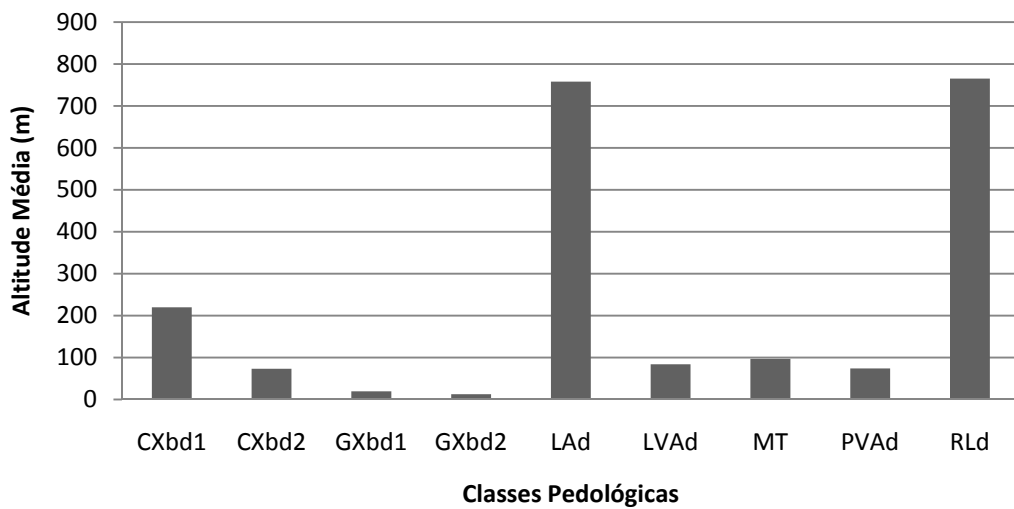


Figura 4.12 Médias do parâmetro Altitude Média.

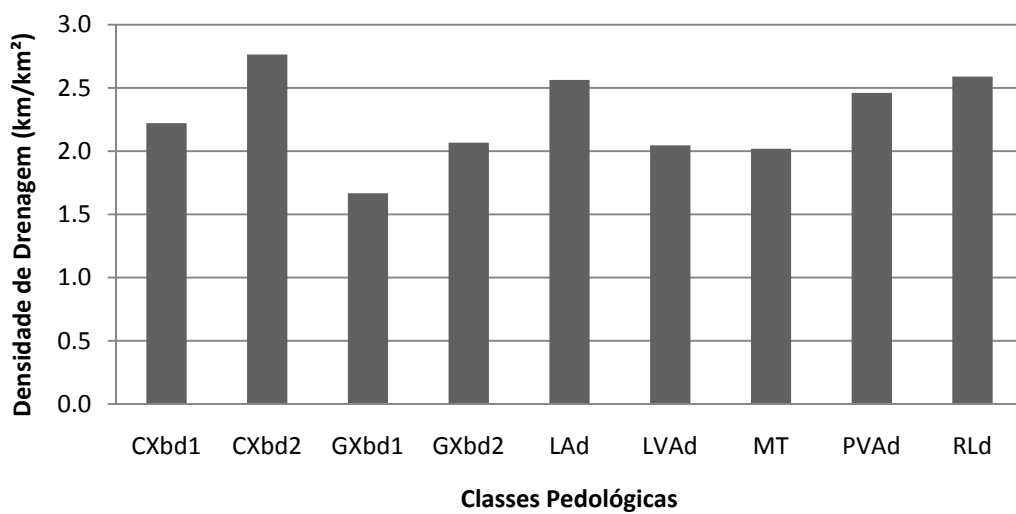


Figura 4.13 Médias do parâmetro Densidade de Drenagem.

Os Cambissolos (CX) apresentaram elevada declividade média embora a altitude média tenha baixo valor comparado aos demais, compatível com a sua distribuição na paisagem (Figura 4.14). Nesse contexto, os Neossolos Litólicos (RLd) apresentaram maiores valores para ambos parâmetros. Para os Gleissolos, (GX) os valores obtidos de declividade e de altitude média foram menores, devido a localização em regiões de relevo suave e de baixa altitude.

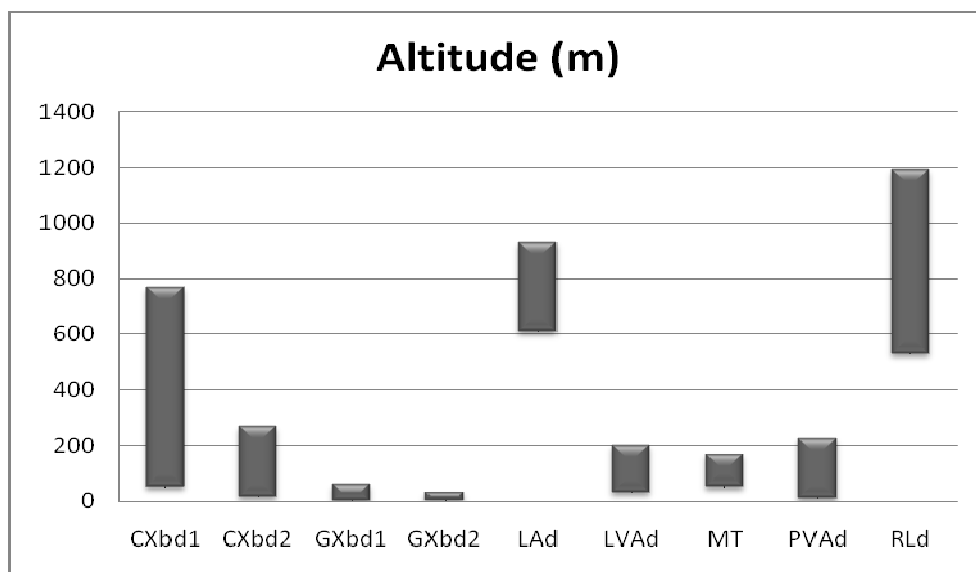


Figura 4.14 Altitude máxima e mínima de ocorrência dos Solos.

Os valores de declividade e de altitude média para os Latossolos apresentaram ampla variação entre as manchas, o que pode ser entendido pelas características geomorfológicas. A associação Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd), de baixa altitude média, está associado a formas de dissecação média e homogênea, enquanto o Latossolo Amarelo (LAd), de altitudes mais elevadas, está relacionado com áreas de forte dissecação com controle estrutural. Os Argissolos apresentaram declividade média intermediária com relação aos outros tipos de solos, e baixa altitude média, pois estão presentes em todos os Grupos Modelados Geomorfológicos das sub-bacias hidrográficas.

Considerando a Densidade de Drenagem, os valores obtidos para os Gleissolos foram menores com relação às outras classes, sendo coerente com as distâncias interflúvios, que para os locais onde eles ocorrem, são maiores. Os Cambissolos, Neossolos Litólicos e Argissolos, e o Latossolo de regiões de altitude, por estarem em áreas de dissecação intensa, apresentaram valores de densidade de drenagem maiores que 2 km/km<sup>2</sup>. Os Cambissolos são solos típicos de regiões côncavas, onde o fluxo de água superficial é concentrado, apresentando maiores índices de densidade de drenagem.

## 4.7 Caracterização Geotécnica

O Quadro 4.7 apresenta os resultados obtidos para as amostras coletadas na segunda viagem de campo, nos ensaios de caracterização geotécnica: granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, massas específica dos sólidos e método das pastilhas. As curvas granulométricas dos solos estão apresentadas no Anexo 1.

Quadro 4.7 Resultados obtidos nos ensaios de caracterização geotécnica.

Tipo	Horizonte - Prof (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ensaio			$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	MCT	
					LL (%)	LP (%)	IP (%)		Ct (mm)	P (mm)
CXbd <sub>1</sub>	B - 40 - 60	43,8	8,9	47,8	26,84	17,41	9,43	26,96	0,07	2,62
CXbd <sub>1</sub>	C - 80 - 100	59,8	22,9	16,0	27,37	18,11	9,26	26,14	0,17	2,98
CXbd <sub>2</sub>	B - 40 - 60	69,5	17,2	12,0	53,28	28,60	24,68	27,44	1,30	2,08
CXbd <sub>2</sub>	C - 80 - 100	66,5	16,6	15,6	51,67	29,14	22,53	27,46	1,18	1,93
LAd	B - 40 - 60	42,0	15,3	41,4	81,37	45,03	36,34	28,33	1,65	2,66
LAd	C - 80 - 100	49,0	26,1	23,6	64,99	34,36	30,63	27,73	1,01	4,58
LVAd	B - 40 - 60	21,8	33,3	43,6	70,68	41,45	29,23	35,08	2,46	0,78
LVAd	C - 80 - 100	31,8	36,3	30,6	76,35	47,94	28,41	33,98	2,40	1,80
PVAd	B - 40 - 60	15,6	24,8	58,3	81,92	44,69	37,23	28,54	1,53	2,50
PVAd	C - 80 - 100	25,6	21,7	51,4	76,93	42,26	34,67	28,26	2,07	2,43
RLd	B - 40 - 60	60,7	14,7	23,3	44,86	30,72	14,14	27,07	1,26	1,70
RLd	C - 80 - 100	79,8	8,9	10,0	32,62	23,75	8,87	26,56	0,53	1,72

\*LL – Limite de Liquidez; LP – Limite de Plasticidade; IP – Índice de Plasticidade;  $\gamma$  - Peso específico dos sólidos; MCT – Miniatura Compactada Tropical; Ct – Coeficiente de Contração; P – Penetração.

De acordo com os resultados dos ensaios, obteve-se as classificações TRB, USCS e MCT, apresentados no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 Classificações TRB, USC e MCT.

Tipo	Horizonte - Prof (cm)	TRB*	USC	MCT
CXbd <sub>1</sub>	Hor, B - 40 - 60	A-4 (5) <sup>1</sup>	CL	NA
CXbd <sub>1</sub>	Hor, C - 80 - 100	A-4 (2)	SC	NA
CXbd <sub>2</sub>	Hor, B - 40 - 60	A-7-5 (3)	SC	NA'/NG'-NS'
CXbd <sub>2</sub>	Hor, C - 80 - 100	A-7-6 (9)	MH	LA'-LG'
LAd	Hor, B - 40 - 60	A-7-6 (20)	MH	LG'
LAd	Hor, C - 80 - 100	A-7-6 (16)	MH	LA'-LG'
LVAd	Hor, B - 40 - 60	A-7-6 (20)	MH	LG'
LVAd	Hor, C - 80 - 100	A-7-6 (20)	MH	LG'
PVAd	Hor, B - 40 - 60	A-7-6 (20)	MH	NG'
PVAd	Hor, C - 80 - 100	A-7-6 (20)	MH	NG'
RLd	Hor, B - 40 - 60	A-7-6 (4)	SM	LA'-LG'
RLd	Hor, C - 80 - 100	A-2-4 (0)	SM	LA-LA'

<sup>1</sup>Índice de grupo; \*TRB – Sistema de Classificação Transportation Research Board; USC – Universal Soil Classification; MCT – Miniatura Compactada Tropical. Obs: As legendas referentes aos Sistema TRB e USC estão descritas no Anexo 3.

Observa-se para a classificação TRB que nove das doze amostras analisadas pertencem ao grupo A-7. Enquadram-se na classe de solos argilosos e são considerados altamente plásticos, sujeitos a elevadas mudanças de volume. Segundo essa classificação, os solos possuem comportamento que varia de regular a péssimo, com o acréscimo do índice de grupo. Apenas o tipo CXbd<sub>1</sub> e o RLd horizonte C apresentaram classes diferentes. O primeiro pertence à classe A-4, que identifica solos siltosos não plásticos ou moderadamente plásticos com comportamento como subleito sofrível a mal, e o segundo, a classes A-2-4, que identifica solos com características semelhantes ao grupo A-4 e areia fina, com porcentagem de silte não plástico, comportamento excelente a bom como subleito de rodovias.

Na classificação USCS, os solos do tipo MH (CXbd<sub>2</sub>, LAd, LVAd, PVAd e RLd) – mais de 50% das amostras analisadas – pertencem à classe dos siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos, finos arenosos ou solos siltosos/siltes elásticos. Para esse sistema, solos com essas características têm elevado índice de variação volumétrica e alta compressibilidade, não sendo de boa aplicabilidade em obras geotécnicas, principalmente pavimentação. Os solos classificados como SC e SM são areias que possuem fração fina relevante, maior que 12%, constituídos por argilas de baixa plasticidade que exercem forte influência sobre o comportamento do solo. O grupo CL caracteriza o solo CXbd<sub>1</sub> horizonte B como argila inorgânica e baixo índice de plasticidade.

Ao analisar-se o resultado obtido pelo método das pastilhas, verifica-se maior variabilidade entre as amostras para os grupos N (comportamento não lateríticos) e os grupos L (comportamento lateríticos). Os solos do tipo CXbd<sub>1</sub> estão incluídos no grupo NA, caracterizados como solos arenosos e siltosos, constituídos essencialmente de quartzo e/ou mica, fração fina não coesiva e siltes caoliníticos. Segundo NOGAMI e VILLIBOR (1995), são solos com características de elevada erodibilidade, juntamente aos solos classificados como NG' e NS'. Os solos dos tipos PVAd e CXbd<sub>2</sub> pertencem ao grupo NG'. Compreendem, principalmente, os saprolitos argilosos, que derivam de rochas sedimentares argilosas. O emprego desses solos é restrito, devido às suas características de elevada expansibilidade, plasticidade, compressibilidade e contração quando submetidos à secagem.

As classes LAd, LVAd e RLd constituem os solos de comportamento laterítico, da região estudada, representados pelos grupos LA, LG' e LA'. O grupo LA corresponde às areias com pequena presença de finos, típicas de Neossolos Quartzarenicos e Litólicos. Apesar de

possuírem módulos de resiliência elevada e alta capacidade de suporte, podem ser permeáveis, pouco coesivos e pouco contráteis quando secos, características essas pouco desejáveis para bases de pavimentos econômicos nas regiões tropicais. Os solos classificados como LG' são argilosos e argilo-arenosos. Esses solos, quando compactados adequadamente, apresentam maior resistência à erosão hidráulica que os classificados em outros grupos. Além disso, apresentam-se altamente permeáveis quando possuem estruturas bem desenvolvidas, apesar da alta porcentagem de argila, e atribui-se a predominância da fração argila à resistência à erosão pluvial apresentada pelos taludes em cortes. Já os solos do grupo LA' diferem dos demais, devido à granulometria tipicamente arenosa. Nesses solos pode-se considerar que cortes para obras de pavimentação são estáveis, pouco ou não erodíveis e nitidamente trincados quando exposto às intempéries.

Com base apenas nas classificações TRB e USCS, os Latossolos e os Neossolos Litólicos (com exceção do horizonte B) poderiam ser apontados como de péssima qualidade para obras geotécnicas por se considerar nestes sistemas apenas os Limites de Atterberg e a granulometria. Contudo, em solos tropicais, destaca-se que os solos lateríticos, devido ao processo de laterização, em geral têm a fração argila constituída por argilominerais do grupo das caulinitas e de hidróxidos e óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio. Esses componentes combinados formam agregados estáveis na presença de água, graças ao recobrimento dos argilominerais pelos óxidos hidratados e hidróxidos. O recobrimento dos argilominerais auxilia na capacidade de adsorção de água e atuam como agentes cimentantes naturais entre as partículas. Assim, é discutível o emprego das classificações TRB e USCS na sua caracterização geotécnica frente à erodibilidade e a resistência mecânica sendo mais aplicável o uso da classificação MCT para este fim.

Os Cambissolos e os Argissolos, classificados como areias e siltes, representam 72% da área estudada. Segundo NOGAMI e VILLIBOR (1995), solos pertencentes às classes NA e NG' possuem elevada suscetibilidade à erosão hídrica para os tipos erosão em valetas não revestidas, erosão em cortes e erosão em saias de aterros. Quanto à resistência dos agregados ou torrões, em solos tipo NA essa característica é inexistente e solos tipo NG' incluem-se na classe de baixa resistência dos agregados. Vale ressaltar que os Argissolos nem sempre possuem comportamento não laterítico, como nesse caso. O contrário pode ocorrer em Argissolos devido à atuação de processos pedogenéticos mais avançados.

Os solos de comportamento laterítico representam apenas 5% de toda região, principalmente as localidades do geoambiente Planalto de Cajati, com presença dos

Latossolos Vermelho-Amarelo, provenientes do intemperismo da rocha calcária. O relevo é particular e os solos apresentam-se estruturados e bem desenvolvidos, apresentando, em geral, muito baixa sensibilidade à erosão.

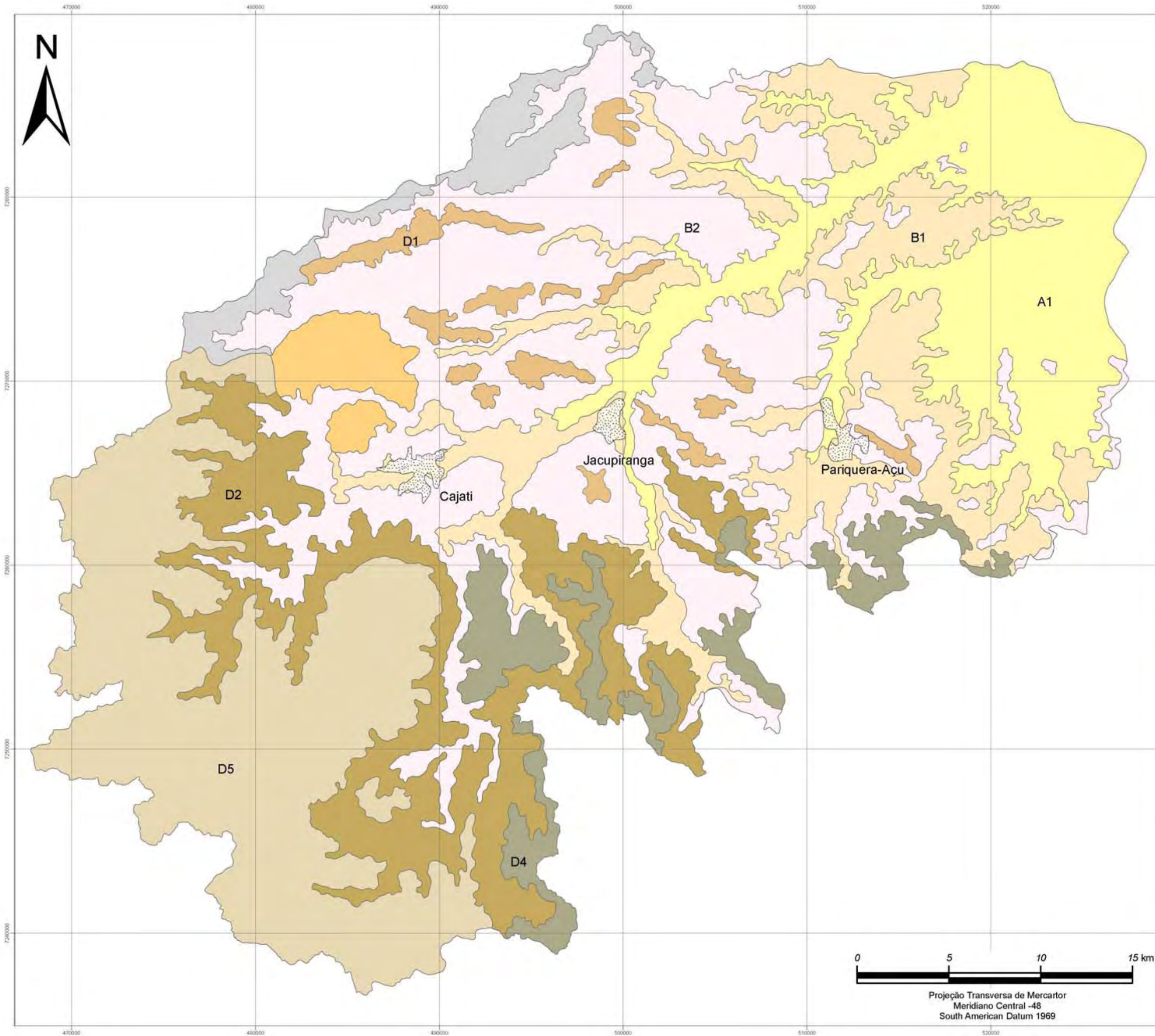
## 4.8 Mapa de Geoambientes

Foram definidas nove Unidades Geoambientais, de acordo com as Unidades Geomorfológicas obtidas, apresentadas no Quadro 4.9.

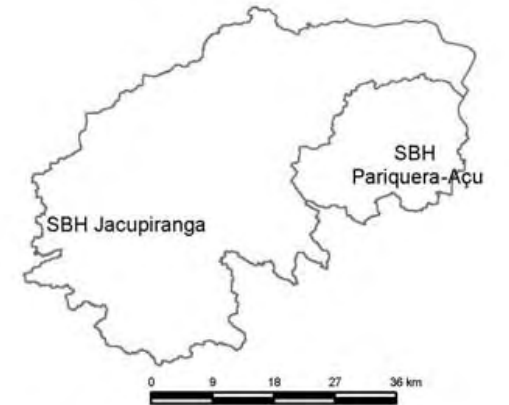
Quadro 4.9 Unidades Geoambientais

<b>Unidades Geoambientais</b>	<b>Área (%)</b>
Planícies e Vales de Fundo Chato com Campo de Várzea e Solos Hidromórficos	14,5
Terraços e Colinas Suaves com Argissolos e Solos Aluviais	13,5
Colinas e Encostas Baixas Dissecadas Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos	27,1
Planalto de Cajati com Latossolos e Chernossolos	2,0
Cristas e Morrotes Alinhados Florestados com Solos Rasos	2,7
Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga com Cambissolos	12,5
Serras do Paranapiacaba Florestadas com Cambissolos e Solos Litólicos	2,8
Cristas Serranas do Alto Jacupiranga Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos	4,9
Serras do Alto Jacupiranga com Solos Rasos e Litólicos e Planaltos com Solos bem Desenvolvidos	20,0

Cada Unidade Geoambiental foi descrita considerando suas particularidades, distinções de relevo, de solos, de geologia, e de vegetação natural. Os resultados foram apresentados em forma de quadro descritivo, onde agrupou-se informações sobre localização, fotos e descrição detalhada. A partir do Quadro 4.11 ao Quadro 4.19, apresentam-se as descrições das Unidades Geoambientais definidas para este trabalho. O Quadro 4.10 apresenta o resumo das Unidades Geoambientais e suas características relevantes do ponto de vista físico e ecológico. A Figura 4.15 apresenta o Mapa de Unidades Geoambientais.




Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



Legenda

- Área Urbana
- Unidades Geoambientais**
- B2 Colinas e Encostas Baixas Dissecadas Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos
- D4 Cristas Serranas do Alto Jacupiranga Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos
- D1 Cristas e Morrotes Alinhados Florestados com Solos Rasos
- D2 Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga com Cambissolos
- C1 Planalto de Cajati com Latossolos e Chernossolos
- A1 Planícies e Vales de Fundo Chato com Campo de Várzea e Solos Hidromórficos
- D5 Serras do Alto Jacupiranga com Solos Rasos e Litólicos e Planaltos com Solos Profundos
- D3 Serras do Paranapiacaba Florestadas com Cambissolos e Solos Litólicos
- B1 Terraços e Colinas Suaves Florestados com Argissolos e Solos Aluviais

 Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Mapa de Unidades Geoambientais**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures  
**Escala:** 1:200.000    **Data:** Julho/2008    **Página:** 101



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969



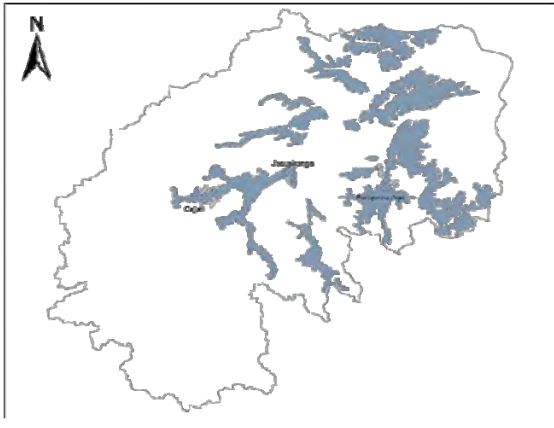


Quadro 4.10 Caracterização geral das unidades geoambientais das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu

	Unidades Geoambientais	Área (%)	Formas (modelados)	Pedoambientes	Geologia	Vegetação Nativa	Indicação de Uso	Riscos Ambientais
<b>A1</b>	Planícies e Vales de Fundo Chato com Campo de Várzea e Solos Hidromórficos	14,5	Acumulação – Plano	Gleissolos e Organossolos	Sedimentos Aluvionares, Marinheiros e Continentais	Campo de Várzea	Proteção Ambiental e Uso Agrícola Sustentável	Alteração na qualidade e quantidade dos recursos hídricos
<b>B1</b>	Terraços e Colinas Suaves com Argissolos e Solos Aluviais	13,5	Dissecação Fraca/ Pouca Acumulação – Plano/Suave Ondulado	Gleissolos e Argissolos	Sedimentos Aluvionares	Campo de Várzea e Floresta	Proteção Ambiental e Uso Agrícola Sustentável	Alteração na qualidade e quantidade dos recursos hídricos
<b>B2</b>	Colinas e Encostas Baixas Dissecadas Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos	27,1	Dissecação Fraca – Moderado Ondulado	Argissolos e Cambissolos	Complexo Turvo Cajati – Xistos	Floresta Ombrófila Densa	Proteção Ambiental e Uso Agrícola Sustentável	Intervenções antrópicas e pastejo, degradação do solo e recursos hídricos
<b>C1</b>	Planalto de Cajati com Latossolos e Chernossolos	2,0	Dissecação Média/ Homogênea - Ondulado	Latossolos e Chernossolos	Corpos Alcalinos Jacupiranga	Floresta Ombrófila Densa	Uso Agrícola Sustentável	Alteração qualidade e quantidade dos recursos hídricos
<b>D1</b>	Cristas e Morrotes Alinhados Florestados com Solos Rasos	2,7	Dissecação Forte/ Controle Estrutural - Forte Ondulado	Argissolos e Cambissolos	Complexo Costeiro – Migmatitos, Complexo Turvo Cajati Xistos	Floresta Ombrófila Densa	Ecoturismo, Recuperação e Manejo Florestal	Remoção da cobertura vegetal
<b>D2</b>	Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga com Cambissolos	12,5	Dissecação Forte – Controle Estrutura	Cambissolos	Complexo Turvo Cajati – Xistos	Floresta Ombrófila Densa	Ecoturismo; Manejo Florestal, Preservação	Possibilidade de acidentes; áreas sujeitas a movimentos de massa
<b>D3</b>	Serras do Paranapiacaba Florestadas com Cambissolos e Solos Litólicos	2,8	Dissecação Forte/ Controle Estrutural - Montanhoso	Cambissolos e Neossolos Litólicos	Complexo Turvo Cajati e Costeiro, Xistos, Migmatitos	Floresta Ombrófila Densa	Pesquisas científicas; bancos de semente; contemplação; ecoturismo	Possibilidade de acidentes; áreas sujeitas a movimentos de massa
<b>D4</b>	Cristas Serranas do Alto Jacupiranga Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos	4,9	Dissecação Forte/ Controle Estrutural – Forte Ondulado	Cambissolos	Suítas Graníticas – Fácies Granofírica	Floresta Ombrófila Densa	Ecoturismo; Preservação	Possibilidade de acidentes; áreas sujeitas a movimentos de massa
<b>D5</b>	Serras do Alto Jacupiranga com Solos Rasos e Litólicos e Planaltos com Solos bem Desenvolvidos	20,0	Dissecação Forte/ Controle Estrutura – Forte Ondulado a Montanhoso	Cambissolos, Neossolos Litólicos e Latossolos	Complexo Turvo Cajati Quarizitos, Migmatitos, Xistos; Complexo Costeiro	Floresta Ombrófila Densa	Pesquisas científicas; bancos de semente; contemplação; ecoturismo,	Possibilidade de acidentes; áreas sujeitas a movimentos de massa

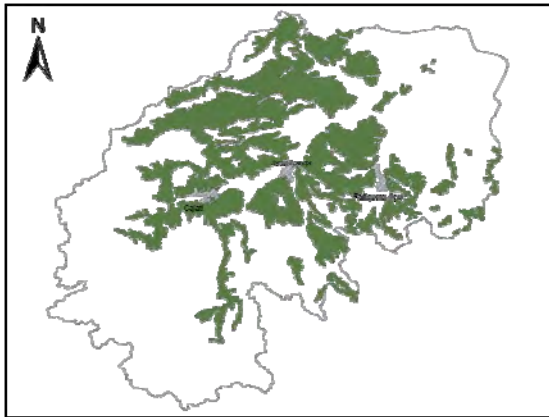


Quadro 4.11 Descrição da Unidade Geoambiental A1

<b>Unidade Geoambiental A1</b>	
<i>Modelado de Acumulação</i>	
<b>Planícies e Vales de Fundo Chato com Campo de Várzea e Solos Hidromórficos</b>	
<b>Relevo</b>	
Planícies e regiões de inundação	
<b>Solos</b>	
Gleissolos Hápticos e Organossolos Mésicos	
<b>Geologia</b>	
Sedimentos Marinheiros, Aluvionares e Continentais	
<b>Vegetação Nativa</b>	
Campo de Várzea e Floresta de Restinga com períodos inundados	
<b>Descrição</b>	
<p>Esse geoambiente representa 14,6% da área de estudo. Compreende as regiões de planícies de inundação dos rios Pariquera-Açu e Jacupiranga, e áreas com declividade média em torno de 2,7%. São caracterizadas por solos gleizados e, na região do baixo Pariquera-Açu e do rio Pariquera-Açu Mirim, por solos orgânicos. Esse geossistema tem forte influência da geologia local, sedimentar marinha e aluvial, e localização geográfica, próximo ao mar com altitude média de 16 m.</p> <p>A vegetação é densa, quando adaptada às freqüentes inundações, conhecida como Floresta de Restinga, e rala, quando presentes em regiões pouco inundadas durante o ano, caracterizando regiões de Campo de Várzea.</p> <p>Para o patrimônio histórico e arqueológico brasileiro, esse geoambiente detém mais de 11 sítios arqueológicos de sambaquis (KRONE, 1914), que são depósitos de restos de conchas, artefatos, ferramentas, e ossos, empilhados por povos antigos há cerca de 10.000 anos. Na região foi encontrado o “Homem de Capelinha”, FAPESP (2005), datado com mais de 9.000 anos. Esses sítios possuem, normalmente, forma circular e podem ter diâmetro de mais de 100 m. Com o intemperismo físico e químico, tornam-se solos eutróficos com alto teor de nutrientes devido a presença de minerais calcários.</p> <p>Encontra-se no município de Pariquera-Açu, o Parque Estadual de Pariquera Abaixo, que abriga uma área de proteção de 2.359 ha e atração turística com várzeas, terraços e planícies periodicamente inundáveis.</p> <p>Atualmente, a ocupação urbana e agrícola avança sobre a vegetação nativa, alterando o ambiente com o aumento das pastagens, cultura de chá, banana, maracujá e tangerina, muitas vezes de forma ilegal em áreas consideradas Áreas de Preservação Permanente, como margens de rios e topos de morros.</p>	




Quadro 4.12 Descrição da Unidade Geoambiental B1

<b>Unidade Geoambiental B1</b>	
<i>Modelado de Dissecação Fraca e Pouca Acumulação</i>	
<b>Terraços e Colinas Suaves com Argissolos e Solos Aluviais</b>	
<b>Relevo</b>	
Plano e Suave Ondulado	
<b>Solos</b>	
Gleissolos Háptlicos, Cambissolos e Argissolos	
<b>Geologia</b>	
Formação Pariquera-Açu	
<b>Vegetação Nativa</b>	
Campo de Várzea	
	
<b>Descrição</b>	
<p>As regiões de Terraços e Colinas desta Unidade Geoambiental caracteriza-se pelo relevo suave ondulado, com 6% de declividade média e 35 m de altitude média. Ocupa 13,5% da área das sub-bacias estudadas, totalizando 248 km<sup>2</sup>. Os solos são acinzentados nos fundos dos terraços e nas encostas, onde a variação do nível do lençol freático é constante entre períodos de chuva e de seca.</p> <p>A Formação Pariquera-Açu, principal unidade geológica da região, é constituída predominantemente por sedimentos finos, com presença de siltitos areno-argilosos, associados a camadas de cascalhos, formados por seixos de quartzo e quartzito.</p> <p>As principais drenagens são o rio Canha, Guaraú, Jacupiranguinha, Jacupiranga e Pariquera-Açu. Os terraços desses rios e outros menores são utilizados largamente para o plantio de banana, cultura adaptada a essas regiões. Não são respeitadas as Áreas de Preservação Permanente nas margens dos rios, regiões que possuem função de amortecimento de impacto negativo na qualidade das águas, manutenção da fauna de flora e proteção das margens quanto ao assoreamento e de deslizamento de encostas.</p> <p>Na região de Pariquera-Açu são comuns plantações de chá-da-índia e de tangerina. A manutenção dessas culturas é fundamental para a subsistência econômica das comunidades lá existentes.</p>	

Quadro 4.13 Descrição da Unidade Geoambiental B2

Unidade Geoambiental B2	
<i>Modelado de Dissecção Fraca e Pouca Acumulação</i>	
Colinas e Encostas Baixas Dissecadas	
Relevo	
Moderado Ondulado	
Solos	
Cambissolos e Argissolos	
Geologia	
Complexo Turvo Cajati	
Vegetação Nativa	
Floresta Atlântica	
	
Descrição	
<p>Estes são os geoambientes de maior representatividade, correspondendo a 27% da área total das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, ou seja, aproximadamente 50.000 ha. Estão distribuídos em sua maior parte no trecho do médio Jacupiranga, possuindo relevo colinoso na faixa moderado ondulado, com 16% de declividade média.</p> <p>Os solos são distróficos, câmbicos e argissólicos, muito pobres quimicamente. Apresentam horizontes rasos e solos pouco estruturados. A geologia caracteriza-se pelo Complexo Turvo Cajati, é constituída por micaxistos, ardósias e filitos.</p> <p>A vegetação nativa é a Mata Atlântica, já bastante antropizada e removida. A regeneração nas áreas onde as pastagens são abandonadas ocorre com dificuldades. Os solos rasos e pobres são uma barreira à recomposição. As áreas são utilizadas para pastagens, produção de borracha, banana e culturas de subsistência.</p> <p>Neste geoambiente, os solos são caracterizados pela baixa fertilidade e elevada acidez. A geração de renda nessas regiões, torna-se extremamente difícil comparada a outras regiões de solos mais férteis. Esse fator corrobora para explicar os menores índices de desenvolvimento da região em relação ao restante do estado de São Paulo.</p>	

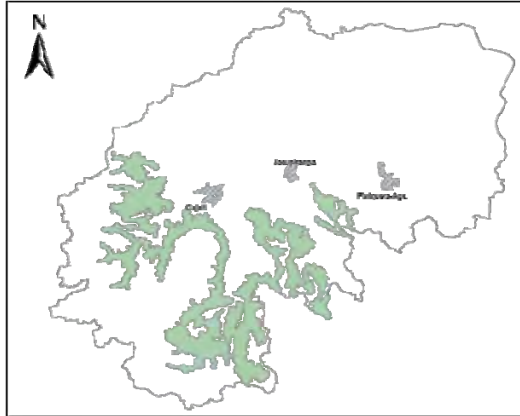


Quadro 4.14 Descrição da Unidade Geoambiental C1

Unidade Geoambiental C1	
<i>Modelado de Dissecação Média - Homogênea</i>	
Planalto de Cajati	
Relevo	
Moderado Ondulado	
Solos	
Latossolos Vermelho-Amarelo e Chernossolos Argilúvico	
Geologia	
Corpos Alcalinos Jacupiranga	
Vegetação Nativa	
Floresta Atlântica	
 <p>Fonte: Google Earth (2008)</p>	
Descrição	
<p>Toda a Unidade Geoambiental se encontra sobre a unidade geológica Corpo Alcalino Jacupiranga. São suítes intrusivas com grande desenvolvimento de rochas máfico-ultramáficas, álcali-saturadas e peralcalinas, com presença de carbonatito. Os solos desenvolvidos sobre esta região foram os Latossolos Vermelho-Amarelo e os Chernossolos Argilúvico. Os Latossolos são distróficos e os Chernossolos, associados a Cambissolos Eutróficos, possuem alto teor de carbonato de cálcio nos horizontes superficiais.</p> <p>O relevo é moderado ondulado, com média de 15%. Apesar da proximidade com os geoambientes de Colinas e de precipitação semelhantes, o material de origem conferiu um modelado distinto no controle da drenagem e nas dissecações, no geral, pouco mais profundas.</p> <p>A vegetação nativa, como as demais do médio e do alto Jacupiranga, é a Mata Atlântica, que nesse ambiente se encontra em esparsos fragmentos.</p> <p>Apesar de ocupar a menor porção de área entre as Unidades Geoambientais definidas – apenas 2% - o Planalto de Cajati pode ser considerado economicamente mais importante geoambiente para a região dos municípios de Jacupiranga e de Cajati. Grande parte da área cultivada com banana, borracha e silvicultura se encontra nessa região. A Serrana Mineração – Bunge S.A. – explora calcário para fabricação de cimento e fosfato para fabricação de insumos agrícolas nas jazidas próximas à área urbana de Cajati.</p>	

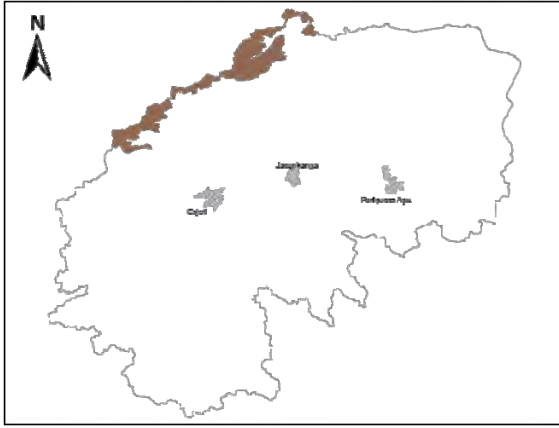


Quadro 4.15 Descrição da Unidade Geoambiental D1

Unidade Geoambiental D1	
<i>Modelado de Dissecação Forte com Controle Estrutural</i>	
<b>Cristas e Morrotes Alinhados Florestados com Solos Rasos</b>	
Relevo	
Forte Ondulado	
Solos	
Argissolos e Cambissolos	
Geologia	
Complexo Costeiro e Complexo Turvo Cajati	
Vegetação Nativa	
Floresta Atlântica	
Descrição	
<p>Esta Unidade Geoambiental diferencia-se das demais pelo alinhamento estrutural dos topos de morros e de montanhas, distribuídos principalmente no médio Jacupiranga. Estão envolvidas pela Unidade Colinas e Encostas Baixas Dissecadas, mas imponentes pelas altitude média de 106 m e declividade média 27,7%, compreendendo a faixa de relevo forte ondulado.</p> <p>Representam 2.7% da área total das sub-bacias hidrográficas estudadas e, em sua maioria, a cobertura vegetal é Mata Atlântica densa e preservada.</p> <p>A Unidade Geológica constituinte são Complexo Costeiro e Complexo Turvo Cajati com presença de micaxistos, ardósias e filitos. Os solos são rasos e pouco estruturados, ocorrendo os Cambissolos e os Argissolos.</p> <p>Essas regiões, pelo difícil acesso e altas declividades, foram pouco antropizadas. É um geoambiente de grande importância para a preservação do bioma mata atlântica e criação de corredores ecológicos.</p>	

Quadro 4.16 Descrição da Unidade Geoambiental D2

<b>Unidade Geoambiental D2</b>	
<i>Modelado de Dissecação Forte, Exumação de Núcleos Rochosos e Controle Estrutural</i>	
<b>Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga</b>	
<b>Relevo</b>	
Forte Ondulado	
<b>Solos</b>	
Cambissolos	
<b>Geologia</b>	
Complexo Costeiro e Complexo Turvo Cajati	
<b>Vegetação Nativa</b>	
Floresta Atlântica	
	
<b>Descrição</b>	
<p>A Unidade Encostas Ravinadas do Alto Jacupiranga caracteriza-se por relevo em ravinas, com declividade média de 29% e altitude média 152 m. Constituem uma fração considerável de 12,5% de área das sub-bacias em estudo.</p> <p>As ravinas e as intensas dissecações possuem forte controle estrutural estabelecido pelas fraturas e pelas falhas, originadas dos movimentos tectônicos de soerguimento e do contato de diferentes materiais como Quartizitos, Migmatitos, Granito e Gnaisses.</p> <p>Os Cambissolos são dominantes nessa unidade, que devido à alta declividade e as elevadas precipitações, são rasos e pobres. A vegetação nativa é a Mata Atlântica, que tem importante papel na proteção dos solos. A remoção da vegetação aumenta a fragilidade natural do ambiente, alterando o comportamento e a dinâmica erosiva das encostas.</p> <p>São comuns escorregamentos naturais de solo, fato que demonstra processos morfogenéticos ativos. Tal fato fortalece a necessidade de proteção e de recuperação desse geoambiente. Apesar da susceptibilidade aos escorregamentos, algumas encostas são utilizadas para o cultivo de banana, que se adapta às regiões úmidas e à elevada precipitação.</p> <p>A Lei Estadual nº 12.810 (SÃO PAULO, 2008) instituiu o Mosaico das Unidades de Conservação do Jacupiranga, que alterou a área do antigo Parque Estadual do Jacupiranga e criou a Área de Proteção Ambiental (APA) Cajati, uma das quatro APAs contidas no Mosaico. Boa parte dos 2.975,71 ha da APA Cajati encontra-se nesta Unidade Geoambiental.</p>	

Quadro 4.17 Descrição da Unidade Geoambiental D3

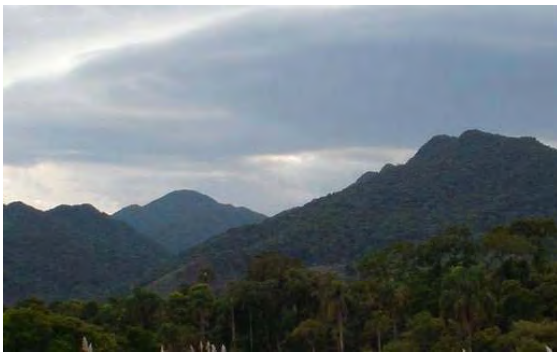
<b>Unidade Geoambiental D3</b>	
<i>Modelado de Dissecação Forte, Exumação de Núcleos Rochosos e Controle Estrutural</i>	
<b>Serras do Paranapiacaba Florestadas com Cambissolos e Solos Litólicos</b>	
<b>Relevo</b>	
Forte Ondulado	
<b>Solos</b>	
Cambissolos	
<b>Geologia</b>	
Complexo Costeiro e Complexo Turvo Cajati	
<b>Vegetação Nativa</b>	
Floresta Atlântica	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<b>Descrição</b>	
<p>A Unidade Serras do Paranapiacaba, Florestas com Cambissolos e Solos Litólicos possui características típicas de regiões montanhosas, com vales profundos e encaixados, sob encostas íngremes com declividade média em torno de 31%. Os desníveis atingem cerca de 400 m, com picos de 445 m de altitude e média de 190 m.</p> <p>A Serra é o divisor de águas entre a sub-bacia hidrográfica do rio Jacupiranga e a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (foto), apresentando geologia de formação granitóide das Suítes Graníticas Sintectônicas, Facies Cantareira, de mineral granito-gnaissico.</p> <p>Os solos são rasos e pouco desenvolvidos, representados pela associação de Cambissolos com Neossolos Litólicos. São solos pouco estruturados, destacando também a fragilidade do ambiente devido à altas declividades e solos com alta susceptibilidade erosiva.</p> <p>Este Geoambiente representa 2,8% da área estudada. A região abriga as nascentes dos rios Turvo, Capinzal e Padre André. São áreas de expressiva cobertura vegetal nativa de Mata Atlântica. Assim, sua proteção faz-se necessária obedecendo princípios de manejo sustentável.</p>	



Quadro 4.18 Descrição da Unidade Geoambiental D4

<b>Unidade Geoambiental D4</b>	
<i>Modelado de Dissecação Forte, Exumação de Núcleos Rochosos e Controle Estrutural</i>	
<b>Cristas do Alto Jacupiranga Florestadas com Solos Pouco Desenvolvidos</b>	
<b>Relevo</b>	
Forte Ondulado	
<b>Solos</b>	
Cambissolos e Neossolos Litólicos	
<b>Geologia</b>	
Suítes Graníticas Fácies Granofírica	
<b>Vegetação Nativa</b>	
Floresta Atlântica	
	
<b>Descrição</b>	
<p>Esta Unidade Geoambiental ocupa 4,9% de área, ou seja, 90,3 km<sup>2</sup> das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu.</p> <p>Localizada principalmente no Alto Jacupiranga, parte Sul da sub-bacia hidrográfica, possui relevo forte ondulado e declividade média de 33%. As altitudes variam de 30 a 900 m, com média de 200 m. Ocorrem as Suítes Graníticas Postectônicas Fácies Granofírica, caracterizados por corpos graníticos circunscritos de natureza intrusiva.</p> <p>Os solos mais comuns são os Cambissolos e os Neossolos Litólicos, caracterizados pela reduzida estruturação e alta susceptibilidade a movimentos de massa e ocorrência de processos erosivos.</p> <p>Nesta Unidade Geoambiental, a vegetação presente é a Floresta Atlântica densa, pouco antropizada, e ampla necessidade de preservação para a manutenção dos recursos hídricos – nascentes dos rios Guaraú e Canha, recarga dos aquíferos e da manutenção de fauna e de flora nativas.</p>	

Quadro 4.19 Descrição da Unidade Geoambiental D5

<b>Unidade Geoambiental D5</b>	
<i>Modelado de Dissecação Forte, Exumação de Núcleos Rochosos e Controle Estrutural</i>	
<b>Serras e Planaltos do Alto Jacupiranga Florestados com Solos Rasos e Litólicos</b>	
<b>Relevo</b>	
Forte Ondulado e Montanhoso	
<b>Solos</b>	
Cambissolos	
<b>Geologia</b>	
Complexo Costeiro e Complexo Turvo Cajati	
<b>Vegetação Nativa</b>	
Floresta Atlântica	
	
Descrição	
<p>Caracteriza-se por ser a Unidade Geoambiental com maior expressão de área, aproximadamente 20% - 521 km<sup>2</sup> - da área total das sub-bacias estudadas. Agrupa todo o alto do Jacupiranga, englobando as nascentes dos rios Guaraú e rio Jacupiranguinha, principais afluentes do rio Jacupiranga.</p> <p>O relevo é escarpado, onde é comum a presença de ravinas e de voçorocas ativas nas encostas de altas declividades. A declividade média é 37%, com altitudes variando de 111 a 1304 m, e altitude média em torno de 520 m.</p> <p>O principal conjunto geológico são as Suítes Graníticas Postectônicas Facies Graciosa, correspondendo a corpos graníticos de natureza intrusiva e discordante, caracterizados por associações álcali granito-sienito, granulação média e grossa.</p> <p>Os solos apresentam variações de acordo com as altitudes e o relevo, sendo o principal o Cambissolo Háptico Distrófico e os Neossolos Litólicos. Nas regiões de planaltos, início do Planalto Curitibano, ocorrem os Latossolos Amarelos, solos mais profundos decorrentes de regiões mais estáveis.</p> <p>Grande parte da área está preservada com Mata Atlântica e pelo governo do estado. O limite do Parque Estadual do Jacupiranga foi alterado recentemente, denominado desde fevereiro de 2008 como Mosaico de Jacupiranga. O Rio Turvo nasce na parte oeste do divisor de águas e deságua no rio Ribeira de Iguape. O Parque Estadual do Rio Turvo (PERT) engloba grande parte deste Geoambiente, desde o extremo sul da sub-bacia hidrográfica do rio Jacupiranga, ocupando a área central - região do granitóide - e segue para o norte do Alto Jacupiranga. Está presente também a Reserva de Desenvolvimento Socioambiental (RDS), Reserva de Lavras, que contempla uma área de 870 ha, destinada ao desenvolvimento sustentável de comunidades locais e APA Cajati, com 2975,7 ha.</p>	

## 4.9 Suscetibilidade à Erosão

O mapeamento das áreas suscetíveis ou predisponentes à erosão considerou a erodibilidade dos solos e a geomorfologia como fatores preponderantes na definição das classes. Sabe-se também que o tipo de cobertura vegetal e o uso do solo interferem diretamente no processo erosivo, pois indicam o nível de proteção do solo quanto à ocorrência de transporte de material e quanto aos efeitos morfogenéticos naturais, bem como que a precipitação é também um fator importante por ser o agente causador da erosão hídrica. Assim, quanto maior a precipitação acumulada, maior a probabilidade de ocorrência de erosão.

Quanto aos aspectos de relevo, as áreas que apresentam maior vulnerabilidade à perda de solo são as regiões das cabeceiras dos rios Jacupiranguinha, Guaraú e Turvo. Essas regiões tem relevo movimentado em classe de declividade que varia de forte ondulado à escarpado. O desnível pode chegar a 1000 m. Em maiores altitudes o arraste das partículas de solo é facilitado pela elevada energia potencial da chuva.

Em áreas de baixada onde os solos são hidromórficos, apesar da fraca estruturação, a erosão é reduzida pelas baixas declividades. Em contrapartida, essas áreas recebem todo o sedimento transportado pelas águas pluvial e fluvial.

Quanto maior a cobertura vegetal, maior é o grau de proteção do solo. Assim, as formações florestais densas são o principal agente no combate à erosão, pois amortecem as gotas de chuva, reduzem a energia de arraste e evitam o carreamento de sedimentos pela presença de matéria orgânica e de serrapilheira no solo. A vegetação em estágio de sucessão assume grande importância pelos motivos mencionados para as formações florestais, com menor intensidade devido à possibilidade de vazios ou de clareiras na mata. As atividades agrícolas e o pastoreio, quando ocorre manejo sustentável, corroboram com a redução da suscetibilidade à erosão. Na maioria das vezes, observa-se o contrário, pastagens degradadas e áreas agricultáveis sem qualquer tipo de controle à erosão.

A condição pedológica local resulta do material litológico original, do clima, da temperatura, da topografia e do tempo. Esses condicionantes produziram solos, em sua maioria, rasos, pouco estruturados e de comportamento geotécnico não laterítico. Pode-se inferir que solos com essas características possuem baixa resistência a processos erosivos, portanto, alta suscetibilidade erosiva.

A Carta de Suscetibilidade à Erosão gerada (Figura 4.17) contemplou os fatores em uma análise integrada e criteriosa. Observou-se que o resultado foi compatível com os fatos observados em campo. O cenário 5 foi selecionado como mais adequado para a Carta, devido à comparação entre as áreas, análises qualitativa e quantitativa, e conhecimento prévio de campo.

As classes foram distribuídas em Baixa Suscetibilidade à Erosão (8,6%), Média (43,5%), Alta (36,2%) e Muito Alta (11,7%), como se ilustra na Figura 4.16. Ressalta-se que as classes alta e muito alta somam 48% da área total das sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, equivalente a cerca de 88.000 ha. Notadamente, as declividades superiores a 20% representam 41,3% da área, nas quais 12,5% estão acima de 45% e 0,2% (330 ha), em declividade acima de 100%.

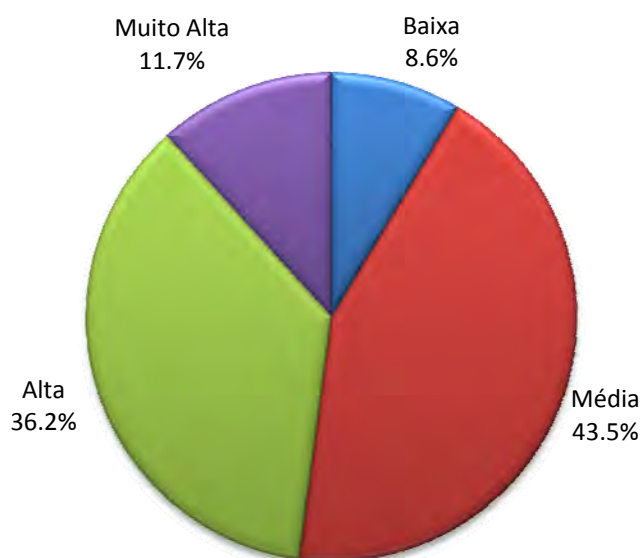
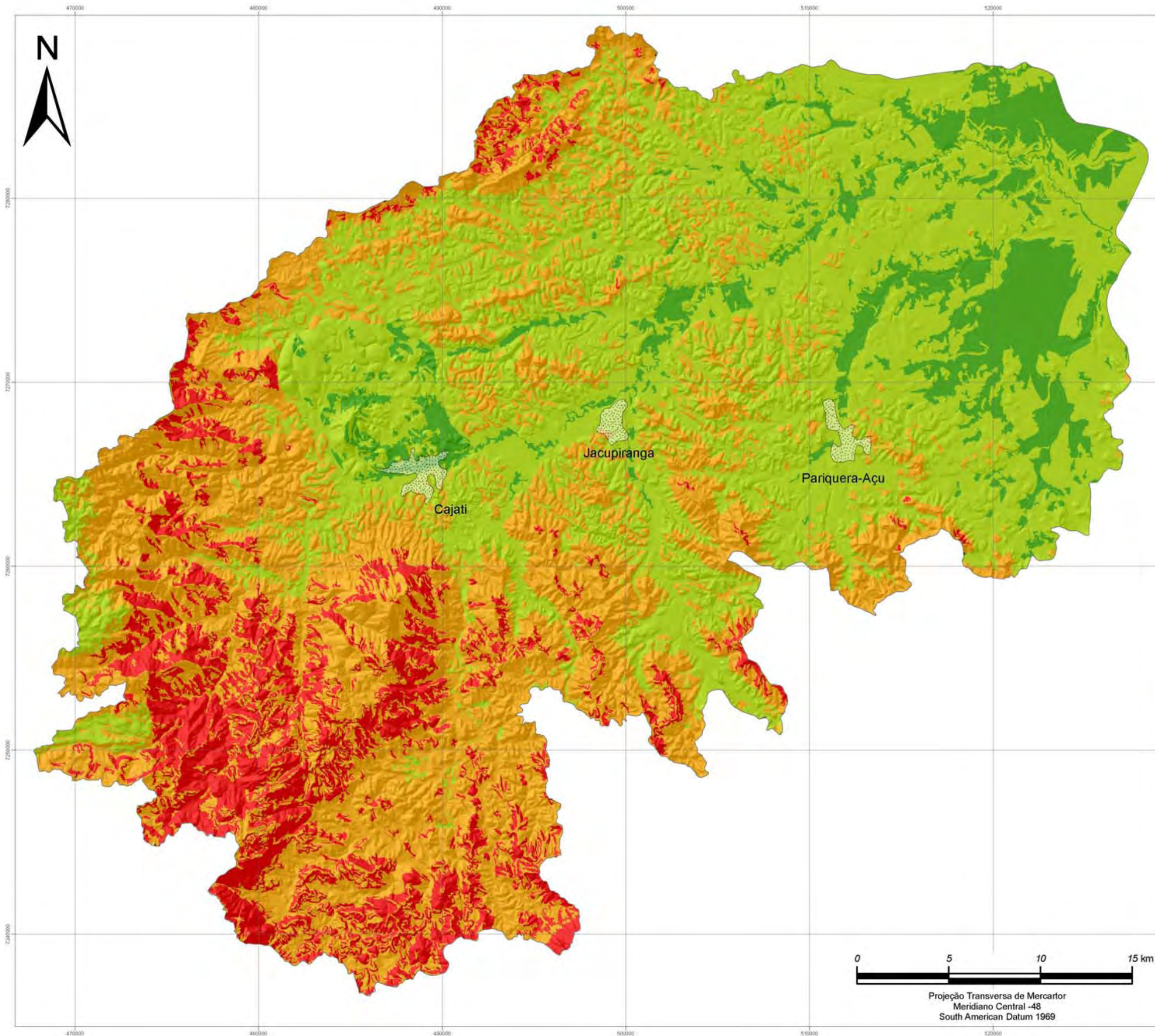
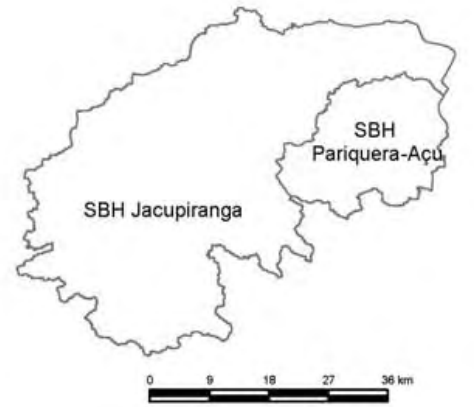


Figura 4.16 Suscetibilidade à erosão



As Figuras 4.18 a 4.21 apresentam, para cada classe de suscetibilidade à erosão, a representatividade com relação às classes de solo. Na classe de baixa suscetibilidade os Gleissolos são maioria, representando 7,4%, ou seja, 89% da classe. Os Latossolos Vermelho-Amarelo representam cerca de 10% da classe de baixa suscetibilidade à erosão.



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP




**Legenda**

-  Área Urbana
-  Limite das sub-bacias hidrográficas

**Classes**

-  Baixa
-  Média
-  Alta
-  Muito Alta

 Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Carta de Suscetibilidade à Erosão**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

<b>Escala:</b> 1:200.000	<b>Data:</b> Julho/2008	<b>Página:</b> 114
-----------------------------	----------------------------	-----------------------



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969

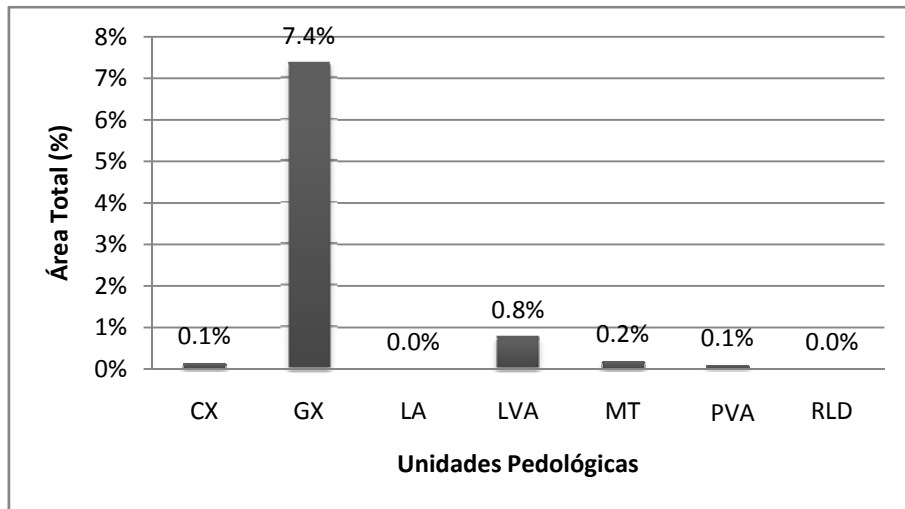


Figura 4.18 Área ocupada pelos solos/Área Total - Classe Baixa

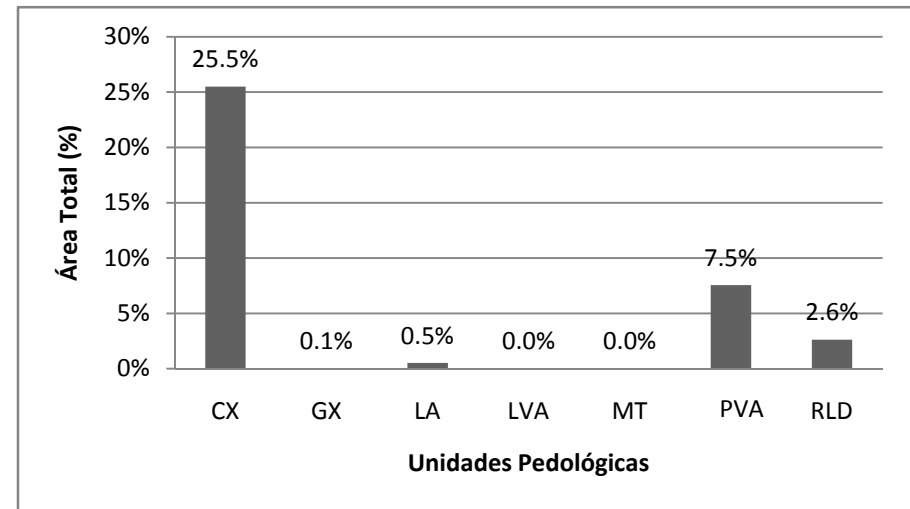


Figura 4.20 Área ocupada pelos solos/ Área Total - Classe Alta

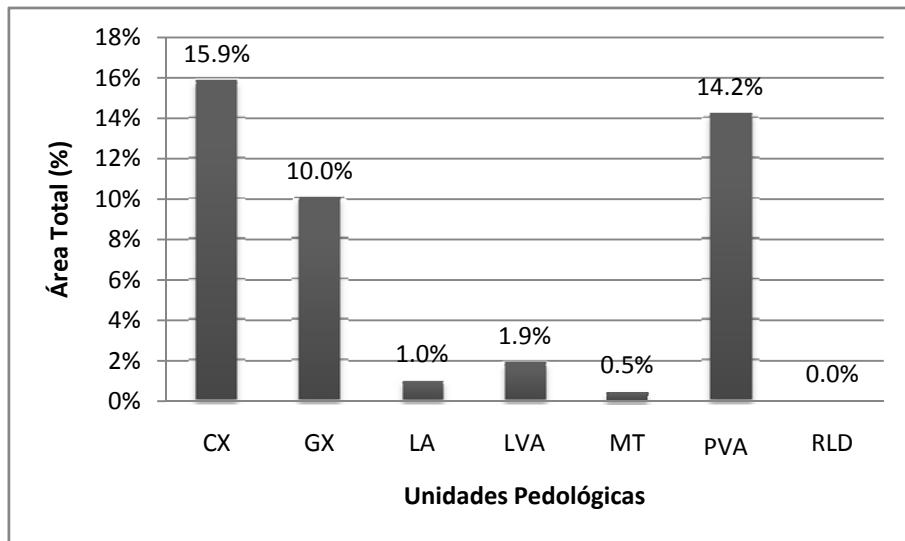


Figura 4.19 Área ocupada pelos solos/Área Total - Classe Média

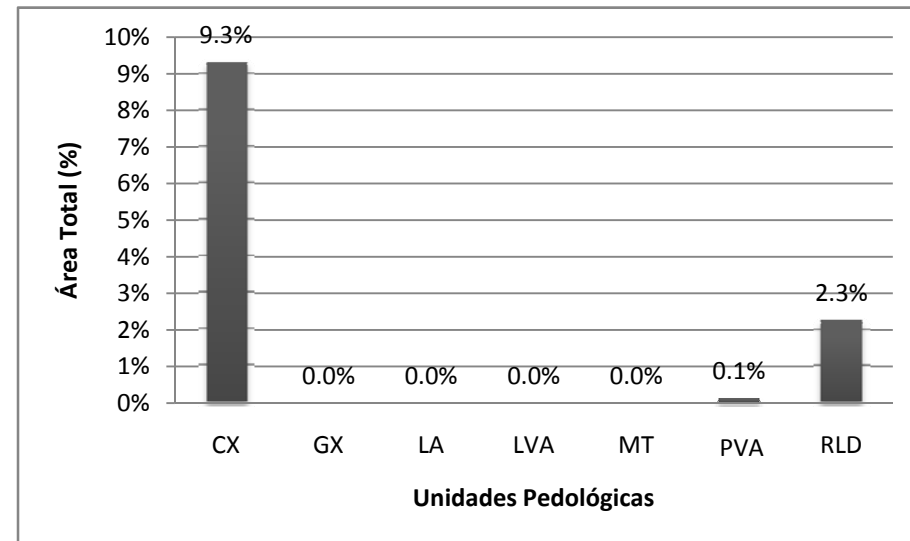


Figura 4.21 Área ocupada pelos solos/Área Total - Classe Muito Alta

CX – Cambissolo; GX – Gleissolo; LA – Latossolo; LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo; MT – Chernossolo; PVA – Argissolo; RLd – Neossolo Litólfico

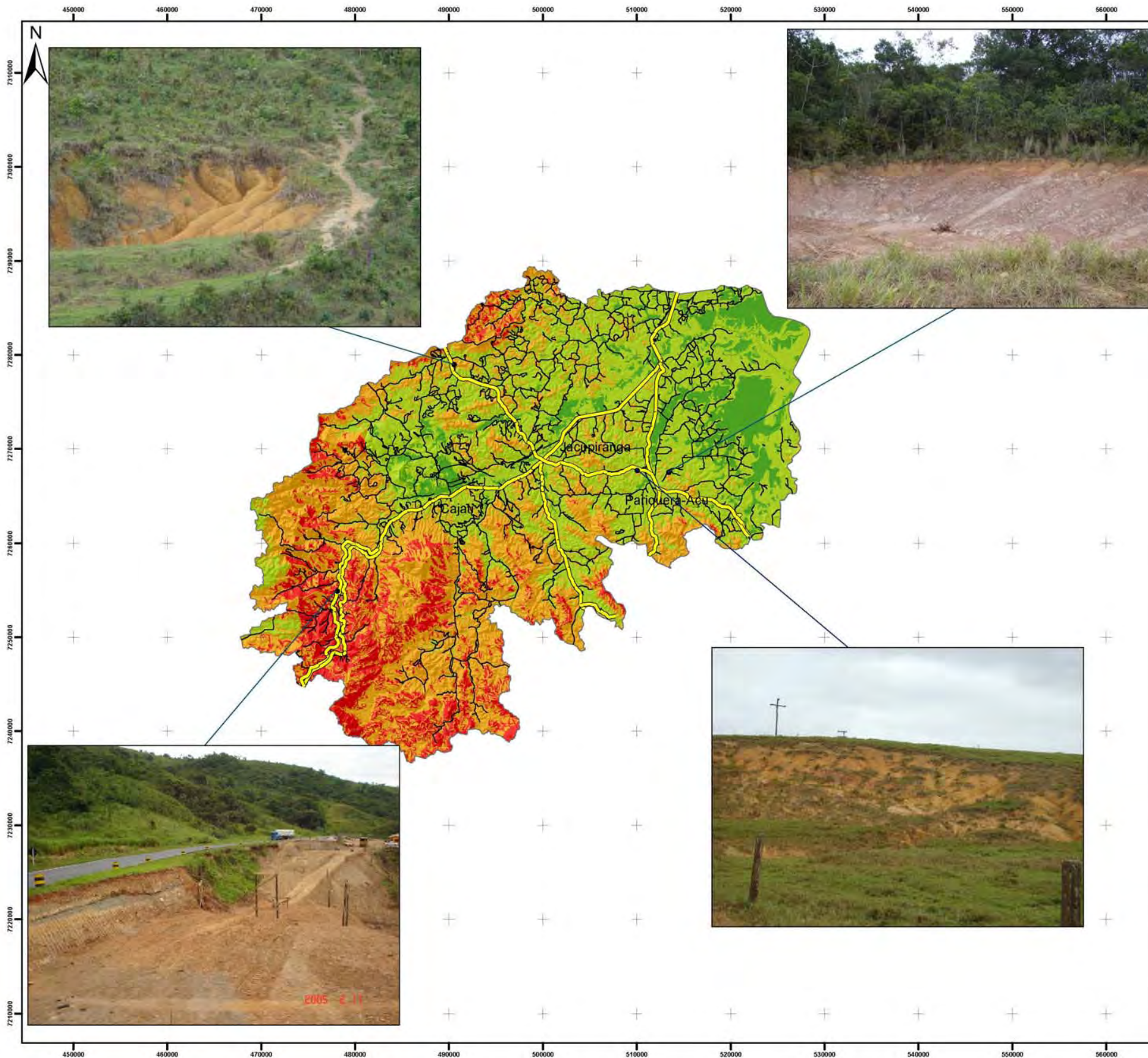
A classe de média suscetibilidade à erosão é representada pelos Gleissolos, Cambissolos e Argissolos, que figuram como dominantes. Os Cambissolos e Argissolos, apesar da alta erosividade, baixa estruturação e comportamento geotécnico não laterítico na classe de média suscetibilidade, coincidem com regiões de relevo suave ondulado e ondulado, o que protege contra remoção de materiais.

Os Latossolos Vermelho-Amarelo estão presentes apenas nas classes média e baixa de suscetibilidade à erosão, onde tem-se relevo homogêneo, baixa declividade média e os solos são maduros e estruturados.

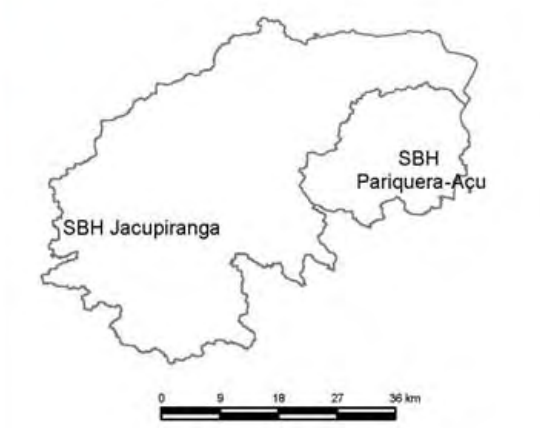
As classes de alta e muito alta suscetibilidade à erosão (Figuras 4.20 e 4.21, respectivamente) são representadas pelos Cambissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos, destacando-se para a classe muito alta, os Cambissolos, que estão presentes em cerca de 80% da área correspondente a esta classe.

A região estudada contém em sua malha rodoviária cerca de 1818 km de estradas. Destas, 161 km são estradas pavimentadas e o restante, 1657 km, não pavimentadas. Ao se analisar as vias não pavimentadas e sua interseção espacial com as classes de suscetibilidade à erosão observa-se que 4,9% (80 km) pertencem à classe de baixa suscetibilidade, 60,8% (1000 km) à classe de média suscetibilidade, 29,0% (480 km) à classe alta e 5,3% (89 km) à classe de muito alta suscetibilidade à erosão. Para estradas pavimentadas, a classe de baixa suscetibilidade à erosão contém 3,5% (6 km), média suscetibilidade 64,8% (105 km), 17,4% (28 km) alta e 14 % (23 km) muito alta.

O trecho de 23 km de vias pavimentadas refere-se exclusivamente à rodovia Régis Bittencourt (BR-116), que nessas áreas, apresenta problemas relacionados à erosão, deslizamentos, escorregamentos e movimentos de massa. A Figura 4.22 relaciona as vias com as classes de erosão, destacando-se alguns pontos relevantes levantados em campo.




Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



**Legenda**

- Vias Pavimentadas
  - Vias não Pavimentadas
  - Limite das sub-bacias hidrográficas
- Classes de Suscetibilidade**
- Baixa
  - Média
  - Alta
  - Muito Alta

 Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Suscetibilidade à Erosão x Sistema Viário**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures  
**Escala:** 1:200.000    **Data:** Julho/2008    **Página:** 117



No que tange a soluções de engenharia para o controle dos fenômenos erosivos, a estabilização química pode ser uma solução aplicável em estradas destacando-se as técnicas de mistura solo-cimento e solo-cal, que tem sido estudadas e recomendadas por diversos autores e órgãos técnicos (PINTO, 1964; LIMA, 1981; DNIT, 2006; TRINDADE, 2006; PORTELINHA, 2008). Refere-se que a adição de elementos químicos na massa de solo produz alterações nas propriedades físicas e comportamento mecânico do material, o que permite alterar o solo para a finalidade do projeto.

Por fim, destaca-se que a carta de suscetibilidade à erosão desenvolvida no presente trabalho constitui-se em um instrumento importante para o planejamento físico-territorial visto que contempla diversos fatores atuantes na dinâmica do meio físico e integra aspectos pedológicos e geotécnicos dos solos.

#### 4.10 Diagnóstico do Uso do Solo

A expressão "uso do solo" pode ser compreendida pela forma como o homem utiliza e ocupa o espaço. Nos períodos entre 1984, 1990 e 2006, o processo de uso antrópico do meio foi acompanhado de profundas alterações no uso e ocupação do solo, como mostra o Quadro 4.20. Os mapas foram apresentados no item Mapa de Uso e Cobertura Vegetal.

Quadro 4.20 Uso do solo das sub-bacias hidrográficas do baixo Ribeira de Iguape, para os anos de 1984, 1990 e 2006.

CLASSES	Áreas em 1984		Áreas em 1990		Áreas em 2006	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Formações Florestais	1008,9	54,8%	787,7	42,8%	704,7	38,3%
Capoeira	316,5	17,2%	234,6	12,8%	267,4	14,5%
Campo de Várzea	245,6	13,3%	175,3	9,5%	170,1	9,2%
Outras Culturas	100,6	5,5%	303,9	16,5%	255,6	13,9%
Cultura de Banana	61,3	3,3%	88,2	4,8%	68,3	3,7%
Cultura de Chá	17,5	0,9%	20,1	1,1%	38,0	2,1%
Pastagens	30,4	1,7%	171,8	9,3%	256,9	14,0%
Recursos Hídricos	13,4	0,7%	19,1	1,0%	26,1	1,4%
Área Urbanizada	24,0	1,3%	23,3	1,3%	38,4	2,1%
Mineração	3,3	0,2%	4,0	0,2%	4,9	0,3%
Afloramento Rochoso	9,0	0,5%	10,9	0,6%	9,3	0,5%
Sombras e Nuvens	10,15	0,6%	1,7	0,1%	1,2	0,1%
<b>TOTAL</b>	<b>1840,65</b>	<b>100,0%</b>	<b>1840,65</b>	<b>100,0%</b>	<b>1840,65</b>	<b>100,0%</b>

Da análise dos períodos 1984 – 1990 e 1990 – 2006, observou-se que a remoção da cobertura vegetal e o impacto antrópico ocorreram com maior intensidade no primeiro.

Atualmente, a área mantém cerca de 62% do seu total com algum tipo de cobertura vegetal, do tipo formações florestais, capoeira e campo de várzea.

As Figuras 4.23, 4.24 e 4.25 apresentam os quantitativos de perdas e ganhos gerados pelo *Land Change Modeler*.

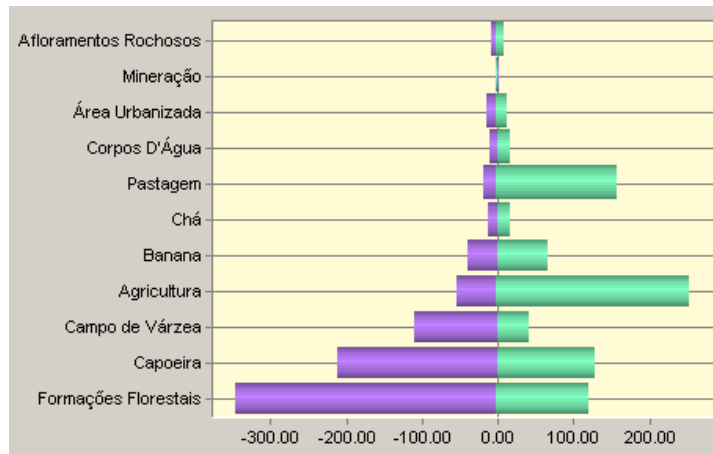


Figura 4.23 Ganhos e Perdas, km<sup>2</sup>, entre 1984 e 1990

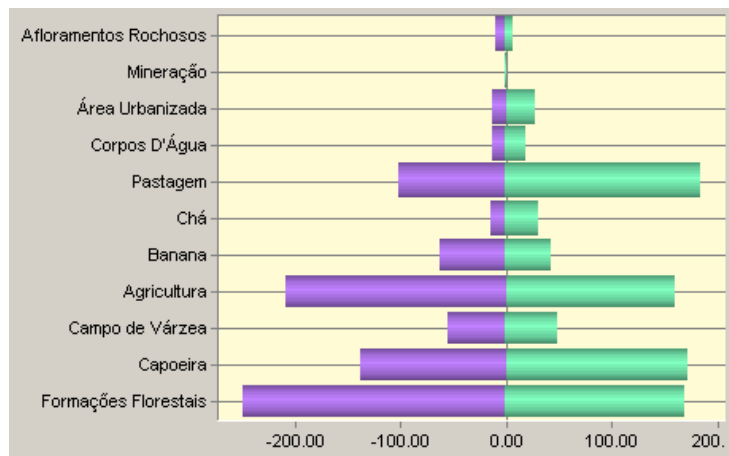


Figura 4.24 Ganhos e Perdas, km<sup>2</sup>, entre 1990 e 2006

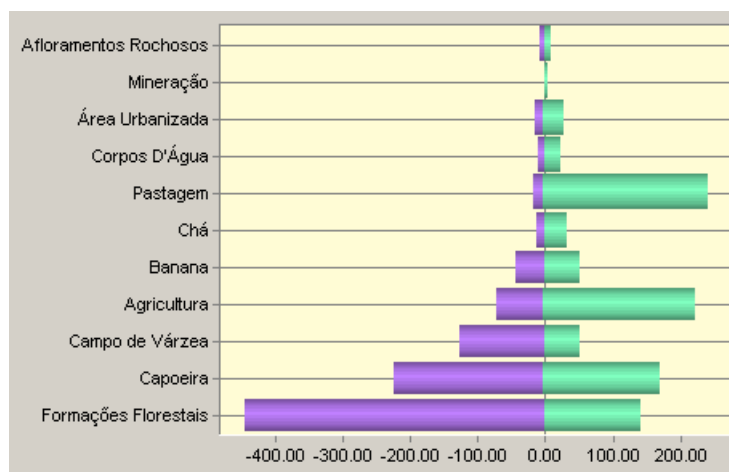


Figura 4.25 Ganhos e Perdas, km<sup>2</sup>, entre 1984 e 2006

#### 4.10.1 Formações Florestais

A classe Formações Florestais representa a maior parte da cobertura do solo das sub-bacias em estudo. As florestas primárias são comunidade clímax da região, integrante do bioma Mata Atlântica. Apresentam a estabilidade máxima que um ecossistema pode atingir em termos de equilíbrio dinâmico, que pode ser atribuída à diversidade de espécies. A floresta ombrófila densa caracteriza-se por possuir estrutura florestal de dossel uniforme em torno de 20 m e vegetação densa arbustiva, composta por samambaias, arborescentes, bromélias e palmeiras. Ocorrem também figueiras, jerivás e palmitos, sendo estes, muito comuns na região.

O palmito é explorado de forma extrativista, onde não há preocupação com o replantio e a derrubada é feita antes da primeira florada, quando o palmito ou o creme ainda não se tornou fibroso, prática essa que impede a disseminação dos frutos. São comuns exploradores de palmito ilegal venderem o produto nas estradas rurais da região.

Grande parte da área de mata preservada deve-se às características geomorfológicas da região. Constatase que mais de 36% da área de mata está sob relevo forte ondulado (entre declividades de 20 e 45%) e ainda 20% em relevo montanhoso a escarpado (declividades maiores que 45%).

Outro importante fator que favorece a manutenção da mata atlântica (Figuras 4.26 e 4.27) é a delimitação desde 1969 do antigo Parque Estadual do Jacupiranga, agora denominado

Mosaico de Jacupiranga<sup>10</sup>. Engloba o Parque Estadual do Rio Turvo com área total de 739 km<sup>2</sup>, destes, 222 km<sup>2</sup> pertencentes à sub-bacia do rio Jacupiranga. Inclui também a Área de Proteção Ambiental (APA) de Cajati (29,8 km<sup>2</sup>), a Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Lavras (8,9 km<sup>2</sup>), inseridos em sua totalidade na sub-bacia hidrográfica do rio Jacupiranga, e parte da APA Planalto do Turvo, com 102 ha pertencentes ao município de Cajati.



Figura 4.26 Mata densa em relevo suave

Figura 4.27 Mata densa em relevo forte ondulado

Entre os anos 1984 e 1990 houve significativa redução da cobertura vegetal de Mata Atlântica, equivalente a mais de 10% de toda região de estudo. Os maiores contribuintes (Figuras 4.28 e 4.29) para essa forte alteração foi o aumento da área de pastagem, equivalente à 22% da alteração e Outras Culturas, responsável por 45% de remoção da cobertura natural nesse período.

---

<sup>10</sup> O antigo Parque Estadual do Jacupiranga teve seus limites alterados em 29 de maio de 2008 pela Lei estadual 12.810, denominado Mosaico de Jacupiranga. O nome foi dado devido às sub-divisões criadas, que incluem Parques Estaduais (Parque Estadual do Rio Turvo, Caverna do Diabo, Lagamar de Cananéia) Áreas de Proteção Ambiental (Planalto do Turvo, Cajati, Rio Pardinho e Rio Vermelho, Quilômbos do Médio Ribeira), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (Barreiro/Anhemas, Quilombos de Barra doTurvo, Pinheirinhos, Lavras, Itapanhapima), Reservas extrativistas (Ilha do Tumba e Taquari) e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

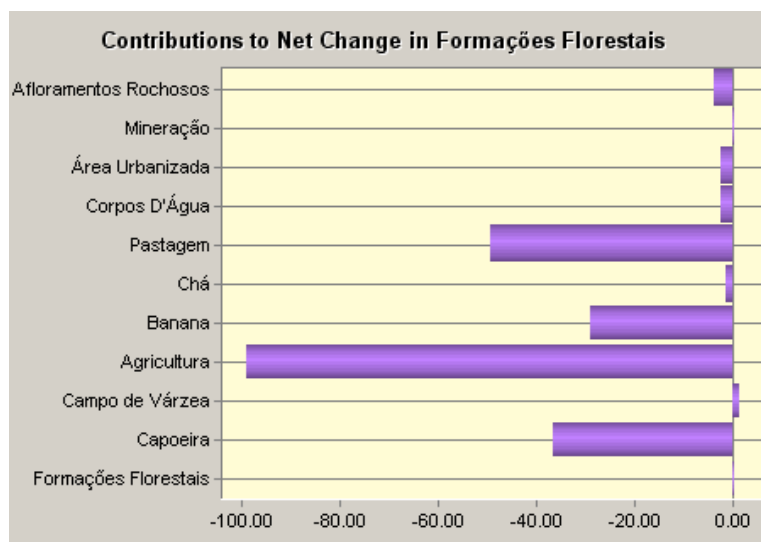


Figura 4.28 Contribuições para alteração de Formações Florestais 1984 e 1990 (km²)

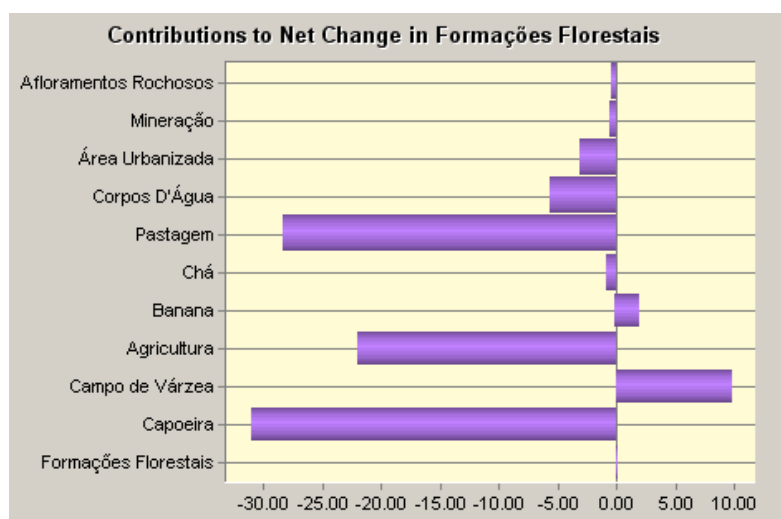


Figura 4.29 Contribuições para alteração de Formações Florestais 1990 e 2006 (km²)

#### 4.10.2 Campo de Várzea

A área identificada como campo de várzea representa a maior parte da vegetação da baixada Pariquera-Açu. Nessa região ocorrem campo de várzea, fragmentos de floresta turfosa profunda, de floresta turfosa rasa e floresta sobre morrotes, caracterizada como floresta alta de litoral (EITEN 1970, SZTUTMAN e RODRIGUES, 2002). O Parque Estadual do Pariquera-Abaixo (PEPA), criado em 1994, protege cerca de 3000 ha ricos em vegetação contínua e em ambientes particulares, como turfeiras de até 5 m de profundidade (SZTUTMAN, 2000). Em função de alagamentos periódicos, a vegetação permanece bem

conservada, o que impossibilita o uso da terra para a moradia e para atividades agrícolas (SÃO PAULO, 1998).

Verificou-se que entre 1984 e 1990 mais de 28% da vegetação de várzea foi removida, substituída em mais de 50% por Outras Culturas. De 1990 à 2006, houve pequena redução de área comparada ao período anterior, sendo o principal contribuinte as áreas de Formações Florestais. (Figuras 4.30 e 4.31).

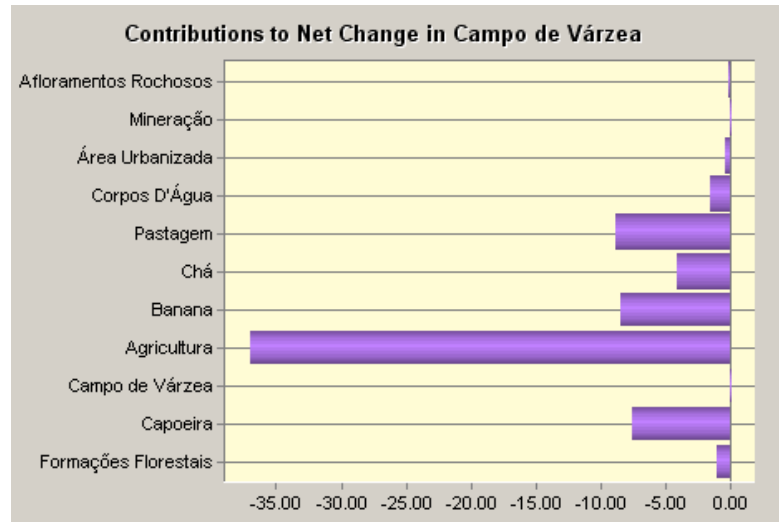


Figura 4.30 Contribuições para alteração de Campos 1984 e 1990 (km²)

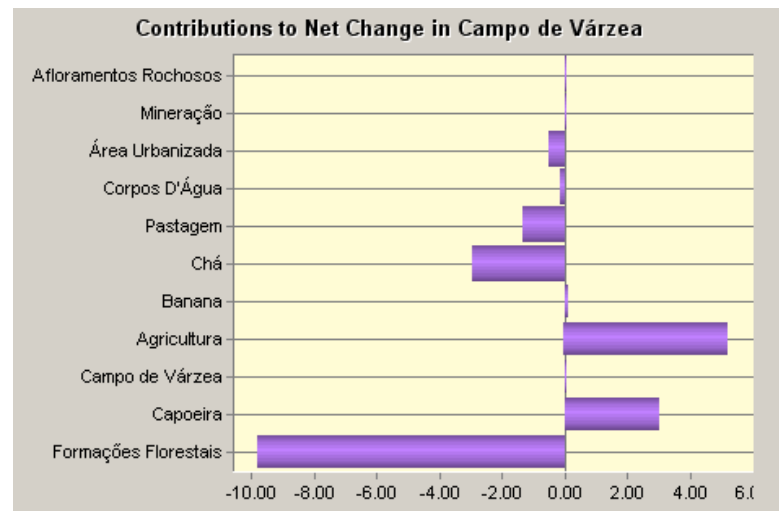


Figura 4.31 Contribuições para alteração de Campos 1990 e 2006 (km²)

### 4.10.3 Capoeira

A classe definida como capoeira representa vegetação em estágio de sucessão. Observou-se que regiões onde houve maior influência da radiação solar devido a orientação do relevo, ou presença de sombra, causaram maior confusão para a classificação deste tema.

As capoeiras estão relacionadas com áreas de regeneração de pastagens, exploração comercial de madeira e matas em processo de recuperação natural, composta basicamente por vegetação arbustiva, com presença de algumas arbóreas. As matas secundárias possuem função de acúmulo de biomassa, manutenção de biodiversidade entre outros. Estudos apontam a viabilidade e seu manejo desde que sejam conhecidas as suas potencialidades (BENTES-GAMA, et al. 2002).

Observou-se que os maiores contribuintes para a remoção de capoeira (Figuras 4.32 e 4.33) no primeiro período analisado foram as classes de uso outras culturas e pastagem. Para o período entre 1990 e 2006 o incremento de área foi de 33 km<sup>2</sup> e está associado principalmente à contribuição de Formações Florestais. Pode-se atribuir a essa mudança o desflorestamento da mata e a remoção de parte da cobertura vegetal para utilização comercial ou remoção e reflorestamento, considerando o período de 16 anos.

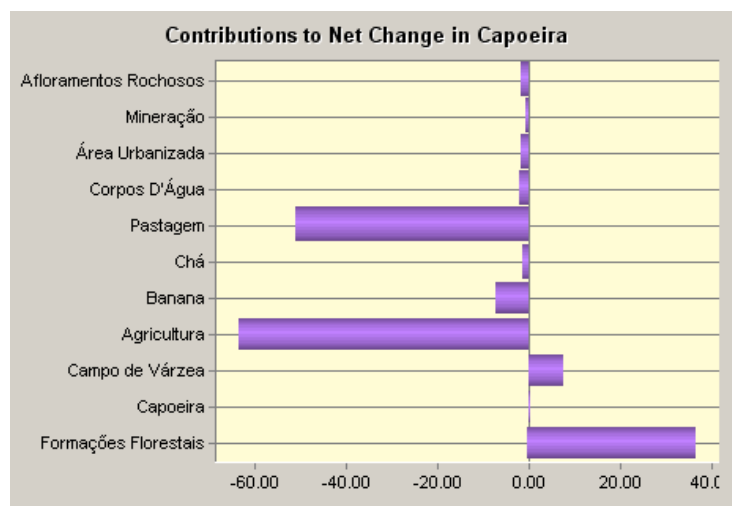


Figura 4.32 Contribuições para alteração de Capoeira 1984 e 1990 (km<sup>2</sup>)

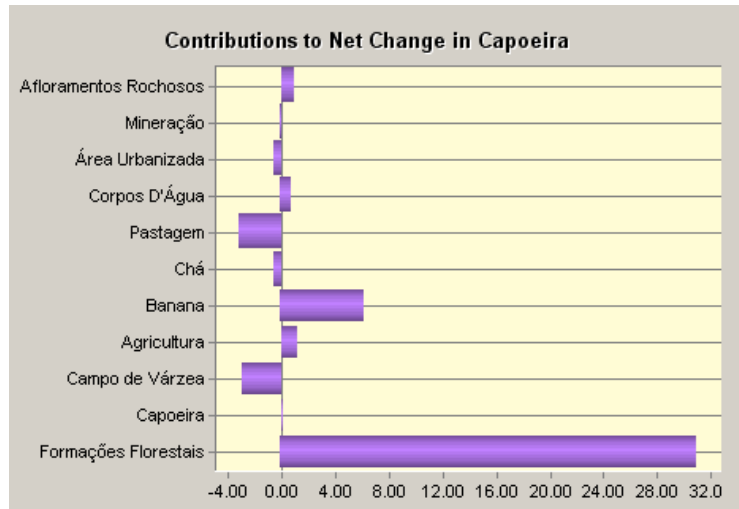


Figura 4.33 Contribuições para alteração de Capoeira 1990 e 2006 (km<sup>2</sup>)

#### 4.10.4 Área Urbanizada

Segundo dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2008) a população residente em 1984 para os municípios Cajati, Jacupiranga e Pariquera-açu era de 43.926 habitantes, sendo 41% destes residentes em zona rural. No início da década seguinte, a população passou para 50.849 habitantes, crescimento esse de 29% com relação ao período anterior, e manteve média de 42% dos habitantes residentes em zona rural. Já em 2006, o total da população passou para 71.200 habitantes nos três municípios, crescimento de 40% e população rural em torno de 29%. Nota-se nos últimos anos, elevada tendência de migração do homem do campo para a zona urbana.

De acordo com os dados obtidos na análise temporal, observou-se que a classe Área Urbanizada não apresentou grandes variações para o primeiro período analisado. O aumento de área urbanizada ocorreu com intensidade entre 1990 e 2006, 65% a mais em relação ao período anterior. Pode-se atribuir esse aumento ao êxodo rural e a emancipação do distrito de Cajati, tornando-se unidade municipal em 1991.

Esse incremento populacional decorre no aumento da geração de resíduos sólidos, de esgoto doméstico e de desmatamento das áreas circunvizinhas aos núcleos urbanos. A garantia da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos está diretamente relacionada ao uso dos instrumentos corretos para o gerenciamento dos resíduos sólidos, da coleta e do tratamento de efluentes, e das práticas conservacionistas de uso do solo.



#### 4.10.5 Uso Agrícola

A região do Vale do Ribeira é conhecida por ter uma das maiores produções mundiais de banana, além de produzir chá-da-índia, hortaliças fruteiras, grãos, gado, plantas ornamentais entre outras culturas de subsistência.

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2006), a área plantada no ano 2006 para lavouras permanentes, temporárias e silvicultura em Jacupiranga foi de 19.160 ha, em Cajati 26.882 ha e em Pariquera-Açu 9.363 ha. O Quadro 4.21 mostra a área plantada, quantidade produzida e valor da produção das principais culturas para os municípios estudados.

Quadro 4.21 Lavoura Plantada e Extração Vegetal em 2006 (IBGE, 2008c)

<i>Cultura</i>	<i>Jacupiranga</i>			<i>Cajati</i>			<i>Pariquera-Açu</i>		
	<i>Área</i>	<i>*QP</i>	<i>*VP</i>	<i>Área</i>	<i>QP</i>	<i>VP</i>	<i>Área</i>	<i>QP</i>	<i>VP</i>
	<i>(ha)</i>	<i>(ton)</i>	<i>mil R\$</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ton)</i>	<i>mil R\$</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ton)</i>	<i>mil R\$</i>
Banana	2260	58760	16453	4610	119860	35958	274	6850	1981
Palmito	52	250	625	580	2100	5250	50	375	1374
Maracujá	20	160	144	-	-	-	150	1032	938
Goiaba	60	630	1065	-	-	-	387	813	929
Tangerina	-	-	-	15	550	143	1330	39780	10343
Chá-da-Índia	-	-	-	-	-	-	800	7200	3456
Arroz	50	55	39	30	18	13	10	15	11
Milho	35	35	8	30	54	12	20	32	7
Feijão	50	60	66	-	-	-	25	15	17
Mandioca	40	800	72	-	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar	-	-	-	-	-	-	157	1884	61
Matas e Florestas	-	5412	16	-	5477	8	-	6292	19
		(m <sup>3</sup> )			(m <sup>3</sup> )			(m <sup>3</sup> )	

\*QP: Quantidade Produzida; VP: Valor da Produção.

Segundo ASSUMPÇÃO et al. (2006), no ano 2000 os municípios de Jacupiranga e Cajati representaram 18% do valor da produção de banana (Figuras 4.34 e 4.35) do Vale do Ribeira. Pariquera-Açu mostrou-se como terceiro município em Valor da Produção Agrícola para a região do Vale do Ribeira, destacando-se nas culturas de tangerina (88%) e maracujá (38%). De acordo com PEREZ (2007) e RIBEIRO (2008), a produção de chá-da-índia (Figuras 4.36 e 4.37) em Pariquera-Açu corresponde a 36% da produção do estado de São Paulo, enquanto 95% da produção é destinada à exportação



Figura 4.34 Plantação de Banana



Figura 4.35 Plantação de Banana à Beira da BR-116

Embora o chá-da-índia seja ressaltado por sua grande importância e representatividade no mercado nacional, ao considerar-se os ganhos econômicos para o município de Pariqueira-Açu, a tangerina gera renda cerca de três vezes maior que o chá, e cinco vezes mais que a banana.



Figura 4.36 Plantação de Chá, fonte: CPRM, 2008



Figura 4.37 Plantação de Chá em Pariquera-Açu

O município de Pariquera-Açu mostra-se como o mais diversificado considerando tipos de cultura. Pode-se associar essa riqueza com os níveis de renda médio da população<sup>11</sup>, R\$ 518,83. Em Jacupiranga a renda média mensal no ano 2000 era de R\$ 607,06 e em Cajati R\$ 469,63.

As Figuras 4.38 e 4.39 mostram as contribuições para a classe Outras Culturas entre 1984 e 2006 e entre 1990 e 2006. Observou-se a partir da análise evolutiva que entre 1984 e 1990 houve um aumento de 200% em área agrícola. No período de 1990 a 2006 houve redução

---

<sup>11</sup> População Economicamente Ativa em 2000: Pariquera-Açu, (8.072), Jacupiranga (7.575), e Cajati (10.580). (IBGE, 2008d)

de 15,9% da área ocupada pela classe Outras Culturas, correspondente à 9,2% da área das sub-bacias em estudo. Constatou-se que as classes de cobertura vegetal foram as mais afetadas pela abertura de áreas agrícolas e a classe Formações Florestais foi a mais afetada, com 49% de área cedida. Já os ganhos do período posterior são atribuídos à migração de área da classe Outras Culturas para Capoeira e Pastagens. O êxodo verificado pela análise da Área Urbanizada relaciona-se a fatores como abandono de áreas agrícolas, tornando-se mata em processo regenerativo onde as condições edáficas e de entorno são propícias ou tornando-se pastagens com cobertura vegetal rala.

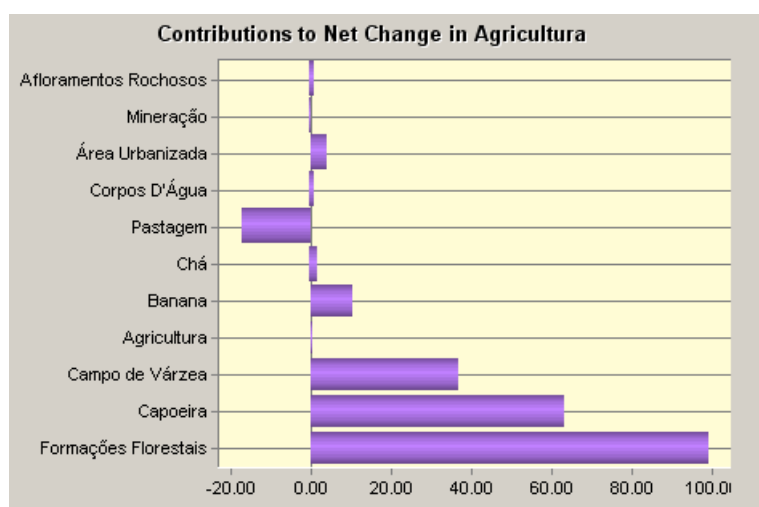


Figura 4.38 Contribuições para alteração de Outras Culturas 1984 e 1990 (km²)

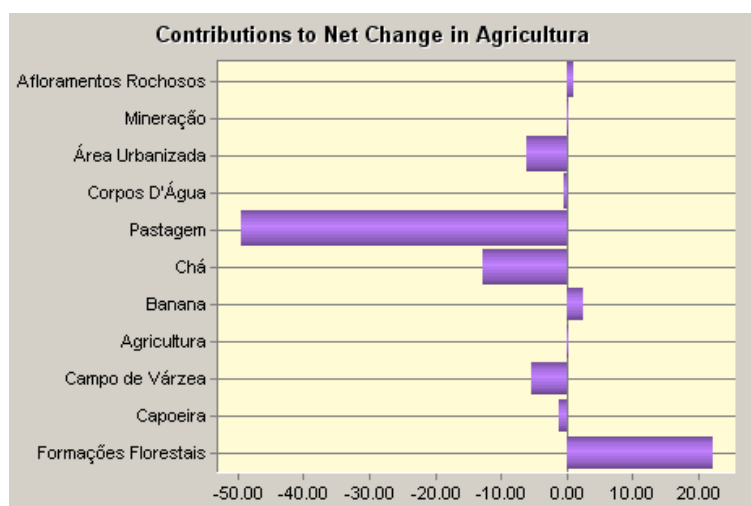


Figura 4.39 Contribuições para alteração de Outras Culturas 1990 e 2006 (km²)

A cultura de banana mostrou-se em processo de crescimento no primeiro período analisado e sofreu uma redução de 2000 ha nos 16 anos seguintes. A Capoeira foi a principal classe contribuinte para o decréscimo da área ocupada por cultura de banana. Essa cultura está

praticamente estabilizada em região de Gleissolos, planícies fluviais e terraços dos rios, e região de Latossolos Vermelho-Amarelo, no Planalto de Cajati. Ocorre em menor proporção em regiões de elevada declividade no Alto Jacupiranga apesar dos solos serem rasos e suscetíveis a escorregamentos. Os dados obtidos foram satisfatórios para esta classe comparados aos dados do censo agropecuário 2006 (IBGE, 2008). Observa-se no Quadro 4.22 que, apesar da distribuição espacial relacionada às classes pedológicas, a cultura de banana ocupa aproximadamente 23% da área correspondente ao Latossolo Vermelho-Amarelo, solo este com qualidades químicas e físicas para práticas agrícolas, único na região de estudo.

Quadro 4.22 Distribuição e Taxa de Ocupação da Cultura de Banana por Classe de Solo

Classe de Solo	Distribuição	Taxa de ocupação da Cultura de Banana por Classe de Solo
CXbd1	5.42%	0.85%
CXbd2	24.53%	3.33%
GXbd1	18.78%	5.14%
GXbd2	8.01%	7.57%
LAd	0.00%	0.00%
LVA	16.43%	22.77%
MTo	0.09%	0.51%
PVA	26.67%	4.50%
RLd	0.07%	0.05%

O chá-da-índia mostrou-se como cultura em evolução no período analisado, partindo de 1750 ha para 3800 ha no último ano analisado. Esse dado é contrastante com os dados do censo agropecuário 2006, que indicou apenas 800 ha de chá plantados para o município de Pariquera-Açu em 2006 e 1700 ha no ano 1990 (IBGE, 2008c). A região sul do município de Registro é também forte produtora de chá, com área plantada de 3000 ha. Os fatores que podem justificar essa diferença são que 11,6% do limite municipal de Registro estão contidos na sub-bacia do rio Jacupiranga e que a cultura de chá confunde-se no classificador da imagem orbital com as fruticulturas, devido ao espaçamento e à cobertura do solo.

A ausência de fertilidade natural dos solos e a proibição das queimadas são fatores limitantes para o desenvolvimento agrícola da região. O elevado crescimento de área agricultável de 1984-90 observado pode estar relacionado com o Plano do Desenvolvimento Agrícola do Vale do Ribeira (SÃO PAULO, 1985), que teve o objetivo

de regularizar a situação fundiária das terras devolutas da região e realizar estudos orientados voltados ao potencial agrícola com vistas à promoção do desenvolvimento.

#### 4.10.6 Pastagens

De acordo com os dados analisados, assim como a agricultura, as áreas de pastagens demonstraram grande aumento no período 1984-90, alterando-se de 3000 ha para 17184 ha. Observou-se o crescimento contínuo no período seguinte, com área estimada em 25551 ha em 2006. O Quadro 4.23 mostra os dados do censo agropecuário para Pecuária em 2006 nos municípios da área de estudo. A Figura 4.40 mostra grande área de pastagem à margem esquerda da rodovia BR-116, sentido Curitiba, próximo à área urbana de Cajati.

Quadro 4.23 Dados do censo agropecuário para Pecuária em 2006 (IBGE, 2008c)

<b>Pecuária</b>	<b>Cajati</b>	<b>Jacupiranga</b>	<b>Pariquera-Açu</b>
Área (ha) →	19736	11093	3815
Bovinos (cabeças)	11562	11800	4090
Suínos (cabeças)	1900	1400	800
Equinos (cabeças)	45	130	150
Bubalinos (cabeças)	120	140	1320
Ovinos (cabeças)	120	210	30
Muare (cabeças)	-	-	90

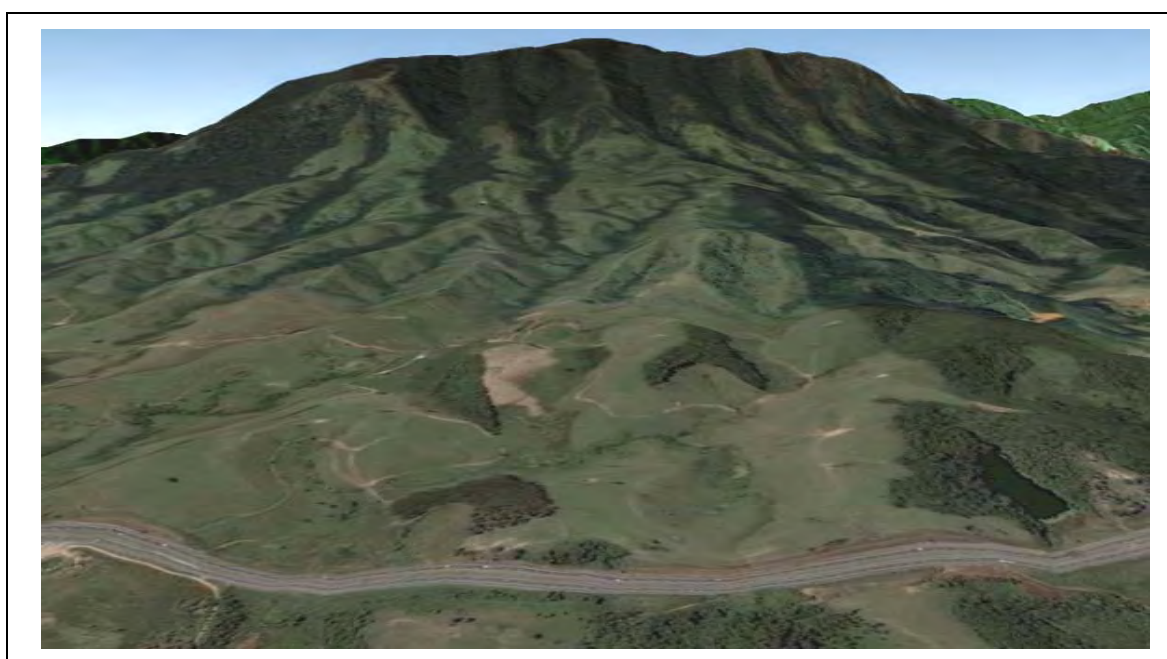


Figura 4.40 Pastagens próximas à Serra de Cajati fonte: Google Earth (2008)

Salienta-se que no período entre 1984 e 1990, o aumento das áreas de pastagens formaram-se principalmente devido à remoção da cobertura vegetal de Formações Florestais (36%) e Capoeira (34%), seguido de Outras Culturas (16%). Entre os anos 1990 e 2006, as áreas de agricultura cederam lugar a novas áreas de pastagens, correspondente a 58% e Formações Florestais, com 30% de área removida com relação ao acréscimo avaliado. As Figuras 4.41 e 4.42 apresentam as contribuições para a classe pastagem entre 1984 e 2006 e entre 1990 e 2006.

Em região de solos com baixa fertilidade, os insumos agrícolas e o manejo correto são essenciais para a manutenção das áreas agricultáveis. Quando o cenário é desfavorável, as áreas antes utilizadas para agricultura tornam-se amplas pastagens, muitas vezes abandonadas ou com número reduzido de cabeças por ha.

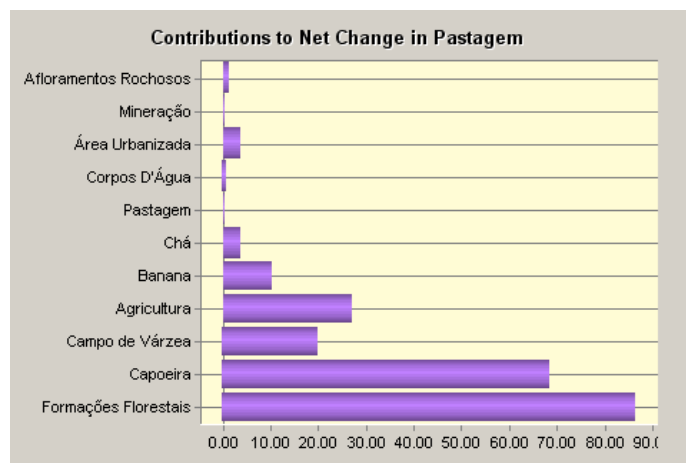


Figura 4.41 Contribuições para alteração de Pastagem 1984 e 2006 (km²)

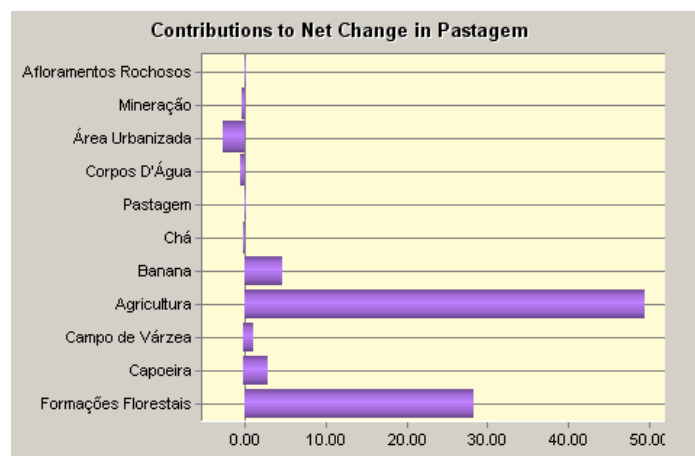


Figura 4.42 Contribuições para alteração de Pastagem 1990 e 2006 (km²)

#### **4.10.7 Mineração**

A exploração das jazidas de fósforo existentes no Morro da Mina em Cajati teve seu início em 1938 pela empresa Serrana, hoje, do grupo Bunge. No início da década de 60, a rocha extraída em Cajati começou a apresentar baixos teores de fósforo, ameaçando seriamente a produção de fósforo na região. A empresa responsável pela extração do mineral investiu em pesquisas e desenvolveu o processo de flotação, sistema que torna economicamente viável a exploração de rochas com baixos teores de fósforo. Com isto, foi possível dar continuidade às atividades mineradoras em Cajati.

As áreas mapeadas como Mineração foram àquelas onde observou-se degradação ou atividade mineradora, cava da mina e rejeitos. O crescimento foi contínuo em todo o período analisado, alcançando 3840 ha em 2006.

#### **4.10.8 Recursos Hídricos e Afloramentos Rochosos**

As alterações observadas nos recursos hídricos devem-se ao aumento de pequenas barragens para contenção de água, abastecimento, irrigação de pequenas lavouras e do lago da barragem da Serrana Mineração.

Observou-se também as alterações naturais nos meandros dos rios Jacupiranguinha, Guaraú, Jacupiranga e Pariquera-Açu, que, por deposição de sedimentos das áreas de menor energia, ou aceleração do fluxo de água devido às cheias, altera seu curso formando as paleodrenagens (Figura 4.43).

Os afloramentos rochosos ocorrem principalmente nas regiões de contato entre o Corpo Granítico, Complexo Gnáissico Turvo-Cajati e Complexo Calcário Turvo Cajati. Essa região destaca-se pela elevada declividade e blocos rochosos que compõem a paisagem do alto Jacupiranga.



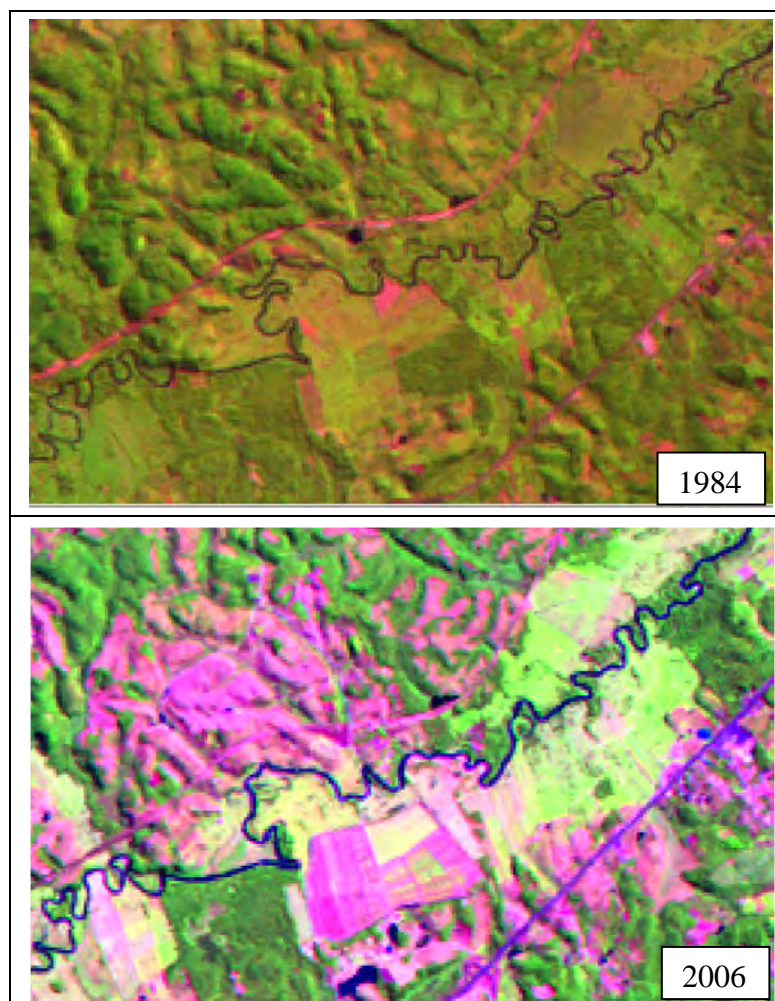


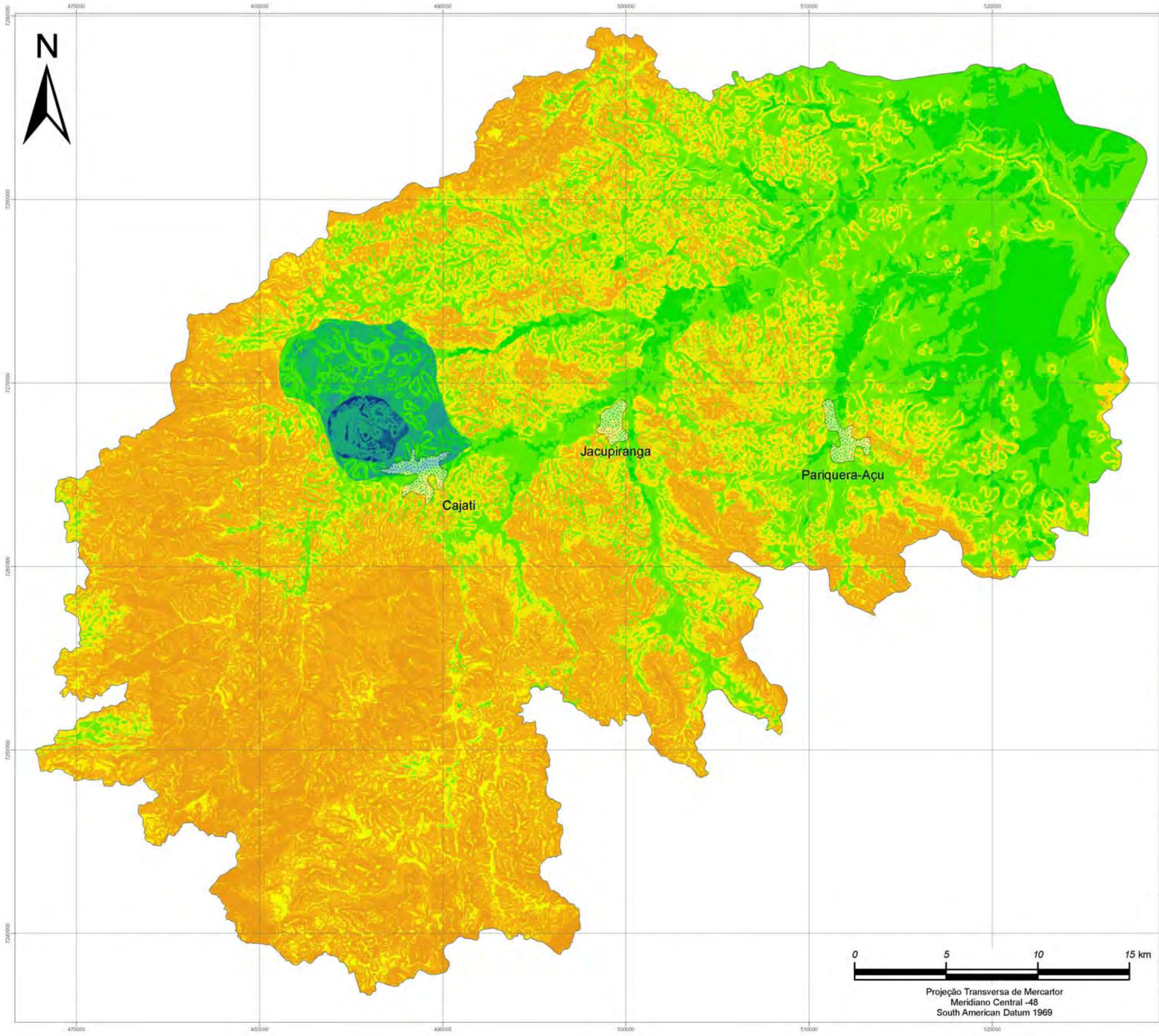
Figura 4.43 Alterações no uso e meandros do rio Jacupiranga entre 1984 e 2006

## 4.11 Zoneamento para Áreas de Desenvolvimento

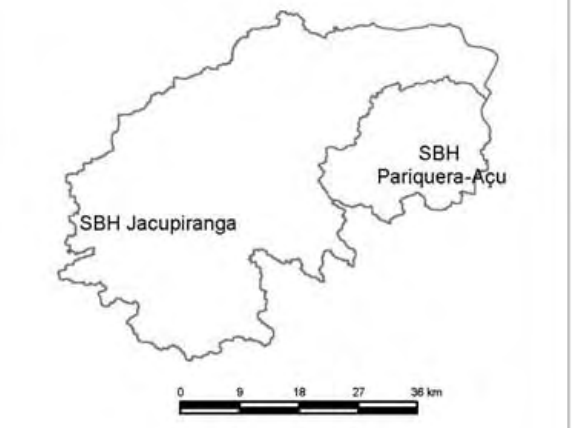
A Carta de Potencial Agrícola, subsídio para o Zoneamento, está apresentada na Figura 4.44.

A partir dos dados do meio físico e socioeconômico, gerou-se cinco cenários (Figura 4.45) significativos para o planejamento e o desenvolvimento regional, considerando aspectos fundamentais e limitações do ambiente natural.


Os cenários apresentaram diferenças entre a localização e o quantitativo das áreas selecionadas. Esse fato deve-se aos diferentes graus de risco e de compensação assumidos para a análise de cada cenário. A seleção das melhores áreas foi condicionada pela aptidão agrícola, distância da hidrografia, suscetibilidade à erosão, distancia das vias, uso do solo e cobertura vegetal e declividades.



Localização - SP 0 100 200 300 400 km



**Legenda**  
 [Grid Pattern] Área Urbana  
 [Line] Limite das sub-bacias hidrográficas  
**Escala Contínua**  
**Value**  
 [Blue to Red Gradient] Boa  
 [Red] Restrita

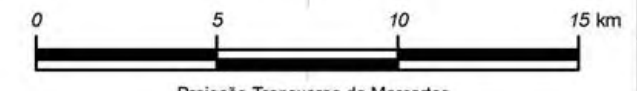
 Universidade Federal de Viçosa  
 Departamento de Eng. Civil  
 Geotecnia Ambiental

**Tese de Doutorado:**  
 Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Parquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

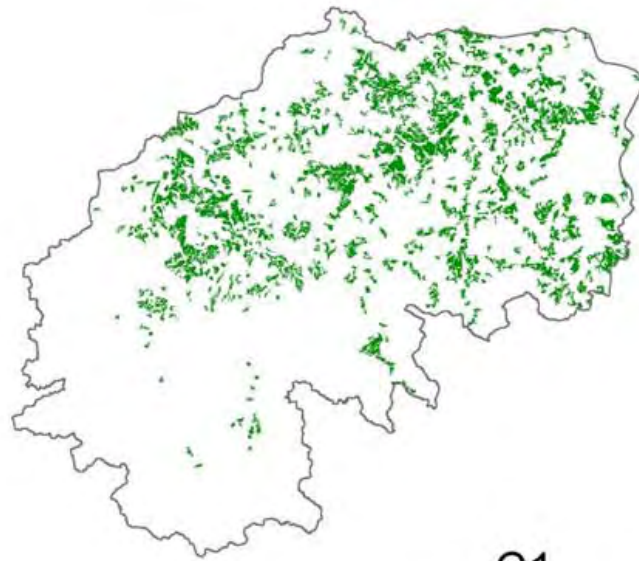
**Carta de Potencial Agrícola**

**Autor:** Samuel Santana Paes Loures

**Escala:** 1:200.000    **Data:** Julho/2008    **Página:** 135



Projeção Transversa de Mercator  
 Meridiano Central -48  
 South American Datum 1969



C1



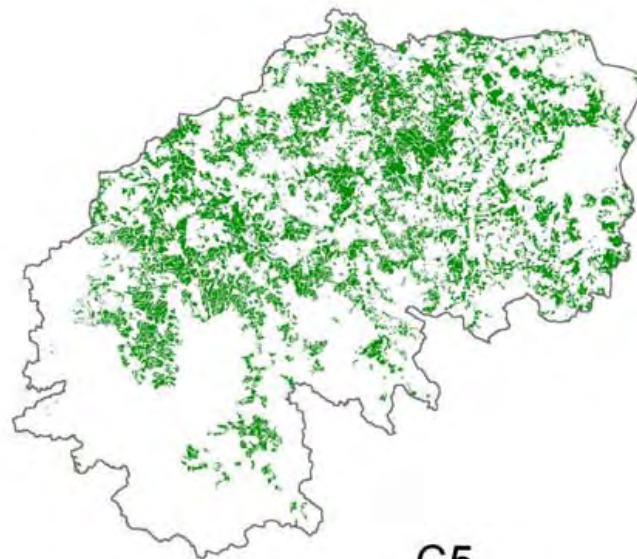
C2



C3



C4

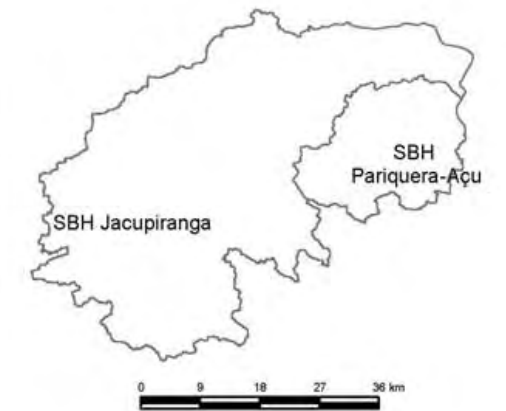


C5

### Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



0 100 200 300 400 km



0 9 18 27 36 km

#### Legenda

limitew

Áreas para o Desenvolvimento



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

#### Tese de Doutorado:

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

### Cenários Propostos para o Zoneamento Estratégico

Autor: Samuel Santana Paes Loures

Escala: 1:700.000

Data: Julho/2008

Página: 136

Processos de agregação WLC e OWA resultam em imagens contínuas de adequabilidade, que tornam a seleção de sites, específica para um determinado fim, problemática.

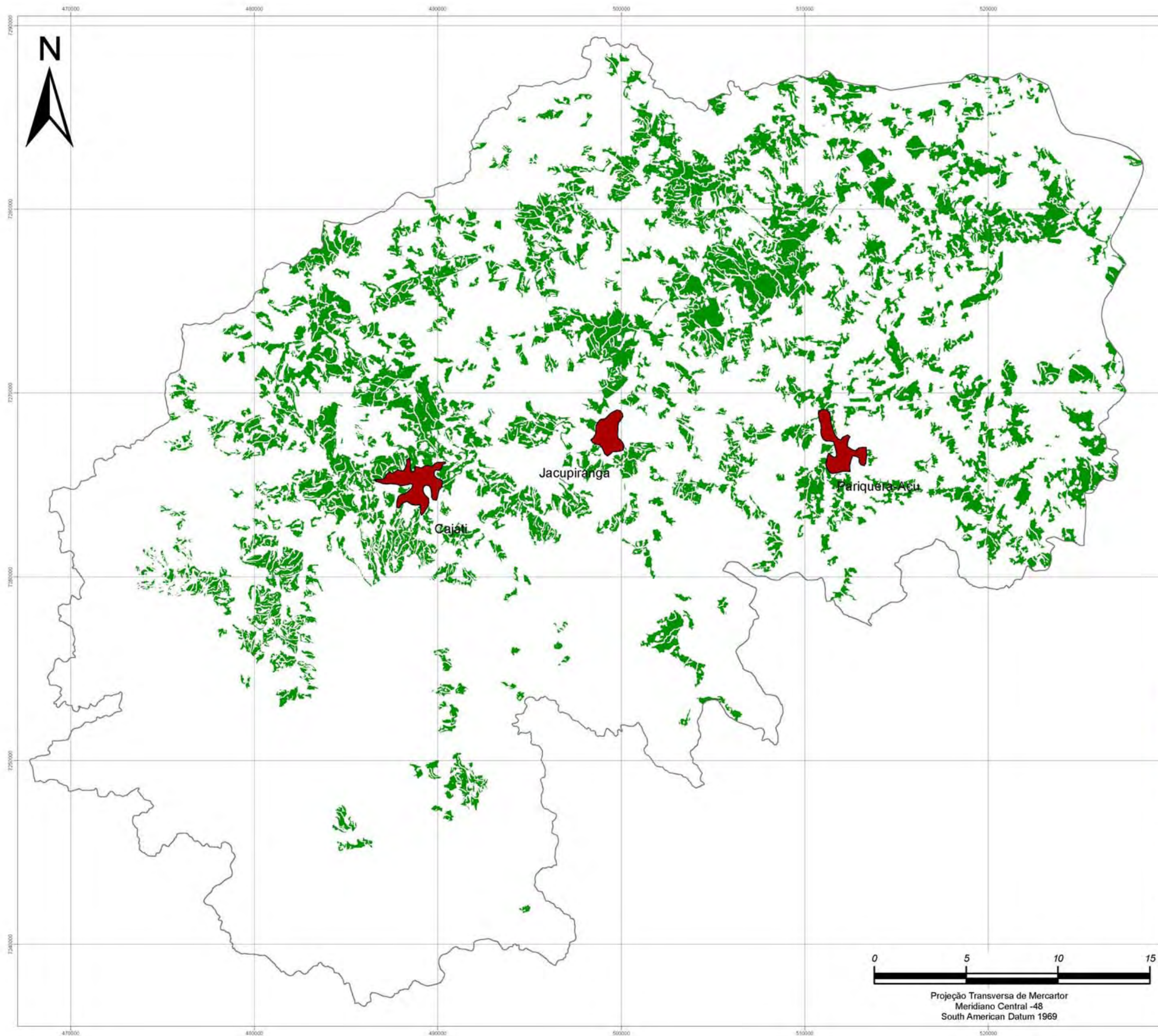
A partir das imagens com áreas classificadas em níveis contínuos de adequabilidade, selecionou-se as melhores áreas contíguas, maiores que 10 ha. Para esse fim utilizou-se um critério pós-agregação e a macro SITESELECT. A macro utiliza dois procedimentos e gera dois mapas de *sites*. O primeiro mapa mostra cada *site* com áreas individualizadas, e o segundo mapa mostra *sites* com valores originais contínuos de adequabilidade. A macro também apresenta uma estatística sobre cada *site* selecionado, incluindo o valor médio da adequabilidade, a variação dos valores, desvio padrão e área em hectares.

O cenário quatro foi selecionado como proposta para o zoneamento, devido à observação dos graus de risco e de compensação. A alta compensação equilibra-se ao valor do risco, garantindo a coerência da proposta. A Figura 4.46 mostra as áreas selecionadas.

A área total selecionada para essa proposta corresponde a 28.473 ha, sendo 2% equivalente a área de corpos d'água, 9% áreas de capoeira, 38% áreas de agricultura e 51% áreas de pastagens. A Figura 4.47 apresenta a distribuição de área por tipo de uso.

Nota-se que 62% da área selecionada encontra-se em área de relevo entre 0 e 8% de declividade (Figura 4.48). Essas regiões apresentam grau nulo a ligeiro de impedimento à mecanização. Ressalta-se que 34% da área, equivalente a 9.680 ha, são de relevo plano, oferecendo o emprego de todos os tipos de máquinas e de implementos agrícolas em qualquer época do ano.

As áreas selecionadas apresentaram distribuição adequada em relação aos municípios envolvidos nas sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu. Os municípios Cajati, Jacupiranga e Pariquera-Açu apresentaram 28%, 24% e 27% das áreas, como mostra a Figura 4.49.



Sub-bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu - SP



Legenda

- Área Urbana
- Limite das sub-bacias hidrográficas
- Áreas para o Desenvolvimento



Universidade Federal de Viçosa  
Departamento de Eng. Civil  
Geotecnia Ambiental

Tese de Doutorado:

Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-Bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.

**Áreas Selecionadas para o Desenvolvimento Estratégico**

Autor: Samuel Santana Paes Loures

Escola:	Data:	Página:
1:200.000	Julho/2008	138



Projeção Transversa de Mercator  
Meridiano Central -48  
South American Datum 1969

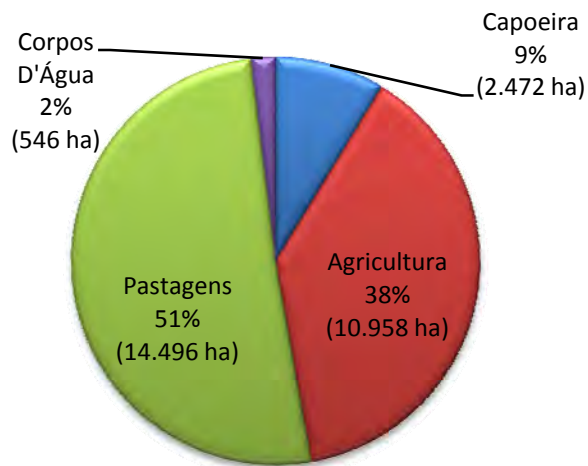


Figura 4.47 Distribuição das Áreas Seleccionadas por tipo de Uso

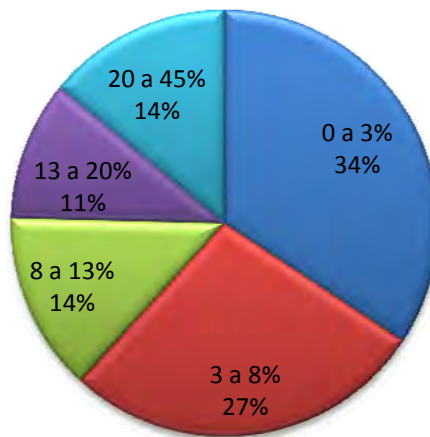


Figura 4.48 Distribuição das Áreas Seleccionadas por classe de declividade

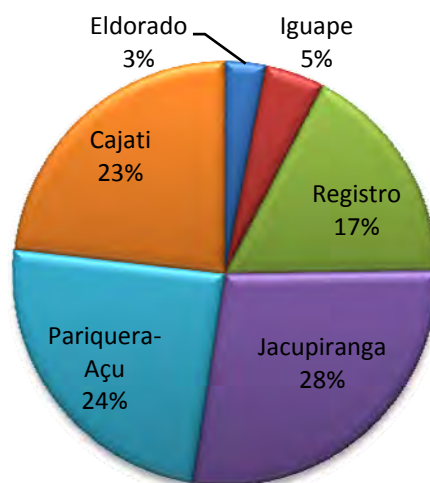


Figura 4.49 Distribuição das Áreas Seleccionadas por município

Os sistemas agroflorestais têm sido empregados com grande sucesso em algumas regiões e podem ser indicados como alternativa viável para a região de estudo, com benefícios sociais e econômicos. Esses sistemas definem-se pela forma de uso da terra, na qual espécies lenhosas perenes (arbustos ou árvores) são cultivadas deliberadamente com espécies herbáceas (pasto, culturas anuais) e animais, numa combinação espacial ou seqüencial, obtendo-se benefícios das interações ecológicas resultantes (MACDICKEN E VEGARAS, 1990). VAZ DA SILVA (2002) observou que os Sistemas Agroflorestais Simples necessitam de menor número de manejos, conseqüentemente, exigem menor mão de obra que os Sistemas Florestais. O reflexo dessa redução é revertido em custos diretos de cerca de 16% em relação ao sistema convencional.

A integração Lavoura-Pecuária é uma técnica que busca a recuperação do potencial produtivo das áreas degradadas com a utilização da área durante todo o ano. Esse consórcio pode ocorrer entre lavoura, pastagem e floresta ou somente entre duas opções. Uma das inovações do método é a utilização de eucalipto no sistema lavoura-pasto.

As vantagens da integração Lavoura-Pecuária e Floresta, quando executados com manejo adequado, evita a ocorrência de processos erosivos, favorece a circulação subterrânea de água e não possui impedimentos para a comercialização e produção de madeira ou carvão. Esse sistema, pesquisado por profissionais da EMBRAPA, EMATER-MG e Universidade Federal de Viçosa, tem se mostrado eficaz por produzir alimentos, madeiras certificadas e animais, além de recuperar áreas degradadas que protegem o solo (EMBRAPA, 2008; EMATER, 2008).

Para avaliação do impacto das diversas culturas sobre o PIB *per capita* da região, estimou-se a função de produção realizada por meio do método dos mínimos quadrados em três estágios. O Quadro 4.24 apresenta os resultados obtidos na análise estatística.

Quadro 4.24 Análise estatística para áreas de cultivo

Variável (Área Planta em hectares)	Coefficiente	Prob. t
Arroz	0,2321	0,097
Cana-de-açúcar	-0,4338	0,095
Feijão	-0,1166	0,049
Mandioca	0,2787	0,045
Milho	0,1089	0,048
Banana	0,6217	0,000
Borracha	1,4165	0,006
Chá-da-Índia	-0,1045	0,004
Tangerina	0,4941	0,50
Goiaba	1,1120	0,44
Maracujá	0,5693	0,000
Palmito	0,3708	0,002
Laranja	1,8244	0,000

O coeficiente de determinação múltipla ( $R^2$ ) obtido foi igual a 0,8196, indicando que 81,96% das mudanças no PIB per capita (PIBPCapita) são explicadas pelas variáveis independentes (áreas plantadas de cultura).

O PIBPCapita da região estudada apresentou relação significativa ( $p < 0,10$ ) com todas as culturas avaliadas, sendo que as culturas de cana-de-açúcar, feijão e chá-da-índia afetaram negativamente o valor do PIBPCapita, ou seja, o aumento da área plantada destas culturas reduzem os valores PIBPCapita da região.

As culturas arroz, mandioca, milho, banana, borracha, tangerina, goiaba, maracujá, palmito e laranja relacionaram-se positivamente com o PIBPCapita sendo que o aumento na área plantada destas culturas gera um incremento no PIBPCapita da região. A análise estática, considerando apenas a alteração de um dos elementos da função, permite verificar a magnitude do impacto de determinada cultura para a região estudada. Observou-se que a fruticultura e o cultivo da seringueira apresentaram maiores coeficientes da função de produção, ou seja, investimento na produção destes produtos pode gerar maior aumento no PIBPCapita.

A produção de citros já bem desenvolvida no município de Pariqueira-Açu pode ser uma alternativa viável, desde que se utilize práticas conservacionistas adequadas, aliadas à aplicação de insumos e fertilizantes nos solos. Ressalta-se que a aplicação de agrotóxicos, comum nessas culturas, quando aplicado sem cuidados técnicos adequados, pode levar à



contaminação do solo e dos recursos hídricos, principalmente em ambientes cujo lençol freático encontra-se próximo à superfície.

Com relação à infra-estrutura básica de transporte para o melhor aproveitamento da produção agrícola e do desenvolvimento econômico da região, esta existe, mas é dispendiosa. A rodovia Régis Bittencourt (BR-116) atravessa o município de Cajati e Jacupiranga em área urbana, e o município de Pariquera-Açu próximo à divisa com Jacupiranga. Essa Rodovia Federal é o eixo de ligação entre Curitiba e São Paulo, dois grandes pólos consumidores e pontos de distribuição para todo Brasil. Prevê-se a duplicação do trecho de 30,5 km da Serra do Cafezal, trecho de maior sinuosidade e velocidade reduzida, para 2012, embora a privatização do trecho venha a tornar os valores dos fretes mais elevados.

O Porto de Santos encontra-se a 215 km de Jacupiranga, sendo um importante acesso para a exportação de produtos. Com as novas descobertas de Petróleo em 2007 e 2008, da elevação da produção de minério e do advento dos biocombustíveis, está prevista a construção do Porto Brasil no município de Peruíbe-SP, a 130 km de Jacupiranga. A capacidade inicial do novo porto será igual a 60% do Porto de Santos.

Segundo REGALADO (2008), a Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo tem efetuado pesquisas para a criação de um sistema logístico integrado de transportes que pretende interligar o Litoral Sul e o Vale do Ribeira à malha ferroviária nacional e à Hidrovia Tietê-Paraná. Os estudos prevêem a integração da ferrovia Santos-Cajati, que atualmente pode receber 65 vagões, e a implantação de uma hidrovia nos rios Ribeira de Iguape, Jacupiranga e Juquiá. A intenção do estado é escoar a produção (mineral, industrial e agrícola) por barcos até o futuro porto de Peruíbe.

Outro entrave para o desenvolvimento regional é a regularização fundiária. Historicamente ocupada por posseiros, a maior parte das terras da região do Vale do Ribeira, incluindo os municípios estudados, são irregulares. Desde 1985 o governo do Estado de São Paulo articula programas para regularizar as propriedades. Esse fato dificulta o acesso dos produtores rurais ao crédito agrícola, por não cumprirem pré-requisitos mínimos. Nesse contexto, o programa do governo federal Territórios da Cidadania (BRASIL, 2008) disponibilizou mais de R\$ 130 milhões para diversas ações, entre elas: direitos de desenvolvimento social; organização sustentável da produção; saúde, saneamento e acesso a água; educação e cultura; infra-estrutura; apoio a gestão territorial e ações fundiárias.

O programa prevê participação da comunidade, quinze ministérios, governo estadual e municipal. Além do Vale do Ribeira, sessenta outros territórios serão atendidos pelo programa.

Entre as principais características desse programa de governo, associadas às áreas de desenvolvimento estratégico selecionadas para a região, estão a regularização fundiária, como citada anteriormente, o acesso ao crédito, a assistência técnica aos pequenos produtores, o apoio à comercialização e o estímulo à produção de matéria prima para o biodiesel, incluídas no item de apoio às atividades produtivas.

O Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome em parceria com a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB mantém o Programa de Compra Direta (PCD), incluído no Programa Aquisição de Alimentos (PAA). Esse programa consiste na aquisição de produtos agropecuários, previamente definidos pelo Governo Federal, em pólos de compra, fixos ou volantes, instalados próximos aos locais de produção. O público alvo são produtores rurais enquadrados na categoria Agricultura Familiar, agroextrativistas, quilombolas, famílias atingidas por barragens, trabalhadores rurais sem terra acampados e comunidades indígenas, que preferencialmente devem estar organizados em grupos formais sob a forma de cooperativas e associações (CONAB, 2008).

O PCD tem se mostrado satisfatório (RUCKERT e RAMBO, 2007; GUERRA et al., 2007; SOUZA e VOGT, 2007) e de relevante potencial para modificar a estrutura agrícola regional, principalmente em locais que predominam a pequena propriedade. Segundo IDESC (2006) o programa foi lançado para o Vale do Ribeira em 2006, onde inclui os municípios de Jacupiranga, Cajati e Pariquera-Açu. Atualmente, o PCD tem se fortalecido com o programa Territórios da Cidadania.

Nesse sentido, as áreas selecionadas no presente trabalho podem ser tomadas como prioritárias ao desenvolvimento agrícola-social em concordância com os programas de governo, devido ao caráter multidisciplinar em que se desenvolveu a metodologia.

## **4.12 Discussões Gerais**

Os novos paradigmas para o gerenciamento territorial incluem necessariamente a busca por uma base de dados sustentada pela pesquisa científica, a fim de gerar as informações

necessárias à tomada de decisão pelos gestores e interação contínua e permanente entre gerentes e pesquisadores para políticas públicas em diferentes níveis. O presente trabalho gerou uma base de dados digital (hidrografia, altimetria, sistema viário, modelo digital de elevação, uso do solo e cobertura vegetal, mapa pedológico, mapa geomorfológico, mapa de geoambientes, carta de declividade, carta de precipitação média anual, carta de suscetibilidade à erosão, carta de aptidão agrícola, escala 1:100.000) para a região das sub-bacias estudadas, que poderá servir, considerando-se as limitações ambientais da área, de subsídio em diferentes análises e modelagens para o desenvolvimento estratégico regional. Em um país como o Brasil, bases de dados digitais consistentes, em escala como a deste trabalho, são escassas e extremamente valiosas. Sua disponibilização é fundamental para efetiva integração entre pesquisa, gerenciamento e políticas públicas.

Nas sub-bacias estudadas, as análises e as identificações geotécnicas, bem como a carta de susceptibilidade a erosão, permitem o direcionamento do planejamento de estudos geotécnicos mais detalhados para implantação de futuras obras de infra-estrutura. Acredita-se que esse direcionamento diminua os custos dos estudos geotécnicos. Os procedimentos utilizados na caracterização MCT consideraram as peculiaridades dos solos originários de regiões tropicais úmidas. Os resultados da classificação MCT mostraram-se coerentes quando analisados junto a fatores como pedologia, geologia e geomorfologia, e enfatizaram as limitações das classificações tradicionais.

Nas análises efetuadas comparando-se os mapas de uso do solo e cobertura vegetal da região dos anos de 1984, 1990 e 2006 observa-se grandes alterações no cenário regional. Áreas de pastagem e de agricultura avançaram sobre a cobertura vegetal nativa, áreas de pastagem avançaram sobre áreas de agricultura e áreas de capoeira avançaram sobre as formações florestais. No entanto, o desenvolvimento econômico da região não acompanhou a exploração dos recursos ambientais e a expansão de fronteiras agrícolas. A baixa fertilidade do solo pode ser um fator decisivo nesse cenário, que ainda é cooperado pela predominância da pequena propriedade rural não munida de assistência técnica adequada para manejo agropecuário. Tudo isso demonstra que o uso indiscriminado dos recursos ambientais não garante a sustentabilidade econômica regional.

A modelagem da base de dados permitiu o zoneamento de áreas para o desenvolvimento estratégico. A escolha das áreas considerou-se preponderantemente as já alteradas pelo homem, tendo em vista a importância das sub-bacias para a preservação do bioma Mata Atlântica. As áreas zoneadas possuem potencial de utilização agropecuária com sistemas

sustentáveis, que garantem a proteção dos recursos hídricos e das áreas de preservação permanente. Espera-se que, com o zoneamento proposto, o direcionamento de políticas públicas para as áreas estratégicas potencializem a agricultura e conseqüentemente o desenvolvimento regional.

## 5 Conclusões

---

- Nove associações pedológicas representam os solos da região das sub-bacias hidrográficas de Jacupiranga e Pariquera-Açu. Os principais tipos pedológicos são: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háptico e Chernossolo Argilúvico. Essas classes de solos possuem características gerais de baixa fertilidade e são em sua maioria susceptíveis à erosão e movimentos de massa. Verifica-se que nas áreas de declividades elevadas torna-se imprescindível a manutenção da cobertura vegetal para mitigação dos processos erosivos.
- Nove unidades geoambientais foram mapeadas em uma análise na qual agregou-se informações sobre geomorfologia, pedologia, geologia e uso do solo e cobertura vegetal para a área de estudo. A metodologia permitiu a integração dos dados levantados em um documento síntese, instrumento que confere ao tomador de decisões uma visão geral e concisa da área mapeada. De forma geral os geoambientes apresentam indicação de uso associado à proteção ambiental, o que demonstra que um planejamento direcional faz-se necessário para garantir o uso sustentável da região.
- Os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica (LL, LP, Granulometria) e especialmente os definidores do comportamento geotécnico segundo a classificação MCT (Método das Pastilhas) foram de importância expressiva na descrição e na classificação dos solos quanto à suscetibilidade à erosão. Observou-se que o comportamento dos solos em 72% da área é considerado de comportamento não laterítico e cerca de 5% possuem comportamento laterítico. Isso indica que os solos, em sua maioria, são rasos, pouco estruturados e susceptíveis à ocorrência de processos de erosão hídrica, de instabilidade geotécnica e transporte de sedimentos.
- As classificações UCS e TRB, quando aplicadas em solos tropicais são limitadas e podem levar o analista a identificar erroneamente as propriedades dos solos. A classificação MCT mostrou-se útil e eficaz na identificação expedita de solos com

comportamento Laterítico e Não Laterítico. Os podzóis, classificados atualmente como Argissolos, apresentaram comportamento Não Laterítico, o que indica presença de ligações micro-morfológicas interpartículas fracas.

- A Carta de Suscetibilidade à Erosão é um importante subsídio a engenheiros, empreendedores e agricultores, pois fornece meios para o estabelecimento de níveis de manejo e adequação da obra, empreendimento ou lavoura, de acordo com as classes de suscetibilidade à erosão. As sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu possuem 8,6% (175 km<sup>2</sup>) da área em classe baixa de suscetibilidade à erosão, 43,5% (800 km<sup>2</sup>) em classe de média suscetibilidade, 36,2% (667 km<sup>2</sup>) na classe alta suscetibilidade e 11,7% (215 km<sup>2</sup>) na classe de muito alta suscetibilidade. Ressalta-se que mais de 500 km de estradas encontram-se nas classes de alta e muito alta susceptibilidade à erosão. Nesses trechos existe maior possibilidade de ocorrência de problemas relacionados à erosão, a deslizamentos, a escorregamentos e a movimentos de massa. Em projetos de construção e de manutenção de estradas, as estruturas de drenagem, as estruturas de contenção de sedimentos e os projetos de revegetação de taludes de corte e de aterro devem considerar tais peculiaridades.
- As análises entre as alterações do uso mostraram a forte pressão antrópica observada entre 1984 e 1990, onde 24% da cobertura foi removida. Entre 1990 e 2006, observou-se que a remoção de cobertura vegetal foi de 5%, demonstrando tendência à estagnação, que pode estar associada às características pedológicas e geomorfológicas da região. Apesar desse quadro, as pastagens têm apresentado tendência forte de aumento da área ocupada, sempre associadas às antigas áreas agricultáveis, o que remete ao abandono de áreas, favorecem a ocorrência de processos erosivos do solo pela remoção de cobertura vegetal. Ressalta-se que, com o avanço das tecnologias de aumento de produtividade na produção agrícola e incentivos governamentais, esse quadro pode sofrer fortes alterações em um curto espaço de tempo.
- No zoneamento selecionou-se 28.473 ha de áreas para o desenvolvimento estratégico. Na análise multicritério utilizou-se todas as informações geradas ao longo desta pesquisa. Selecionou-se aquelas com maior potencial agrícola (fatores físicos e químicos do solo), que já sofreram alteração antrópica, além de considerar todas as restrições ambientais. Nessas áreas deve ser priorizado o uso agrícola,

principalmente os sistemas agro-florestais e pecuária, desde que estabelecido o manejo correto. O direcionamento de políticas públicas para essas áreas possui grande potencial de alteração da qualidade de vida da população e dos municípios onde estão inseridas.

## 6 Sugestões Para Trabalhos Futuros

---

- Estudos de recuperação de mata ciliar e de alternativa para locação das culturas hoje estabelecidas na região para áreas mais apropriadas;
- Estudos de modelagem hidrológica e propostas de medidas mitigadoras para o controle do transporte de sedimentos nas sub-bacias dos rios Jacupiranguinha, Jacupiranga e Pariquera-Açu. Justifica-se esse estudo pelo mapeamento de suscetibilidade à erosão, que demonstrou grande porcentagem de área em classes de alta e muito alta suscetibilidade à erosão, que implica em impactos diretos sobre os corpos d'água;
- Estudos de modelagem da predisposição a processos erosivos por meio da metodologia MCT (Miniatura Compactada Tropical). Considera-se que a Metodologia MCT tem grande importância nos estudos geotécnicos e ambientais, sendo difundida e utilizada apenas em pequena escala para este fim;
- A partir das áreas mapeadas no desenvolvimento estratégico, aprofundar estudos de viabilidade de desenvolvimento a fim de conferir mais alternativas na utilização de sistemas agrícolas sustentáveis, melhores regiões para a distribuição da produção, infra-estrutura e instalação de agro-indústrias.



## 7 Referências Bibliográficas

---

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. *Annual book of ASTM standards*. Section 4: Construction, v. 04.08: Soil and rock; dimension stone; geosynthetics. Philadelphia, 1990.
- AMORIM, R. S. S. Desprendimento e arraste de partículas de solo decorrentes de chuvas simuladas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa. 74p. 2000.
- ANA – Agência Nacional das Águas. **Hidroweb**. Disponível em [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acessado em maio de 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: solo: amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, RJ, 7 p, 1986<sub>a</sub>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459/84, Solo - Determinação do limite de liquidez**, Rio de Janeiro, 6p, 1984<sub>e</sub>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508/84, Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica**, Rio de Janeiro, 8p, 1984<sub>c</sub>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180/84, Solo – Determinação do limite de plasticidade**, Rio de Janeiro, 3p, 1984<sub>d</sub>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84, Solo – Análise Granulométrica – Procedimento**, Rio de Janeiro, 13p, 1984<sub>b</sub>.
- ASSUMPÇÃO, R., ROMÃO, D. A., VEIGA, J. E. R., SILVA, J. R. **As Comunidades Rurais do Vale do Ribeira e uma Nova Visão do Negócio Agrícola**. In: Romão, D. A. Romão Vale do Ribeira : um ensaio para o desenvolvimento das comunidades rurais / organizador. – Brasília : Ministério do Desenvolvimento Agrário, Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural, NEAD Debate (11), 212 p. 2006.

- BADIRU, A.B.; PULAT, P.S.; KANG, M. DDM: Decision Support System For Hierarchical Dynamic Decision Making. **Decision Support Systems** , v.10, p1-18, 1993.
- BAPTISTA, A.C. **Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis – RJ: subsídio ao planejamento urbano.** Dissertação de Mestrado. UFV. Viçosa. 110p. 2005.
- BECKER, B.K.; EGLER, C.A.G.; SCHUBART, H. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Rio de Janeiro/Brasília, (SAE-MMA). 43p. 1997.
- BEDÊ, L.C.; WEBER, M.; RESENDE S.; PIPER, WERNER., S, W. **Manual para mapeamento de Biótopos no Brasil. Base para um planejamento eficiente.** 2. ed. Belo Horizonte, Fundação Alexander Brandt: 146p. 2000.
- BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S.; GAMA, J. R. V. **Potencial produtivo de madeira e palmito de uma floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico.** Rev. Árvore, vol.26, no.3, p.311-319, maio-2002.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo,** São Paulo: Ícone, 335p, 1990.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba: Livroceres, 392p. 1999.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Aptidão agrícola da terras de São Paulo – Aptidão agrícola das terras 20.** Brasília, BINAGRI. 111p. 1979
- CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. M. **Conceituação de Microbacias. In: Lima, W. P.; Zakia, M. J. (eds) - Manejo Ambiental de Florestas Plantadas: Operacionalizando o Conceito de Microbacia como Unidade de Planejamento.** Rima, São Carlos. 2004.
- CAMAPUM DE CARVALHO, J. SALES,M.M, MORTARI, D.FÁZIO, J.A., MOTA, N.O., FRANCISCO, R.A. **Processos Erosivos.** In: CAMAPUM DE CARVALHO, J., SALES, M.M., SOUZA, N.M., MELO, M.T.S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** Brasília. Universidade de Brasília. FINATEC. 464p. 2006.

- CAMPANHA, G. A. da C.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A. **Considerações sobre a organização litoestratigráfica e evolução tetônica da Faixa de Dobramentos Apiaí.** In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3. Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG. v.2, p. 725-742. 1987.
- CARVALHO, NEWTON DE OLIVEIRA. Hidrossedimentologia prática, Rio de Janeiro: CPRM, 372 p.il. 1994.
- CETEC - Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. **Situação dos Recursos Hídricos do Ribeira do Iguape e Litoral Sul.** Relatório Técnico Final. Comitê da Bacia do Hidrográfica do Ribeira de Iguape. Disponível em: [www.sigrh.sp.gov.br](http://www.sigrh.sp.gov.br). Acessado em setembro de 2007.
- CHARMELO, L.C.L. **Geoambientes da Bacia do Rio São Matheus e Uso irrigado de Solos de Tabuleiros.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. 187p. 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** Ed. Edgard Blucher. 236p. 1999.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Programa Compra Direta.** Disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acessado em 12 de junho de 2008.
- CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Artigo 6º, inciso I da Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acessado em setembro de 2007.
- CORDANI, U.G. e BRITO NEVES, B.B. **The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic** - Páginas 78-88, Rio de Janeiro. 1982.
- COSTA, L.A.DA. **Proposta de zoneamento de áreas rurais utilizando sistemas de informações geográficas.** Doutorado (Tese) - Universidade Federal de Viçosa, 124p. 2001.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. DE, AZEVEDO, L. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico.** São José dos Campos: INPE. 25p. 1996.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape: Relatório Síntese do Plano de Ação.** São Paulo. 1998.
- DAVIDSON, D. A. **Soils and land use planning.** New York: Longaman, 129p. 1980.

- DIAS, H.C.T. **Geoambientes e pedogênese do Parque Estadual de Ibitipoca, Município de Lima Duarte (MG)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 74p. 2000.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Pavimentação. 3ª ed., Rio de Janeiro. RJ: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, C. Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviária (IPR), Publicação IPR-719, 274 p., 2006.
- DUDA, R.O., HART, P.E. & STORK, D.G. **Pattern Classification**. 2 ed. New York, Wiley. 2001.
- EASTMAN, J.R. **Guide to GIS and image processing**. Worcester, EUA: Clark University. 327p. 2006.
- EITEN, G. **A vegetação do Estado de São Paulo**. Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo, v.7, p.1-147, 1970.
- EMATER – EMPRESA DE ASSISTENCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS –MG. **Zona da Mata tem Circuito de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta**. Acessado em junho de 2008. Disponível em <http://www.emater.mg.gov.br>. 2008.
- EMATER. **Programa Ensinando o Verde, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais**. CD-ROM, Ponte Nova. 2003
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Integração lavoura-pecuária é tema do Dia de Campo na TV**. Disponível em <http://www.embrapa.br/>. Acessado em junho de 2008.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p , 1997.
- FAPESP - Fundação de Amparo a Pesquisa de São Paulo.. **Eu Nasci 10.000 anos atrás. Revista Fapesp on line**. Disponível em: [www.revistapesquisa.fapesp.br](http://www.revistapesquisa.fapesp.br). Acessado em 20 de maio de 2008.
- FATURETO, C.R.C. **Otimização sob critérios múltiplos: metodologias e uma aplicação para o planejamento agrícola**.. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 145p. 1997.

- FONSECA, R. M. **Função de produção para a agricultura e produtividade total dos fatores, Brasil, 1995-96.** Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 51p. 2007.
- FORNASARI FILHO, N. **Alterações nos processos do meio físico por mineração: estudos de caso de instrumentos de gerenciamento ambiental.** In: Veiga, E. J. *Ciência Ambiental.* FAPESP. p. 127-152. 1998
- FORTES, R. M.; ZUPPOLINI NETO, A.; MERIGHI, J. V. **Proposta de normalização do método das pastilhas para identificação expedita de solos tropicais – Anais da 11ª Reunião Anual de Pavimentação Urbana, Porto Alegre, RS, Brasil, 2002.**
- GOOGLE EARTH. Banco de Dados. Disponível em [www.earth.google.com](http://www.earth.google.com). Acessado em junho de 2008.
- GRECCHI, R.C. **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento.** Dissertação Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 132p, 1998.
- GUERRA, A. J. T., BATISTA, S. C. **Degradação Ambiental.** In: Guerra, A. J. T., Batista, S. C. (Eds) *Geomorfologia e Meio Ambiente.* Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, p. 337-379. 1996.
- GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista (org). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.* Capítulo 4 – Processos erosivos nas encostas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- GUERRA, A. C.; TOLEDO, D. A. C.; CASTANHEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA, B. A. M. **Agricultura Familiar e Economia Solidária: O Programa Compra Direta Como Política Pública de Inserção.** In: VII Congresso Brasileiro de Sistemas de Produção. Fortaleza – CE. Anais.. 2007.
- GUTJAHR, M. R. **Critérios relacionados à compartimentação climática de bacias hidrográficas: a bacia do Rio Ribeira de Iguape.** São Paulo, 90p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geografia - FFLCH/USP. 1993.
- IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Macrozoneamento das Terras da Região do Rio Ribeira de Iguape.** Campinas. 1990.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Braco, SG-22-X-B-VI-1.* Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Iguape*, SG-23-V-A-IV-2. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Ilha de Cananéia*, SG-23-V-A-IV-3. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Jacupiranga*, SG-22-X-B-VI-2. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Juquiá*, SG-23-V-A-I-4. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Número 4, Rio de Janeiro, 104p. 1995a
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Número 5, Rio de Janeiro. 113p. 1995b.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Indicadores Sociais**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em junho de 2008(a).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **IBGE Mapas Interativos – Mapa de Climas**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em maio de 2008(b).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Censo Agropecuário 2000**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em maio de 2008(c).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em maio de 2008(d).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pariquera-Açu*, SG-23-V-A-IV-1. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Registro*, SG-23-V-A-I-3. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Rio Guaraú*, SG-22-X-B-VI-4. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Rio Turvo, SG-22-X-B-VI-3*. Rio de Janeiro. (Carta topográfica em escala 1:50.000). 1979.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) Acessado em: junho de 2008.
- INPE. **SPRING – Manual do usuário versão 4.3**. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring). Acesso em março de 2008.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, São Paulo. 1981.
- ISA - Instituto Socioambiental. **Diagnóstico Socioambiental do Vale do Ribeira: Documento Síntese**. São Paulo. 54p. 1998.
- JACINTHO et al, In: CARVALHO, J, C.; SALES, M, M.; SOUZA, N, M.; MELO, M, T, S, **Processos Erosivos No Centro-Oeste Brasileiro**, FINATEC. Brasília. 464p. 2006.
- JACINTO, E.C., CAMAPUM DE CARVALHO, J., CARDOSO, F.B.F., SANTOS, R.M.M, GUIMARÃES, R.C., LIMA, M.C.G. Solos Tropicais e o Processo Erosivo. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J., SALES, M.M., SOUZA, N.M., MELO, M.T.S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília. Universidade de Brasília. FINATEC. 464p. 2006.
- JAMES, D.J.G.; HUNTLEY, I.D. **Some aspects of the processes of mathematical models. In: Mathematical Modelling – a source book of case studies**. London. p. 1-17. 1990.
- KARMANN, I. e SANCHEZ, L. E. **Speleological Provinces in Brazil**. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 9., Barcelona, 1986. Anales Barcelona, JUS. v. 1, p. 151-153. 1986.
- KARMANN, I. **Evolução e Dinâmica Atual do Sistema Cárstico do Alto Vale do Rio Ribeira de Iguape**. Tese (Doutorado). Sudeste do Estado de São Paulo, São Paulo. 1994.
- KRONE, R. *Informações ethnográficas do Valle do Ribeira do Iguape. Exploração do rio Ribeira de Iguape*, Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo 2, São Paulo, Edição Typ. Brazil de Rothschild & Co. 1914.

- LIMA, D. C. **Algumas considerações relativas a aspectos da estabilização dos solos, em particular à estabilização solo-cal.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 171p. 1981.
- LIN, F. **GIS-based information flow in a land-use zoning review process.** Landscape and Urban Planning. N. 52, p. 21-32. 2000.
- MACDICKEN, K.G.; VEGARA, N.T. (Ed.). **Agroforestry, classification and management.** New York: John Wiley, 382p. 1990.
- MARQUES, A.F.S.M. **Geoambientes, solos, avaliação e uso atual das terras na bacia do rio Alcobaça, MG e BA.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. 165 p. 2000.
- MELCHER, G. C.. **Carbonatito de Jacupiranga, estado de São Paulo.** Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. São Paulo, 59 p., 1962.
- MINOTI, R. T., **Abordagens Qualitativa e Quantitativa de Micro-bacias Hidrográficas e Áreas Alagáveis de um Compartimento do Médio Mogi-Superior/SP.** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 247 p. 2006.
- MOCELLIN, J. **A microbacia do rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para sustentabilidade dos recursos hídricos no Baixo Ribeira de Iguape - SP.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP. 151p. 2006.
- MONTANO, M.; OLIVEIRA, I. S. D. DE; RANIERI, V. E. L.; FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. DE. **O Zoneamento Ambiental e a sua importância para a localização de atividades.** Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção. Itajubá. Nº 6, p.49-64. 2007.
- MORAES, M.E.B. DE; LORANDI, R. **Aplicação da abordagem sintética para o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Bonito, Descalvado, SP.** IN: SANTOS, J. E., CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A.M.Z.C.R. Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção. RIMA, 409p. 2004.
- NITSCH, M. **Planejamento sem rumo. Avaliação crítica da metodologia do “Zoneamento Ecológico-Econômico” nos estados da Amazônia brasileira.** Parecer



- elaborado para a Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia – Projeto de Cooperação Técnica PNUD/PLANAFLORO. Porto Velho/RO. 22p. 1998.
- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. São Paulo, 213p. 1995.
- OLIVEIRA, I.S.D. **A contribuição do zoneamento ecológico econômico na avaliação de impacto ambiental: bases e propostas conceituais**. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 111 p. 2004.
- OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. e CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas, Instituto Agrônomo/EMBRAPASolos. Campinas. 1999. 64p. Inclui mapas. 1999.
- PALMERI, F., LARACH, J. O. I. **Pedologia e geomorfologia**. In: GUERRA, A.T., BATISTA, S.C. (Eds) Geomorfologia e meio ambiente. Rio e Janeiro: Beltrand Brasil. p.59-122. 1996.
- PEREZ, L. H. **Chá, mate e especiarias: exportações brasileiras 1996 a 2006**. Informações Econômicas, SP, v.37, n.7, jul. 2007.
- PINTO, C.S. **Estudo da avaliação da capacidade de suporte de um solo pela adição de pequena quantidade de cal ou de cimento**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. São Paulo, SP, 41p. 1964.
- PORTELINHA, F. H. M. **Efeitos da cal e do cimento na modificação dos solos para fins rodoviários: mecanismos de reação, parâmetros de caracterização geotécnica e resistência mecânica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, 161p. 2008.
- PRUSKI, F. F.; Fatores que interferem na Erosão Hídrica do Solo In: Conservação de Solo e Água: práticas para o controle da erosão hídrica. Pruski F.F. (org), Ed. UFV: Viçosa. 240p. 2006.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995. 65p.
- RAMOS, A. R.; MENDES, J. F. G. **Avaliação da aptidão do solo para localização industrial: o caso de Valença**. Revista Engenharia Civil, v.10, n.10, p. 7-29. 2001.

- RAO, N. S. e REDDY, R. P. **Geoenvironmental appraisal in developing urban area.** Environmental Geology. V. 47(1) 2004.
- REGALADO, N. **Estado quer interligar Litoral à malha nacional.** Acessado em 12 de junho de 2008. Disponível em [www.portodesantos.com](http://www.portodesantos.com). 2008.
- RIBEIRO, C. B. M. **Sensoriamento Remoto aplicado à detecção de mudanças na cobertura do solo de uma bacia hidrográfica.**Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro. 191p. 2001
- RIBEIRO, R. J. Coordenador Geral do Projeto Vale do Ribeira Sustentável (2005-2006) Nota Técnica. Ministério do Meio Ambiente. MDA e MDS e Combate à Fome. Relato do processo de construção do plano de trabalho. Disponível em <http://www.idesc.org.br>. Acessado em junho de 2008.
- RICHIE, G.R.; TONNEAU, J.P. **Stratification du Milieu L'exemple de Ouricuri.** Cashiers de la Rech Deve Loppem, v.24, p.57-76. 1989.
- RODRIGUES, H. O., SOARES-FILHO, B. S., COSTA, W.L.S. **Dinâmica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. Inpe. 3089-3096. Anais... 2007.
- ROMÃO, D. A. **Vale do Ribeira : um ensaio para o desenvolvimento das comunidades rurais.** Organizador. Brasília : Ministério do Desenvolvimento Agrário, Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural, NEAD Debate (11), 212 p. 2006.
- ROSS, J. L. S. e MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo –** Laboratório de Geomorfologia, Depto. de Geografia, FFLCH-USP / Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT / FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Mapas e Relatório – São Paulo. 1997.
- RÜCKERT, A. A.; RAMBO, A. G. **Um Estudo da Gestão Territorial do Desenvolvimento em Quatro Territórios Rurais do Brasil a Partir da Metodologia das Escalas Geográficas de Poder e Gestão.** In: I Seminário Reforma do Estado e Território: Integração Sul-Americana e Gestão do Território. Porto Alegre. RS. Anais.. p.1-20. 2007.

- SABATINI, M.C.; VERDIELL, A.; IGLESIAS, R.M.R.; VIDAL, M. **A quantitative method for zoning of protected áreas and its spatial ecological implications.** Journal of Environmental Management. N. 83. p. 165-206. 2006.
- SABINS JR., F.F. **Remote Sensing: principles and interpretation.** W.H. Freeman, Nova Iorque, 2. ed., 429p. 1987.
- SAGGIO, A. A. **Estudo da Eutrofização do Reservatório de Barra Bonita (Rio Tietê – SP) através de simulação numérica.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 105p. 1992.
- SÃO PAULO **Decreto Lei nº 24.125.** Institui o Plano do Desenvolvimento Agrícola do Vale do Ribeira e dá providência correlatas. **16/10/1985** quarto trimestre. 1985.
- SÃO PAULO. **Lei Estadual nº 12.810.** Dispõe sobre as áreas do Mosaico Estadual do Jacupiranga. 21/02/2008, 1 trim. 2008. Disponível em: [www.sp.gov.br](http://www.sp.gov.br). Acessado em maio de 2008.
- SÃO PAULO. **Planos de Manejo de Unidades de Conservação. Parque Estadual do Pariquera Abaixo - Plano de Gestão Ambiental — fase 1.** Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 87p. 1998.
- SCHAEFER, C. E. G. R. **Ecogeography and Human Scenario.** In: Roraima, Amazonia. Ciência e Cultura, 49(4) 241-252. 1997.
- SCHAEFER, C. E.; ALBUQUERQUE, M. A.; CHARMELO, L. L.; CAMPOS, J. C. F.; SIMAS, F. B. **Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 21, n. 202, p. 20-44. 2000.
- SEADE - Sistema Estadual de Análise de Dados. **Sistema de Informações dos Municípios Paulistas.** Governo do Estado de São Paulo. São Paulo. Disponível em [www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br). Acessado em 06 de junho de 2008. 2008.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B.; **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas,** RIMA: São Paulo, 140p. 2003.
- SILVA, S. F. da. **Zoneamento Geoambiental com auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da Bacia do Rio do Peixe.** Tese (Doutorado) - EESC/USP. São Carlos. 2005.

- SIMAS, F.N. **Geoambientes e pedogênese na Serra Verde, Mantiqueira mineira: atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG. 2002. 72p. 2002.
- SOUZA, R.S.; VOGT, S.P.C. **Políticas Públicas E Segurança Alimentar: Estudo De Caso Do Programa De Compra Antecipada Especial com Doação Simultânea (Fome Zero) no Município De Tenente Portela-RS.** In: VII Congresso Brasileiro de Sistemas de Produção. Fortaleza – CE. Anais.. 2007.
- STATA CORP. **Stata Statistical Software**, Versão 9.1. licenciado para Universidade Federal de Viçosa.
- SZTUTMAN, M. & RODRIGUES, R.R. **O mosaico vegetal numa área de floresta contínua da planície litorânea, Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariqueira - Açu, SP.** Revista Brasileira de Botânica 25(2): 61-176. 2002.
- TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, SUPREN, Recursos Naturais e Meio Ambiente. 91p. il. 1977.
- TRICART, J., KIEWITDEJONGE, C. **Ecogeography and rural management.** Harlow: Longman Scientific, 1992.
- TRINDADE, T. P. **Caracterização tecnológica de solos residuais estabilizados quimicamente com vistas a aplicações em estradas e em obras geotécnicas de caráter ambiental.** Tese (Doutorado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa: Imprensa Universitária, 254 p, 2006.
- TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. **Quantitative Methods in Landscape Ecology: an Introduction.** In: TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. Eds. QUANTITATIVE METHODS IN LANDSCAPE ECOLOGY: The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. 1990.
- URBAN, D.L. **Environmental variability and forest pattern: a comparison of western and eastern landscapes.** (Proposal to the joint U.S. TECO initiative). Durham, 19p. 1996
- URBAN, D.L. **Using model analysis to design monitoring problems for landscape management and impact assessment.** Ecological Applications, v. 10, p.1820 -1832. 2000.

- VAZ DA SILVA, P.P. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares.** Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 98p. 2002.
- WESTPHALEN, A. L. **Defesa civil trabalha na recuperação do Vale do Ribeira.** UOL Notícias, Rio de Janeiro, 15 de janeiro de 2008. Disponível em: [noticias.uol.com.br](http://noticias.uol.com.br). Acessado em: maio de 2008.
- ZTUTMAN, M. **O mosaico vegetacional da Planície Litorânea de Cananéia/Iguape e suas relações com o ambiente: um estudo de caso no Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariquera-Açu (SP).** Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2000.
- ZUQUETTE, L. V. **Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta metodológica para as Condições Brasileiras.** Tese (Doutorado). São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 1987.
- ZUQUETTE, L. V; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, Universidade de São Paulo, p. 190. 2004.
- ZUQUETTE, L.V., PEJON, O.J., COLLARES, J.Q. DOS S. **Land degradation assessment based on environmental geoindicators in the Fortaleza metropolitan region, state of Ceara', Brazil.** Environmental Geology v.45 p.408–425. 2004<sup>a</sup>.
- ZUQUETTE, L.V., PEJON, O.J., COLLARES, J.Q.S. **Engineering geological mapping developed in the Fortaleza Metropolitan Region, State of Ceara, Brazil.** Engineering Geology. N. 71, p.277-253. 2004a.

# 8 Anexos

## 8.1 Anexo 1

### 8.1.1 Curvas Granulométricas – Primeira Amostragem

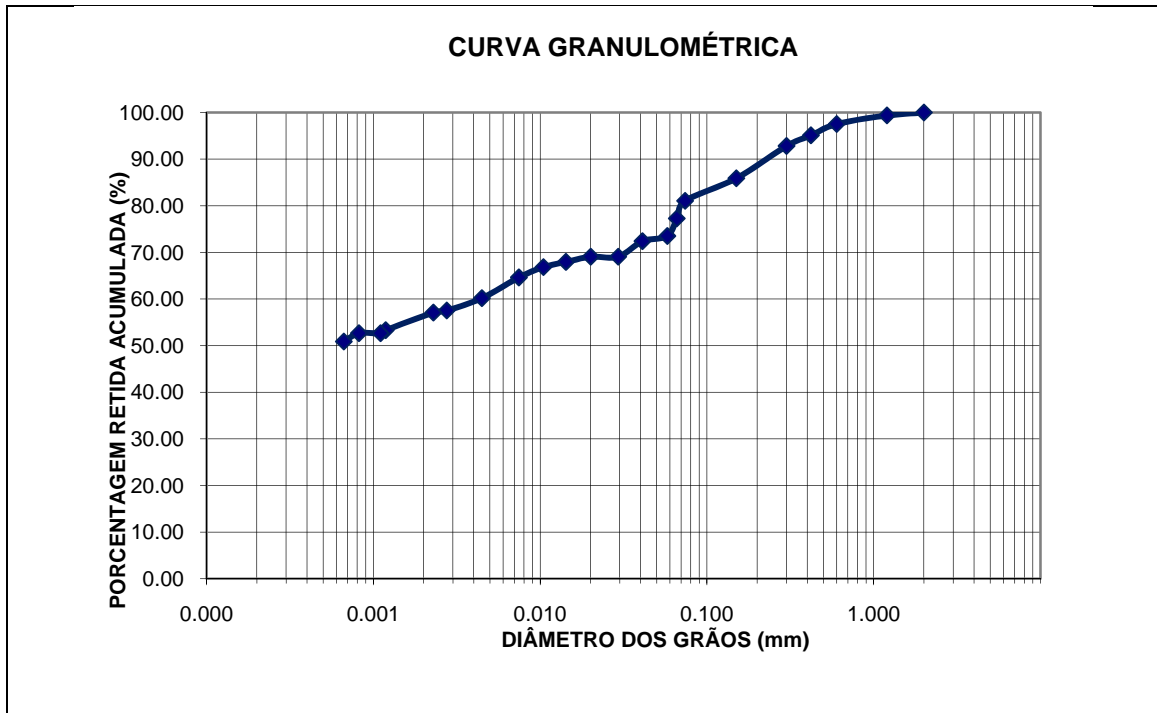


Figura 8.1 P1 - PVA unidade b

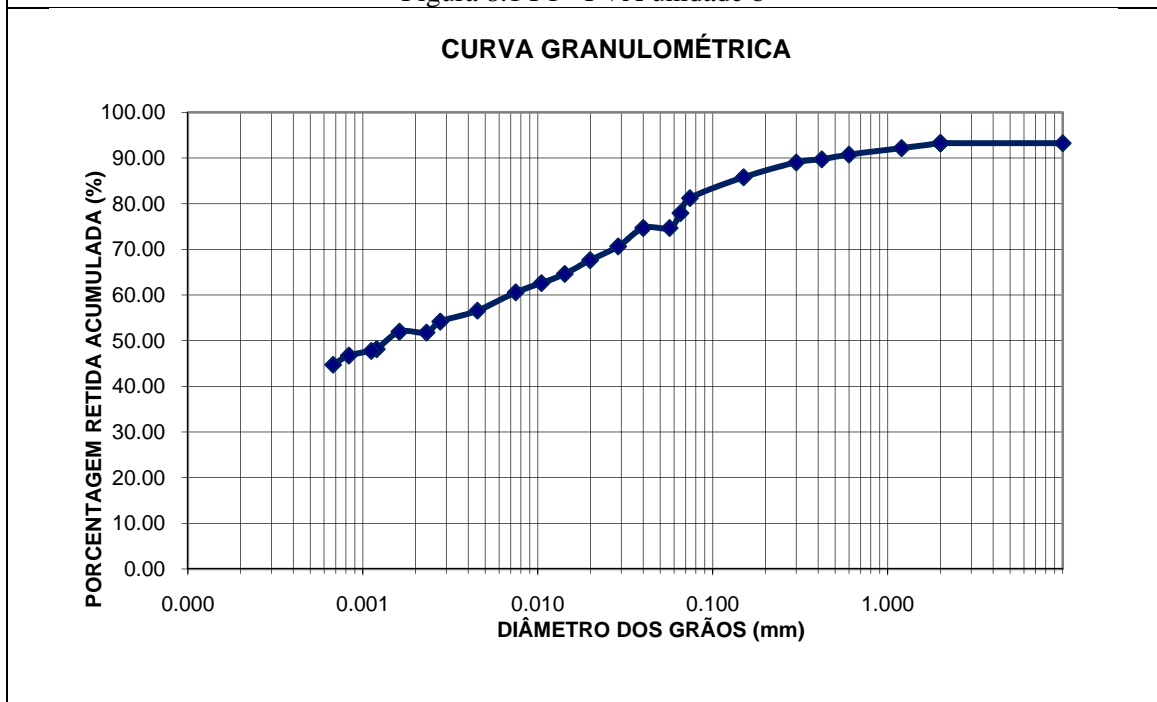


Figura 8.2 P2 - PVA unidade a

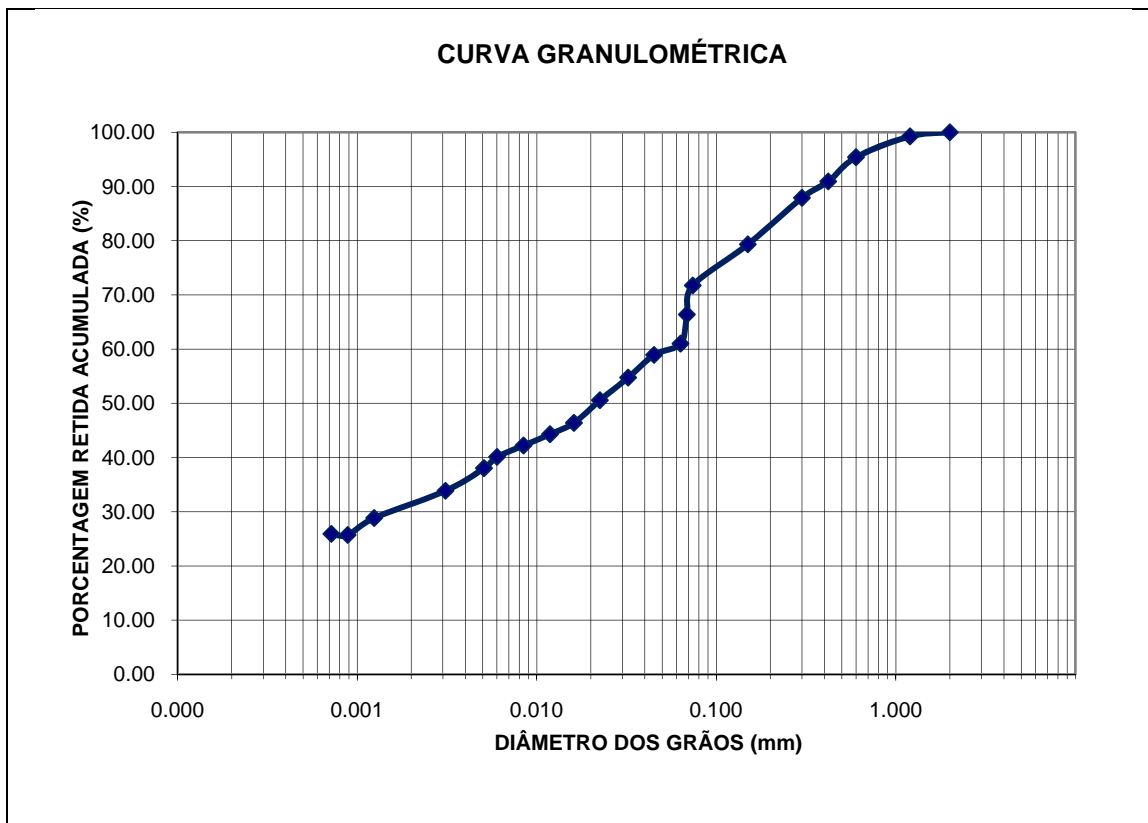


Figura 8.3 P3 - CXbd1

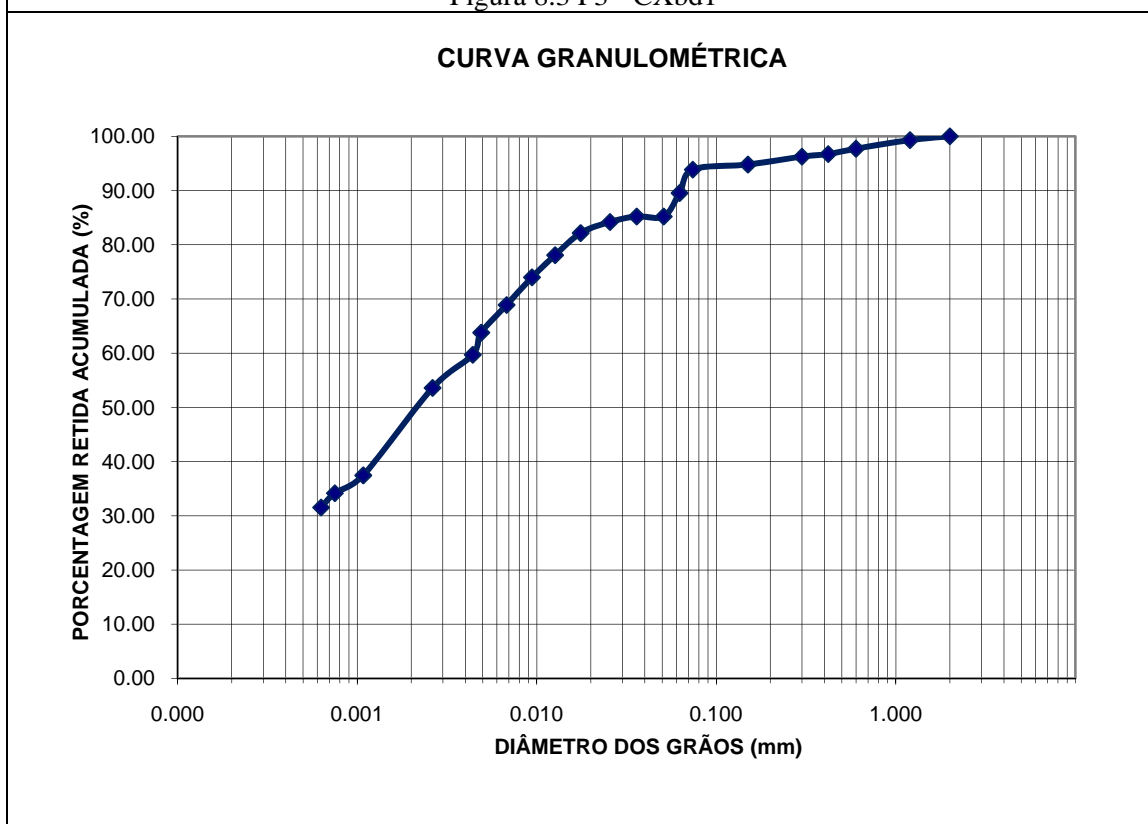
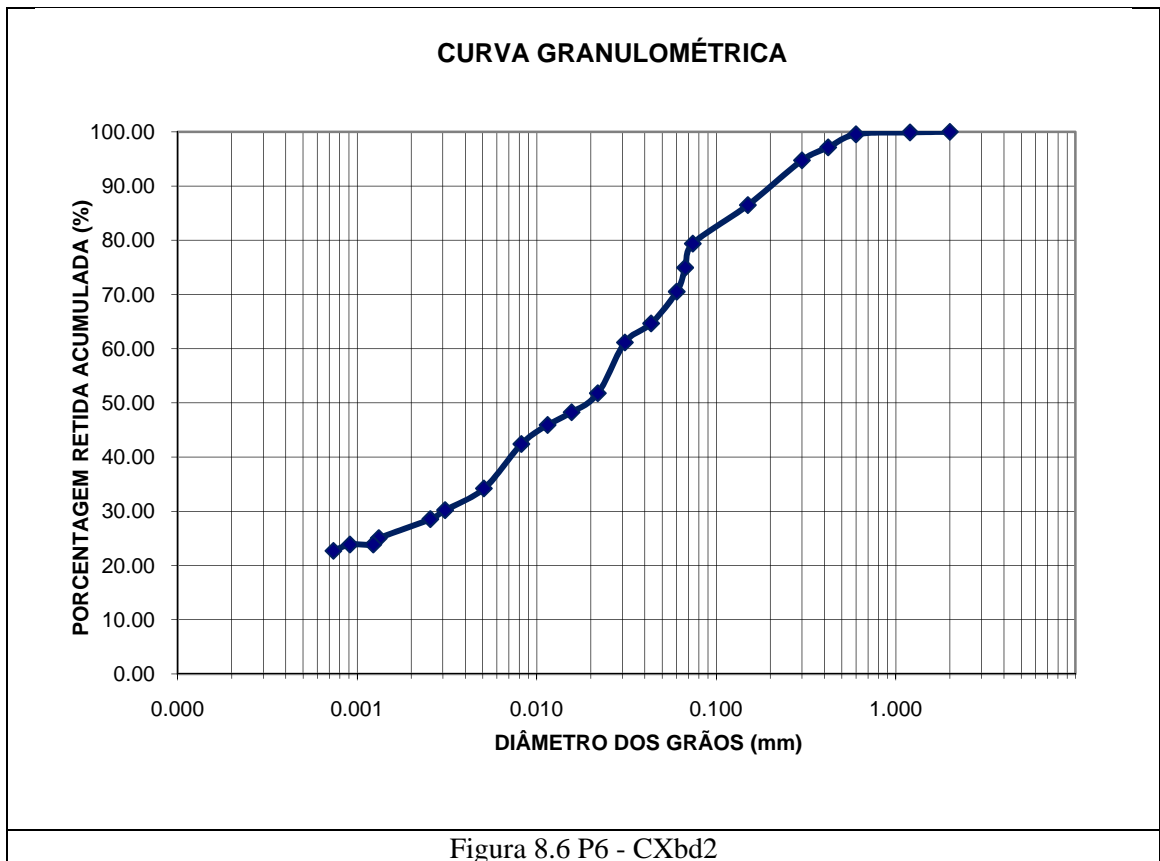
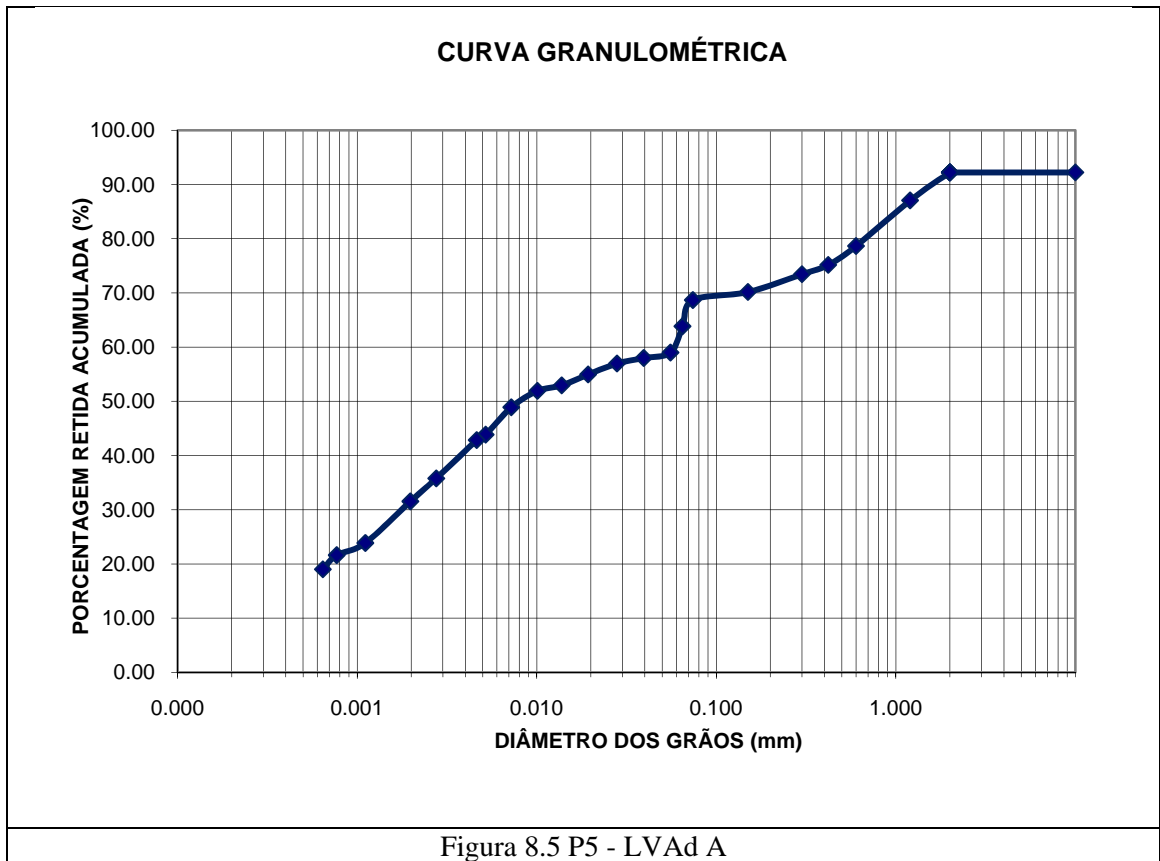
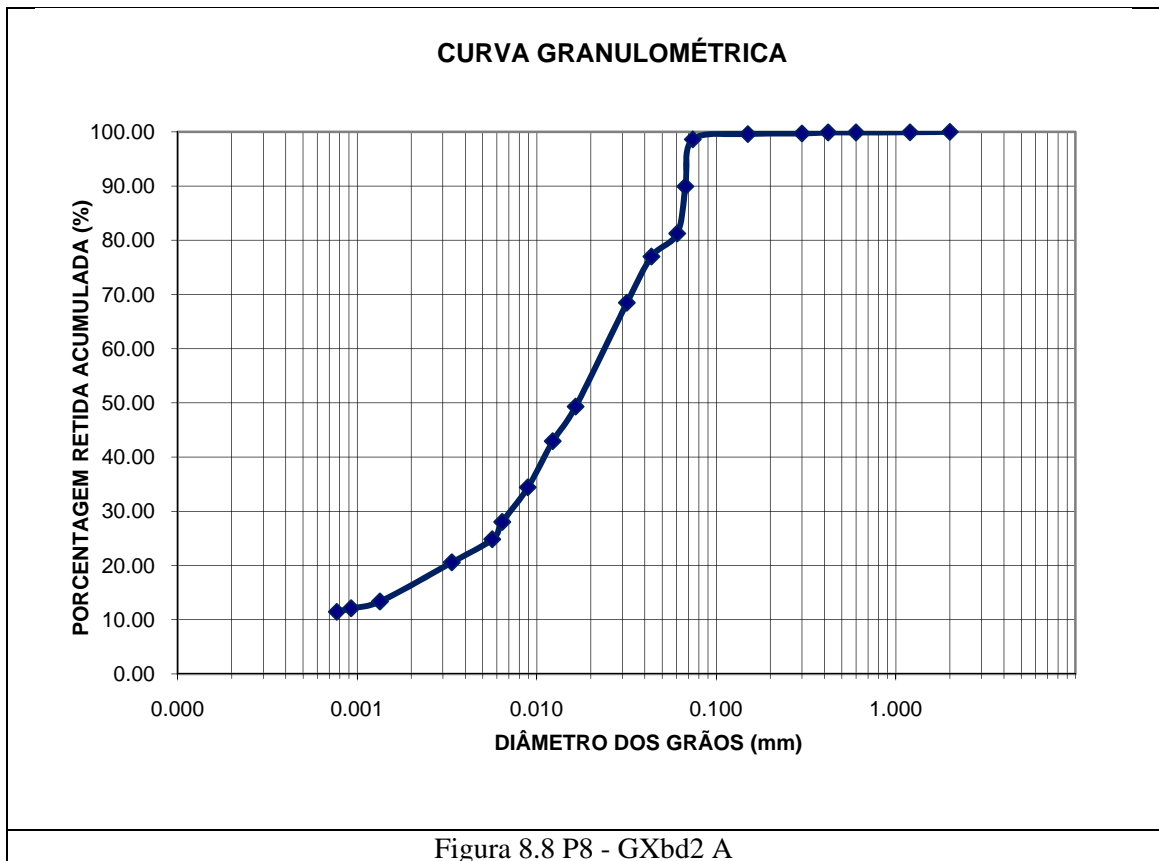
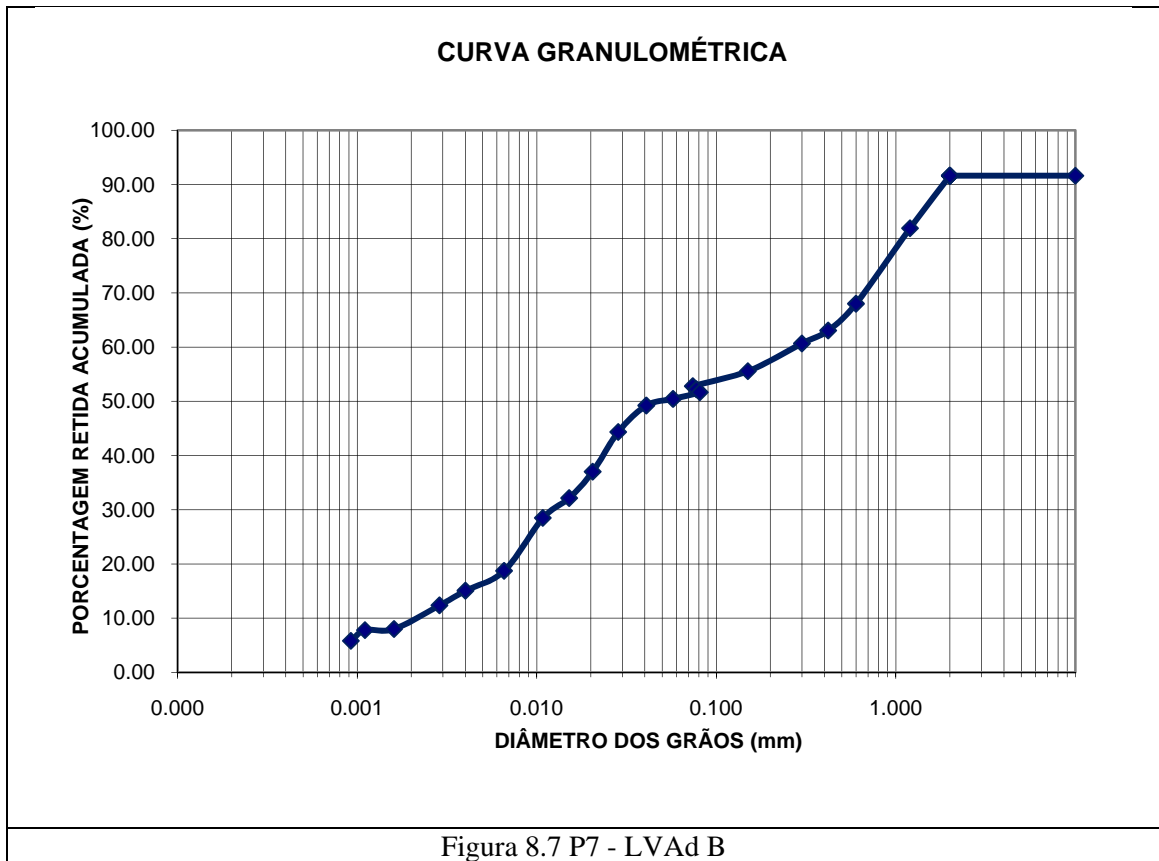
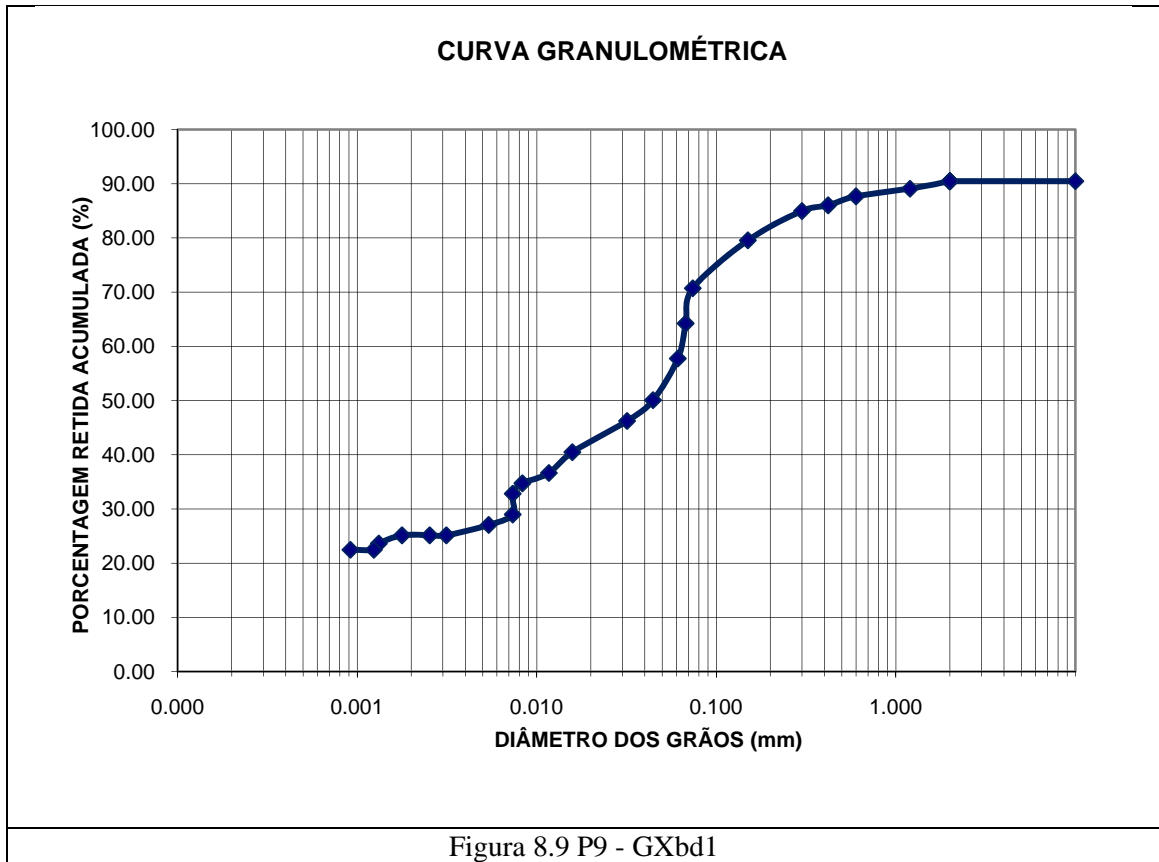


Figura 8.4 P4 - LAd

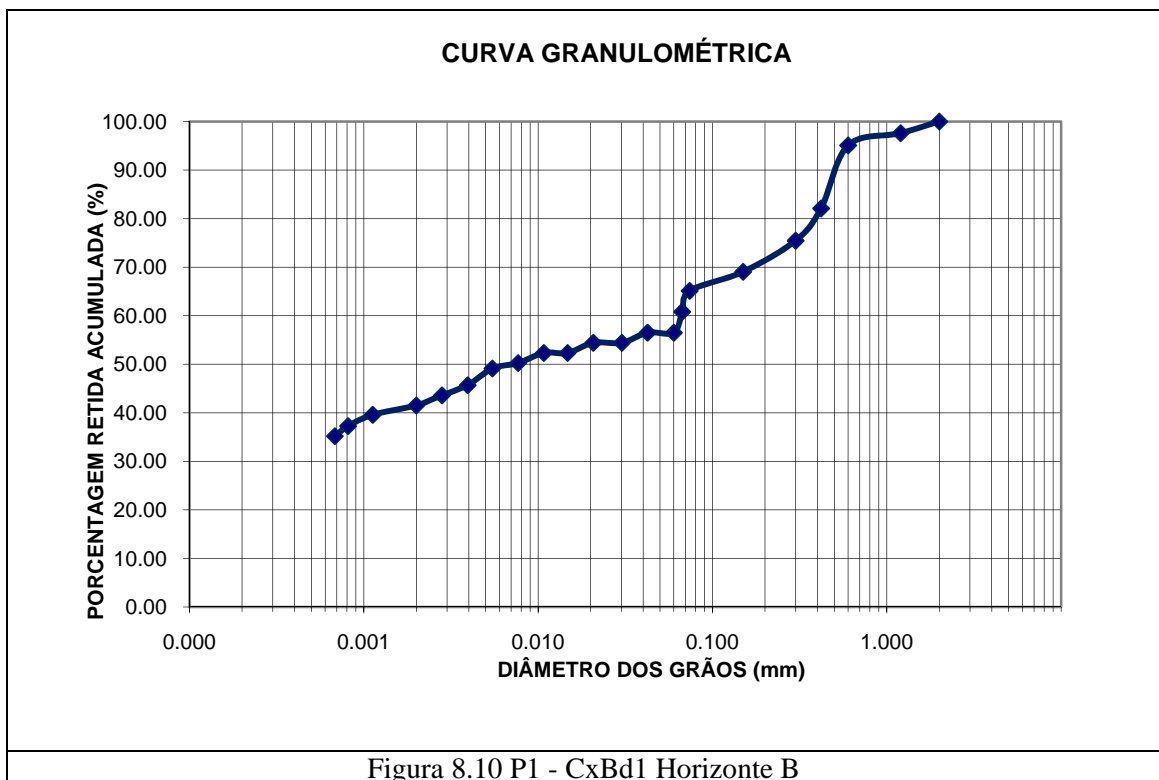


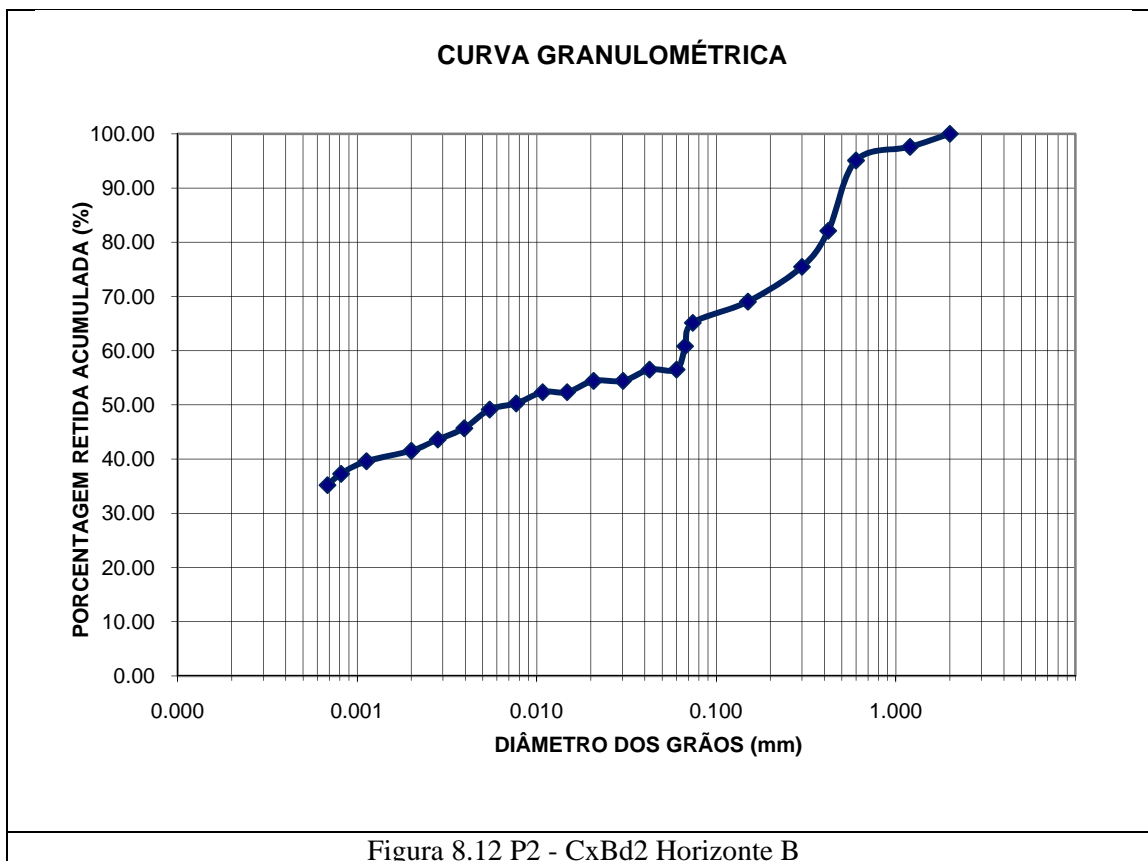
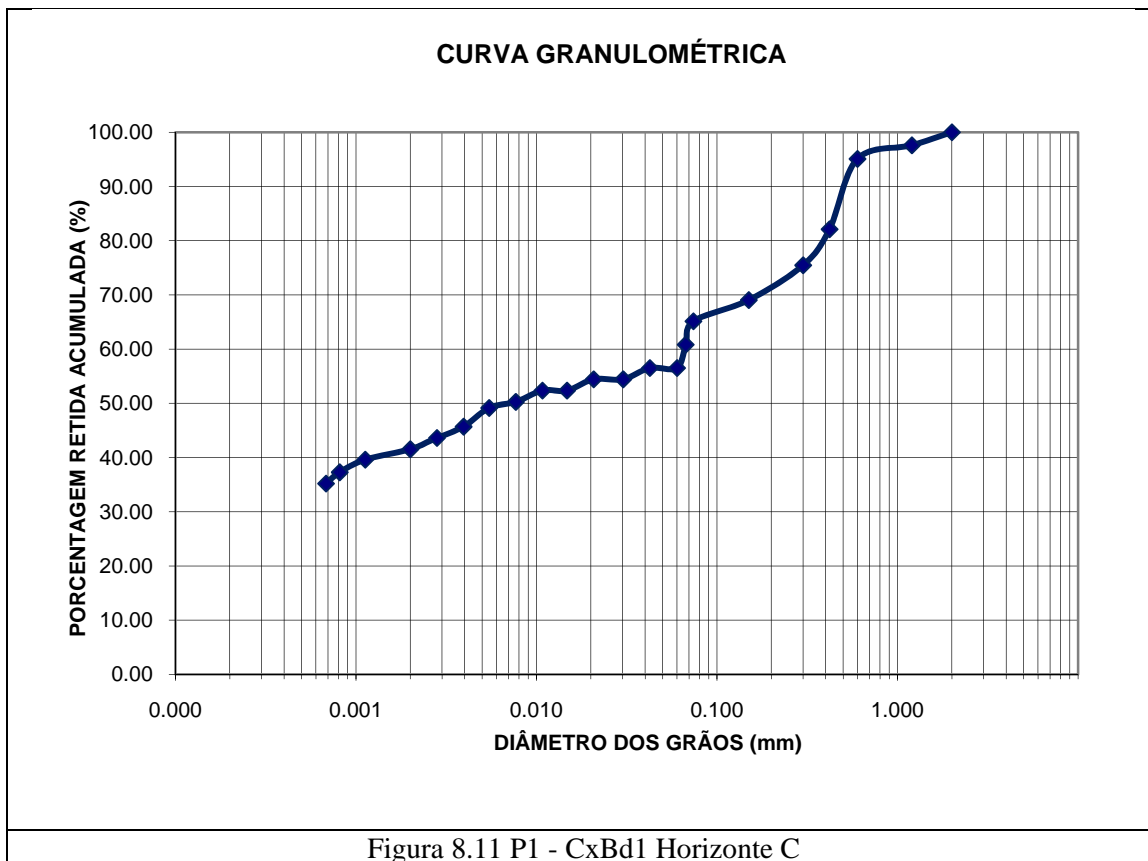


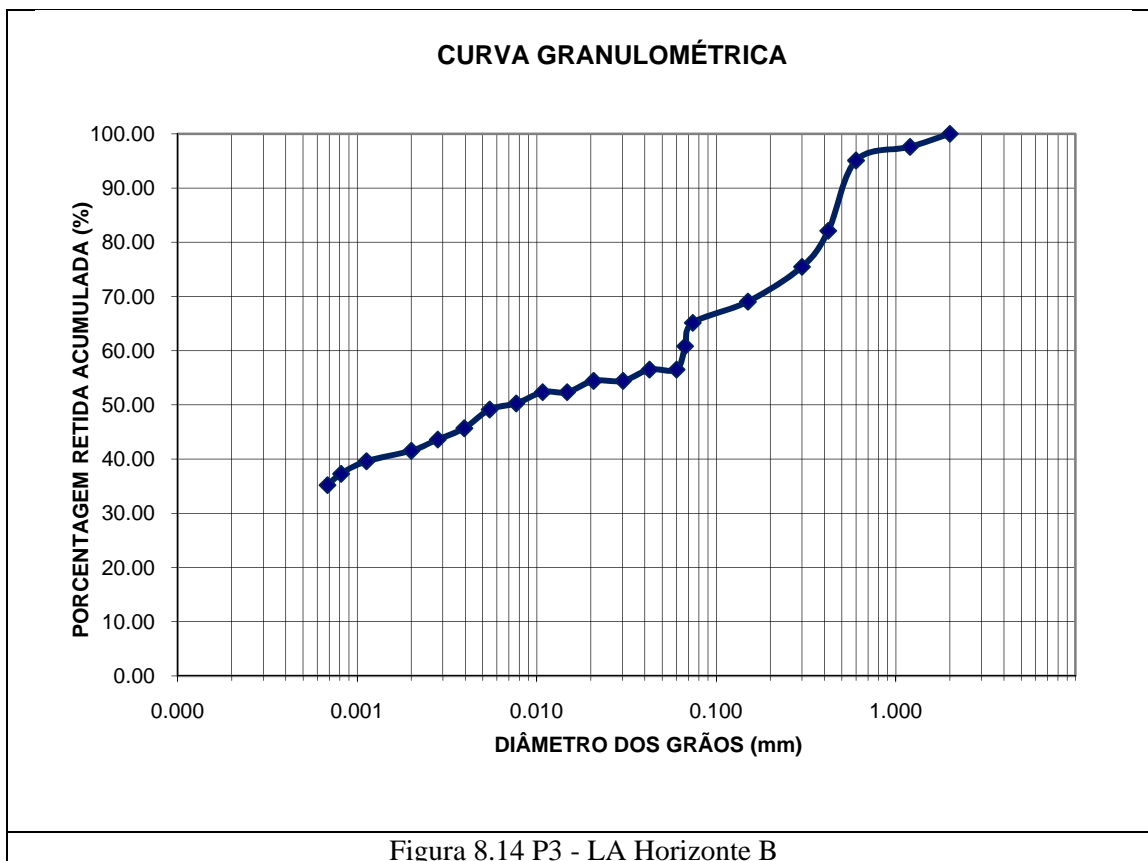
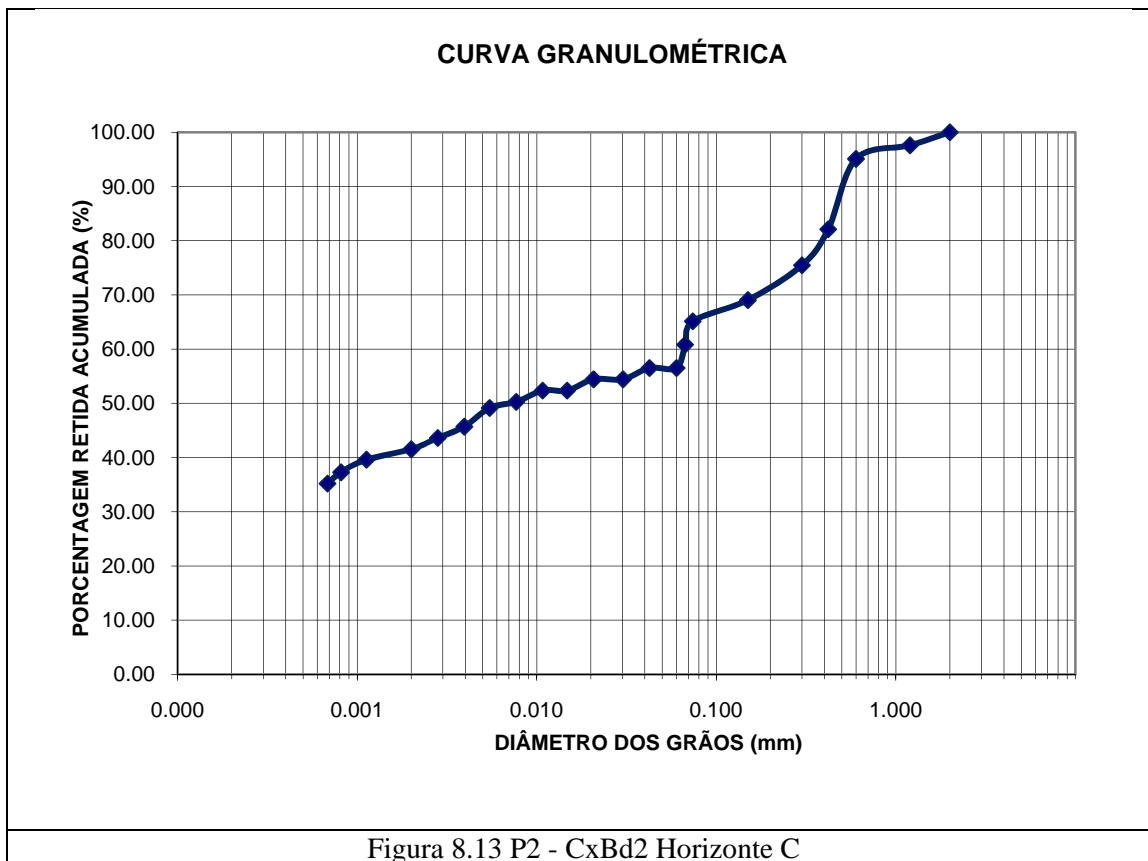


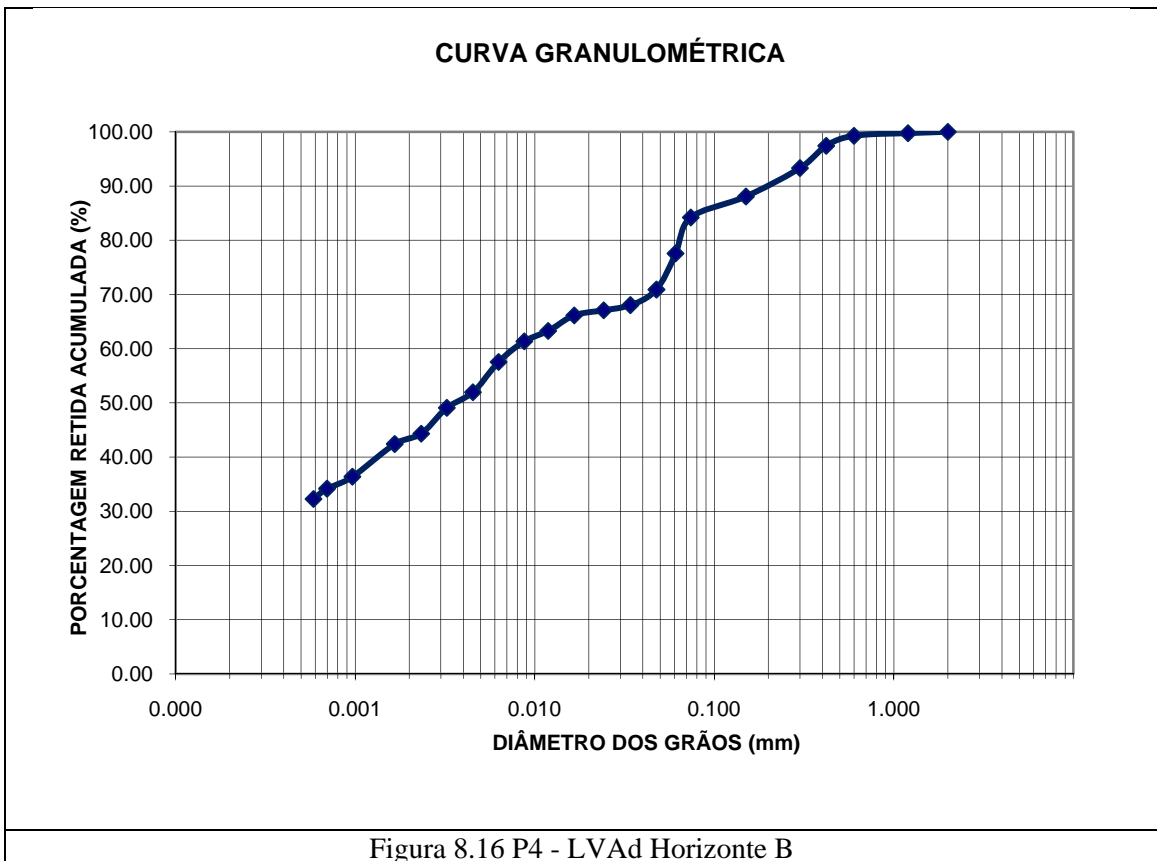
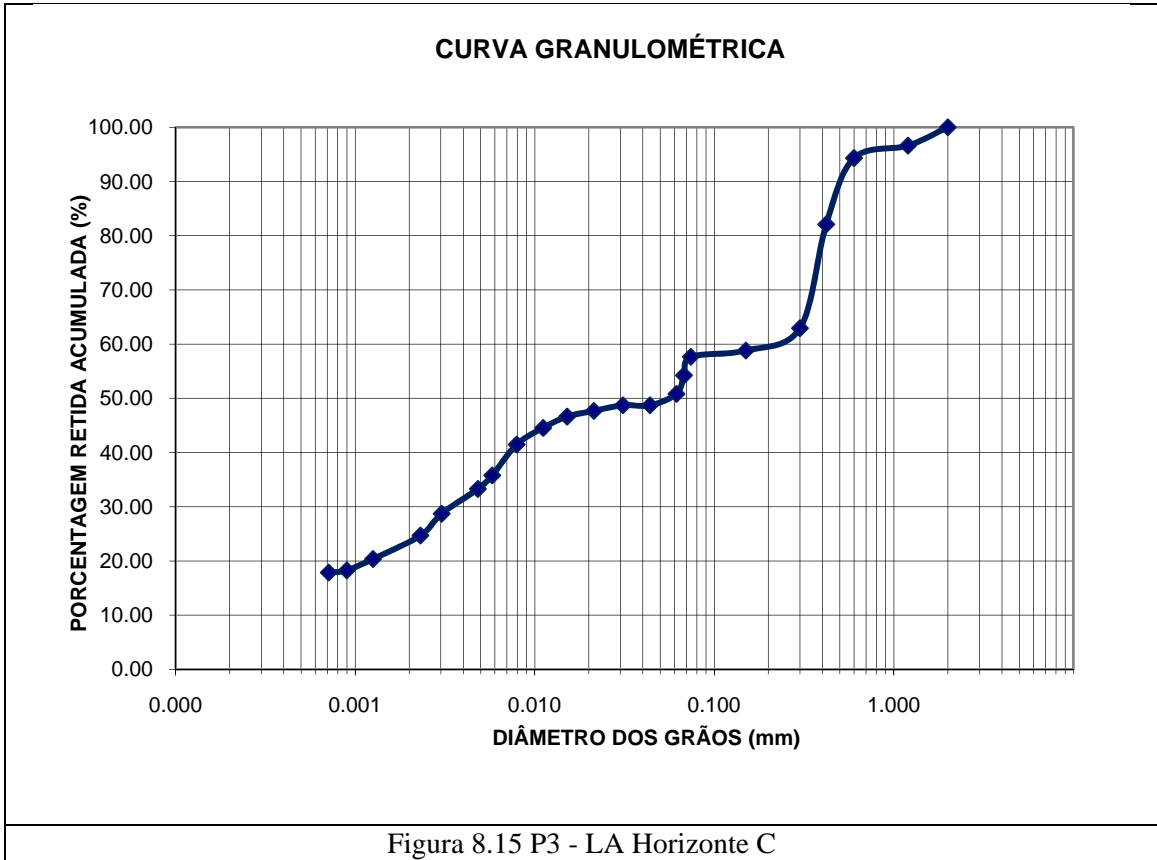


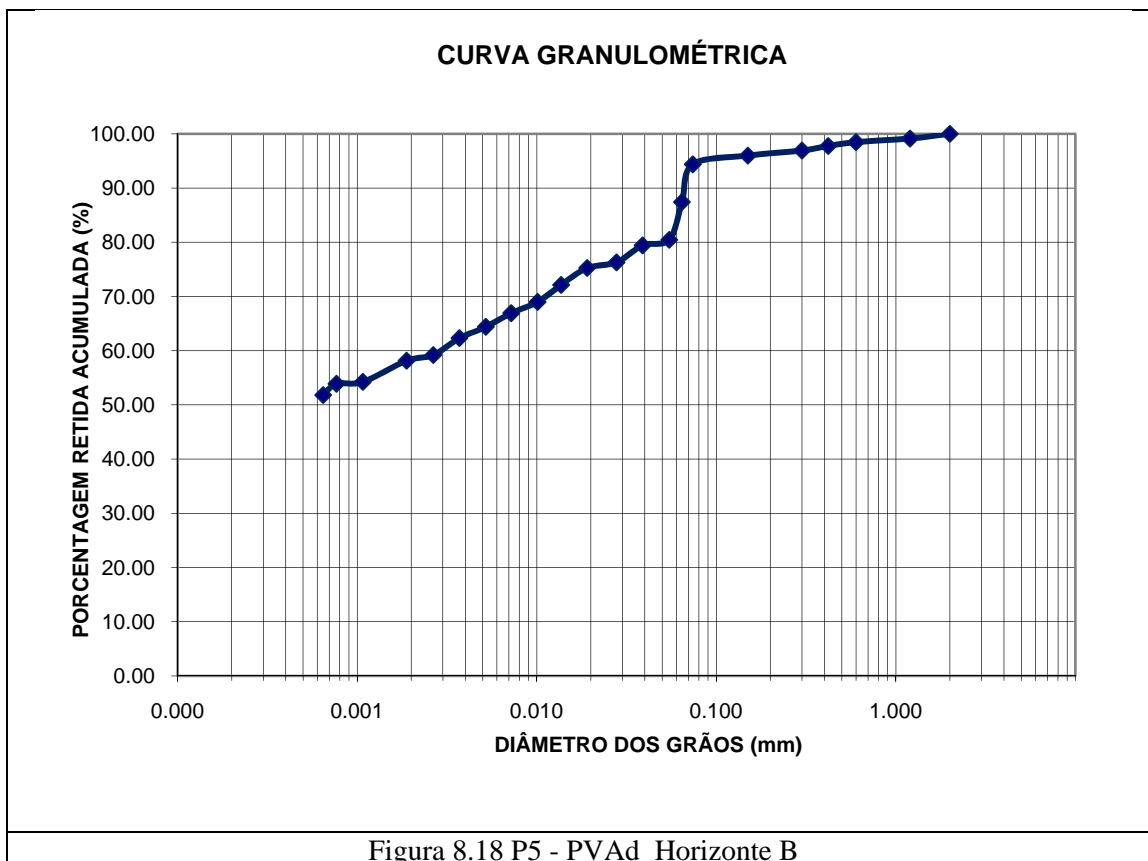
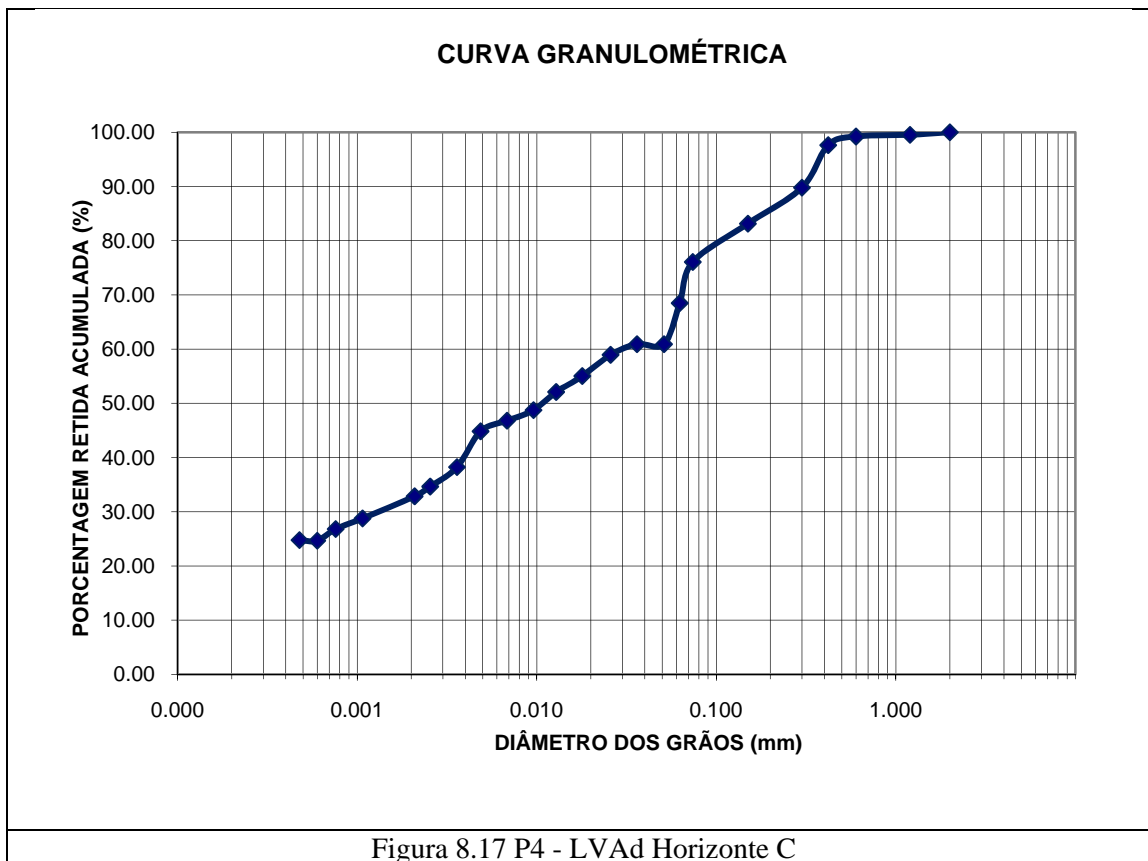
### 8.1.2 Curvas Granulométricas - Segunda amostragem

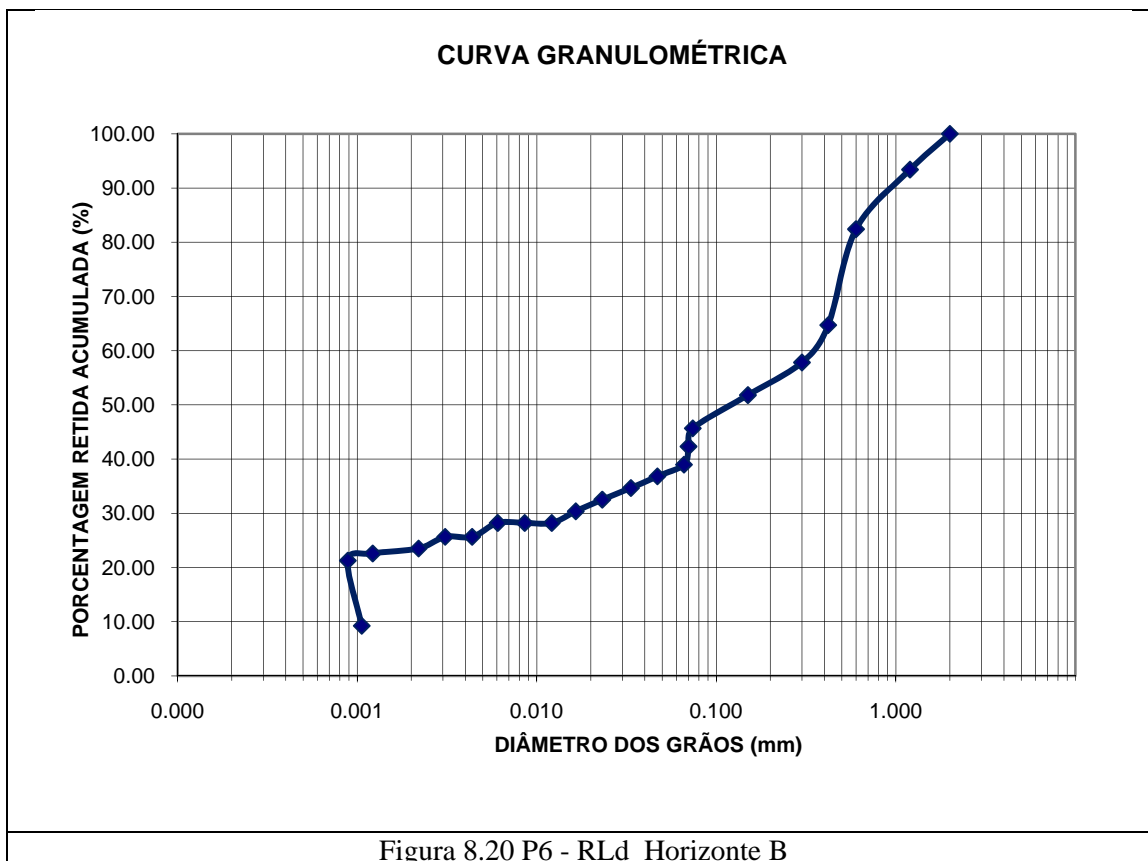
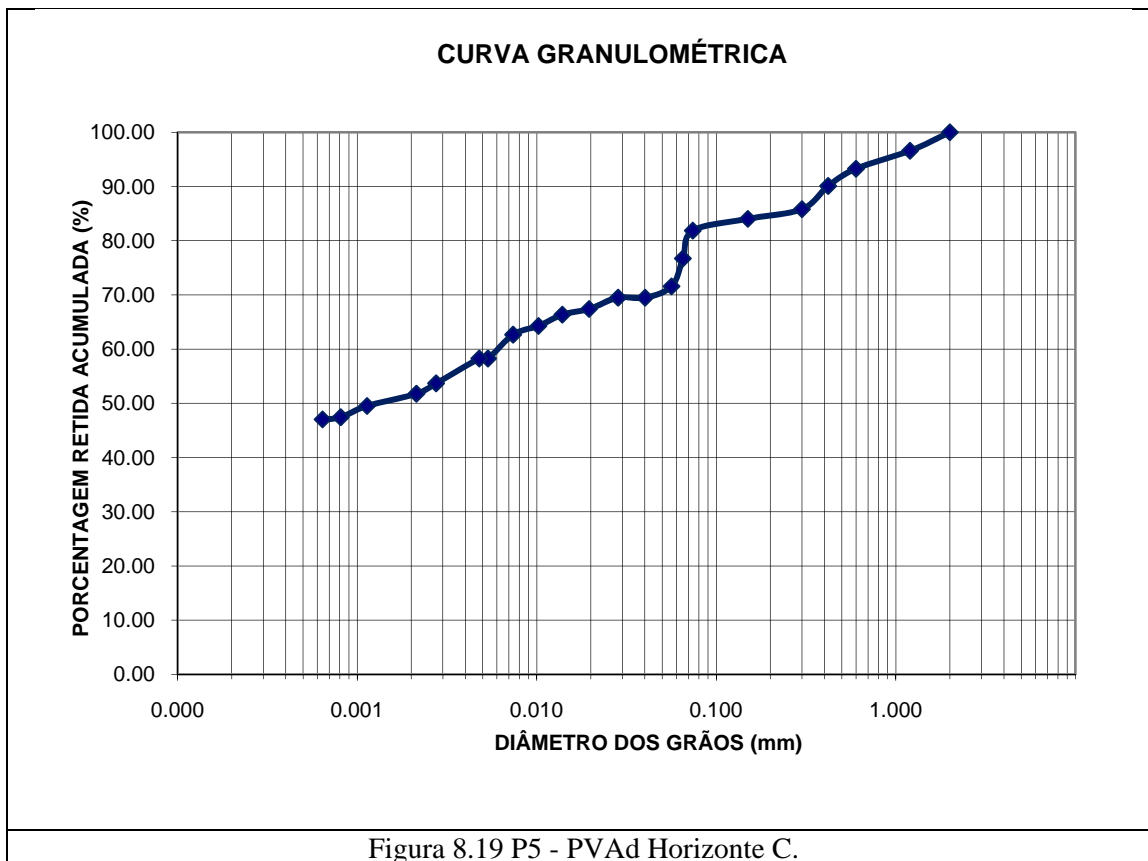


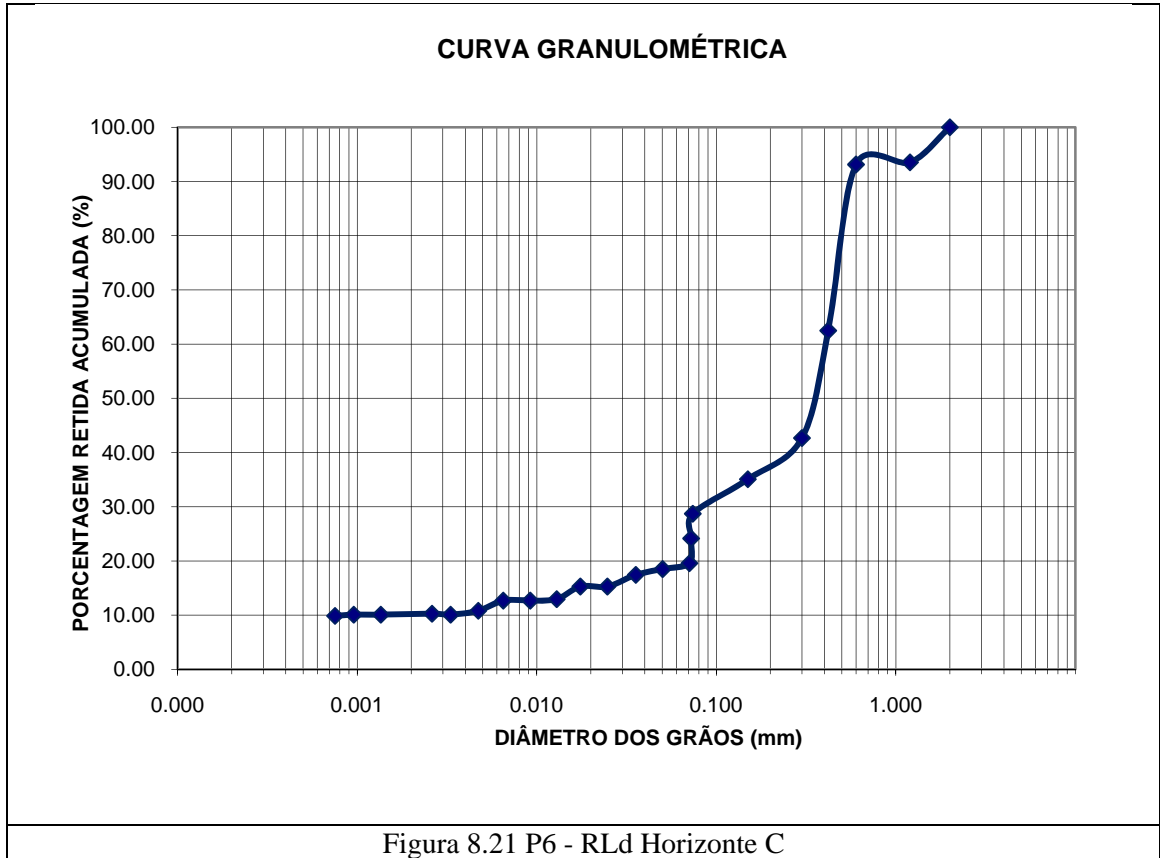















## 8.2 Anexo 2 - Descrição Morfológica Dos Solos


Quadro 8.1 Descrição Geral – Perfil 1 (2ª Coleta)

	P1 – LVAd
	Classificação
	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico
	<b>Localização:</b> -24.7068°S -48.1095°W <b>Altitude:</b> 45 metros <b>Litologia:</b> Calcário Jacupiranga <b>Formação Geológica:</b> Corpos Alcalinos Jacupiranga <b>Pedregosidade:</b> Não pedregosa <b>Rochosidade:</b> Não rochosa <b>Relevo local:</b> Planalto Dissecado <b>Relevo regional:</b> Planalto de Cajati <b>Erosão:</b> Fraca <b>Drenagem:</b> Bem drenado <b>Vegetação Primária:</b> Mata Atlântica Densa <b>Cor do Solo Escala Münsell:</b> 5YR 4/4 Bruno Avermelhado


Quadro 8.2 Descrição Geral – Perfil 2 (2ª Coleta)

	P2 – PVAd
	Classificação
	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
	<b>Localização:</b> -24.7415°S -48.1299°W <b>Altitude:</b> 61 metros <b>Litologia:</b> Xistos e Migmatitos <b>Formação Geológica:</b> Complexo Turvo Cajati <b>Pedregosidade:</b> Pouco pedregoso <b>Rochosidade:</b> Não rochoso <b>Relevo local:</b> Suave ondulado <b>Relevo regional:</b> Suave ondulado <b>Erosão:</b> média a forte <b>Drenagem:</b> Moderada <b>Vegetação Primária:</b> Mata Atlântica Densa <b>Cor do Solo Escala Münsell:</b> 2YR 6/4 Bruno-avermelhado-claro

Quadro 8.3 Descrição Geral – Perfil 3 (2ª Coleta)

	P3 – CXbd1
	Classificação
	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distófico Típico fase relevo forte ondulado a montanhoso
	<b>Localização:</b> -24.8506 °S -48.2191 °W <b>Altitude:</b> 123 m <b>Litologia:</b> Gnaissica <b>Formação Geológica:</b> Complexo Turvo Cajati <b>Pedregosidade:</b> Pedregoso <b>Rochosidade:</b> Não Rochoso <b>Relevo local:</b> Suave ondulado <b>Relevo regional:</b> Suave ondulado <b>Erosão:</b> Moderada <b>Drenagem:</b> Imperfeitamente Drenado <b>Vegetação Primária:</b> Mata Atlântica Densa <b>Cor do Solo Escala Münsell:</b> 10 YR 6/4 Bruno-amarelado-claro


Quadro 8.4 Descrição Geral – Perfil 4 (2ª Coleta)

	P4 – RLd
	Classificação
	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico
	<b>Localização:</b> -24.9024 °S -48.2753 °W <b>Altitude:</b> 580 m <b>Litologia:</b> Gnaisses e Migmatitos <b>Formação Geológica:</b> Complexo Costeiro <b>Pedregosidade:</b> Média Pedregosidade <b>Rochosidade:</b> Moderada <b>Relevo local:</b> Forte ondulado <b>Relevo regional:</b> Forte ondulado a montanhoso <b>Erosão:</b> Forte <b>Drenagem:</b> Bem Drenado <b>Vegetação Primária:</b> Mata Atlântica Densa <b>Cor do Solo Escala Münsell:</b> 7YR 6/3 Bruno-claro

Quadro 8.5 Descrição Geral – Perfil 5 (2ª Coleta)

	P5 – LAd
	Classificação
	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
	<p><b>Localização:</b> -24.9374 °S -48.2986 °W  <b>Altitude:</b> 461 m  <b>Litologia:</b> Granito Gnaisse  <b>Formação Geológica:</b> Suíte Granítica Pós Tectônica  <b>Pedregosidade:</b> Não Pedregoso  <b>Rochosidade:</b> Não Rochocos  <b>Relevo local:</b> Ondulado  <b>Relevo regional:</b> Forte Ondulado  <b>Erosão:</b> Fraca  <b>Drenagem:</b> Bem Drenado  <b>Vegetação Primária:</b> Mata Atlântica Densa  <b>Cor do Solo Escala Münsell:</b>          10YR 7/6 Amarelo</p>

Quadro 8.6 Descrição Geral – Perfil 6 (2ª Coleta)

	P6 – CXbd2
	Classificação
	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico fase relevo ondulado
	<p><b>Localização:</b> -24.7222 °S -48.0679 °W  <b>Altitude:</b> 65 m  <b>Litologia:</b> Xistos e Migmatitos  <b>Formação Geológica:</b> Complexo Turvo Cajati  <b>Pedregosidade:</b> Não pedregosa  <b>Rochosidade:</b> Não rochosa  <b>Relevo local:</b> suave ondulado  <b>Relevo regional:</b> ondulado  <b>Erosão:</b> Forte  <b>Drenagem:</b> Moderada  <b>Vegetação Primária:</b> Mata Atlântica Densa  <b>Cor do Solo Escala Münsell:</b>          10 YR 6/6 Amarelo-brunado</p>

## 8.3 Anexo 3

### 8.3.1 Classificação de solos segundo a USCS (ASTM, 1990)

Quadro 8.7 Classificação de solos segundo a USCS

Critérios para estabelecer símbolos de grupos e nomes de grupos usando ensaios de laboratório				Classificação do solo	
				Grupo	Nome do grupo
Solos de granulometria grossa mais de 50% do solo retido na peneira n°200	Pedregulhos mais que 50% da fração grossa retida na peneira n°4	Pedregulhos limpos	$Cu \geq 4$ e $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Pedregulho bem graduado
		Menos que 5% de finos	$Cu < 4$ e/ou $1 > Cc > 3$	GP	Pedregulho mal graduado
		Pedregulhos com finos	Finos classificam-se como ML ou MH	GM	Pedregulho siltoso
		Mais que 12% de finos	Finos classificam-se como CL ou CH	GC	Pedregulho argiloso
Areias 50% ou mais da fração grossa passa na peneira n°4		Areias limpas	$Cu \geq 6$ e $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Areia bem graduada
		Menos de 5% de finos	$Cu < 6$ e/ou $1 > Cc > 3$	SP	Areia mal graduada
		Areias com finos	Finos classificam-se como ML ou MH	SM	Areia siltosa
		Mais de 12% de finos	Finos classificam-se como CL ou CH	SC	Areia argilosa
Solos de granulometria fina 50% do solo ou mais passa na peneira n° 200	Siltes e argilas Limite de liquidez menor que 50	Inorgânicos	IP > 7 e sobre ou acima da linha "A"	CL	Argila pouco plástica
		Orgânicos	IP < 4 e abaixo da linha "A"	ML	Silte
			$\frac{LL - \text{seco em estufa}}{LL - \text{não seco em estufa}} < 0,75$	OL	Argila orgânica Silte orgânico
	Limite de liquidez maior ou igual a 50	Inorgânicos	IP sobre ou acima da linha "A"	CH	Argila muito plástica
			IP abaixo da linha "A"	MH	Silte elástico
			Orgânicos	$\frac{LL - \text{seco em estufa}}{LL - \text{não seco em estufa}} < 0,75$	OH
Solos altamente orgânicos	Principalmente matéria orgânica, escura na cor e com odor orgânico			PT	turfa

### 8.3.2 Gráfico de Plasticidade (ASTM, 1990)

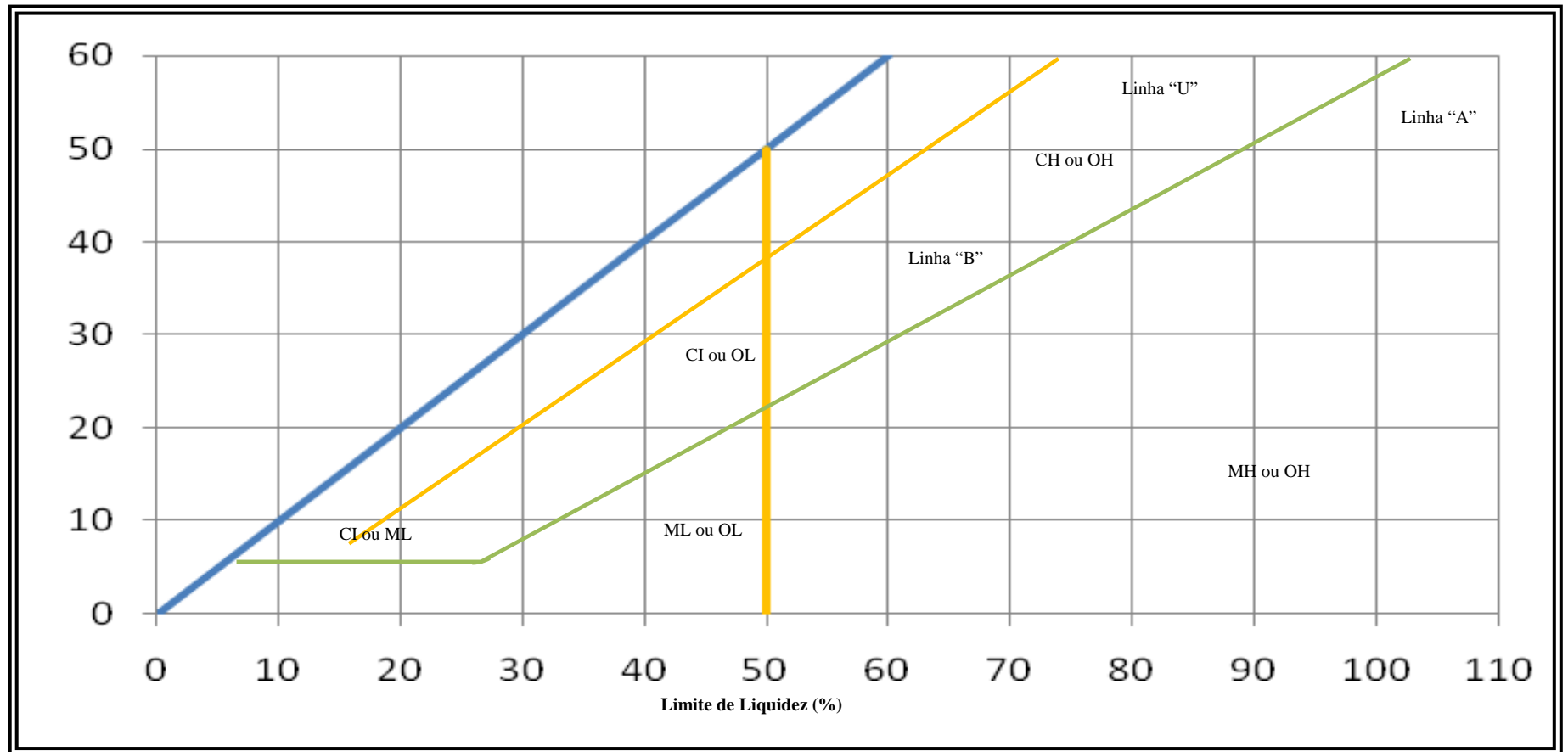


Figura 8.22 Gráfico de Plasticidade

### 8.3.3 Classificação dos solos segundo a TRB (DNER, 1996)

Quadro 8.8 Classificação dos solos segundo a TRB

Classificação Geral	Materiais Granulares 35% ( ou menos) passando pela peneira n° 200							Materiais Silto-Argilosos Mais de 35% passando pela peneira n° 200			
	Classificação em grupos	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6
	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passante:											
Peneira n° 10	50 máx.										
Peneira n° 40	30 máx.	30 máx.	51 mín.								
Peneira n° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração passando na peneira n° 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.*
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedra, pedregulhos ou areias siltosos ou							Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento como Subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

\*O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30

### 8.3.4 Gráfico de Classificação MCT pelo Método das Pastilhas (NAGOMI et al., 1996)

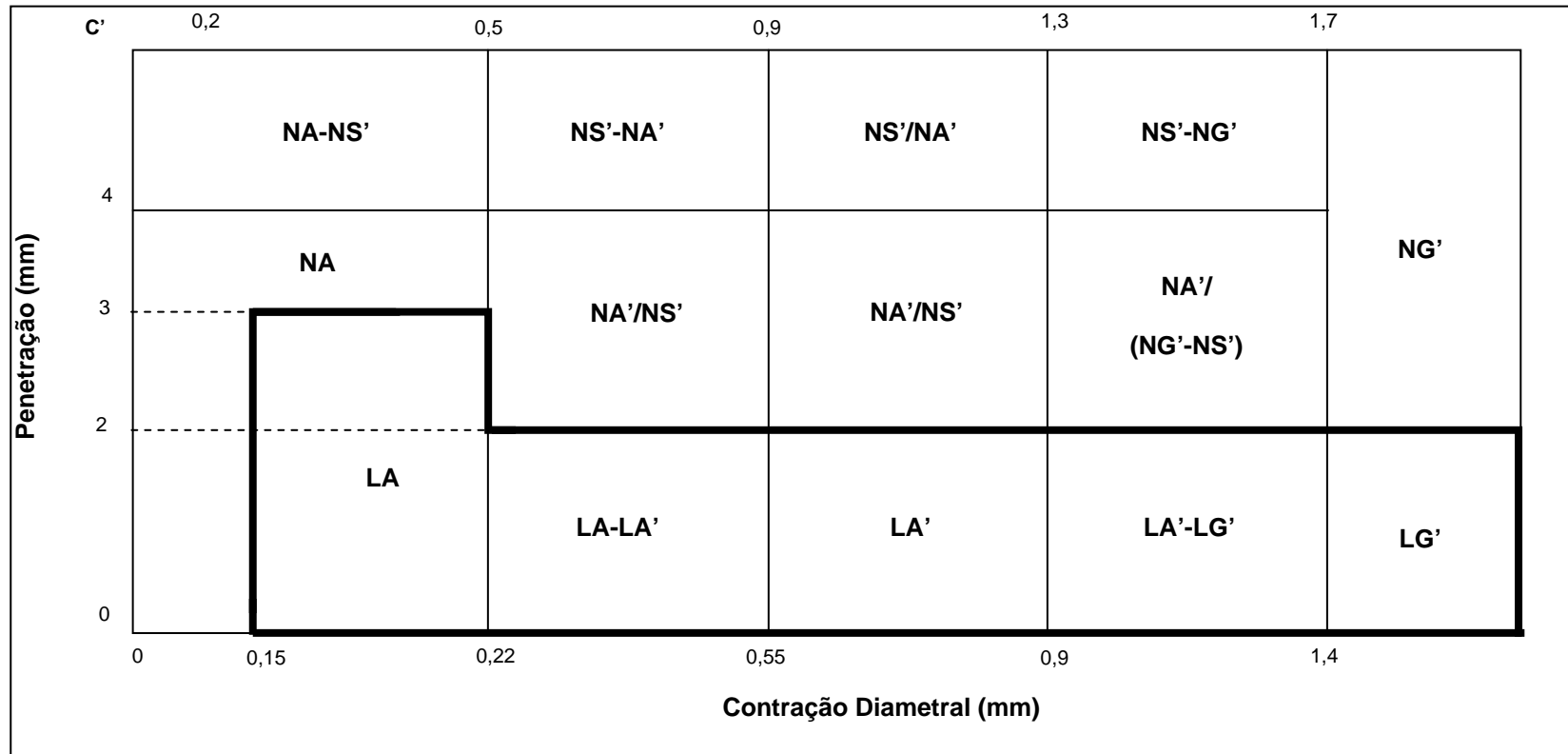


Figura 8.23 Gráfico de Classificação MCT pelo Método das Pastilhas