

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus Rio Claro

ANÁLISE ESPACIAL DE GEOSSISTEMAS E SISTEMA
SOCIOECONÔMICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS
PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (SP).

Ricardo Pacheco Napoleão

Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

Tese de Doutorado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
- Área de Concentração Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)
2007

**551.4+
N216a** **Napoleão, Ricardo Pacheco**
Análise espacial dos geossistemas e sistema socioeconômico das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP) / Ricardo Pacheco Napoleão. – Rio Claro : [s.n.], 2007
187 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Juércio Tavares de Mattos

1. Geografia física – Aspectos ambientais. 2. Sistemas de informações geográficas. 3. Paisagem. 4. Gestão de recursos hídricos. 5. SIG. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Comissão Examinadora:

Juécio Tavares de Mattos

Archimedes Perez Filho

Carlos Roberto Espíndola

Jairo Roberto Jiménez-Rueda

Maria Isabel Castreghini Freitas

Ricardo Pacheco Napoleão

Rio Claro, 15 de Junho de 2007.

Resultado: “Aprovado” – menção: “com distinção”.

**Aos meus pais,
irmãos, esposa
e amigos.**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Juércio Tavares de Mattos pela orientação e dedicação na correção do presente trabalho.

À Universidade Estadual Paulista (Unesp - Rio Claro), pela oportunidade de desenvolvimento desta Tese de Doutorado.

Ao Instituto de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), por concessão de licença para desenvolvimento do presente trabalho, especialmente aos servidores da Coordenação Geral de Recursos Humanos e da Superintendência do Ibama no Estado do Rio de Janeiro que, direta ou indiretamente, contribuíram com esta possibilidade de capacitação.

À Professora Dr(a). Maria Isabel Castreghini Freitas e ao Professor Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda pelas correções e sugestões na etapa de qualificação.

À Patrícia Rosa Martines Napoleão pelo companheirismo, sugestões e correções do presente trabalho.

SUMÁRIO

Índice.....	vii
Índice de Tabelas.....	ix
Índice de Quadros.....	x
Índice de Gráficos.....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Abstract.....	xv
Resumo.....	xvi
Introdução	1
I - Área de Estudo	5
II – Embasamento Teórico.....	12
III – Material e Métodos.....	40
IV – Informações Ambientais de Referência.....	75
V – Resultados e Discussões... ..	110
VI – Conclusões.....	168
VII – Referência Bibliográficas	172
VIII – Apêndices	182

<u>ÍNDICE</u>	<u>PÁG.</u>
	1
INTRODUÇÃO	
OBJETIVO	5
CAPÍTULO I - ÁREA DE ESTUDO	
1.1 – Caracterização	6
1.2 – Breve Histórico	8
CAPÍTULO II – EMBASAMENTO TEÓRICO	
2.1 – Análise espacial	12
2.1.1 – Introdução	12
2.1.2 – O conceito	13
2.1.3 – Métodos de análise espacial	16
2.1.4 – Sistemas de informações geográficas	17
2.1.5 – Aplicações	20
2.2 – A teoria dos geossistemas	21
2.2.1 – Introdução	21
2.2.2 – Origens do conceito	24
2.2.3 – Concepções e divisão taxonômica	25
2.2.4 – Aplicação	30
2.3 – As bacias hidrográficas como unidade de análise	31
2.4 – Gestão e planejamento dos recursos hídricos	34
CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS	
3.1 – Materiais	40
3.1.1 – Base Cartográfica	40
3.1.2 – Informações Temáticas	41
3.1.3 – Dados de sensoriamento remoto	41
3.1.4 – Dados municipais	42
3.1.5 – Apoio computacional	42
3.2 – Metodologia e Técnicas	43
3.2.1 – Fase 1 (Modelagem ambiental, criação do banco de dados geográficos, projetos, modelos de dados e planos de informações.	44
3.2.2 – Fase 2 (Importação dos dados e informações ambientais)	47
3.2.3 – Fase 3 (Delimitação das Sub-bacias hidrográficas)	48
3.2.4 – Fase 4 (Obtenção das informações de altimetria e declividade)	50
3.2.5 – Fase 5 (Obtenção das informações do uso da terra e cobertura vegetal)	51

3.2.6 – Fase 6 (Obtenção dos níveis de intensidade de dissecação do relevo)	56
3.2.7 – Fase 7 (Níveis de intensidade de ação dos processos morfogenéticos)	59
3.2.8 – Fase 8 (Análises socioeconômicas)	65
3.2.9 – Caracterização e definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias	68
3.2.9.1 – Fase 9 (Sub-bacias hidrográficas prioritárias – Grupo 1)	68
3.2.9.2 – Fase 10 (Sub-bacias hidrográficas prioritárias – Grupo 2)	69
3.2.9.3 – Fase 11 (Sub-bacias hidrográficas prioritárias – Grupo 3)	70
3.2.9.4 – Fase 12 (Sub-bacias hidrográficas prioritárias – Grupo 4)	71
3.2.10 – Fase 13 (Representação das informações)	73
3.2.11 – Modelo conceitual	73
CAPÍTULO IV – INFORMAÇÕES AMBIENTAIS DE REFERÊNCIA	
4.1 – Informações Geológicas	75
4.2 – Informações Geomorfológicas	81
4.3 – Informações Pedológicas	84
4.3.1 – Latossolos (L)	86
4.3.2 – Argissolos (P)	88
4.3.3 – Neossolos (R)	91
4.3.4 – Cambissolos (C)	93
4.3.5 – Gleissolos (G)	93
4.3.6 – Nitossolos (N)	94
4.3.7 – Planossolos (S)	95
4.4 – Informações Pluviométricas	95
4.5 – Informações de Cobertura Vegetal e Uso da Terra	99
CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÃO	
5.1 – Hierarquização das sub-bacias da UGRHI PCJ	110
5.2 – As unidades de análise da UGRHI PCJ	115
5.3 – Informações de Hipsometria e Declividade	118
5.3.1 – Hipsometria	118
5.3.2 – Declividade	121
5.4 – Cobertura Vegetal e Uso da Terra	124
5.5 – Níveis de Intensidade de Dissecação do Relevo	127
5.6 – Níveis de Intensidade dos Processos Morfogenéticos	131
5.7 – Análise do Sistema Socioeconômico	136
5.7.1 – Potencial Urbano-Industrial	136
5.7.2 – O Índice de Desenvolvimento Humano	145
5.8 – Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias	148
5.8.1 – (Grupo 1 – Sub-bacias urbanas e industriais prioritárias).	149

5.8.2 - Sub-bacias prioritárias para controle de processos erosivos e de contaminação recursos hídricos superficiais e subsuperficiais.	152
5.8.2.1 – (Grupo 2 - Sub-bacias hidrográficas prioritárias para o controle de processos erosivos).	153
5.8.2.2 – (Grupo 3 - Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias para análise quanto a potencialidade de contaminação recursos hídricos).	157
5.8.3 - (Grupo 4 - Sub-bacias prioritárias para o desenvolvimento de projetos sociais com base na agroecologia).	161
5.9 – Representatividade Espacial das Sub-bacias hidrográficas prioritárias	166
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES	168
CAPÍTULO VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	172
APÊNDICES	182

<u>ÍNDICE DE TABELAS</u>	<u>PÁG.</u>
<u>Tabela 3.1:</u> Órbita, ponto, bandas e data de aquisição dos dados referentes às imagens LANDSAT 7 ETM+.	42
<u>Tabela 3.2:</u> Pesos atribuídos para os componentes geossistêmicos	60
<u>Tabela 3.3:</u> Matriz de correlação dos valores de população, nº de estabelecimentos industriais, IDHM e PIB	66
<u>Tabela 3.4:</u> Exemplo de classificação para obtenção do potencial urbano-industrial	67
<u>Tabela 3.5:</u> Informações sobre a definição das classes do PI “spg2”	69
<u>Tabela 4.1:</u> Descrição das Estações Pluviométricas.	96
<u>Tabela 5.1:</u> Quantidade de sub-bacias hidrográficas por ordem de drenagem da UGRHI PCJ.	110
<u>Tabela 5.2:</u> Valores das ocorrências municipais e índices associados para composição do potencial urbano-industrial (Potencial).	138
<u>Tabela 5.3:</u> Valores de IDHM e classe para os municípios da UGRHI PCJ.	146

<u>ÍNDICE DE QUADROS</u>	<u>PÁG.</u>
<u>Quadro 2.1:</u> A Divisão Taxonômica dos Geossistemas de V. B. Sotchava	26
<u>Quadro 2.2:</u> Classificação dos Geossistemas relacionada aos conceitos de biostasia e resistasia	29
<u>Quadro 2.3:</u> Abordagens da gestão ambiental por bacias hidrográficas.	32
<u>Quadro 3.1:</u> Cartas do IBGE (escala 1:50.000) utilizadas no trabalho.	40
<u>Quadro 3.2:</u> Fases de desenvolvimento da presente tese.	43
<u>Quadro 3.3:</u> Modelos de Dados, categorias e planos de informações criados no banco de dados geográficos para o projeto “principal”.	47
<u>Quadro 3.4:</u> Principais características das classes de uso da terra e cobertura vegetal na composição RGB.	54
<u>Quadro 3.5:</u> Combinação entre as classes do PI “spg2” e “s_agri” para composição das classes do PI “spg3”.	70
<u>Quadro 3.6:</u> Combinação entre as classes do PI “spg2” e o PI “sidhm” para composição das classes do PI “spg4”.	73
<u>Quadro 4.1:</u> Descrição das formas de relevo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.	81
<u>Quadro 4.2:</u> Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelhos (LV) e suas descrições.	86
<u>Quadro 4.3 :</u> Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e suas descrições.	87
<u>Quadro 4.4:</u> Unidades de mapeamento dos Argissolos Vermelhos (PV) e suas descrições	89
<u>Quadro 4.5:</u> Unidades de mapeamento dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e suas descrições	89
<u>Quadro 4.6:</u> Unidades de mapeamento dos Neossolos Litólicos (RL) e suas descrições	92
<u>Quadro 4.7:</u> Unidades de mapeamento dos Neossolos Quartzarênicos (RQ) e suas descrições	92
<u>Quadro 4.8:</u> Unidades de mapeamento dos Cambissolos Háplicos (CX) e suas descrições.	93
<u>Quadro 4.9:</u> Unidades de mapeamento dos Gleissolos háplicos (CX) e suas descrições.	94
<u>Quadro 4.10:</u> Unidade de mapeamento dos Nitossolos Vermelhos (CX) e descrição.	94
<u>Quadro 4.11:</u> Unidade de mapeamento dos Planossolos Háplicos (SX) e descrição.	95

<u>ÍNDICE DE GRÁFICOS</u>	<u>PÁG.</u>
<u>Gráfico 5.1:</u> Distribuição das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem da UGRHI PCJ	116
<u>Gráfico 5.2:</u> Valores relativos dos agrupamentos das classes altimétricas da UGRHI PCJ	119
<u>Gráfico 5.3:</u> Distribuição relativa das classes de declividade da UGRHI PCJ	121
<u>Gráfico 5.4:</u> Distribuição relativa (em percentual) das classes de uso da terra e cobertura vegetal da UGRHI PCJ.	124
<u>Gráfico 5.5:</u> Distribuição relativa dos níveis de dissecação.	128
<u>Gráfico 5.6:</u> Densidade de Drenagem Média (DD) e média de declividade (D) identificados dos níveis de dissecação.	128
<u>Gráfico 5.7:</u> Representatividade espacial (em percentual) dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.	131
<u>Gráfico 5.8:</u> Distribuição das sub-bacias por classes de prioridade para o controle dos processos erosivos para UGRHI PCJ.	153
<u>Gráfico 5.9:</u> Distribuição das sub-bacias por classes de prioridade para o controle da contaminação dos recursos hídricos para UGRHI PCJ.	159
<u>Gráfico 5.10:</u> Distribuição das sub-bacias por classes de prioridade para a implantação de projetos agroecológicos para UGRHI PCJ.	165
<u>Gráfico 5.11:</u> Percentual em área dos grupos de sub-bacias hidrográficas prioritárias na UGRHI PCJ.	166

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁG.
<u>Figura 1.1</u> : Mapa de localização das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá	7
<u>Figura 2.1</u> : Componentes dos geossistemas e do sistema socioeconômico	22
<u>Figura 3.1</u> : Caixas de controle de banco de dados e projetos do Spring 4.1.1	44
<u>Figura 3.2</u> : Localização dos projetos auxiliares e das sub-bacias hidrográficas na área de estudo	45
<u>Figura 3.3</u> : Caixa de controle do módulo “modelo de dados”	46
<u>Figura 3.4</u> : Caixa de controle do módulo “planos de informação”	46
<u>Figura 3.5</u> : Hierarquização da rede de drenagem segundo metodologia de Strahler (1957)	49
<u>Figura 3.6</u> : Amostra de delimitação das linhas de cumeeira das sub-bacias hidrográficas	50
<u>Figura 3.7</u> : Caixa de controle do módulo “Geração de Grade” do Spring 4.1.1	51
<u>Figura 3.8</u> : Caixa de visualização do comando “analisar amostras” do Spring 4.1.1	55
<u>Figura 3.9</u> : Representação esquemática da modelagem matemática para obtenção do PI “nintensidade”	63
<u>Figura 3.10</u> : Amostras dos modelos cartográficos para composição do PI “intensidade”	63
<u>Figura 3.11</u> : Diagrama para obtenção dos resultados do objetivo principal	74
<u>Figura 4.1</u> : Mapa das unidades geológicas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)	80
<u>Figura 4.2</u> : Mapa das unidades geomorfológica das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)	83
<u>Figura 4.3</u> : Mapa das unidades pedológicas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)	85
<u>Figura 4.4</u> : Mapa de classificação da média pluviométrica anual das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)	98
<u>Figura 4.5</u> : Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Piracicaba (SP) para o ano de 1978	100
<u>Figura 4.6</u> : Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Piracicaba (SP) para o ano de 1985	101
<u>Figura 4.7</u> : Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Piracicaba (SP) para o ano de 1993	102
<u>Figura 4.8</u> : Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Piracicaba (SP) para o ano de 1997	103

<u>Figura 4.9:</u> Mapa de uso e cobertura Vegetal para a bacia hidrográfica do rio Piracicamirim	105
<u>Figura 4.10:</u> Mapa de uso e cobertura vegetal para bacia hidrográfica do rio Piracicamirim ano de 1995	105
<u>Figura 4.11:</u> Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para a bacia hidrográfica do rio Corumbataí	107
<u>Figura 4.12:</u> Mapa de Uso e Cobertura Vegetal para a bacia hidrográfica do rio Capivari.	109
<u>Figura 5.1:</u> Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas de sexta ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	112
<u>Figura 5.2:</u> Mapa de localização das sub-bacias de quinta ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	113
<u>Figura 5.3:</u> Mapa de localização das sub-bacias de quarta ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	114
<u>Figura 5.4:</u> Mapa de localização das sub-bacias de terceira ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	117
<u>Figura 5.5:</u> Mapa de classificação hipsométrica das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	120
<u>Figura 5.6:</u> Mapa de classificação de declividade das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	122
<u>Figura 5.7:</u> Mapa de uso da terra e cobertura vegetal das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	125
<u>Figura 5.8:</u> Mapa de níveis de intensidade de dissecação do relevo das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP)	129
<u>Figura 5.9:</u> Mapa de níveis de intensidade de processos morfogenéticos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	132
<u>Figura 5.10:</u> Mapa de classificação municipal de número de habitantes (ano 2000), das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	141
<u>Figura 5.11:</u> Mapa de classificação municipal do PIB (ano 2000), das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	142
<u>Figura 5.12:</u> Mapa de classificação municipal de número de estabelecimentos industriais (ano 2000), das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	143
<u>Figura 5.13:</u> Mapa de classificação municipal do potencial urbano-industrial, das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	144
<u>Figura 5.14:</u> Mapa de classificação municipal de IDHM, das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	147

<u>Figura 5.15:</u> Mapa de sub-bacias hidrográficas para controle de atividades urbanas e industriais das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	150
<u>Figura 5.16:</u> Mapa de sub-bacias hidrográficas prioritárias para o controle de processos erosivos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	154
<u>Figura 5.17:</u> Mapa de percentual de ocupação por atividades agrícolas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	158
<u>Figura 5.18:</u> Mapa de sub-bacias hidrográficas prioritárias para o controle da contaminação dos recursos hídricos por atividades agrícolas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	160
<u>Figura 5.19:</u> Classificação por IDHM das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	162
<u>Figura 5.20:</u> Mapa de sub-bacias prioritárias para implantação de projetos agroecológicos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP).	164

Resumo

Ao se completar uma década da publicação da Lei Federal nº 7.433/97 muitos avanços foram realizados na gestão dos recursos hídricos no Brasil, porém esses avanços não vieram acompanhados de uma metodologia objetiva de definição de prioridades para a aplicação dos recursos humanos e financeiros nas respectivas unidades de gestão. Neste contexto, insere-se a presente tese que objetivou a seleção de sub-bacias hidrográficas prioritárias para atuação da gestão e planejamento dos recursos hídricos na unidade de gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (SP). Fundamentada na análise espacial de geossistemas e do sistema socioeconômico, a aplicação metodológica buscou a definição dessas áreas prioritárias para execução de ações que recaem direta ou indiretamente na qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Como resultado foram apresentados modelos cartográficos contendo a classificação das sub-bacias hidrográficas prioritárias para o controle de processos urbanos e industriais, de processos erosivos, análise da contaminação dos recursos hídricos por atividades agrícolas e implantação de projetos agroecológicos. A principal conclusão da presente tese é que a adoção de uma metodologia para definição de focos espaciais prioritários nas unidades de gestão dos recursos hídricos deve ser um procedimento integrante dos planos de bacia, pois possibilita a racionalização da aplicação dos recursos humanos e financeiros e tornando as ações de gestão dos recursos hídricos mais eficientes.

Palavras-Chave: Análise Espacial, Geossistemas, SIG, Paisagem e Gestão dos Recursos Hídricos.

Abstract

Ten years after publication of the Federal Law 7.433/97, advances was made in water resources management in Brazil, however, these advances didn't come without an objective methodology of definition of priorities areas for application of human resources and financial in territorial units of water resources management. In this context that thesis is inserts that objectified the definition of priority territorial units in the landscape for action in management and planning of water resources of Piracicaba, Capivari, and Jundiaí rivers basin, in the state of São Paulo, Brazil. Considering the spatial analysis of geosystems and the socioeconomic system, the methodology application considered the definition of areas for action that come directly or indirectly into quality and amount of water resources. As result of research, it was created cartographic models with the classification of priority sub-watersheds for the control of urban and industrial activities, of erosive processes, as well as analysis of the contamination of water resources for agricultural activities and implantation of agroecology projects. The main conclusion of this thesis is that the adoption of a methodology for definition of priorities areas in territorial units of water resources, it must be incorporated in the basin plans to become more rational the application of human resources and financial and to become more efficient the practice of water resources management.

Key-Words: Spatial Analysis, Geosystems, GIS, Landscape and Water resources management.

INTRODUÇÃO

A realidade socioeconômica e ambiental no início deste milênio apresenta-se na forma de um cenário de grandes desafios, porém de grandes oportunidades no campo do desenvolvimento sustentável. O grande desafio configura-se na manutenção da capacidade de reprodução social e do capital sem comprometer a capacidade dos recursos humanos e naturais, para que o sistema econômico não seja limitado por suas próprias contradições. Apresenta-se como um cenário de oportunidades em função do surgimento de novos conceitos, a partir da análise dos reveses do atual sistema de desenvolvimento, o que constitui um grande benefício para a evolução da sociedade.

Neste cenário em que a razão crítica opõe-se à razão instrumental em um embate que reflete as próprias contradições da sociedade, insere-se a presente tese, com o propósito de desenvolvimento de conceitos e metodologias com intuito de fornecer subsídios para o equacionamento de parte das questões relativas à área ambiental, especificamente nos fenômenos com representações espaciais, visando ao diagnóstico para proposição de ações que incorporem eficiência na gestão e planejamento dos recursos hídricos.

Em meio a estas questões percebe-se que o estudo integrado do meio ambiente mediante análise espacial em bacias hidrográficas, considerando os geossistemas e o sistema socioeconômico, pode fornecer importantes contribuições ao estudo das práticas sociais e do seu relacionamento com a estrutura física do ambiente em que a sociedade se insere.

Projetar as contradições do modo de reprodução social e do capital a partir da espacialização dos fenômenos socioeconômicos e de sua interação com os geossistemas constitui um procedimento valioso para entendimento da estrutura da paisagem e, por conseguinte, da proposição de ações que visam a sua transformação. Em outras palavras, a investigação das práticas sociais envolvidas com a geração e intensificação de desequilíbrios ambientais, a diagnose ambiental e a proposição de medidas que atuem diretamente no reordenamento territorial a partir das externalidades negativas ocasionadas por usos inadequados do solo, assim como da definição de práticas direcionadas à gestão racional dos sistemas ambientais, torna cada vez mais pertinente a formulação de metodologias de pesquisa direcionadas à qualificação dos problemas que afetam negativamente a qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Nesse contexto, e considerando a abordagem em Geociências, reafirma-se que a bacia hidrográfica constitui uma unidade de análise *sui generis*, que permite o tratamento das questões espaciais por meio da abordagem sistêmica e da modelagem ambiental utilizando-se sistemas de informação geográficas (SIGs).

O contexto se remete às várias situações de gestão dos recursos naturais, tais como: manejo sustentado de florestas e de recursos pesqueiros, exploração racional de recursos minerais, análise de impactos ambientais para fins de licenciamento ambiental, gestão de unidades de conservação, entre outros. Porém, as questões relativas às unidades de gestão dos recursos hídricos assumem especial interesse para o desenvolvimento desta tese, em virtude da adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise frente às necessidades de diagnose e prognose ambiental como subsídio à tomada de decisão.

No intuito de contribuir com a investigação dessas questões foi selecionada como área de estudo a unidade de gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. A área selecionada apresenta uma interação de fenômenos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos que a qualifica para a investigação científica na área ambiental, em razão dos altos índices de crescimento urbano, industrial e agrícola ocorridos nas últimas décadas para os municípios inseridos dentro das respectivas bacias hidrográficas e paralelamente ao diagnóstico da escassez dos recursos naturais, notadamente os hídricos e pedológicos (CBH-PCJ, 2005). É, portanto, uma excelente área para aplicação metodológica no intuito de fornecer subsídios para a gestão e planejamento dos recursos hídricos no Brasil.

A gestão dos recursos naturais no Brasil vem sendo colocada como fator estratégico na política governamental de meio ambiente e de desenvolvimento, em virtude do elevado grau de alteração dos geossistemas e ecossistemas, ocasionada pelas atividades urbanas, industriais e agrícolas, que por não terem sido coordenadas de maneira racionalizada, vêm comprometendo continuamente a disponibilidade desse recurso natural (YASSUDA, 1989; BENNETI, 1993; LANNA, 1993; REBOUÇAS, 2004; TUCCI, 2005). Ainda com relação a esse aspecto, essa gestão tem sido colocada como estratégica, em razão da condição de dependência e vulnerabilidade das atividades econômicas e sociais frente à escassez e diminuição da qualidade dos mesmos.

A necessidade de gestão dos recursos hídricos surgiu por meio da preocupação das entidades governamentais (em nível Federal, Estadual e Municipal) com a crescente demanda nacional para o uso dos mesmos pelas práticas sociais, pode-se acrescentar a essa idéia, à necessidade de cumprimento legal executado pelo Estado e incentivado pelo poder público e pela sociedade organizada. É nesse contexto que a realização de estudos voltados ao planejamento e gestão ambiental utilizando bacias hidrográficas, reconhecidas como unidades ideais para a prática da gestão por diversos autores como Yassuda (1989), Prochnow (1990), Moraes (1994), Lanna (1995), Christofolletti (1999), entre outros, constitui-se em um objeto de pesquisa importante para a análise das questões ambientais.

No entanto, percebe-se que após uma década de promulgação da Lei 7.433/97 os avanços metodológicos e legais na gestão dos recursos hídricos não vieram acompanhados com a necessidade de estabelecimento de focos de ação prioritários para a aplicação de recursos humanos e financeiros, o que tende a direcionar a gestão das bacias hidrográficas a uma situação de fragmentação e dispersão, constituindo-se um desafio para a ciência e a tecnologia nacional (TUCCI e CORDEIRO, 2004). Tal constatação permite a formulação da hipótese que a definição de focos espaciais prioritários para a gestão e planejamento dos recursos hídricos pode racionalizar a aplicação dos recursos destinados a uma agência de bacia, evitando a sua dispersão, e tornando as ações de planejamento e gestão deste recurso mais eficientes no controle de atividades antrópicas que interagem negativamente ou positivamente na quantidade ou qualidade dos recursos hídricos.

Nesse contexto, a geração de modelos cartográficos que expressam o nível de conhecimento científico e tecnológico disponível para compreender e integrar as variáveis físicas e socioeconômicas e projetar na paisagem na forma de modelos que demonstram o comportamento do ambiente segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades, com a definição de áreas prioritárias, representa um campo de estudos de grande importância no âmbito da pesquisa ambiental.

Deste modo, o presente trabalho alinha-se na perspectiva que a análise da estrutura da paisagem deve ser pautada como aquela originada pelos processos de reprodução social e do capital, ou seja, a paisagem como um objeto das atividades socioeconômicas (HAASE e RICHTER, 1983). As análises realizadas visam estabelecer focos de ação no intuito de se buscar a alteração da estrutura da

paisagem e aproximá-la de um modelo de representação que abarca o ideário da sociedade pela busca do desenvolvimento econômico e social em bases sustentáveis.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é selecionar sub-bacias hidrográficas prioritárias para atuação da gestão e planejamento na unidade de gestão dos recursos hídricos dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI PCJ) tendo como base a aplicação de técnicas de análise espacial em um Sistema Informações Geográficas utilizando-se dados e informações geossistêmicas e socioeconômicas.

Os resultados esperados para alcance do objetivo foram:

- Definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias para ações de controle das atividades urbanas e industriais;
- Definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias para o controle dos processos erosivos e de potencial de contaminação dos recursos hídricos por atividades agrícolas;
- Definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias para projetos de desenvolvimento social em bases agroecológicas.

Em uma visão mais pragmática, os resultados buscaram expressar a necessidade de racionalização da aplicação dos recursos humanos e financeiros para se obter uma maior eficácia no diagnóstico das condições ambientais e dos resultados de aplicação dos planos de bacia em unidades de gestão dos recursos hídricos.

Para alcance do objetivo foi necessária a realização de etapas para obtenção de informações sobre os sistemas naturais e o socioeconômico como suporte ao alcance dos resultados supramencionados, descritas a seguir:

- Hierarquização das bacias hidrográficas;
- Obtenção das informações de cobertura e uso da terra;
- Obtenção das informações sobre os níveis de intensidade de dissecação do relevo;
- Obtenção das informações sobre os níveis de intensidade dos processos morfogenéticos;
- Diagnóstico dos municípios que apresentam maiores potenciais urbanos e industriais para geração de impactos ambientais;
- Classificar espacialmente os municípios quanto o índice de desenvolvimento humano.

I – ÁREA DE ESTUDO

1.1 – Caracterização

A área selecionada para aplicação metodológica representa uma unidade de gerenciamento dos recursos hídricos. O objetivo de aplicação em uma unidade desta natureza é de apresentar a metodologia desenvolvida à comunidade acadêmica e aos executores dos planos de bacias hidrográficas para análise, aperfeiçoamento, contrapropostas e críticas; bem como proporcionar o subsídio à gestão dos recursos hídricos na unidade selecionada por meio da apresentação dos resultados da aplicação metodológica.

A unidade de gestão selecionada foi a de gerenciamento dos recursos hídricos número 5 (UGRHI-5) ou UGRHI PCJ, definida pela Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo, compreendendo as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, localizadas quase que totalmente no Estado de São Paulo (parte da bacia hidrográfica do rio Piracicaba localiza-se no Estado de Minas Gerais). As três bacias hidrográficas selecionadas fazem parte da bacia hidrográfica do rio Tietê, rio este que é tributário da bacia hidrográfica do rio Paraná.

A Figura 1.1 mostra o mapa de localização da área e a representação dos municípios que fazem parte da UGRHI PCJ.

A área representada na figura referenciada possui aproximadamente 14.170 Km², abrangendo 70 municípios com mais de 4 milhões de habitantes. Os principais acessos rodoviários a área de estudo correspondem às rodovias dos Bandeirantes (SP-348), Anhangüera (SP-330), Santos Dummont (SP-75), Dom Pedro I (SP-65) e Fernão Dias (BR-381), destacam-se em termos de concentração populacional e atividades econômicas, os municípios de Campinas, Jundiaí, Piracicaba e Limeira.

Mapa de Localização das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP)

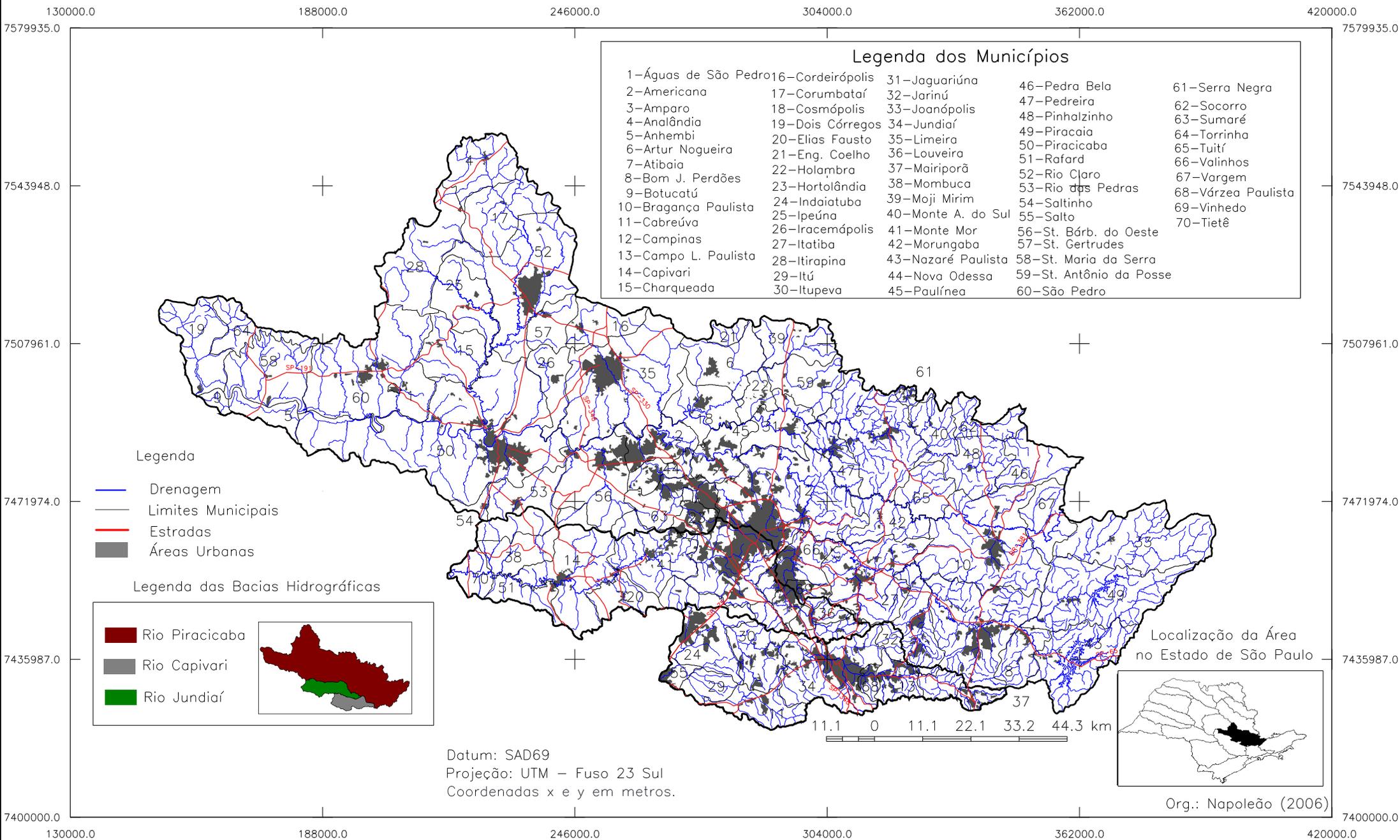


Figura 1.1 : Mapa de Localização das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP).

1.2 - Breve Histórico

A área de estudo possui diferentes marcos históricos em razão de sua grande abrangência geográfica, os quais podem variar de acordo com cada região a ser considerada; portanto, adotou-se como foco de análise para apresentação deste breve histórico a região onde se localiza atualmente a cidade de Campinas, que desde o século XVIII assumiu a condição de centro regional de crescimento econômico, financeiro e populacional.

Podem associar-se aos ciclos econômicos regionais os principais fatores a serem considerados na mudança da dinâmica de ocupação territorial para a região de Campinas.

Inicialmente, pode-se citar o ciclo da mineração e as atividades dos Bandeirantes como os primeiros grandes eventos que trouxeram dinamismo para região ao longo do século XVIII. Segundo Prado (1970) a atividade de mineração ocupou durante os três quartos do século XVIII o centro das atenções no cenário econômico da então Colônia. Segundo CBH-PCJ (2005), em busca da autonomia da então província de São Vicente, o Governador-Geral Morgado de Mateus passou a atrair famílias, principalmente de Taubaté e do Vale do Paraíba, para se fixarem na região. Ainda segundo CBH-PCJ (2005), nesse primeiro momento as atividades econômicas na região eram restritas à subsistência, apoio à mineração e à ação dos Bandeirantes.

Posteriormente ao ciclo de mineração e atuação dos Bandeirantes houve a ocorrência do ciclo da cana-de-açúcar, que, segundo CBH-PCJ (2005), trouxe consigo a melhoria, o crescimento e a diversificação do sistema viário. As atividades ligadas ao cultivo de cana-de-açúcar, iniciadas a partir do final do século XIX, até hoje, possuem forte influência na produção agrícola da região e no domínio paisagístico da área de estudo.

Outro ciclo de extrema importância para o desenvolvimento da região foi o cafeeiro, principalmente por ter lançado as bases estruturais e financeiras para o desenvolvimento industrial ao longo do século XX (SILVA S., 1976). Segundo Prado (1970) a região de Campinas até os fins do século XVIII era muito pouco povoada em função de possuir suas atividades associadas a entreposto comercial entre São Paulo e Goiás. Nesse contexto, existiam de forma dispersa diversos núcleos populacionais destinados quase que unicamente ao amparo dos transportes e

comunicações que se faziam por esta região. Ainda segundo Prado (1970), durante o século XVIII, iniciaram-se o povoamento e exploração mais ativos associados às atividades canavieiras e a presença de cultivos de café nas proximidades de Campinas, mesmo antes de 1800, mas sem muita significância econômica até meados do século XIX. Foi a partir deste período que a região passou a assumir destaque nacional como pólo de produção cafeeira, tendo como fatores orientadores da “marcha do café” os solos de alta fertilidade ao norte da cidade de Campinas. Nesse período houve forte domínio paisagístico relacionado à presença do cultivo de café, denominado por Prado (1970) como a “onda verde”.

Segundo CBH-PCJ (2005), em consequência das condições naturais da Região e das atividades dominantes nos séculos XVIII e início do XIX, a mesma foi gradativamente se consolidando como capital agrícola do Estado de São Paulo em função da expansão das atividades cafeeira e a constituição do denominado “complexo cafeeiro paulista” que perdurou aproximadamente até o final de 1930 com a crise mundial dos capitais e a queda do consumo mundial de mercadorias. O acúmulo de capitais oriundos da atividade cafeeira propiciou o desenvolvimento das atividades industriais a partir do início do século XIX.

Em termos de rede urbana, a região de Campinas no início de século XIX passou a abranger inúmeras cidades, com destaque para Americana e Santa Bárbara D'Oeste, bem como as vilas criadas no século XVIII que detinham territórios que hoje fazem parte dos municípios de Piracicaba, Bragança Paulista e Mogi-Mirim.

Segundo CBH-PCJ (2005), os processos de ocupação do território na região de Campinas durante o século XIX proporcionaram a consolidação de vários municípios em função das condições positivas de produção e comercialização do café, tais como a formação dos núcleos urbanos relacionados à implantação de estações ferroviárias destinadas ao escoamento da produção para o porto de Santos (SP). Ressalta-se também que, em termos demográficos, a expansão dos núcleos urbanos foi acompanhada pelo estabelecimento de colônias de imigrantes europeus, que dominam a descendência cultural da área de estudo em conjunto com a herança cultural dos negros e portugueses, originadas em razão dos primeiros processos de ocupação da região.

Outro marco nos ciclos econômicos regionais foi o surgimento da industrialização no Estado de São Paulo a partir do final do século XIX e início do século XX, que em virtude de fatores históricos, passou a concentrar-se neste

Estado paralelamente e intrinsecamente relacionado à atividade cafeeira (SILVA S., 1976). Segundo Prado (1970), tal concentração se explica pelo número de circunstâncias favoráveis reunidas, relacionadas ao progresso da atuação do Estado como agente provedor de desenvolvimento da lavoura cafeeira, mão-de-obra imigrante mais qualificada e disponibilidade de energia hidráulica aproveitável em forma de energia elétrica. Ainda segundo Prado (1970), inicialmente a indústria estava relacionada à atividade têxtil e a de alimentação; a partir da I e da II Guerras Mundiais, com a injeção de capitais estrangeiros, a base industrial brasileira atingiu uma maior diversificação, destacando o desenvolvimento dos setores de metalurgia e siderurgia.

Segundo CBH-PCJ (2005) foi a partir do processo de desconcentração industrial da capital paulistana, provavelmente associado às deseconomias de aglomeração, que a região de Campinas se transformou em uma das frentes mais desenvolvidas da economia paulistana. Deve-se destacar a elevada diversificação de sua base produtiva e a presença de plantas industriais intensivas em capital e tecnologia, concentradas principalmente nos municípios de Sumaré, Indaiatuba e Paulínia.

Atualmente existe uma diversidade muito significativa de atividades industriais nessa região associadas à agroindústria (cana-de-açúcar e laranja), às indústrias de base: metalurgia, siderurgia, refino de petróleo, petroquímica e às industriais de bens de consumo duráveis e não-duráveis: componentes eletrônicos, automóveis, calçados, entre outras. No final da década de 1990 e início da presente década a região de Campinas também vem assumindo uma posição de destaque em empresas de alta tecnologia (produção de *software*, *design*, componentes eletrônicos de ponta, etc).

O grande êxito que a região galgou durante todos os ciclos econômicos apresentados, quando analisados sob o crivo dos conceitos geográficos, pode ser associado aos conceitos geográficos de posição e sítio. A posição da região favoreceu inicialmente a existência de entreposto comercial e o desenvolvimento de atividades relacionadas a essas condições. Durante os ciclos produtivos relacionados à produção cana-de-açúcar e do café, as características fisiográficas e as propriedades físicas e químicas dos solos favoreceram a expansão dessas atividades, as quais perduram até os dias atuais, malgrado a exaustão da fertilidade dos solos. As duas condições também se articulam com o processo de desenvolvimento industrial da região, pois a proximidade de mercados e a

disponibilidade de recursos naturais permitiram o êxito na região de Campinas.

Estas “vantagens comparativas” ligadas à economia capitalista tradicional, que historicamente favoreceram o crescimento econômico da região, gradativamente vêm perdendo a condição de vantagem em função de problemas relacionados à escassez dos recursos naturais, especialmente os hídricos e aos efeitos das deseconomias de aglomeração. Bases industriais calcadas no uso intensivo de recursos hídricos podem optar por se instalarem em outras regiões em função de restrições com relação ao consumo deste recurso.

O cenário econômico atual encontra-se em uma condição de crise para a manutenção do crescimento da base produtiva calcada no uso intensivo (direto ou indireto) de recursos naturais, porém vislumbra-se um cenário de oportunidade de aproveitamento das condições de sinergia da região para fortalecimento do crescimento de atividades ligadas à “nova economia”, em que a relação de produtividade e consumo de recursos naturais é superior às condições da “economia tradicional”.

II – EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 – Análise espacial

2.1.1 – Introdução

O conceito de análise espacial empregado para obtenção dos resultados metodológicos refere-se ao tipo de procedimento que objetiva a identificação de relações causais entre os elementos que constituem a realidade terrestre com o intuito de identificar a intensidade ou a potencialidade dos fenômenos naturais.

O uso de técnicas de análise espacial insere-se nesta ocasião no contexto da modelagem ambiental e na implementação das mesmas em um Sistema de Informações Geográficas.

A modelagem ambiental pode ser entendida como a ação de leitura da realidade mediante um sistema representativo organizado por componentes e inter-relações para obtenção de informações sobre problemas complexos no âmbito ambiental. O termo é oriundo da modelagem espacial, porém assume um caráter mais específico por incluir investigações voltadas para a diagnose e prognose ambiental.

Segundo Steyaert (1993) apud Fotheringham e Wegener (2000), em termos de grau de formalização, os modelos podem ser do tipo em escala, conceitual e matemático. Modelos em escala são representações da realidade terrestre traduzidas em forma de feições físicas analógicas ou digitais, tais como, um modelo digital do terreno ou a representação da rede de drenagem. Um modelo conceitual busca representar a realidade, com o emprego de uma linguagem semi-natural ou na forma de um diagrama que busca representar os componentes do sistema e o relacionamento entre os mesmos. Os modelos matemáticos buscam operacionalizar os modelos conceituais codificando as relações dos componentes sistêmicos mediante construções matemáticas (FOTHERINGHAM e WEGENER, 2000).

Quanto aos modelos matemáticos, os mesmos podem ser classificados em dois tipos: os determinísticos e os estocásticos. Os modelos matemáticos determinísticos são baseados em noções clássicas da matemática que são aplicadas no intuito de prever relacionamentos entre as variáveis (CHORLEY, 1967). Modelos matemáticos estocásticos são representações probabilísticas com distribuições de probabilidade condicional que avaliam a persistência temporal ou espacial de uma variável (FOTHERINGHAM e WEGENER, 2000) ou expressões

que envolvem variáveis, parâmetros, e constantes com um ou mais componente aleatórios (CHORLEY, 1967).

Em termos metodológicos, a modelagem ambiental baseado em técnicas de análise espacial abrange as etapas de definição dos objetivos, a seleção dos dados e informações espaciais disponíveis e necessários para alcance dos objetivos, a etapa de análise exploratória dos dados e a fase de análise numérica, que estabelece as relações causais entre os componentes do modelo para o estudo dos processos ambientais de interesse. Pode ser considerada uma metodologia equivalente às apresentadas por Paredes (1994), Silva J. (1993; 2001) e Câmara (2005) para investigações ambientais com base na análise espacial.

A modelagem ambiental assume os pressupostos sistêmicos de investigação da realidade, sendo este método considerado como o mais eficiente para a sua representação em forma de modelo (CHORLEY, 1967; CHRISTOFOLETTI 1999; TRICART 1977). Entendendo de forma sistêmica o espaço geográfico surge a necessidade de conhecimento das características geométricas e topológicas de cada um de seus componentes e a necessidade de estabelecimento de relações causais entre os mesmos para determinar a localização espacial de estruturas paisagísticas.

Diante dessas necessidades, pretende-se utilizar as técnicas de análise espacial em um sistema de informações geográficas como meio de expressar a realidade pela representação dos componentes sistêmicos da paisagem por meio da modelagem ambiental em bases determinísticas, visando a identificação espacial de propriedades das estruturas da paisagem que possuem interferência direta ou indireta na quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

2.1.2 – O conceito

A origem da análise espacial e a sua aproximação com os pressupostos sistêmicos permitem o estabelecimento da definição do termo como a técnica que enfatiza a mensuração de propriedades e relacionamentos, levando em consideração a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. É um método sistêmico vinculado à espacialização de fenômenos relacionados aos objetos que possuem uma distribuição espacial. Desta afirmação é que se pode

derivar a forma “explícita” que a categoria espaço deve assumir na aplicação do método.

Seguindo tal linha conceitual, buscou-se selecionar algumas idéias sobre definição do conceito. A análise espacial pode ser definida como:

[...] a study in depth of the patterns of points, lines, areas surfaces depicted on maps of some sort or defined by coordinates in two or three dimensional space. (HAGERSTRAND apud OPENSHAW, 1991, p. 389).

Ainda nesta perspectiva a análise espacial pode ser entendida como:

[...] the arrangements on maps of four types of data portrayed there: points, lines, áreas and surfaces. The techniques allow both description of the arrangements on individual maps and the comparison of two or more maps so that relationships might be identified. (UNWIN apud OPENSHAW, 1991, p. 389)

Propriamente, Openshaw (1991) colocou que a análise espacial está associada ao desenvolvimento da Geografia Quantitativa na década de 1950 e originalmente foi baseada na aplicação de métodos de avaliação estatística de dados espaciais, posteriormente incluídas a proposição de modelos matemáticos e operações de investigação.

Bailey et al. (1996) definiram de forma geral a análise espacial como o estudo quantitativo de fenômenos que estão localizados no espaço.

Fischer (1999) entendeu a análise espacial como uma tecnologia que tipicamente requer dois tipos de informações sobre objetos espaciais: atributos e informação locacional. O autor entendeu que informação locacional refere-se às feições geométricas e topológicas que geralmente são descritas por sua posição no mapa ou pelo sistema de coordenadas geográficas; os objetos utilizados na análise espacial podem ser decorrentes da elaboração de áreas estatísticas derivadas de dados censitários ou amostras pontuais em espaços contínuos. Por atributos entende-se que são as informações sobre os objetos espaciais. Podem distinguir os atributos primários, que correspondem às características físicas e socioeconômicas, e os secundários, que se referem às relações entre os objetos espaciais.

Ainda segundo Fischer (1999), o que diferencia a análise espacial de outras formas de análise são a detecção de padrões de dados espaciais; exploração e modelagem das relações entre cada padrão; realce do entendimento dos processos que podem ser responsáveis pelos padrões observados e melhoria da habilidade para prever e controlar eventos originados no espaço geográfico.

Para Yi et al. (2000), a análise espacial pode ser entendida como o método que considera, em primeira ordem como principal atributo de um dado geográfico, além de seu próprio atributo, a localização geográfica deste no espaço, ou seja, a natureza espacial do dado.

Ainda em termos conceituais, porém estabelecendo relações com suas aplicações, a análise espacial em geoprocessamento pode ser definida como a representação em modelo das feições espaciais que podem ser de natureza física, biológica ou socioeconômica e suas inter-relações, seguindo uma lógica estabelecida. Nesse sentido, a análise espacial:

[...] é composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas (outliers) não só em relação ao tipo de distribuição, mas em relação aos vizinhos, e buscar a existência de padrões na distribuição espacial (CÂMARA et al., 2005, p.14).

A breve apresentação de diferentes conceitos sobre análise espacial permite relacionar a utilização deste termo mediante a aplicação de modelos de investigação para avaliação espacial das propriedades geossistêmicas e do sistema socioeconômico que possuem forte relação com processos físicos, químicos e biológicos que interferem na sustentabilidade de uma determinada unidade de análise.

2.1.3 - Métodos de Análise Espacial

Para Openshaw (1991), a análise espacial emprega ampla lista de ferramentas de mensuração do espaço, tais como: a autocorrelação espacial, análise de proximidade, classificação, regionalização espacial, técnicas de estatística convencional, modelos de regressão, análise fatorial, análise de componentes principais, análise discriminatória e análise de superfície de tendência.

No início da aplicação das técnicas de análise espacial em sistemas de informações geográficas os métodos eram relacionados com aplicações estatísticas na distribuição das feições espaciais. Pode-se observar em Berry e Marble (1968), apud Openshaw (1991), a concepção de que os métodos de análise espacial baseava-se predominantemente em técnicas e métodos estatísticos, aspecto este também observado em Johnston et al. apud Openshaw (1991, p. 389), que definiram o termo análise espacial como *“quantitative (mainly statistical) procedures and techniques applied in locacional analytical work”*.

Evoluindo para avaliações mais complexas, os métodos de análise passaram a incorporar novos tipos de modelos de análise que não consideram apenas modelos estocásticos. Assim como expôs Fisher (1999), atestando que os métodos usados para as análises dependem do nível de mensuração do dado, o qual pode ser nominal (categoria), ordinal (graduação), intervalo ou razão (contínuo). Mediante a transformação da natureza das informações é possível a efetivação de modelos matemáticos determinísticos que buscam expressar a relação das propriedades ambientais (escala nominal) com a intensidade de um determinado fenômeno.

Câmara et al. (2005) consideraram que a partir da divisão dos tipos de dados espaciais em eventos ou padrões pontuais, superfícies contínuas e áreas com contagens e taxas agregadas, a análise espacial pode ser considerada como um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial (modelo matemático) que considere explicitamente os relacionamentos espaciais presentes no fenômeno. O processo de modelagem é precedido de uma fase de análise exploratória, associada à apresentação visual dos dados sob a forma de gráficos e mapas e a identificação de padrões de dependência espacial no fenômeno de estudo.

Situando os fundamentos epistemológicos com os métodos de análise em análise espacial, pode se afirmar que a metodologia proposta segue as etapas de

análise exploratória de dados e informações, apresentação das informações de referência e a identificação das relações causais entre os componentes sistêmicos obtidas por meio da construção de modelos matemáticos determinísticos.

2.1.4 - Sistemas de Informações Geográficas

A incorporação da análise espacial em um Sistema de Informações Geográficas foi realizada pioneiramente pelo geógrafo Roger Tomlinson mediante a implementação de técnicas de análise espacial em um sistema denominado *Canadian Geographic Information System* (CGIS), que foi utilizado para armazenar, analisar e manipular o banco de dados espaciais do Canadá (*Canada Land Inventory – CLI*), objetivando obter o potencial agrícola deste país na escala 1 : 250.000, e o seu desenvolvimento possui vários marcos históricos que consolidaram sua implementação, conforme apresentado por Paredes (1994).

Os SIGs podem ser definidos como uma tecnologia baseada em computação para uso e aplicações diversas no campo das análises espaciais. Assim como define Michael F. Goodchild:

The true potential value of Geographical Information Systems lies their ability to analyse spacial data using the techiques of spatial analysis. (GOODCHILD, 1988, p. 76).

Desde a década de 1970, como demonstrado por Dueker (1979), os SIGs foram colocados como um sistema de informação onde a base de dados consiste nas observações da distribuição das características espaciais, atividades ou eventos que são definidos por pontos, linhas e áreas no espaço geográfico. Posteriormente, Smith et al. (1987) acrescentaram que neste sistema parte dos dados é espacialmente indexada e possui uma série de operações para responder às questões sobre entidades espaciais.

Maguire (1991) expôs que desde o surgimento dos SIGs, diversas iniciativas procuraram ativamente definir esses tipos de sistemas, utilizando diferentes enfoques. Segundo este autor, três visões foram aceitas: SIG como processamento de mapas; SIG como banco de dados e SIG como ferramenta para análises espaciais.

O crescente avanço das capacidades de processamento e armazenamento dos dados nos sistemas computacionais proporcionados pelos avanços nos softwares e hardwares colocam os SIGs como importantes instrumentos de auxílio na tomada de decisões envolvendo questões ambientais, urbanas, de logística, etc (ARANOFF, 1989; BRANCO, 1997; SILVA e ZAIDAN, 2004).

Tais considerações corroboram o já exposto por COWEN (1988), que classificou o SIG como um sistema de suporte à decisão envolvendo a integração dos dados espacialmente referenciados em um ambiente que requer a solução de problemas. Para Koshkariov et al., apud Maguire (1991), os SIG são sistemas que possuem capacidade de geomodelagem avançada.

Maguire (1991) colocou que alguns pesquisadores entendem SIG como a integração entre a cartografia computadorizada, os sistemas CAD, o sensoriamento remoto e os sistemas de banco de dados, por isso o sistema CAD compreende-se como aquele que muitas vezes é utilizado para entrada dos dados utilizados para desenhar e esquematizar novos objetos.

Newell et al., apud Maguire (1991), considerou o uso do banco de dados como ferramenta necessária para otimizar a armazenagem e a recuperação de dados não gráficos, como tabelas e planilhas de dados georelacionais.

Maguire (1991) destacou que o que difere todos esses sistemas do SIG é o fato deste último apresentar capacidade de realizar operações analíticas entre dados espaciais. Desse modo, pode-se entender que:

the ability of a GIS to analyse spatial data is frequently seen as a key element in its definition, and has often been used as characteristic which distinguishes the GIS from systems whose primary objective is map production. (GOODCHILD, 1988, p. 67).

Christofolletti e Teixeira (1997) definiram SIG como um sistema baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georreferenciados. Segundo esses autores, um SIG pode ser visto como a combinação de *hardware*, *software*, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica.

Guerra L. et al. (2003) acrescentaram que os SIG(s) apresentam uma característica importante, a multidisciplinariedade, podendo ser aplicado em estudos

de diversas áreas que consideram a dimensão espacial. Os autores buscaram em Christofolletti e Teixeira (1997) a definição de SIG empregada, e concluíram que os SIGs são sistemas constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de um determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial. Com isso, Guerra L. et al. (2003) colocaram que a aplicação dos sistemas informatizados envolvendo a análise espacial tornou mais perceptíveis as interações espaciais por permitirem, dentro de um único sistema, a associação de atributos a elementos gráficos. Sistema, nesse sentido, é um conjunto de relacionamentos organizados que subordinam processos de transformação conhecidos. Conceitualmente, SIG tende a tratar os elementos gráficos como as unidades básicas para coleta de dados (limites territoriais, vias, cursos d'água, pontos específicos, dentre outros). Os atributos, por sua vez, constituem-se das informações que caracterizam essas entidades (a proporção da população feminina, a atividade econômica predominante, o número de imigrante, dentre outras).

Assim, na base do SIG está a fusão de pelo menos duas tecnologias computacionais que se desenvolveram em ramos distintos da informática, o da cartografia digital, que cria os elementos gráficos e os sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD), que permitem a construção e a comparação dos atributos desses elementos (GUERRA L. et al; 2003).

Segundo Câmara et al. (2003), o uso do geoprocessamento possibilitou um grande incremento da capacidade de processamento e integração de dados e informações que possibilitaram a análise multivariada do espaço geográfico tendo como fundamento básico a construção de representações computacionais do mesmo.

Ainda considerando a capacidade tecnológica desta abordagem, Silva e Zaidan (2004) expuseram que a investigação deve ser sistêmica e com objetivo de suporte à decisão, como verifica-se nesta citação:

O geoprocessamento tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a geotopologia (entre lugares geográficos) de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão". (SILVA & ZAIDAN, 2004, p. 20).

2.1.5 - Aplicações

A relação entre a análise espacial e a sua implementação em SIG pode ser entendida por meio da operacionalização da modelagem ambiental e a sua representação na forma de modelos cartográficos, visando ao fornecimento de subsídios para o processo de gestão e planejamento dos recursos hídricos que se encontram dentro do escopo da gestão ambiental. Tal relação é expressa por Aspinall (1999) que definiu os princípios de SIGs para a conservação da paisagem mediante a adoção do conceito de sustentabilidade para fins de gestão ambiental (*land management*), bem como os conceitos da tradição da Geografia como uma ciência de síntese que foca conceitos espaciais, o uso da paisagem como objeto de análise e a contribuição do entendimento geossistêmico para planejamento e gestão dos recursos específicos.

A utilização de técnicas de análise espacial em SIG neste trabalho surge da necessidade de busca de integração de variáveis físicas e socioeconômicas, por meio da modelagem ambiental, para a construção de modelos matemáticos determinísticos que expressam a localização espacial de processos que interferem na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. Nesse contexto, pode-se afirmar que

The for development and application of GIS in landscape conservation is towards the linkage and integration of human and physical environmental systems. (ASPINALL, 1999, p. 973)

Essa assertiva corrobora com a perspectiva de que as técnicas em SIG aplicadas na gestão dos recursos hídricos devem ter como objetivo a implementação de procedimentos que permitam a aplicação de metodologias de integração de variáveis físicas, bióticas e socioeconômicas.

Em suma, o método de análise espacial em SIG adotado para a elaboração do presente trabalho está calcado na construção de um modelo matemático para a identificação na paisagem de processos relacionados à gestão dos recursos hídricos.

Em termos de aplicações de referência, o uso de SIG para o emprego de modelos matemáticos é bastante difundido nas ciências, utilizado em várias áreas

especializadas. A quantidade de livros, artigos, dissertações e teses é ampla e abrange tanto investigações dos componentes físicos quanto dos componentes socioeconômicos.

Um exemplo de aplicação metodológica em SIG de referência para este trabalho trata-se da série de trabalhos apresentados no livro Geoprocessamento e Análise Ambiental (SILVA e ZAIDAN, 2004). Nesta referência são apresentadas exclusivamente aplicações em modelagem ambiental abrangendo tanto aspectos físicos como socioeconômicos, ou ambos, como nas metodologias aplicadas para zoneamento ambiental de áreas protegidas, ecoturismo, localização de aterros sanitários, entre outros. Outro exemplo, trata-se da metodologia desenvolvida por Crepani et al. (2005) para composição de carta de vulnerabilidade dos solos para elaboração de zoneamentos ecológicos-econômicos.

2.2 – A teoria dos geossistemas

2.2.1 – Introdução

A teoria dos geossistemas surgiu na Geografia possivelmente como uma das possibilidades concretas de aplicação da Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida na primeira metade do século XX e com significativo progresso durante e após a Segunda Guerra Mundial, principalmente no ramo das ciências computacionais. Constitui a aplicação de um método de investigação da realidade que proporcionou avanços e resultados práticos em outros ramos da ciência e que naturalmente foi incorporado às investigações geográficas. Nesse sentido:

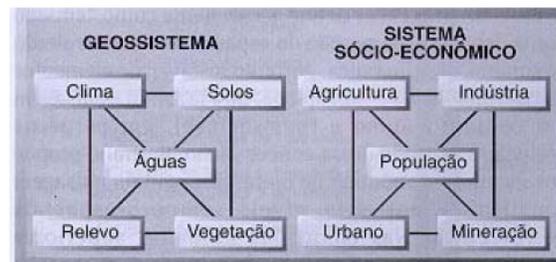
A Teoria dos Sistemas representa um modelo análogo, utilizado amplamente na pesquisa científica, favorecendo a aplicabilidade de princípios e noções estabelecidos em determinado ramo científico aos demais. A utilização das leis de termodinâmica na análise em Geomorfologia, Geografia é o exemplo mais comum. (CHRISTOFOLETTI, 1971, p. 43).

Corroborando com esta idéia, pode-se afirmar que:

[...] a pesquisa geográfica recorre sucessivamente ou simultaneamente aos métodos de cada uma das ciências de que se vale para chegar ao conhecimento analítico dos dados incluídos nas combinações que constituem o objeto de seus estudos fragmentários ou globais. (GEORGE, 1978, p. 8-9).

O termo geossistema assume a concepção de um conjunto de sub-sistemas hierarquicamente organizados que representam a estrutura física, química e biológica terrestre. Busca representar os elementos da litosfera, biosfera e atmosfera por sub-sistemas que interagem permanentemente, dando forma e transformando continuamente as paisagens terrestres. A interação desses elementos é traduzida na forma de processos que envolvem substancialmente a troca de matéria e energia. Trata-se, portanto, conforme explicitado por Chorley (1967), de uma forma empírica de estudo da paisagem, ou seja, uma investigação calcada na observação da estrutura e dinâmica dos processos naturais.

O geossistema não incorpora os elementos do sistema socioeconômico como um de seus componentes; o mesmo é entendido como um sistema extrínseco, porém em permanente interação com os componentes dos geossistemas, conforme explicitado por Christofolletti (1999), sintetizado na Figura 2.1.



Fonte: Christofolletti (1999)

Figura 2.1: Componentes dos geossistemas e do sistema socioeconômico.

Importante também ressaltar que o termo geossistema difere do termo ecossistema por não ter o objetivo de estudar as interações biológicas entre os seres vivos e sua distribuição espacial, ou seja, uma síntese biológica. Com relação a este aspecto, Troppmair (1983) concluiu que a abordagem geossistêmica possui maior verticalidade nas relações, enquanto as investigações ecossistêmicas referem-se a uma horizontalidade espacial. Portanto, pode se concluir que a abordagem geossistêmica é essencialmente uma investigação das relações entre o

homem (sistema socioeconômico) e a natureza (sistemas naturais) destacando a estrutura e a dinâmica das paisagens, ou seja, uma síntese geográfica.

A interação entre os geossistemas e o sistema socioeconômico resulta em uma estrutura paisagística que permite uma leitura da organização espacial de uma sociedade. Neste contexto:

[...] o conceito de geossistema torna-se cada vez mais útil para delimitar o lugar geográfico de assentamento humano e seus níveis de inter-relações mais importantes (MONTIBELLER, 2004, p.121).

Cada paisagem da superfície terrestre é o resultado do processo de interação dos componentes dos geossistemas e as ações dos sistemas socioeconômicos que incorporam constantemente novos elementos à estrutura da paisagem. Os sistemas socioeconômicos são dinâmicos, caracterizados por ações diferenciadas ao longo do tempo e que por consequência produzirão alterações distintas na estrutura da paisagem. Tal perspectiva é compatível com a tese que define espaço geográfico como:

[...] formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá (SANTOS, 2004, p.63).

Assim, é preciso ter uma perspectiva histórica ao analisar as interações entre os sistemas naturais e as ações humanas que variam ao longo do tempo de acordo com as particularidades da sociedade. Dessa forma, os sistemas naturais submetidos às ações de um sistema socioeconômico podem produzir interações diferenciadas segundo as práticas sociais e econômicas adotadas pela sociedade.

Os geossistemas dão suporte às atividades socioeconômicas proporcionando potencialidades ou impondo limitações aos processos de reprodução social e do capital. As ações do sistema socioeconômico que interagem com os componentes dos geossistemas exploram seus potenciais por meio da apropriação de recursos físicos e biológicos que são convertidos para a geração de riquezas incorporadas à sociedade. Contrário a esse benefício, os geossistemas podem impor limitações à expansão do capital, caso as interações com o sistema socioeconômico resulte em

uma dinâmica não compatível com o modelo de desenvolvimento econômico da sociedade. Traduzido para os conceitos sistêmicos, tal argumentação pode ser expressa por meio de *inputs* do sistema socioeconômico que interagem com os sistemas naturais (geossistemas) resultando em *outputs* não compatíveis com a manutenção do *status quo* de geração de riquezas.

Esta relação pode ser exemplificada ao se considerar a análise da contradição do uso dos recursos hídricos para as atividades econômicas e sociais. Paralelo ao caráter essencial dos recursos hídricos para as atividades agrícolas, urbanas e industriais, essas atividades tendem à diminuição da disponibilidade deste recurso na forma de perda da qualidade por alterações químicas provocadas pela poluição ou a própria escassez relacionada à erosão dos solos.

É sob esta ótica que a Teoria dos Geossistemas pode oferecer uma grande contribuição no sentido de identificar as relações entre o sistema socioeconômico e os geossistemas e propor ações que atuem na solução de efeitos negativos de processos ambientais que recaem diretamente sobre a sociedade. Nesse sentido pode-se concluir que:

[...] as ações elaboradas pelo homem no ambiente deveriam ser precedidas por um minucioso entendimento desse ambiente e das leis que regem seu funcionamento, e para isso é necessário elaborar-se diagnósticos ambientais adequados [...] quais permitam imprimir modificações que minimizem os efeitos negativos através de medidas técnicas preventivas e ou corretivas. (ROSS, 2003, p.12).

2.2.2 - Origens do Conceito

O termo geossistema surgiu na Geografia mediante a influência da Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida na década de 1930 por Ludwing Von Bertalanffy e publicada na década de 1960 pelo mesmo autor (BERTALANFFY, 1968).

Segundo Christofletti (1999), a Teoria Geral dos Sistemas foi introduzida inicialmente na Geografia Física pelo geógrafo Richard Chorley, em uma publicação na década de sessenta, propriamente objeto de análise deste autor em uma referência do presente trabalho (CHORLEY, 1967).

Rodrigues (2001) colocou que o termo geossistema está vinculado à denominada “escola russa”, tendo como expoente o geógrafo V.B. Sotchava, considerado por Christofolletti (1995), Troppmair (2000) e Monteiro (2000) entre outros, o pioneiro no uso do termo em um estudo publicado em 1960. Apesar do termo estar associado originalmente à escola russa, foi por meio de Georges Bertrand, em 1968, que o conceito foi difundido no mundo ocidental. Vários autores associaram a difusão tardia desta concepção à barreira lingüística imposta pelo idioma russo. Foi em função dos periódicos do extinto Instituto de Geografia de São Paulo que o conceito foi difundido no Brasil, por meio da publicação no Caderno de Ciências da Terra de número 13 de um texto de Bertrand (1972) e posteriormente, em razão da publicação da tradução dos artigos de Sotchava (1977; 1978).

2.2.3 – Concepções e Divisão Taxonômica

Na literatura que versa sobre o tema existem duas concepções sobre geossistema. Uma é ligada à escola russa liderada por V.B. Sotchava e a outra está associada à escola francesa de Georges Bertrand. Em ambas as abordagens prevalecem propriedades herdadas pela Teoria Geral de Sistemas e a diferença está no fato de que a realidade territorial onde foi aplicada cada uma das teorias é divergente, pois as dimensões do território russo são superiores às dimensões do território francês, o que condicionou diferença na taxonomia dos geossistemas, como será apresentado ao longo do texto.

Em termos conceituais, para Sotchava (1977), os geossistemas constituem-se em sistemas naturais, dinâmicos, abertos e hierarquicamente organizados, passíveis de delimitação ou de serem circunscritos espacialmente em sua tridimensionalidade. Embora sejam sistemas naturais, o autor definiu que os geossistemas devem ser apreendidos considerando as relações com os processos socioeconômicos. Em outras palavras, o autor considerou que as atividades antrópicas podem alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas originais dos geossistemas. Pode-se observar que o conceito de geossistema de V. B. Sotchava inclui aspectos da Teoria Geral dos Sistemas, como a articulação entre os sistemas abertos (relação com objetos de outros sistemas) e da interdependência dos objetos do sistema. Ao colocar que os geossistemas são sistemas hierarquizados o autor também definiu

que os mesmos não se subdividem infinitamente, pois dependem de uma organização geográfica.

A questão da dinâmica é de fundamental importância para fins de aplicabilidade da teoria, pois V. B. Sotchava entendia que seria possível modelar a evolução dos geossistemas por meio da sistematização das análises das propriedades dos mesmos.

A divisão taxonômica adotada por V. B. Sotchava (1977) considerou a Terra como um geossistema planetário, subdividindo-se em diferentes ordens de dimensão e em duas categorias de análise, os geômeros e os geócoros. Os geômeros estão associados aos tipos de meios naturais e os geócoros associados às zonas físico-geográficas, onde prevalecem os aspectos humanos em sua delimitação. O Quadro 2.1 apresenta a divisão taxonômica adotada por V. B. Sotchava.

Quadro 2.1: A Divisão Taxonômica dos Geossistemas de V. B. Sotchava

Ordem Dimensional	Fileira dos Geômeros	Fileira dos Geócoros	
Planetária	Perspectivas dos Tipos de Meio Natural	Zona Físico-Geográfica	
	Tipos de Meio Natural (Tipos de Paisagem)	Grupos de Regiões Físico-Geográficas	
		Subcontinentes	
Regional	Classe dos Geomas	Regiões Físico-Geográficas	
	Subgrupo dos Geomas	Com Latitudes Zonais	Com Zoneamento Vertical
		Sub Zona Natural	Província
		Província	
Geoma	Macrogeócoro (distrito)		
Topológica	Classe das Fácies	Topogeócoro	
	Grupo das Fácies	Mesogeócoro	
	Fácies	Microgeócoro	
	Áreas homogêneas elementares (Biogeocenoses)	Áreas Diversificadas elementares	

Fonte: Adaptado de Sotchava (1977); Org: Napoleão (2007).

Com relação ao sistema taxonômico, o referido autor propôs que o princípio de duas fileiras de classificação do geossistema introduz uma novidade na solução da questão sobre as correlações entre ambos, estabelecidos pelas representações sobre a tipologia (classificações) das paisagens e zoneamento físico-geográfico.

Bertrand (1972) ao apresentar sua concepção do conceito dos geossistemas colocou que a paisagem deveria ser investigada por meio de uma abordagem dinâmica, não sendo a mesma apenas uma incorporação de elementos geográficos disparados no espaço. Segundo esta concepção, a paisagem pode ser considerada como resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único indissociável, em perpétua evolução.

Georges Bertand apresentou nesta definição a relação organizacional-dinâmica da paisagem, conceito introdutório para os geossistemas, definido pelo autor como uma categoria espacial caracterizada por uma relativa homogeneidade dos seus componentes, cuja estrutura e dinâmica resultam da interação entre o “potencial ecológico”, “exploração biológica” e a “ação antrópica” e que se identifica por um mesmo tipo de evolução. Para o autor, o estado de clímax do geossistema seria atingido quando o potencial ecológico e a exploração biológica encontrassem um equilíbrio e as intervenções antrópicas de qualquer natureza no meio implicariam num rompimento deste equilíbrio.

O sistema taxonômico proposto por Bertrand (1972) expôs uma classificação denominada têmporo-espacial, existindo unidades superiores compatíveis com as “zonas” (equatoriais, tropicais e polares), “domínios” ou “regiões naturais” e unidades progressivamente inferiores, que definiriam os “geossistemas”, “geofáceis” e os “geótopos”. Para Rodrigues (2001), embora a divisão fosse classificatória não abrangendo a identificação dos geossistemas, ela faz parte do processo de reconhecimento, já que auxilia no dimensionamento espaço-temporal das unidades espaciais, as quais também se articulam.

Segundo esta taxonomia, as geofácies constituem-se de unidades fisionomicamente homogêneas, caracterizadas por uma mesma fase de evolução geral, abrangendo suas dimensões de dezenas a centenas de quilômetros quadrados. O geótopo corresponde à menor unidade homogênea diretamente discernível no terreno e abrange as dimensões de milhares a centenas de metros quadrados. Bertrand (1972) reforçou a tese de identificação dos geossistemas,

correlacionando-a com as grandezas t mporo-espaciais 4^a, 5^a ou 6^a ordem, desenvolvidas por Cailleux e Tricart (1956) apud Bertrand (1972), considerando essas escalas mais compat veis com os efeitos das interven es antr picas no espa o geogr fico.

Para identifica o dos geossistemas e de suas subdivis es Bertrand (1972), estabeleceu tr s diretrizes b sicas que devem ser consideradas para a delimita o das unidades paisag sticas. Primeiramente, estabeleceu que se deve considerar primordialmente a identifica o das denominadas “descontinuidades objetivas da paisagem” vinculada com a recomenda o de n o impor categorias pr -estabelecidas. Segundo, a delimita o da paisagem deve ser efetivada sem estabelecer valores m dios para a sua classifica o. Terceiro, a delimita o das unidades devem apreender n o somente os seus limites espaciais mais igualmente sua evolu o temporal.

Georges Bertrand (1972) adotou a tipologia din mica que classificou os geossistemas em fun o de sua evolu o e que englobou, em raz o disso, todos os aspectos da paisagem. Essa tipologia foi formulada com base na Teoria Bio-resist sica de Erhart (1956;1958) apud Bertrand (1972). Esta teoria aplicada   din mica evolutiva da paisagem pode ser definida pelas seguintes categorias: progressiva, regressiva ou est vel. Esta aplica o define geossistemas em “biostasia” ou em “resistasia”. O Quadro 2.2 apresenta a classifica o dos geossistemas segundo esses termos.

Quadro 2.2: Classificação dos Geossistemas relacionados aos conceitos de biostasia e resistasia.

Classificação dos Geossistemas	Tipos Associados
<p>1 - <u>Geossistemas em Biostasia</u>: caracterizam-se pela nulidade de processos geomorfogenéticos, ocasionando certa estabilidade ao potencial ecológico. Sua evolução é dominada por processos bioquímicos como a pedogênese e a concorrência entre espécies vegetais. Qualquer intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva sem comprometer o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.</p>	<p>a) <u>Geossistemas climáticos, plesioclimácios ou subclimácios</u>: correspondem às paisagens onde o clímax é relativamente bem conservado. Intervenção humana é limitada e rápida recuperação em casos de impactos ocorridos, sem alteração no potencial ecológico.</p> <p>b) <u>Geossistemas paraclimácios</u>: aparecem no decorrer de uma evolução regressiva, geralmente de origem antrópica, alterando o potencial ecológico ou a exploração biológica.</p> <p>c) <u>Geossistemas degradados com dinâmica progressiva</u>: áreas que são abandonadas após um período de utilização antrópica intensa, ocorrendo um retorno a um estado florestal, geralmente diferente da floresta-clímax original.</p> <p>d) <u>Geossistemas degradados com dinâmica regressiva</u>: correspondem às áreas fortemente antropizadas em que a pressão humana não foi aliviada. A cobertura do solo foi modificada, mas ainda sem rompimento do equilíbrio ecológico.</p>
<p>2 - <u>Geossistemas em Resistasia</u>: existe predominância de processos geomorfogenéticos na dinâmica das paisagens. O ciclo de erosão, transporte e deposição, provocam a mobilidade das vertentes e alterações no potencial ecológico. Os geossistemas em resistasia ocorrem em dois níveis diferentes de intensidade.</p>	<p>e) <u>Geossistemas com resistasia verdadeira</u>: são ligados a uma crise geomorfoclimática ou a uma ruptura catastrófica, provocando uma modificação no modelado do relevo. A destruição da vegetação e do solo pode ser total, criando-se um geossistema totalmente novo.</p> <p>f) <u>Geossistemas com resistasia limitada</u>: são ligados a alterações na parte superficial das vertentes, não criando novos modelados do relevo, mas que podem ser indícios de uma crise geomorfológica. Mobiliza toda a parte biologicamente ativa da vertente.</p> <p>f1) <u>Geossistemas com geomorfogênese natural</u>: a erosão faz parte do clímax, contribuindo para limitar naturalmente o desenvolvimento da vegetação e dos solos.</p> <p>f2) <u>Geossistemas com geomorfogênese antrópica</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Geossistemas em resistasia bioclimática cuja geomorfogênese é ativada pelo homem. ii. Geossistemas em mosaico com geofácies em resistasia, apresentando um certo desequilíbrio. iii. Geossistemas regressivos e com potencial ecológico degradado que se desenvolvem por intervenção antrópica no seio de paisagens em biostasia.

Fonte: Bertrand (1972); Org.: Napoleão, R.P. (2007)

2.2.4 – Aplicação

O aspecto essencial na consideração desta abordagem é a questão conceitual que envolve a concepção de geossistemas e seu uso pertinente à relação com a modelagem ambiental.

Fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas, a proposta permite a decomposição da paisagem em seus componentes e o estabelecimento de relações entre as partes e interferências externas no sistema, facilitando a compreensão, esquematização na forma de um modelo ambiental em que se pode identificar claramente os componentes geossistêmicos e antrópicos.

A abordagem permite a representação metodológica de *inputs* originados por meio de processos antrópicos que interagem com os processos geossistêmicos podendo interferir na estrutura da paisagem e ocasionar efeitos positivos ou negativos na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

A contaminação de corpos hídricos por atividades urbanas e industriais é um exemplo de *input* originado de um processo antrópico que interage com o componente hidrológico dos geossistemas, alterando suas propriedades físicas e químicas, bem como interferem no ecossistema fluvial local impondo fatores limitantes às suas populações.

Em termos de classificação, o geossistema foi utilizado como referência para a localização das sub-bacias prioritárias no contexto paisagístico da área de estudo, associado ao posicionamento das mesmas nas principais sub-bacias hidrográficas da UGRHI PCJ. Para tanto, adotou-se a definição de Troppmair (2000) dos geossistemas paulistas que estabeleceu que a área de estudo abrange três geossistemas paulistas: “a Depressão Periférica”, “as Cuestas Basálticas” e o “Mar de Morros”, os mesmos correlacionáveis com as unidades geomorfológicas definidas pelo IPT.

Durante o processo de apreensão teórica sobre modelos de classificação da paisagem, chegou-se à conclusão que a delimitação das geofácies e dos geótopos definidas por Georges Bertrand ou as fileiras de geómeros ou geócoros definidas por V.B. Sotchava possuiriam pouca aplicabilidade para a investigação de processos relacionados aos recursos hídricos, em função das dificuldades de se estabelecer seus limites e por conseqüência a dificuldade de estabelecer mecanismos de monitoramento de cada unidade, essenciais para a gestão dos recursos hídricos.

Tal procedimento deve ser realizado somente em investigações que têm como objetivo estabelecer um modelo global de apreensão da paisagem.

Os conceitos de biostasia, resistasia, potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica definidos por Georges Bertrand foram utilizados como referência para a descrição das bacias hidrográficas prioritárias para as ações de gestão e planejamento dos recursos hídricos.

Potencialidades, aplicações, evolução e críticas sobre a teoria dos geossistemas desenvolvida principalmente por V. B. Sotchava e Georges Bertrand, podem ser apreendidas em nível nacional em Christofolletti (1986-1987;1995), Troppmair (1983;2000), Monteiro (1978; 2000), Rodrigues (2001) e em nível internacional com uma publicação de própria co-autoria de Georges Bertrand (BERTRAND e BERTRAND, 2002).

2.3 –As Bacias Hidrográficas como Unidade de Análise

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise possui grande aceitação na área de Geociências, como se pode observar em inúmeros trabalhos realizados que utilizam essa abordagem. A aplicação metodológica de conceitos e técnicas em análise espacial dos geossistemas e do sistema socioeconômico adota as bacias hidrográficas como recorte espacial, entendida como base para tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos.

Na literatura que enfoca a gestão e o manejo ambiental, freqüentemente as bacias hidrográficas são consideradas a base territorial mais adequada para o desenvolvimento dos processos de gestão (Quadro 2.3). Dentre as razões para esta escolha, pode-se destacar que os processos físicos e químicos completam seu ciclo dentro da bacia hidrográfica facilitando o manejo técnico-científico no sentido de recuperar os ecossistemas, controlar os efeitos dos seus usos e realizar ações preventivas de proteção.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é de aceitação internacional, pois este recorte espacial constitui-se numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como da funcionalidade de seus elementos, mas também, porque não há qualquer área que não se integre a uma determinada bacia hidrográfica.

A expressão bacia hidrográfica pode ser utilizada tanto para grandes como

pequenas extensões territoriais, bastando apenas localizá-la no espaço, ajustando-lhe o nome do curso d'água responsável pela drenagem superficial da área (PROCHNOW, 1990). Reporta-se a questão da escala de abordagem em que é possível selecionar sucessivamente bacias e sub-bacias hidrográficas em diferentes níveis hierárquicos.

Ainda nesta ótica, torna possível a visualização dos seus limites físicos e a compreensão dos impactos diretos causados por diferentes usos, configurando-se em um instrumento heurístico mediador entre as estratégias conflitantes dos agentes sociais que atuam em uma determinada bacia hidrográfica.

Quadro 2.3: Abordagens da gestão ambiental por bacias hidrográficas.

M. Prochnow (1990)	Por gestão de bacia hidrográfica pode-se entender a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões ambientais nela existentes, mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração. O uso da bacia como unidade de planejamento, permite uma abordagem sistêmica em que o tamanho da bacia escolhida pode ser ajustado às características físicas da diversidade de ocupação, dos problemas ambientais, dos aspectos socioeconômicos e institucionais, bem como dos objetivos, do tempo e do potencial humano disponível.
C. Andreoli (1992)	Uma alternativa para o estabelecimento de um sistema mais adequado de gestão ambiental e planejamento por bacias hidrográficas, respeitando os ecossistemas homogêneos, inserido nos planos de desenvolvimento socio-econômico-ambiental, em nível nacional ou regional integrados com planos executivos em nível de pequenas bacias. Este processo de planejamento não pode ser dissociado do seu gerenciamento baseado na integração participativa, buscando trazer para dentro do processo as discussões sobre os conflitos de uso a partir da vontade local.
E. Yassuda (1989)	O modelo de gerenciamento de bacias hidrográficas baseadas em integração participativa depende do aperfeiçoamento de três procedimentos fundamentais: 1) planejamento estratégico e programação executiva; 2) tomada de decisão mediante discussão e deliberação multilateral e descentralizada (usuários da água e classes sociopolíticas); 3) cobrança direta dos usuários das águas das bacias hidrográficas. Implica, portanto no comprometimento direto da sociedade e das empresas, criando-se a vontade política local que passa a ser o vetor preponderante do sucesso da administração pública na utilização múltipla e integrada dos recursos hídricos e na conseqüente proteção ambiental.

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

No entanto, a utilização do recorte espacial representado pelas bacias hidrográficas como unidade básica para a prática da gestão ambiental possui certas peculiaridades no que diz respeito aos aspectos físicos e político-institucionais que merecem ser destacadas.

A gestão por bacias hidrográficas torna-se mais complexa pelo fato que em uma mesma bacia pode existir áreas de drenagem de sub-bacias dispostas exclusivamente dentro de limites estaduais (ou mesmo municipais), enquanto outras extrapolam estes limites, configurando-se sub-bacias federais. Este aspecto legal compromete a autonomia de órgãos estaduais que podem ter suas competências sobrepostas por regulamentações de instâncias federais. Em função dessa questão é que surge a implantação dos comitês de bacia, como uma entidade organizacional integrativa entre os Municípios e os Estados que compõem a área física da bacia. Um outro aspecto, com relação às peculiaridades, diz respeito à dinâmica físico-hídrica, pois muitas vezes este recorte espacial não corresponde aos limites das unidades litológicas que controlam a dinâmica das águas subterrâneas, colocando-se como um complicador para equacionamento dos problemas relativos à qualidade e quantidade das águas, pois existe uma indeterminação quanto a possibilidade de gerir problemas de uso do solo fora dos limites do recorte espacial.

Ainda sobre o aspecto da adoção deste recorte espacial, LANNA (1995) apontou que ao se considerar as bacias hidrográficas como unidade de gestão e considerando o uso do solo e as estratégias dos múltiplos agentes sociais, surge a dificuldade de lidar com a complexidade caótica desses sistemas, impedindo que se possa representá-los com rigor por meio de fluxogramas, pois existe tanto uma aleatoriedade de comportamento, quanto alterações nas próprias estratégias ao longo do tempo, que podem modificar totalmente as condições pré-estabelecidas de planejamento.

Existem outras limitações do ponto de vista físico e biológico com relação aos fluxos genéticos e da dinâmica hidrogeológica, que não necessariamente coincidem com o fluxo natural de matéria e energia em uma bacia hidrográfica, o que dificulta a análise plena de fenômenos ecológicos.

Embora sejam identificadas essas dificuldades, a área de uma bacia hidrográfica mostra-se como a unidade mais adequada para a gestão e planejamento dos recursos hídricos, tendo inclusive respaldo legal. De acordo com a Lei Federal 9.433/97, Capítulo I, referente aos fundamentos da Política Nacional

de Recursos Hídricos, o artigo primeiro, inciso V, define a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação dessa política, assim como unidade de atuação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (LEI FEDERAL, 1997).

2.4 - Gestão e Planejamento dos Recursos Hídricos

A gestão e o planejamento dos recursos hídricos insere-se no contexto maior das discussões em torno do que vem sendo designado como gestão ambiental (IBAMA, 1994), cujo surgimento é fruto de um processo histórico de conscientização por parte da sociedade em suas diversas esferas que a compõe, conforme apontado por Ross (1998), Napoleão (2000), Ribeiro (2001), Nobre et al. (2002) e Gonçalves (2005) em uma revisão sob a ótica de marcos históricos. Essa relação está prevista na lei Federal 9.433 (Política Nacional de Recursos Hídricos) Capítulo 3, artigo 3º, inciso III, onde estabelece em suas diretrizes gerais de ação a integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (LEI FEDERAL, 1997).

O objetivo da gestão e do planejamento ambiental é articular as ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço visando garantir, com base em princípios e diretrizes previamente acordados e definidos, a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais - naturais, econômicos, sociais e culturais - às especificidades do meio ambiente (LANNA, 1995). Ainda segundo LANNA (1995), a gestão ambiental é precedida pelo planejamento ambiental, constituindo-se como um processo organizado de obtenção de informações, reflexão sobre os problemas e potencialidades de uma região.

A prática dos conceitos deve ser estabelecida pelas entidades governamentais em nível institucional e nas esferas governamentais municipais, estaduais e federais. As instituições governamentais possuem instrumentos para prática da gestão ambiental, destacando-se a gestão integrada de bacias hidrográficas, o manejo florestal sustentado, o manejo integrado de pragas, o gerenciamento costeiro, a gestão de unidades de conservação e o licenciamento ambiental (BRESSAN, 1996).

A gestão de bacias hidrográficas, instrumento da gestão ambiental, vem assumindo nos últimos anos grande importância no cenário nacional, especialmente em virtude dos problemas gerados pela degradação das águas por múltiplos usos em áreas de forte concentração urbana e industrial. A água é um recurso natural,

vital e condicionante para a manutenção da vida (SILVEIRA, 2002; BENETTI, 1993) e de grande importância econômica e social, constituindo-se um elemento estratégico primordial para a política governamental no âmbito dos ecossistemas, das políticas desenvolvimentistas e dos agentes sociais.

A preocupação com os recursos hídricos assume a escala mundial, alvo de debates em entidades governamentais de atuação global.

No Brasil, esta crescente preocupação das entidades governamentais cristaliza-se na promulgação da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que trata da Política Nacional dos Recursos Hídricos, a qual apresenta diretrizes para o uso racional deste recurso natural. Essa lei aponta diversas normas para o tratamento da questão da gestão das águas, destacando-se a legalização de instrumentos para esta política, tais como: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, a outorga dos direitos de uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre recursos hídricos (LEI FEDERAL, 1997).

Um dos aspectos mais positivos da Lei 9.433/97 diz respeito a um de seus fundamentos: a gestão descentralizada e a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, conforme estabelecido no artigo primeiro, inciso VI (LEI FEDERAL, 1997). A descentralização da gestão cristaliza-se em razão da hierarquia criada para o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Este sistema é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, pelos Comitês de Bacia Hidrográficas, pelos órgãos dos poderes públicos: federal, estadual e municipal, cujas competências se relacionam com a gestão dos recursos hídricos e pelas agências de bacia. Segundo a citada Lei, todos estes órgãos devem contar com a gestão participativa entre o Poder Público, os usuários e os representantes das organizações civis; este aspecto não é mencionado para os órgãos cujas competências se relacionam com a gestão dos recursos hídricos.

Um outro aspecto positivo, porém polêmico, refere-se à cobrança pelo uso da água. A Seção IV da Lei 9.433/97 trata exclusivamente da cobrança do uso especificando que a mesma deve incentivar a racionalização do uso do recurso, visto que a cobrança incide em termos quantitativos e qualitativos, ou seja, a quantidade que é captada e a qualidade que essa água retorna ao local de origem da captação. Segundo o artigo 22, os valores arrecadados devem ser prioritariamente revertidos para a bacia hidrográfica em que foram gerados e devem

ser alocados para o financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídas nos Planos de Recursos Hídricos; do mesmo modo deve cobrir as despesas administrativas, não excedendo esse valor a 7,5% do total arrecadado. A cobrança pelo uso de recursos hídricos constitui um excelente instrumento de financiamento para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos; no entanto, a grande polêmica com relação a isso diz respeito ao estabelecimento do valor a ser pago por unidade de água a ser consumida ou descartada. Malgrado os indiscutíveis benefícios da cobrança dos usuários de recursos hídricos, as entidades empresariais e agrícolas temem que esse valor onere ainda mais as receitas de suas atividades em um contexto contemporâneo de alta carga tributária e de alta competitividade econômica.

Outro fato a ser destacado com relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil trata-se da implantação da Agência Nacional de Águas (ANA). A implantação desta agência colocou em evidência a preocupação das entidades governamentais federais com a questão dos recursos hídricos no Brasil, em razão do fato que esta agência regulamentou a Lei Nacional 9.433/97. Segundo o Governo Federal, a ANA terá a competência de adotar medidas necessárias para o atendimento do interesse público e para o desenvolvimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, atuando com independência, imparcialidade, legalidade, impessoalidade, moralidade e publicidade e especialmente: regular, fiscalizar, controlar e atualizar as ações e as atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos.

Deste modo, a gestão dos recursos hídricos no Brasil vem atender à necessidade de resolução dos problemas relacionados ao tratamento da questão do uso e do equacionamento das demandas dos diversos agentes sociais, constituindo-se:

[...] uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos. (LANNA, 1993, p. 727).

A conscientização da escassez frente às demandas de múltiplos usuários pelos recursos hídricos vem sendo apontada como questão fundamental para o gerenciamento de conflitos entre diversos agentes sociais, exigindo, para tratamento desta questão, ações de planejamento e gestão, que podem ser entendidos como:

[...] conjunto de procedimentos organizados que visam ao atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita deste recurso; [...] a gestão de recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos. (BARTH,1987, p.12)

Assim, entendemos que o processo de planejamento é fundamental, o que exige um fim em si, que é proporcionar a utilização racional deste bem natural de fundamental importância para a sociedade, podendo ser entendido como:

[...] o planejamento dos recursos visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais. BARTH (1987, p.12)

A presença desses problemas na atualidade reforça a necessidade da atuação constante de uma política para os recursos hídricos. Na área de estudo, o reflexo da atuação desta política se dá pela implementação e atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiáí – CBH-PCJ e de sua respectiva agência de bacia.

Segundo ROSS (1998) o CBH-PCJ, fundado em 18 de novembro de 1993 (primeiro comitê fundado em São Paulo) teve seu embrião baseado na experiência acumulada pelas atividades do Consórcio Intermunicipal da Bacia do Piracicaba-Capivari. Este Consórcio foi fundado em 13 de outubro de 1989 e tinha o objetivo de reunir prefeituras para a recuperação das bacias hidrográficas dos rios Capivari e Piracicaba (anos depois foi incorporada a bacia do rio Jundiáí).

O CBH-CPJ está organizado de acordo com o modelo sistêmico de integração participativa que, segundo LANNA (1995) é considerado como um dos mais modernos no que se refere à gestão dos recursos hídricos, caracterizando-se

pela criação de uma estrutura sistêmica e pela adoção de três instrumentos principais:

- o planejamento estratégico multissetorial por bacias hidrográficas;
- a tomada de decisão em função de deliberações multilaterais e descentralizadas, baseadas na constituição de um comitê de bacias hidrográficas com a participação de todos os atores sociais atuantes na bacia;
- o estabelecimento de instrumentos legais e financeiros necessários para a implementação de planos e programas de investimentos.

Este modelo de gestão integral e participativa ressalta a importância das ações em escala local para a obtenção da melhoria das condições dos recursos hídricos e equacionamento dos conflitos existentes em diferentes escalas, conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

Malgrado os avanços consideráveis no arcabouço legal e no desenvolvimento de instrumentos de gestão dos recursos hídricos, ainda não existe uma metodologia difundida e plenamente adotada para definição de focos espaciais para a aplicação dos recursos humanos e financeiros direcionados para o diagnóstico de áreas ou atividades que possuem alto potencial de geração de impactos ambientais.

Tal assertiva pode ser comprovada ao se considerar o cenário atual da gestão dos recursos hídricos no Brasil em que se pode constatar uma frequência significativa de desastres ambientais envolvendo atividades industriais em bacias hidrográficas, que em alguns casos, podem comprometer significativamente os recursos hídricos dos sistemas fluviais nos quais essas atividades estejam inseridas, inclusive, com implicações de ordem econômica e social. Um exemplo desses desastres foi o registrado na indústria de papel Cataguases, que de acordo com Ibama/MG e Companhia de Saneamento de Minas Gerais, no ano de 2003, provocou o vazamento de aproximadamente um (1) bilhão e duzentos (200) milhões de litros de produtos tóxicos na bacia hidrográfica do rio Pomba, uma sub-bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Outro exemplo de evento catastrófico trata-se do desastre ambiental ocorrido em outubro de 2006 na bacia hidrográfica do rio dos Sinos (RS), que provocou alterações profundas nos ecossistemas fluviais ocasionando intensa mortalidade de peixes (Comitê do rio Sinos). Outro desastre envolveu o rompimento da barragem da mineradora “Rio Pomba Cataguases”, em janeiro de 2007, que provocou o vazamento de detritos resultantes da lavagem de bauxita na bacia hidrográfica do rio Fubá e Muriaé, provocando a colmatação de

trechos dos cursos fluviais e um fluxo de detritos que ocasionou impactos ambientais em municípios do Estado de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Esses eventos, entre outros, demonstram que embora a gestão dos recursos hídricos no Brasil tenha evoluído em termos legais e administrativos, ainda não existem instrumentos efetivos de controle de riscos ambientais e que o desenvolvimento de metodologias neste sentido pode dar início a uma nova etapa na gestão de recursos hídricos.

Esse aspecto surge como um desafio para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, porém constitui-se uma oportunidade para que não só instrumentos técnicos e legais sejam aperfeiçoados, mas sobremaneira, que as ações de gestão sejam mais eficientes.

III – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

3.1.1 – Base Cartográfica

Como base cartográfica foram utilizadas as cartas topográficas na escala de 1:50.000 elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O Quadro 3.1 apresenta as cartas topográficas que abrangem a área de estudo.

Quadro 3.1: Cartas do IBGE (escala 1:50.000) utilizadas no trabalho.

Id	Denominação	Nomeclatura	Id	Denominação	Nomeclatura
1	Dois Córregos	SF-22-Z-B-III-3	23	Valinhos	SF-23-Y-A-VI-3
2	Brotas	SF-22-Z-B-III-4	24	Bragança Paulista	SF-23-Y-A-VI-4
3	São Carlos	SF-23-Y-A-I-1	25	Munhoz	SF-23-Y-B-IV-1
4	Corumbataí	SF-23-Y-A-I-2	26	Cambuí	SF-23-Y-B-IV-2
5	Itirapina	SF-23-Y-A-I-3	27	Extrema	SF-23-Y-B-IV-3
6	Rio Claro	SF-23-Y-A-I-4	28	Camanducaia	SF-23-Y-B-IV-4
7	Leme	SF-23-Y-A-II-1	29	Paraisópolis	SF-23-Y-B-V-1
8	Araras	SF-23-Y-A-II-3	30	Monteiro Lobato	SF-23-Y-B-V-4
9	Conchal	SF-23-Y-A-II-4	31	Laranjal Paulista	SF-23-Y-C-I-1
10	Moji-Guaçú	SF-23-Y-A-III-3	32	Porto Feliz	SF-23-Y-C-I-2
11	Barra Bonita	SF-22-Z-B-VI-1	33	Salto	SF-23-Y-C-II-1
12	St. Maria da Serra	SF-22-Z-B-VI-2	34	Indaiatuba	SF-23-Y-C-II-2
13	São Pedro	SF-23-Y-A-IV-1	33	Itú	SF-23-Y-C-II-3
14	Piracicaba	SF-23-Y-A-IV-2	34	Cabreúva	SF-23-Y-C-II-4
15	Laras	SF-23-Y-A-IV-3	35	Jundiaí	SF-23-Y-C-III-1
16	Capivari	SF-23-Y-A-IV-4	36	Atibaia	SF-23-Y-C-III-2
17	Limeira	SF-23-Y-A-V-1	37	Santana do Parnaíba	SF-23-Y-C-III-3
18	Cosmópolis	SF-23-Y-A-V-2	38	Guarulhos	SF-23-Y-C-III-4
19	Americana	SF-23-Y-A-V-3	39	Piracaia	SF-23-Y-D-I-1
20	Campinas	SF-23-Y-A-V-4	40	Igaratá	SF-23-Y-D-I-2
21	Amparo	SF-23-Y-A-VI-1	41	Itaquacetuba	SF-23-Y-D-I-2
22	Socorro	SF-23-Y-A-VI-2			

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

3.1.2 – Informações Temáticas

Fez-se uso das seguintes informações temáticas para a elaboração do trabalho:

- _ Mapa geológico do Estado de São Paulo (São Paulo, 1981a);
- _ Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (São Paulo, 1981b);
- _ Mapa pedológico do Estado de São Paulo (IAC, 1999);
- _ Mapa de pluviosidade média anual (isoetas) das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ, 2005);
- _ Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do rio Corumbataí, ano 2000 (CEAPLA, 2005);
- _ Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1978) (PIRACENA, 2005a);
- _ Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1985) (PIRACENA, 2005b);
- _ Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1993) (PIRACENA, 2005c);
- _ Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1997) (PIRACENA, 2005d);
- _ Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicamirim (1962) (PIRACENA, 2005e);
- _ Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicamirim (1965) (PIRACENA, 2005f);
- _ Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Corumbataí Napoleão (2002).

3.1.3 – Dados de Sensoriamento Remoto

Fez-se uso das imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+, utilizando-se os dados dos sensores *thematic mapper* (bandas 3, 4 e 5 com 30 metros de resolução espacial) e *enhanced thematic mapper plus* (banda 8 com 15 metros de resolução espacial). Estes dados foram utilizados para obtenção das feições de uso da terra e de cobertura vegetal da área de estudo. As cenas descritas na Tabela 3.1 foram obtidas por meio do projeto *Global Land Cover Facility*.

Tabela 3.1: Órbita, ponto, bandas e data de aquisição dos dados referentes às imagens LANDSAT 7 ETM+.

Órbita	Ponto	Bandas	Data
219	076	3,4,5 e 8	30/04/2000
220	075	3,4,5 e 8	23/03/2001
220	076	3,4,5 e 8	10/03/2002

3.1.4 – Dados Municipais

Para diagnóstico do sistema socioeconômico foram utilizados dados disponibilizados pela Fundação SEADE referentes aos municípios que abrangem a área de estudo. Os dados foram obtidos para as seguintes variáveis: população total, produto interno bruto (PIB), número de estabelecimentos industriais e índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM). Os dados coletados são referentes ao ano de 2000 em função da indisponibilidade temporal para todas as variáveis selecionadas para anos subsequentes.

Para a representação cartográfica da modelagem dos dados socioeconômicos foram utilizados dados da malha municipal do Estado de São Paulo, disponibilizados digitalmente pelo IBGE.

3.1.5 - Apoio Computacional

Para alcance dos objetivos propostos foram utilizados como base para estruturação, processamento e representação dos dados e informações, os programas Spring 4.1.1, Scarta 4.1.1 e Iplot 4.1.1, todos produzidos e disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Aeroespaciais (INPE).

Para processamento tabular de dados e edição textual foram utilizados respectivamente os softwares Excel e Word 2000, ambos da empresa *Microsoft Corporation*.

3.2 – Metodologia e Técnicas

A metodologia adotada possui aplicabilidade em unidades de gestão dos recursos hídricos baseada na modelagem ambiental e tem como ferramenta principal o uso de técnicas de análise espacial para integração de informações geossistêmicas e socioeconômicas em um Sistema de Informações Geográficas.

O modelo ambiental adotou as bacias hidrográficas como unidade de análise e propôs a seleção de sub-bacias hidrográficas prioritárias como foco para atuação da gestão e planejamento dos recursos hídricos.

Mediante a aplicação técnicas de análise espacial em um Sistema de Informações Geográficas a metodologia intentou viabilizar os resultados definidos como objetivo do presente trabalho.

Para obtenção dos resultados, a metodologia de pesquisa se dividiu em fases, a seguir expressas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2: Fases de desenvolvimento da presente tese.

FASES	DESCRIÇÃO DA FASE
1	Criação do banco de dados geográficos, projetos, modelos de dados e planos de informações.
2	Importação dos dados e informações ambientais
3	Delimitação das sub-bacias hidrográficas
4	Obtenção das informações de altimetria e declividade
5	Obtenção das informações de uso da terra e cobertura vegetal
6	Obtenção dos níveis de intensidade de dissecação do relevo
7	Obtenção dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos
8	Análises Socioeconômicas
9	Definição das Sub-bacias hidrográficas prioritárias (Grupo 1)
10	Definição das Sub-bacias hidrográficas prioritárias (Grupo 2)
11	Definição das Sub-bacias hidrográficas prioritárias (Grupo 3)
12	Definição das Sub-bacias hidrográficas prioritárias (Grupo 4)
13	Representação das informações.

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

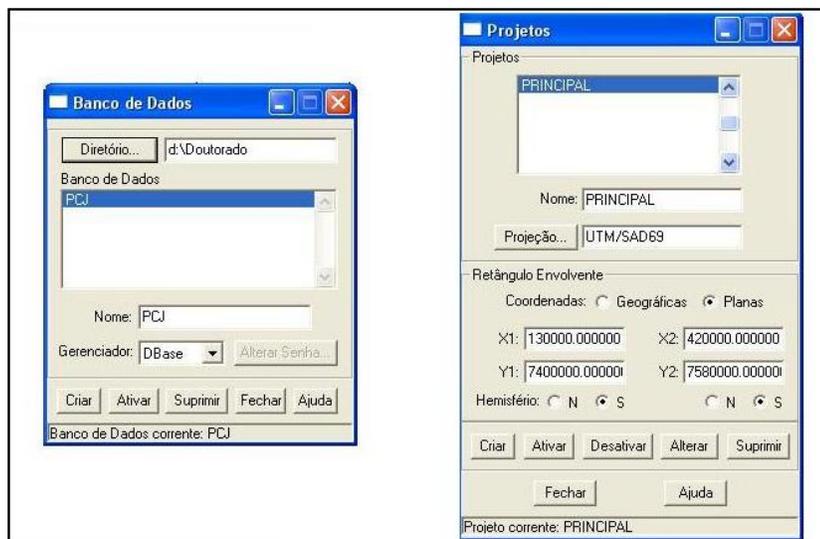
3.2.1 - Fase 1 (Modelagem ambiental, Criação do Banco de Dados Geográficos, Projetos, Modelos de Dados e Planos de Informações).

A modelagem ambiental é um processo de representação seletiva da realidade terrestre tendo como objetivo a sua investigação científica (CHORLEY, 1967). É um procedimento necessário para estruturação do modelo de dados e planos de informações em um Sistema de Informações Geográficas. Trata-se de um procedimento de abstração da realidade tendo como suporte a seleção e representação geométrica e topológica dos componentes do sistema ambiental.

Em ambiente Spring 4.1.1 as operações básicas de implementação da modelagem ambiental em SIG abrangem as etapas de criação de banco de dados geográficos, de projetos, de modelos de dados e de planos de informações.

A operação inicial básica é a criação de um banco de dados geográficos associado a projetos com suas respectivas extensões territoriais. Para criação dos projetos existe a necessidade de especificação de uma projeção geográfica e um modelo de representação terrestre (*datum*).

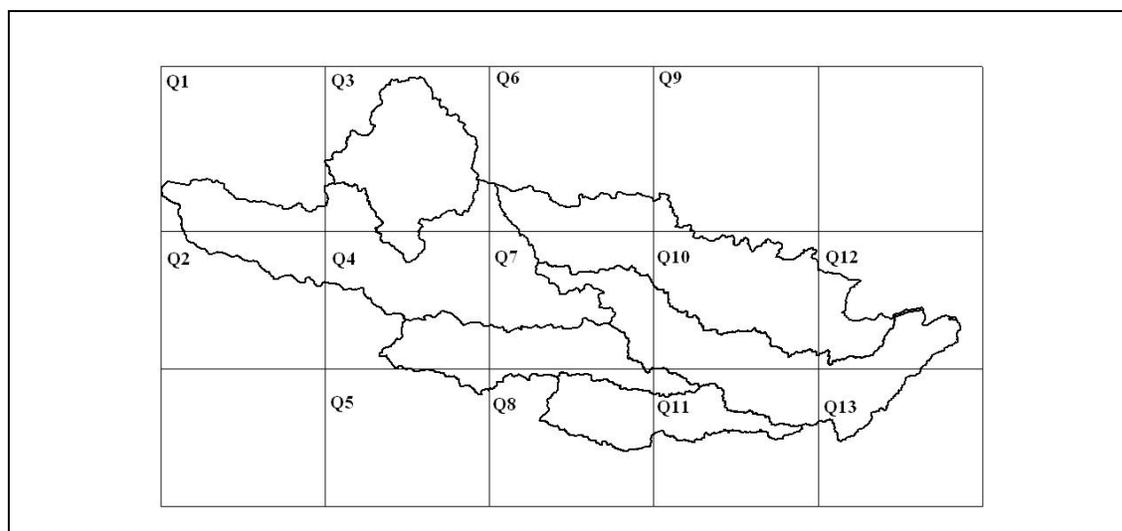
Acessando os módulos *banco de dados* e *projeto* foram criados, respectivamente, os registros “PCJ” e “Principal”. Para o projeto “Principal” foram especificados a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM – fuso 23s) e o *datum* SAD69 e os limites abrangendo as coordenadas 130.000_{x1} , 420.000_{x2} , $7.400.000_{y1}$ e $7.580.000_{y2}$, conforme especificado na Figura 3.1.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.1: Caixas de controle de banco de dados e projetos do Spring 4.1.1.

Subsidiariamente ao projeto principal foram criados 13 projetos auxiliares. A criação destes projetos foi necessária em função da grande necessidade de processamento exigida para a manipulação de três cenas do satélite Landsat com 15 metros de resolução espacial. A manipulação de tal quantidade de dados em um só projeto dificultaria a manipulação das imagens, considerando a capacidade de processamento e utilização de memória “RAM” requeridas para esse tipo de procedimento. A Figura 3.2 mostra a distribuição dos projetos auxiliares na área de estudo.

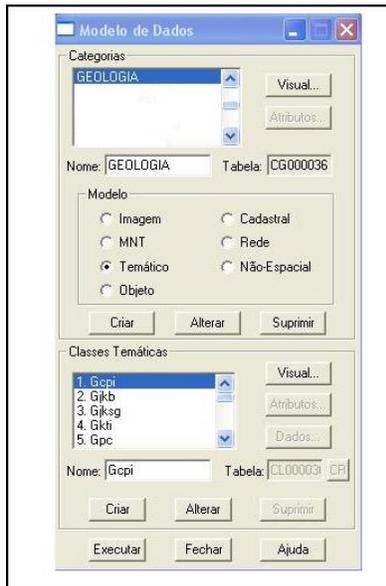


Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.2: Localização dos projetos auxiliares e das sub-bacias hidrográficas na área de estudo.

Para representação da realidade geográfica por meio da modelagem ambiental foi necessária a criação de modelos de dados especificados pelo Spring 4.1.1. Dentre os modelos de dados disponibilizados neste SIG, foram selecionados para execução metodológica os modelos: *temático*, *imagem* e *numérico*. A Figura 3.3 mostra a caixa de controle do módulo *Modelo de Dados* do Spring 4.1.1 na ocasião de criação do modelo “geologia”.

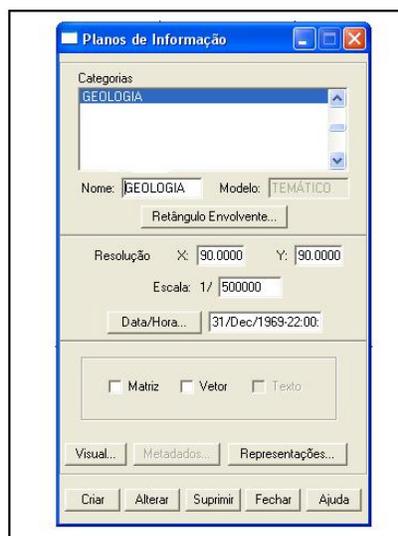
Para cada categoria temática foi necessária a criação de classes temáticas que abrangem as variações qualitativas dos componentes ambientais a serem representados.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.3: Caixa de controle do módulo “modelo de dados”.

Após a definição dos modelos de dados a serem utilizados precedeu-se a definição dos planos de informações necessários para a execução metodológica. Na ocasião de criação dos planos de informações definidos foi especificada a resolução de 90x90 metros e escala cartográfica de 1:500.000. A Figura 3.4 demonstra a criação do plano de informação “geologia” e o Quadro 3.3 apresenta todos os planos de informação definidos para execução do trabalho.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.4: Caixa de controle do módulo “planos de informação”.

Quadro 3.3: Modelos de dados, categorias e planos de informações criados no banco de dados geográficos para o projeto “principal”.

MODELOS	CATEGORIAS	PLANOS DE INFORMAÇÕES
TEMÁTICO	GEOLOGIA	(geologia)
	GEOMORFOLOGIA	(geomorf)
	PEDOLOGIA	(pedologia)
	DISSECAÇÃO	(dissecação)
	PLUVIOSIDADE	(pluviosidade)
	DRENAGEM	(drenagem)
	USO	(uso)
	ALTIMETRIA	(altimetria)
	DECLIVIDADE	(declividade)
	SUB-BACIAS	(3ordem), (4ordem), (5ordem), (6ordem), (limites), (suso), (s_agri) (sidhm), (spg1), (spg2), (spg3) e (spg4)
	INTENSIDADE	(intensidade)
	MUNICÍPIOS	(base), (pop), (pib), (ind), (idhm) e (potencial)
NUMÉRICO	TOPOGRAFIA	(curvas)
	NGEOLOGIA	(ngeologia)
	NPEDOLOGIA	(npedologia)
	NDISSECAÇÃO	(ndissecação)
	NPLUVIOSIDADE	(npluviosidade)
	NUSO	(nuso)
	NDECLIVIDADE	(ndecividade)
	NINSTENSIDADE	(nintensidade)
NMUNICÍPIOS	(npop), (npib), (nind) e (npotencial)	
IMAGEM	LANDSAT	(L3), (L4), (L5), (L8) e (LS)

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

3.2.2 – Fase 2 (Importação dos Dados e Informações Ambientais)

Compreendeu a etapa de importação dos dados e informações obtidas previamente para execução do projeto.

O objetivo desta fase foi incorporar ao banco de dados geográficos os dados e informações julgadas essenciais para a etapa de modelagem ambiental e possibilitar o seu processamento por meio do uso de técnicas de análise espacial em um Sistema de Informações Geográficas.

Esta técnica foi executada com o suporte dos módulos *importar* e *importar tiff/geotiff* do Spring 4.1.1.

O módulo *importar* foi utilizado para se obter as informações em formato *dxf* e vinculá-las aos respectivos planos de informações. Os planos de informações vinculados às informações ambientais importadas do formato *dxf* foram: “geologia”, “pedologia”, “geomorf”, “pluviosidade”, “base”, “curvas” e “grade”.

O módulo *importar tiff/geotiff* foi utilizado para obtenção dos dados e das imagens Landsat e vinculá-las respectivamente aos planos de informações. Os planos de informações vinculados nesta ação foram: *L3, L4, L5, L8*.

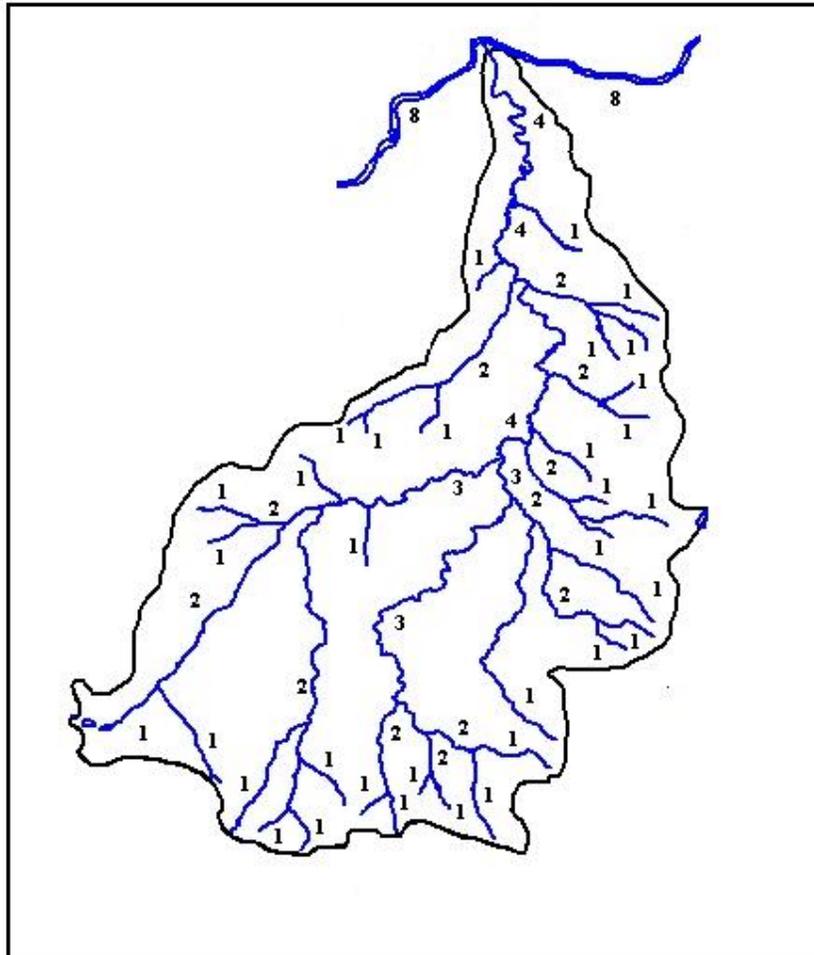
3.2.3 - Fase 3 (Delimitação das Sub-bacias Hidrográficas)

Compreendeu a fase de delimitação das sub-bacias hidrográficas e a hierarquização a partir da terceira ordem de drenagem. O objetivo desta fase foi averiguar, baseado na metodologia de hierarquização de drenagem desenvolvida por Strahler (1957), o nível de ordem de drenagem, na escala 1:50.000, mais adequado para qualificação como unidade de análise, considerando a relação extensão em área ocupada e diversidade em número de unidades.

A técnica desenvolvida pelo geomorfólogo Artur N. Strahler se baseia nos seguintes argumentos para definição da ordem de um determinado canal fluvial:

- 1) Os canais de primeira ordem são considerados canais de menor porte sem a presença de tributários;
- 2) Os canais de segunda ordem surgem a partir da confluência de canais de primeira ordem, podendo receber tributários de primeira ordem ao longo de seu curso;
- 3) Os canais de terceira ordem surgem a partir da confluência de dois canais de segunda ordem e podem ter como tributários canais de primeira ordem e de segunda ordem; e assim sucessivamente para as ordens superiores.

A Figura 3.5 mostra um exemplo de hierarquização de drenagem seguindo a metodologia de Strahler (1957) com a hierarquização da sub-bacia do rio Piracicamirim (quarta ordem) e sua confluência com o rio Piracicaba (oitava ordem).

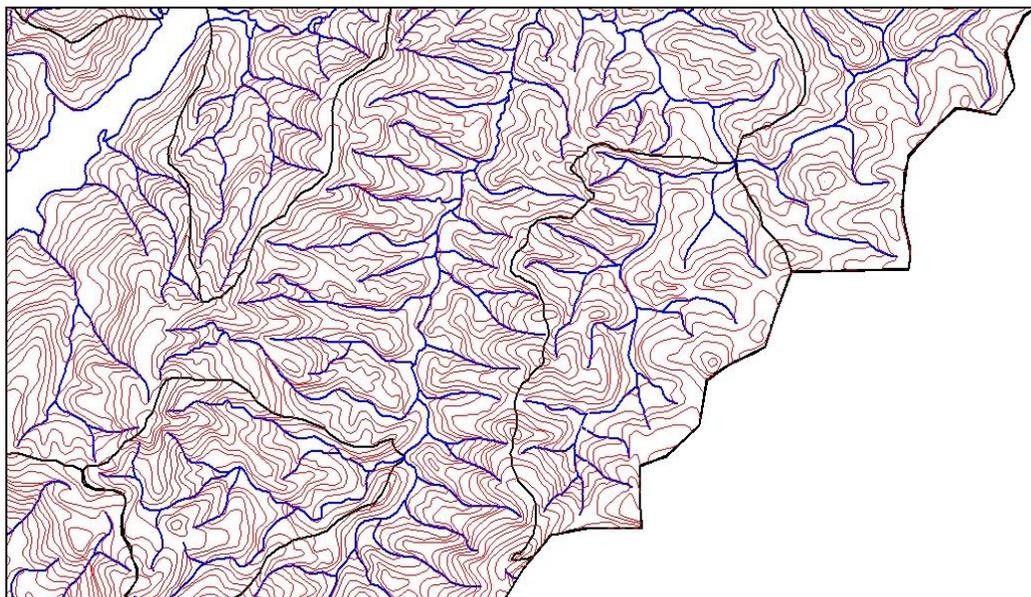


Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.5: Hierarquização da rede de drenagem segundo metodologia de Strahler (1957).

A delimitação das feições espaciais teve como base os planos de informações “drenagem” e “curvas” e o uso da técnica de vetorização implementada por meio do módulo *edição vetorial*. Foi necessária a criação dos planos de informação “3ordem”, “4ordem”, “5ordem”, “6ordem” e “limites”. A vetorização das sub-bacias hidrográficas foi realizada manualmente com base na edição vetorial de polígonos do modelo de dados “temático” nos planos de informação supracitados. A técnica utilizada para a delimitação das sub-bacias hidrográficas consistiu essencialmente no traçado da linha de cumeeira que divide uma bacia hidrográfica de uma adjacente. Ao se traçar uma linha de cumeeira deve-se observar os seguintes aspectos: 1) a linha apenas intercepta a drenagem na foz do rio principal; 2) a linha

nunca corta as linhas de drenagem das sub-bacias hidrográficas adjacentes; 3) a linha passa pelos pontos de cota mais elevada entre a sub-bacia e as sub-bacias adjacentes; 4) o curso da linha é definido pela forma das curvas de nível. A Figura 3.6 mostra as linhas de cumeeira delimitando sub-bacias hidrográficas de terceira ordem.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

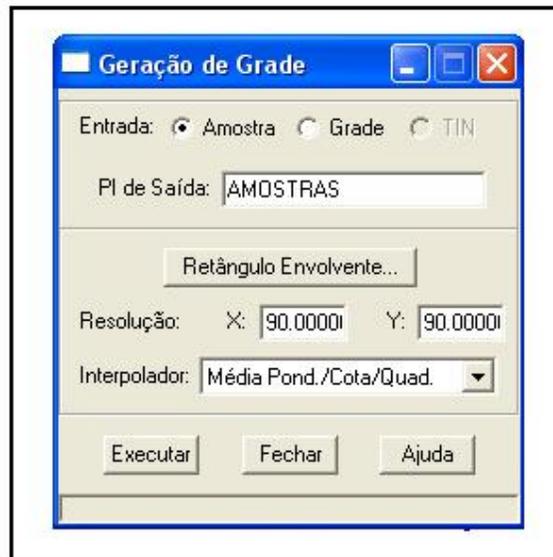
Figura 3.6: Amostra de delimitação das linhas de cumeeira das sub-bacias hidrográficas.

3.2.4 – Fase 4 (Obtenção das Informações de Altimetria e Declividade)

Tendo como base a aplicação das técnicas de interpolação e a extração automática de dados de declividade, bem como a aplicação de técnicas de classificação, foram obtidas as informações de variação altimétrica e de declividade da UGRHI PCJ.

A técnica de interpolação foi utilizada para extração dos dados de altimetria para toda área de estudo baseando-se nas amostras de isolinhas do plano de informação “curvas”. Esta técnica baseia-se fundamentalmente na aplicação de um algoritmo de interpolação objetivando a obtenção de dados de toda uma superfície geográfica tendo como referência os dados contidos em pontos amostrados ou por meio de isolinhas. Esta técnica é implementada no Spring 4.1.1 por meio do módulo *Geração de Grade Retangular* e deve ser empregada quando os dados amostrados não são obtidos como espaçamento regular, como é o caso das curvas de nível de

uma carta topográfica (INPE, 2006). A Figura 3.7 mostra a caixa de controle na ocasião de obtenção de uma grade retangular para o plano de informação “curvas”.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.7: Caixa de controle do módulo “Geração de Grade” do Spring 4.1.1.

A utilização do interpolador *média ponderada por cota e por quadrante* deve ser efetuada quando as amostras são do tipo isolinhas. Ao final deste processo o plano de informação “curvas” passou a conter uma grade numérica associada aos valores de altimetria interpolados, bem como uma imagem classificada representando esta variação.

Para obtenção das informações de declividade foi necessária a ativação do plano de informação “curvas” e a execução do módulo *declividade* no Spring 4.1.1. Para execução deste módulo foi necessário estabelecer os dados de entrada (os dados contidos na grade do PI “curvas”), a definição de saída e a unidade percentual. Esse procedimento criou o PI “nddeclividade”.

3.2.5 - Fase 5 (Obtenção das Informações de Cobertura Vegetal e Uso da Terra)

Para obtenção das informações de cobertura vegetal e uso da terra, inicialmente foi necessária a criação das seguintes classes temáticas no plano de informação “uso”: água, agricultura, áreas urbanas, cana-de-açúcar, mata, pasto/campo antrópico e reflorestamento. A definição das classes teve como

referência os mapeamentos citados no item 3.1.2 com modificações para adequação aos propósitos do trabalho. A adaptação consistiu no agrupamento das classes culturas perenes, culturas anuais e citrus na classe agricultura e capoeira, cerrado e mata na classe mata, ambas associações com o intuito de simplificar esse tipo de ocupação.

As informações de cobertura vegetal e uso da terra foram obtidas com base nos dados Landsat 7 ETM+ expressos no SIG por meio dos planos de informações “L3”, “L4”, “L5”, “L8” e “LS”. A seleção das bandas foi definida em função da constatação que dentro do intervalo eletromagnético abrangendo os canais 3, 4 e 5 do Landsat ETM+, encontram-se boa parte da resposta espectral dos alvos de interesse. A utilização da banda 8 pancromática, expressa por meio do plano de informação “L8”, foi necessária para composição de uma imagem sintética do tipo IHS.

Foram utilizadas as seguintes técnicas para obtenção das informações de uso da terra e cobertura vegetal: fusão de imagens, interpretação visual e classificação de imagens de satélite.

A técnica de fusão de imagens foi utilizada para obtenção de uma composição que reúne a resolução espacial de 15 metros da banda pancromática (banda 8) com os dados espectrais das bandas 3, 4 e 5. O objetivo da aplicação dessa técnica foi obter um material que propiciasse uma melhor visualização das classes de uso na imagem. O procedimento prévio para fusão das imagens consiste na realização de uma transformação dos dados dos planos de informação “L3”, “L4” e “L5” para o espaço de cores IHS (*intensity, hue, saturation*), no qual as cores são definidas pela medida da energia total envolvida em todos os comprimentos (*intensity*), pela medida do comprimento de onda médio que um objeto emite ou reflete (*hue*) e o intervalo do comprimento de onda em torno do comprimento médio no qual a mesma é transmitida ou refletida (*saturation*) (INPE, 2006). O produto da transformação IHS possui um potencial maior de análise das feições espaciais que as imagens obtidas por meio do espaço RGB (*red, green, blue*), pois permite a análise dos seus atributos individualmente (INPE, 2006). A técnica de transformação IHS no Spring 4.1.1 foi implementada por meio do módulo “transformação IHS <-> RGB”. A partir da transformação IHS foi possível obter uma composição de imagens (fusão) reunindo a resolução espacial do plano de

informação “L8” com a resolução espectral dos planos de informação “L3”, “L4” e “L5”.

As técnicas de interpretação visual de imagens de satélite e de classificação foram necessárias para obtenção das feições de uso da terra e cobertura vegetal. O uso das duas técnicas foi necessário em função da equivalência das respostas espectrais para determinadas classes, o que restringiu aplicação de algoritmos de classificação para alguns quadrantes definidos para a área de estudo.

Para execução da etapa de obtenção das informações de uso da terra e cobertura vegetal, foi necessário executar uma etapa prévia à aplicação das técnicas supracitadas. Trata-se da exportação do plano de informação “LS” para todos os projetos auxiliares e os planos de informação “L3”, “L4” e “L5” para os projetos auxiliares referentes aos quadrantes Q8, Q10, Q11, Q12 e Q13. O objetivo desse procedimento foi disponibilizar as informações da composição de 15 metros de resolução para as operações de interpretação visual de imagens a ser executada nos projetos nos projetos Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 e Q9, e para operação de obtenção de amostras de treinamento para os demais projetos. As informações referentes aos planos “L3”, “L4” e “L5” foram exportadas para os projetos auxiliares referentes aos quadrantes Q8, Q10, Q11, Q12 e Q13 para possibilitar a execução dos procedimentos de classificação de imagens. A exportação dos planos de informação foi efetivada por meio da execução do módulo *mosaico* para a categoria imagem.

Após a fase de exportação dos planos de informação procedeu-se com a fase de interpretação visual das feições de uso. A interpretação visual da composição do plano de informação “LS” foi efetuada tendo como base o módulo *edição vetorial* com o plano de informação “uso” ativado. Os critérios utilizados para interpretação visual das imagens foram: a estrutura (presença de curvas de nível, parcelamento do solo, irrigação por pivôs centrais, etc), forma (transições, limites angulares, sinuosos, etc), coloração (tipos e tonalidades) e densidade (intensidade). O Quadro 3.4 demonstra as principais características das classes da composição do plano de informação “LS”. As feições espaciais foram obtidas por meio do processo de poligonização, precedida pela operação criação de linha fechada, e posteriormente, a associação do polígono a sua respectiva classe temática.

A técnica de classificação pode ser entendida como um processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O

método utilizado possui o objetivo de mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais (INPE, 2006). No Spring 4.1.1 esta técnica foi implementada por meio do módulo *classificação* e possui quatro etapas de execução: treinamento, classificação, pós-classificação e mapeamento.

Quadro 3.4: Principais características das classes de uso e cobertura vegetal na composição RGB.

Classe	Aspecto na Composição	Quantidade de variações
Água	azul escuro e preto com textura lisa	2
Agricultura	verde intenso, verde avermelhado, vermelho com textura lisa.	3
Áreas Urbanas	Tons claros com textura rugosa	1
Cana-de-Açúcar	Cores vermelhas e azuis com textura lisa	4
Mata	Vermelha com textura rugosa	1
Pasto ou Campo Antrópico	Mistura de várias cores nos tons amarelo, verde e vermelho sem textura definida.	3
Reflorestamento	Vermelho escuro com textura lisa	1

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

A etapa de treinamento consiste no reconhecimento da assinatura espectral das classes podendo ser executada de forma supervisionada ou não-supervisionada (INPE, 2006). Como existia um conhecimento prévio sobre a ocorrência das classes na área de estudo o procedimento adotado foi o denominado supervisionado. Para o treinamento supervisionado deve-se proceder a identificação na imagem de amostras homogêneas representativas para cada classe.

O procedimento de obtenção das amostras buscou expressar o máximo possível as variações das classes de interesse e pautou-se em função das características apresentadas no Quadro 3.4.

Após a etapa de treinamento procedeu-se com a etapa de classificação da imagem, pautando-se no algoritmo *máxima verossimilhança*, que é considerado como um método de classificação *“pixel a pixel”* mais comum. Este algoritmo leva em consideração a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (INPE, 2006). O algoritmo executa uma comparação entre os dados das amostras obtidas na fase de treinamento e apresenta informações sobre o desempenho médio, abstenção média, confusão

média, matriz de confusão do tema e da amostra, conforme demonstrado na Figura 3.8 na ocasião de análise das amostras para o projeto referente ao quadrante Q13.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Figura 3.8: Caixa de visualização do comando “analisar amostras” do Spring 4.1.1.

A aplicação dos procedimentos de treinamento e classificação para os projetos auxiliares Q8, Q10, Q11, Q12 e Q13 apresentaram desempenho médio na análise das amostras superiores a 95%.

Após a fase de classificação procedeu-se a pós-classificação das informações. A fase de pós-classificação teve o objetivo de uniformizar os temas eliminando “pixels” espúrios (INPE, 2006). Nesse procedimento foi aplicado uma máscara 3 x 3 “pixels”, e o ponto central da máscara é avaliado quanto à frequência das classes em sua vizinhança de acordo com os valores de peso e limiar. O peso e limiar atribuídos para operação foram respectivamente 1 e 5. Essa operação apresentou como resultado a alteração do *pixel* central da matriz 3x3 somente na condição em que todas as posições adjacentes possuam uma classe temática diferente da atribuída ao mesmo.

Após a fase de pós-classificação procedeu-se o mapeamento das feições identificadas para as classes temáticas do plano de informação “uso”.

Ao final das operações envolvendo a classificação e interpretação visual de imagens de satélite foi necessária a exportação das informações de uso da terra dos projetos para o plano de informação “uso” do projeto principal. Esta operação foi

efetuada tendo como suporte o módulo mosaico da categoria temática no projeto principal.

Em função da significativa extensão da área de estudo não foi aplicado nenhum método de mensuração sistemática da exatidão do mapeamento, tal como o índice de Kappa amplamente utilizado (EASTMAN, 1999). Foi efetuada apenas uma averiguação *in loco*, com auxílio de GPS e computador portátil, de algumas respostas espectrais para auxílio da interpretação visual das imagens de satélite.

3.2.6 - Fase 6 (Obtenção dos Níveis de Intensidade de Dissecação do Relevo)

As informações sobre os níveis de intensidade de dissecação do relevo foram obtidas utilizando informações geomorfológicas, topográficas e da rede de drenagem. O objetivo desta fase foi qualificar as unidades geomorfológicas em níveis de intensidade de dissecação utilizando as variáveis morfométricas densidade de drenagem e declividade média com intuito de subsidiar a definição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

A densidade de drenagem representa diretamente a capacidade de infiltração hídrica de uma determinada área, tendo relação direta com a porosidade dos solos e das rochas. Uma área com alto valor de densidade de drenagem possui alto potencial para geração de processos erosivos em função da baixa porosidade e permeabilidade dos solos e das rochas e por conseqüência, uma maior tendência de disponibilidade hídrica na superfície dos solos. Esse fenômeno pode ser expresso em função da relação entre comprimento dos canais e área ocupada (CHRISTOFOLETTI, 1980). A alta disponibilidade hídrica dos solos pode acarretar a formação de escoamentos superficiais e ocasionar a erosão em lençol, podendo evoluir para formação processos de erosivos avançados, com erosão em ravinas e em voçorocas (GUERRA A., 1995).

A obtenção dos dados de densidade de drenagem foi extraída por meio da relação entre a área ocupada pela drenagem e a área total para cada polígono. A operação de obtenção dos dados de drenagem foi precedida pelo procedimento de transformação dos dados vetoriais de drenagem para o formato matriz no próprio plano de informação “drenagem”, por meio do módulo “vetor->matriz”. A densidade de drenagem usualmente é obtida tendo por meio da relação entre comprimento dos canais e a área total da feição geográfica, porém optou-se pela obtenção da relação

“área ocupada / área total” em função da obtenção automática dos dados via processamento matricial. A relação “área ocupada / área total” possui alta correlação positiva com a relação “comprimento total dos canais / área total”, comprovada em função de uma investigação prévia, que efetuou uma comparação de ambos resultados para um conjunto de sub-bacias hidrográficas de terceira ordem da área de estudo.

A declividade possui relação direta com a transformação da energia potencial em energia cinética tendo interferência significativa no desencadeamento de processos erosivos (Guerra A., 1995). Quanto maiores os valores de declividade apresentados em um recorte espacial, maior será o potencial de geração de processos erosivos. Com o advento dos Sistemas de Informações Geográficas os valores de declividade podem ser obtidos diretamente por meio de algoritmos implementados nesses sistemas.

A amplitude altimétrica também pode ser utilizada como uma variável morfométrica na investigação da intensidade de dissecação dos diferentes tipos de relevo. Essa variável, assim como a declividade, possui relação direta com a disponibilidade de energia potencial para geração de processos erosivos nas encostas. Porém esta variável não foi utilizada para qualificação das unidades geomorfológicas por entendermos que a sua utilização é mais adequada para análises morfométricas de bacias hidrográficas ou, mais especificamente, na qualificação das formas individualizadas do relevo.

Para execução desta fase foi necessária a criação do plano de informação “dissecação” e a utilização dos planos de informações “geomorf”, “curvas”, “nd declividade” e “drenagem”. O PI “geomorf” foi utilizado para importação dos limites das unidades geomorfológicas para o PI “dissecação” e os PIs “nd declividade” e “drenagem” foram utilizados para obtenção de dados de declividade e área ocupada pela drenagem, para qualificação de cada unidade de dissecação.

Após a importação dos limites das unidades geomorfológicas por meio do comando *mosaico* da categoria temática foram obtidos os dados de área, declividade média e área de drenagem para cada polígono do plano de informação “dissecação”.

Para obtenção dos valores de área foi executado o módulo *operações métricas*, ativando o item *apontamento* e selecionando os 90 polígonos contidos no plano de informação “dissecação”. As informações contidas na caixa de texto do

comando *relatório* foram registradas em arquivo textual, que posteriormente foi importado para uma planilha eletrônica contendo a identificação dos polígonos (ID) e os seus respectivos valores de área.

Os dados de área de drenagem e declividade média foram obtidos tendo como suporte o módulo *estatística de imagem por polígono*, opção *polígono selecionado*, da caixa *entidade*. As informações de interesse foram visualizadas por meio da caixa de texto *relatório de dados*. Este procedimento foi repetido até a obtenção das informações para cada um dos 90 polígonos contidos na planilha eletrônica.

Após a fase de obtenção e tratamento dos dados para cada polígono procedeu-se a etapa de modelagem matemática das ocorrências dos componentes morfométricos. A modelagem matemática, para a obtenção das informações sobre a intensidade de dissecação do relevo, consistiu no procedimento de transformações dos valores de ocorrência dos componentes morfométricos da escala real para a escala ordinal e foi dividida em três etapas.

A primeira etapa da modelagem matemática consistiu no ordenamento das ocorrências de cada componente morfométrico por meio de atribuição de notas. Para cada identificador de polígono da planilha eletrônica foi atribuída uma nota relativa à densidade de drenagem e declividade média definida em função da posição do valor da variável entre os valores máximo e mínimo de todas as observações. As notas variaram de 1 a 10 e o intervalo entre as posições foi obtido por meio da divisão da amplitude dos dados pelo número total de posições. Valores próximos de 1 estão associados ao alto nível de intensidade de dissecação e valores próximos de 10 estão associados a baixos níveis de intensidade de dissecação.

A segunda etapa da modelagem matemática consistiu o estabelecimento de pesos para integração das informações para os componentes morfométricos. O peso pode ser definido como o valor percentual que uma determinada variável contribui para definição do fenômeno a ser estudado. Foi atribuído o peso de 50% para os componentes morfométricos densidade de drenagem e declividade média, que significa que os pesos atuam de forma equânime para entendimento deste processo.

A terceira fase da modelagem numérica consistiu na integração das notas de cada componente morfométrico considerado após a aplicação dos respectivos pesos, como base na média ponderada, obtendo-se o valor numérico que expressou

o nível de dissecação do relevo de cada uma das unidades geomorfológicas na escala de 1 a 10.

A tabela contendo os valores referentes à área, área de drenagem, densidade de drenagem e declividade média, notas atribuídas para cada componente, pesos e nota final para cada unidade de dissecação pode ser visualizada no Apêndice I.

Após a etapa de modelagem matemática procedeu-se com a classificação dos polígonos do PI “dissecação” de acordo com o valor de integração das notas e dos pesos dos componentes morfométricos que variam de 1 a 10.

3.2.7 – Fase 7 (Níveis de Intensidade de Ação dos Processos Morfogenéticos)

Compreendeu a fase de estabelecimento de associações causais entre as informações dos componentes geossistêmicos para obtenção da espacialização dos níveis de intensidade de ação dos processos morfogenéticos. Os níveis de intensidade de ação de processos morfogenéticos são teoricamente inversamente correlacionáveis com os níveis de intensidade de ação de processos pedogenéticos.

O objetivo desta fase foi a obtenção de informações derivadas utilizando as informações do banco de dados geográficos para subsidiar a seleção das sub-bacias hidrográficas que possuem maior potencial de ocorrência de processos erosivos e de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais.

Os níveis de intensidade de ação dos processos morfogenéticos buscam expressar espacialmente essa condição por meio da integração das informações geológicas, pedológicas, de dissecação, pluviométricas e de uso da terra e cobertura vegetal.

Trata-se de um diagnóstico que visa a obtenção de informações referentes às áreas onde predominam os processos morfogenéticos (áreas em resistasia) e de áreas onde predominam processos pedogenéticos (áreas em biostasia) tendo como base metodológica o levantamento das informações dos componentes geossistêmicos.

Os planos de informação criados para composição e representação das informações dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos foram: “ngeologia”, “npedologia”, “ndissecação”, “ninstabilidade”, “npluv”, “nuso”, “nintensidade” e “intensidade”.

Os planos “ngeologia”, “npedologia”, “ndissecação”, “npluviosidade”, “nuso” e “ninstabilidade” foram criados a partir da aplicação de técnicas de ponderação e álgebra de mapas nos planos de informação “geologia”, “dissecação”, “pedologia”, “pluviosidade” e “uso”. O plano de informação “intensidade” foi obtido por meio da aplicação da técnica de *fatiamento* (reclassificação) em ambiente Spring 4.1.1.

A técnica de ponderação consiste na transformação de informações qualitativas da escala nominal para escala ordinal. Essa técnica foi implementada no SIG Spring 4.1.1 por meio da elaboração de um código a ser executado pelo compilador Legal, com o objetivo de transformar uma informação temática em numérica (INPE, 2006). Trata-se, portanto, de uma etapa do procedimento de modelagem matemática das informações consideradas como essenciais para composição de um diagnóstico de instabilidade dos geossistemas.

A álgebra de mapas refere-se a uma técnica de análise espacial que consiste na aplicação de operadores matemáticos e lógicos para obtenção de informações derivadas a partir de um conjunto de planos de informações. Essa técnica foi implementada no SIG Spring 4.1.1 tendo como base a elaboração de um código a ser executado pelo compilador Legal (INPE, 2006).

As técnicas de álgebra de mapas e ponderação são instrumentos de operacionalização da modelagem matemática em um Sistema de Informações Geográficas, desenvolvidas nesta fase em três etapas.

A primeira etapa consistiu no estabelecimento de pesos no processo de integração dos componentes sistêmicos. A Tabela 3.2 apresenta os percentuais atribuídos como peso para composição das informações referentes à instabilidade dos geossistemas.

Tabela 3.2: Pesos atribuídos para os componentes geossistêmicos.

Componente Geossistêmico	Peso
Geologia	35,1%
Pedologia	25,3%
Geomorfologia	16,4%
Pluviosidade	16,4%
Uso da terra e cobertura vegetal	6,9%

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

A definição dos pesos para os componentes geossistêmicos teve como base o uso da ferramenta de suporte à decisão (AHP) do Spring 4.1.1. A técnica de

suporte a decisão foi implementada com base na técnica de escolha, baseada na lógica de comparação pareada desenvolvida por Thomas Saaty em 1978 (INPE, 2006). O procedimento baseia-se na relativização da importância de cada componente para o fenômeno estudado e foi utilizada por inúmeros pesquisadores para o estabelecimento de pesos de componentes ambientais, tal como em Ohara et al. (2003) para a confecção de um zoneamento geoambiental no alto vale do rio Paraíba do Sul. O valor de referência como indicador lógico do procedimento foi o índice de consistência, que não pode ser superior a 0,1 (INPE, 2006) e neste estudo o índice de consistência do módulo de suporte à decisão aplicado foi de 0,022.

A segunda etapa da modelagem matemática consistiu no estabelecimento de notas para as ocorrências de cada componente geossistêmico.

O procedimento para obtenção das notas para cada ocorrência dos planos de informação teve como princípio básico a análise topológica das variações dos componentes geológico, pedológico, pluviométrico e de uso da terra e cobertura vegetal com relação à maior ou menor influência na ocorrência de processos morfogenéticos. As notas para o PI “dissecação” foram estabelecidos na ocasião de obtenção dos níveis de intensidade de dissecação das unidades geomorfológicas. Notas atribuídas com valores próximos a 1, estão associadas a alta prevalência dos processos morfogenéticos e com valores próximos a 10, estão associadas a baixa prevalência desses processos.

Após o estabelecimento das notas foi executado o procedimento de ponderação dos planos de informação “geológico”, “pedológico”, “dissecação”, “pluviosidade” e “uso”. O texto a seguir trata de um código executado no módulo *Legal* para ponderação do plano de informação pluviometria.

```
{
    Tematico PLUVIO ("pluviosidade");
    Tabela ponderaPLUVIO (Ponderacao);
    Numerico PLUVIOpond ("Npluviosidade");
    ponderaPLUVIO = Novo (Categorialni = "pluviosidade",
        "1200" : 10, "1300" : 9, "1400" : 8, "1500" : 7, "1600" : 6, "1700" : 5,
        "1800" : 4, "1900" : 3, "2000" : 2);
    PLUVIO = Recupere (Nome = "pluviosidade");
    PLUVIOpond = Novo (Nome = "Npluviosidade", ResX = 90, ResY = 90,
        Escala = 500000, Min = 0, Max = 10);
    PLUVIOpond = Pondere (PLUVIO, ponderaPLUVIO);
}
```

As tabelas contendo as classes temáticas, os identificadores de classe, área ocupada pelas classes, ocorrência das classes, notas e pesos atribuídos encontram-se em forma de tabelas nos Apêndices II, III, IV e V.

A terceira fase da modelagem numérica refere-se à aplicação dos respectivos pesos na integração das notas de cada um dos componentes geossistêmicos, obtendo-se o valor numérico que expressa o nível de intensidade para cada célula da matriz que representa espacialmente a área de estudo em uma escala de valores variando de 1 a 10. O procedimento pode ser exemplificado por meio da seguinte fórmula.

$$\text{Fórmula : } A_{ij} = \sum_{K=1}^n (P_k \cdot N_k)$$

Onde:

A_{ij} : célula qualquer da matriz e valor da respectiva integração;

n : números de parâmetros envolvidos;

P : peso atribuído ao parâmetro;

N : nota atribuída à categoria.

Esse procedimento foi efetivado por meio da edição e execução do código “intensidade” na caixa de comando “Legal”. Segue o texto editado para execução do módulo “Legal”.

```
{
Numerico T1 ("npedologia"), T2 ("ngeologia"), T3 ("ndissecação"), T4 ("npluviosidade"), T5 ("nuso"),
T6 ("nintensidade");
T1 = Recuperar (Nome = "npedologia");
T2 = Recuperar (Nome = "ngeologia");
T3 = Recuperar (Nome = "ndissecação");
T4 = Recuperar (Nome = "npluviosidade");
T5 = Recuperar (Nome = "nuso");
T6 = Novo (Nome = "Nintensidade", ResX=90, ResY=90, Escala = 500000, Min=0, Max=10);
T6 = (T1 * 0.253) + (T2 * 0.351) + (T3 * 0.164) + (T4 * 0.164) + (T5 * 0.069);
}
```

Como pode se observar, como resultado da execução do código “intensidade” foi criado o plano de informação “Nintensidade”. As figuras 3.9 e 3.10 apresentam uma representação gráfica exemplificativa do procedimento, na forma de tabelas e de amostras dos modelos cartográficos dos componentes geossistêmicos, representando, neste último caso, uma sub-bacia hidrográfica da área de estudo.

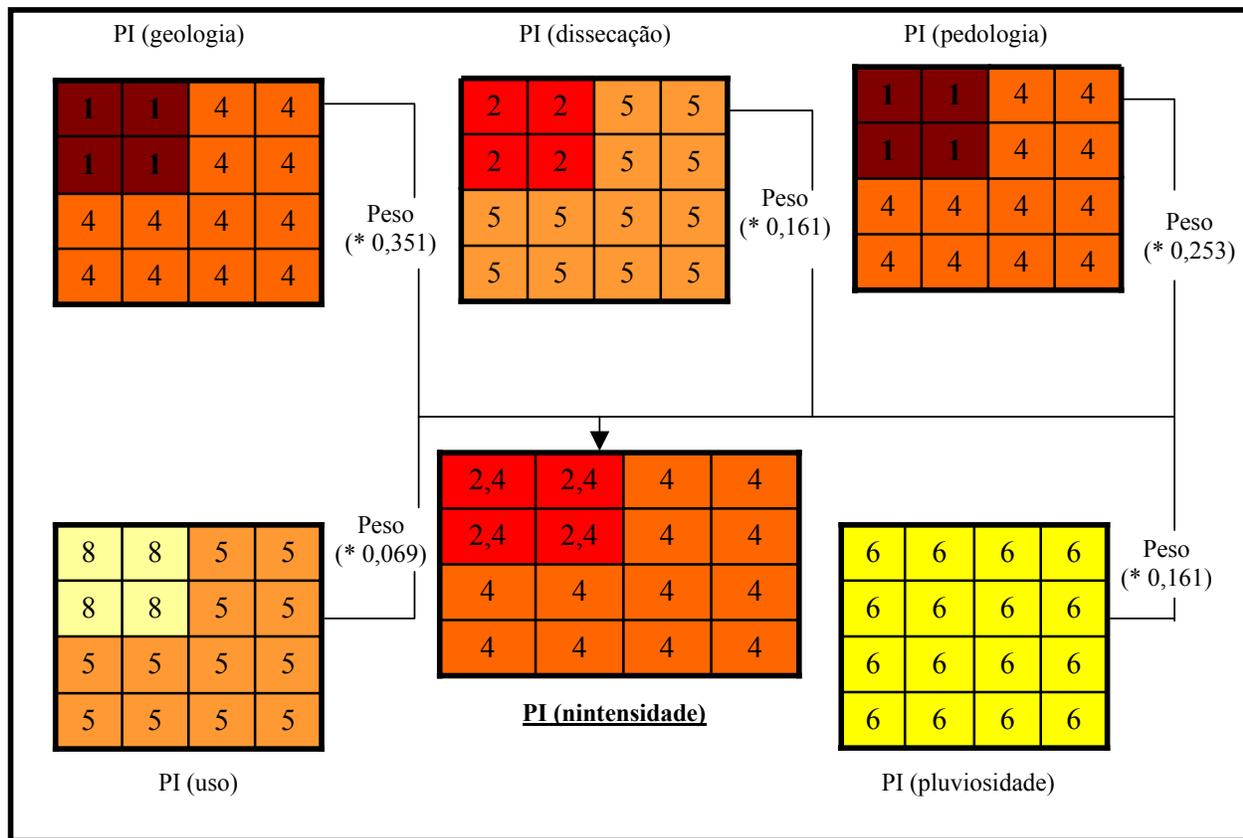


Figura 3.9: Representação esquemática da modelagem matemática para obtenção do PI “nintensidade”.

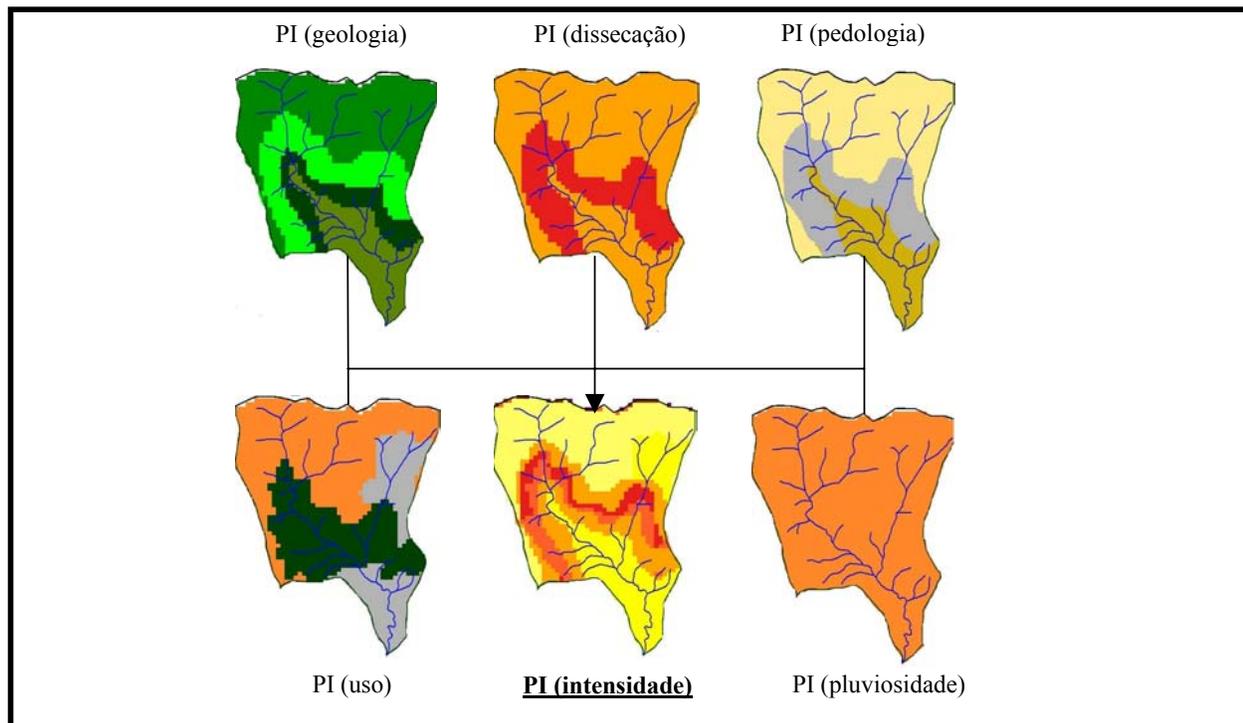


Figura 3.10: Amostras dos modelos cartográficos para composição do PI “intensidade”.

Ao analisarmos as figuras pode-se verificar que os valores numéricos do plano de informação “nintensidade”, representados na figura 3.9 na forma de células de um tabela, assumem valores de integração resultantes da operação de multiplicação da nota pelo peso para cada variação dos componentes geossistêmicos e o resultado da soma desses valores para cada célula da matriz. Em termos computacionais, a figura 3.9 representa esquematicamente o procedimento de geração de uma nova tabela (PI “nintensidade”) mediante a aplicação de uma função em cada uma das posições das tabelas que representam os planos de informações dos componentes geossistêmicos, obtendo-se os valores que representam numericamente a intensidade dos processos morfogenéticos.

A figura 3.10 representa a recuperação dos valores das tabelas representativas dos componentes geossistêmicos e de sua integração na tabela referente à intensidade dos processos morfogenéticos, na forma de representações temáticas desses componentes e desses níveis de intensidade. As classes temáticas dos níveis de intensidade foram obtidas com o suporte do módulo *fatiamento* aplicado ao plano de informação “nintensidade”, com a definição de 10 classes representativas dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos representadas por meio do plano de informação “intensidade”. Ao se analisar detalhadamente, as variações de intensidade na figura 3.10, pode-se observar que os valores mais intensos (representados por cores “quentes”) localizam-se na parte central da sub-bacia hidrográfica, o que indica que a combinação dos componentes geossistêmicos nessas áreas possui notas associadas a uma maior intensidade de ocorrência desses processos. Na realidade essas áreas representam tematicamente os níveis de intensidade dos processos morfogenéticos das escarpas da cuevas basálticas que teoricamente possuem uma maior dinâmica evolutiva, em termos paisagísticos, com relação às encostas e topos das colinas amplas, representadas tematicamente com baixos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

3.2.8 – Fase 8 (Análises Socioeconômicas)

Foram realizadas duas análises socioeconômicas. A primeira análise buscou demonstrar a potencialidade de interferência nos geossistemas pela integração dos dados municipais referentes ao total da população, PIB e número total estabelecimentos industriais. O objetivo desta fase foi qualificar as unidades municipais quanto a estes potenciais, no intuito de subsidiar a definição das sub-bacias prioritárias para as ações de controle e fiscalização de atividades potencialmente poluidoras e implantação de projetos agroecológicos.

Quanto a primeira análise, o uso dessas informações baseia-se na representação da cidade como componente principal do sistema socioeconômico, onde existe uma grande necessidade de concentração de matéria e energia em função da concentração de pessoas e atividades industriais. O consumo de matéria e energia será mais intenso quanto for maior a concentração de pessoas, capitais e bens de produção. Quanto maior o consumo, maior será o potencial de ocorrência de impactos ambientais. Assume-se que as variáveis consideradas são as que demonstraram essa potencialidade com maior intensidade.

A segunda análise baseia-se na tese de que a implantação de projetos agroecológicos em sub-bacias hidrográficas possui um grande potencial para a diminuição de processos erosivos e aumento da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas. A seleção das sub-bacias hidrográficas precisa assumir um critério que direcione a sua execução em locais onde exista uma demanda social para superação das condições adversas de desenvolvimento. O critério utilizado para seleção das sub-bacias hidrográficas foi o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). O uso deste índice é uma condição internacionalmente aceita para exprimir as condições de desenvolvimento social.

Segundo a Fundação SEADE, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) busca analisar as dimensões de longevidade, educação e renda que participam com pesos iguais na sua determinação de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{IDHM} = \text{índice de longevidade} + \text{índice de educação} + \text{índice de renda} / 3.$$

A determinação da longevidade utiliza o índice de esperança de vida ao nascer, que pode ser definido em função do número médio de anos que um indivíduo pode viver desde o seu nascimento. O índice de educação considera a razão entre o número médio de anos de estudo da população de 25 anos e mais, sobre o total de pessoas de 25 anos e mais. A renda *per capita* considera a razão entre a soma da renda pessoal de todos os familiares e o número total de indivíduos na unidade familiar. Os valores de IDHM variam de 0 (zero) a 1 (um), os valores próximos à um indicam alto índice de desenvolvimento e os valores próximos a zero significam níveis inferiores de desenvolvimento. Os valores de IDHM são classificados em três níveis: baixo desenvolvimento (IDHM < 0,5); médio desenvolvimento (IDHM > 0,5 e < 0,8) e alto desenvolvimento (IDHM > 0,8) (SEADE).

As duas análises foram estabelecidas baseadas na correlação dos dados para cada variável. A Tabela 3.3 apresenta a matriz de correlação entre as ocorrências das variáveis.

Tabela 3.3: Matriz de correlação dos valores de população, nº de estabelecimentos industriais, IDHM e PIB.

Variáveis	População	Nº de estabelecimentos	IDHM	PIB
População		0,97	0,36	0,92
Estabelecimentos	0,97		0,42	0,90
IDHM	0,38	0,44		0,45
PIB	0,92	0,90	0,46	

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

A análise das correlações demonstra que as variáveis podem ser agrupadas em duas categorias que possuem elementos casuísticos distintos para explicação de suas ocorrências.

Para a primeira análise, a integração dos dados foi obtida por meio da modelagem numérica das ocorrências das variáveis de população, PIB e nº total de estabelecimentos industriais. A primeira etapa da modelagem numérica consistiu no estabelecimento de um valor referencial para cada variável sendo atribuído o valor da maior ocorrência por variável como valor referencial. A segunda etapa consistiu na definição do valor potencial para cada variável municipal, em função da razão entre a ocorrência da variável e o valor referencial. A terceira etapa refere-se à obtenção da média dos índices de cada variável e o valor resultante da operação foi considerado como o potencial urbano-industrial do município. Este procedimento classificatório pode ser exemplificado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Exemplo de classificação para obtenção do potencial urbano-industrial.

Município	Variável A	I(A)	Variável B	I(B)	Variável C	I(C)	Potencial
Município A	500	0,7142	1,8	0,5980	1050	0,2333	0,5151
Município B	600	0,8571	2,54	0,8438	2100	0,4666	0,7255
Município C	700	1	3,01	1	4500	1	1
Município D	200	0,2857	0,75	0,2491	1010	0,2244	0,2530

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

O sistema de classificação, exemplificado na Tabela 3.4, mostra que os valores do Município C são assumidos como valores referenciais para obtenção dos índices para os outros municípios. O valor referencial pode ser entendido como um modelo representativo da maior ou menor intensidade do fenômeno representado numericamente. No caso da tabela em epígrafe, os valores potenciais dos municípios A, B e D demonstram o quanto que esses municípios se afastam do modelo representativo incorporado ao Município C.

Após a obtenção do valor de potencial para cada município foram criados os planos de informações “pop”, “pib” e “ind” e efetuada a classificação dos mesmos, por meio do módulo “edição vetorial”.

A partir dos Pls criados foi executado o procedimento de ponderação dos mesmos tendo como suporte a execução de um código no módulo Legal, criando os planos de informação “npop”, “npib” e “nind” para execução da técnica de álgebra de mapa.

A técnica de álgebra de mapa foi executada no módulo Legal por meio da execução de um código estruturado para “somar” e obter a média dos índices dos planos numéricos “npop”, “npib” e “nind”, conforme se segue:

```
{
Numérico x1 (MUNICÍPIOS), x2 (MUNICÍPIOS), x3 (MUNICÍPIOS), x4 (MUNICÍPIOS);
X1 = Recupere (“npop”);
X2 = Recupere (“npib”);
X3 = Recupere (“nind”);
X4 = Novo (Nome = "npotencial", ResX=90, ResY=90, Escala = 500000, Min=1, Max=4);
X4 = (X1 + X2 +X3) / 3;
}
```

A execução do código criou o plano de informação “npotencial” que contém para cada município o valor que representa o potencial urbano-industrial.

A partir do PI “npotencial” foi efetuada a classificação dos municípios em classes de potencialidade. Os municípios foram classificados de acordo com a distância do maior potencial identificado para a área de estudo. Municípios com até 25% do valor identificado para a maior ocorrência foram classificados na classe 4; entre 25 e 50% na classe 3; entre 50 e 75% na classe 2 e entre 75 e 100% na classe 1. Este procedimento foi efetuado tendo como suporte o módulo “fatiamento” resultando na criação do plano de informação “potencial”.

A qualificação dos municípios quanto às ocorrências de IDHM foi obtida por meio do procedimento classificatório de obtenção do intervalo entre a maior e menor ocorrência e a razão entre o número total de classes a serem identificadas.

Após o procedimento classificatório foi criado o plano de informação “idhm” e efetuada a classificação com o suporte do módulo *edição vetorial*.

3.2.9 – Caracterização e Definição das Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias

A caracterização das sub-bacias hidrográficas baseou-se nas informações derivadas contidas no BDG e as suas definições foram obtidas por meio da aplicação de técnicas de classificação das informações.

Corresponde à fase de obtenção do objetivo principal da aplicação metodológica.

3.2.9.1 – Fase 9 (Definição das Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias – Grupo 1)

O PI “spg1” representa a classificação das sub-bacias hidrográficas prioritárias para ações de controle dos processos urbanos e industriais. Esse “PI” foi obtido com base na análise dos planos de informação “uso”, “3ordem” e “potencial”.

A base para seleção das sub-bacias foi a ocorrência de áreas urbanas contidas nos limites das sub-bacias hidrográficas. A partir da identificação das sub-bacias urbanas, as mesmas foram classificadas de acordo como as classes do PI “potencial”. Caso uma sub-bacia apresente a ocorrência de áreas urbanas de municípios distintos, a classificação da sub-bacia será correspondente a de maior classe observada.

A classificação das sub-bacias prioritárias foi definida com base nas classes do PI potencial seguindo a seguinte relação: classe 1/alta prioridade, classe 3/média-alta prioridade, classe 4/média-baixa prioridade. A prioridade baixa foi indicada para sub-bacias hidrográficas sem a ocorrência de áreas urbanas. Como a classe 2 do PI potencial não apresenta nenhuma ocorrência, a classe não foi associada a nenhuma sub-bacia hidrográfica.

3.2.9.2 – Fase 10 (Definição das Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias – Grupo 2)

O Grupo 2 trata de sub-bacias hidrográficas definidas como prioritárias para investigação e controle de processos erosivos, obtidas por meio da análise dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

A partir da ativação do PI “3ordem” foi obtida a média dos valores do PI “intensidade”. As informações foram obtidas em tela para cada sub-bacia hidrográfica, com o suporte do módulo *estatística de imagem por polígono* e editadas em planilha eletrônica.

A classificação dos valores que expressam a média de intensidade para cada sub-bacia seguiu o padrão de divisão da amplitude dos dados pelo número de classes desejadas, obtendo-se os intervalos numéricos de cada classe. A Tabela 3.5 apresenta os intervalos definidos, o valor máximo e mínimo das ocorrências, a amplitude dos dados e o intervalo entre as classes.

Tabela 3.5: Informações sobre a definição das classes do PI “spg2”.

Intensidade	
Vmax	9,18
Vmin	2,87
Amplitude	6,31
Intervalo	1,5775
Classe	Variação
Classe 1	2,87 – 4,44
Classe 2	4,44 – 6,02
Classe 3	6,02 – 7,6
Classe 4	7,58 – 9,18

As informações da classe de intensidade dos processos morfogenéticos, contidas em planilha eletrônica para cada sub-bacia, foram tomadas como base para a classificação das feições do plano de informação “spg2” por meio do módulo “edição vetorial”.

O foco metodológico foi a obtenção das sub-bacias hidrográficas que apresentaram os maiores valores indicativos de intensidade dos processos morfogenéticos, agrupadas na classe 1, utilizando as informações derivadas da análise dos geossistemas.

3.2.9.3 – Fase 11 (Definição das Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias – Grupo 3).

O Grupo 3 refere-se à definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias para investigação de processos de contaminação dos recursos hídricos. Para tanto, foram necessárias, primeiramente, a criação do PI “s_agri” e a execução de um procedimento de classificação, empregando como referência as informações do PI “uso”.

Para cada sub-bacia foi obtido, com o suporte do módulo *estatística de imagem por polígono*, o percentual de área ocupada por atividades agrícolas, classificadas de acordo com as seguintes condições:

Classe 1 : área agrícola maior que 75%;

Classe 2 : área agrícola maior que 50% e menor que 75%;

Classe 3 : área agrícola maior que 25% e menor que 50%;

Classe 4 : área agrícola menor que 25%.

O processo de obtenção de informações e de classificação foi realizado em planilha eletrônica. A definição das prioridades foi obtida com base na combinação das classes dos PIs “spg2” e “s_agri”, conforme expresso no Quadro 3.5.

Quadro 3.5: Combinação entre as classes do PI “spg2” e “s_agri” para composição das classes do PI “spg3”.

Classes do PI “spg2”	Classes do PI “s_agri”			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Classe 1	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4
Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 4
Classe 3	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 3
Classe 4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3

Esta combinação foi codificada e executada na linguagem em ambiente de programação Legal por meio do seguinte código:

```
{
  Tematico X1 ("SUBACIAS"), X2 ("SUBACIAS"), X3 ("SUBACIAS");
  X1 = Recupere (Nome = "s_agri");
  X2 = Recupere (Nome = "spg2");
  X3 = Novo (Nome = "spg3", ResX=90, ResY=90, Escala = 500000);
  X3 = Atribua
  {
    "CLASSE1" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE2" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE2" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE4" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE4" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE4" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE2",
  };
}
```

O foco metodológico foi a identificação das sub-bacias hidrográficas que possuem mais de 75% de suas áreas ocupadas por atividades agrícolas (classe 1 do PI agricultura) e que possuem um diagnóstico de baixa prioridade para controle de processos erosivos (Classe 4 do PI "spg2"), ou seja, prevalência de processos pedogenéticos. A presença desta condição em uma sub-bacia foi entendida como prioritária, representada pela classe 1.

Como resultado da execução desta fase metodológica foram criados os planos de informação "s_agri" e "spg3".

3.2.9.4 – Fase 12 (Definição das Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias – Grupo 4)

O Grupo 4 representa sub-bacias hidrográficas prioritárias para o desenvolvimento de projetos sociais com base na agroecologia.

A base para definição dessas sub-bacias foi a análise dos PIs "spg2" e "sidhm". O objetivo desta etapa foi produzir como resultado informações que indiquem as sub-bacias hidrográficas prioritárias para o desenvolvimento desses projetos, que em tese são direcionados para pequenos proprietários rurais em áreas com alto potencial para desenvolvimento de processos erosivos. A idéia procurou

coadunar práticas agrícolas conservacionistas com ações para preservação dos recursos hídricos.

Para alcance deste objetivo, inicialmente, foi necessária a criação do PI “sidhm” a partir da importação dos polígonos do PI “3ordem”. O PI “sidhm” buscou representar as sub-bacias hidrográficas de acordo com a classificação dos municípios em termos de IDHM. A base para sua obtenção foi a análise das informações do PI “idhm”. As sub-bacias hidrográficas foram classificadas por meio da execução de um código no módulo *Legal* de acordo como as classes do PI “idhm” definidas para os municípios da área de estudo. Foi necessária a utilização do módulo *execução matricial* para correção das sub-bacias que apresentaram mais de uma classe de IDHM por se localizarem em mais de um município. Nesses casos foi assumido o valor de classe que apresentasse maior representatividade na sub-bacia.

Após a obtenção do PI “sidhm” foi procedida com a análise para a definição das sub-bacias prioritárias que resultou na criação do PI “spg4”. Esta definição foi obtida com base na combinação entre as classes dos PIs “spg2” e “sidhm” conforme demonstrado no Quadro 3.6.

Esta combinação foi codificada e executada em ambiente de programação Legal por meio do seguinte código:

```
{
  Tematico X1 ("SUBACIAS"), X2 ("SUBACIAS"), X3 ("SUBACIAS");
  X1 = Recupere (Nome = "sidhm");
  X2 = Recupere (Nome = "spg2");
  X3 = Novo (Nome = "spg4", ResX=90, ResY=90, Escala = 500000);
  X3 = Atribua
  {
    "CLASSE1" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE2" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE2" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE1" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE2" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE2",
    "CLASSE3" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE1",
    "CLASSE4" : X1 == "CLASSE3" && X2 == "CLASSE4",
    "CLASSE4" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE3",
    "CLASSE4" : X1 == "CLASSE4" && X2 == "CLASSE4"
  };
}
```

Quadro 3.6: Combinação entre as classes do PI “spg2” e o PI “sidhm” para composição das classes do PI “spg4”.

Classes do PI “spg2”	Classes do PI “sidhm”			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3
Classe 2	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 3
Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 4
Classe 4	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

O foco metodológico foi a identificação das sub-bacias hidrográficas que possuem a classe de baixo índice de desenvolvimento econômico e classe de alta prioridade para ações de controle dos processos erosivos. A presença desta condição em uma sub-bacia foi entendida como prioritária, representada pela classe 1. As classes do PI “spg4” possuem as nomenclaturas: Alta Prioridade (Classe 1), Média-Alta Prioridade (Classe 2), Média-Baixa Prioridade (Classe 3) e Baixa Prioridade (Classe 4).

3.2.10 - Fase 13 (Representação das Informações).

Compreendeu a fase de recuperação de informações do banco de dados geográficos junto ao Scarta 4.1.1 para sua representação por meio da confecção de mapas coropléticos e isopléticos. O objetivo desta fase foi disponibilizar de forma analógica as informações espaciais primárias e secundárias do banco de dados geográficos. Foi necessária a simplificação da drenagem para a sua correta representação nos formatos de folha A4 e A3.

3.2.11 – Modelo Conceitual

A Figura 3.11 apresenta o modelo conceitual como síntese do desenvolvimento metodológico apresentado para obtenção das sub-bacias hidrográficas prioritárias para a gestão e planejamento dos recursos hídricos na UGRHI PCJ.

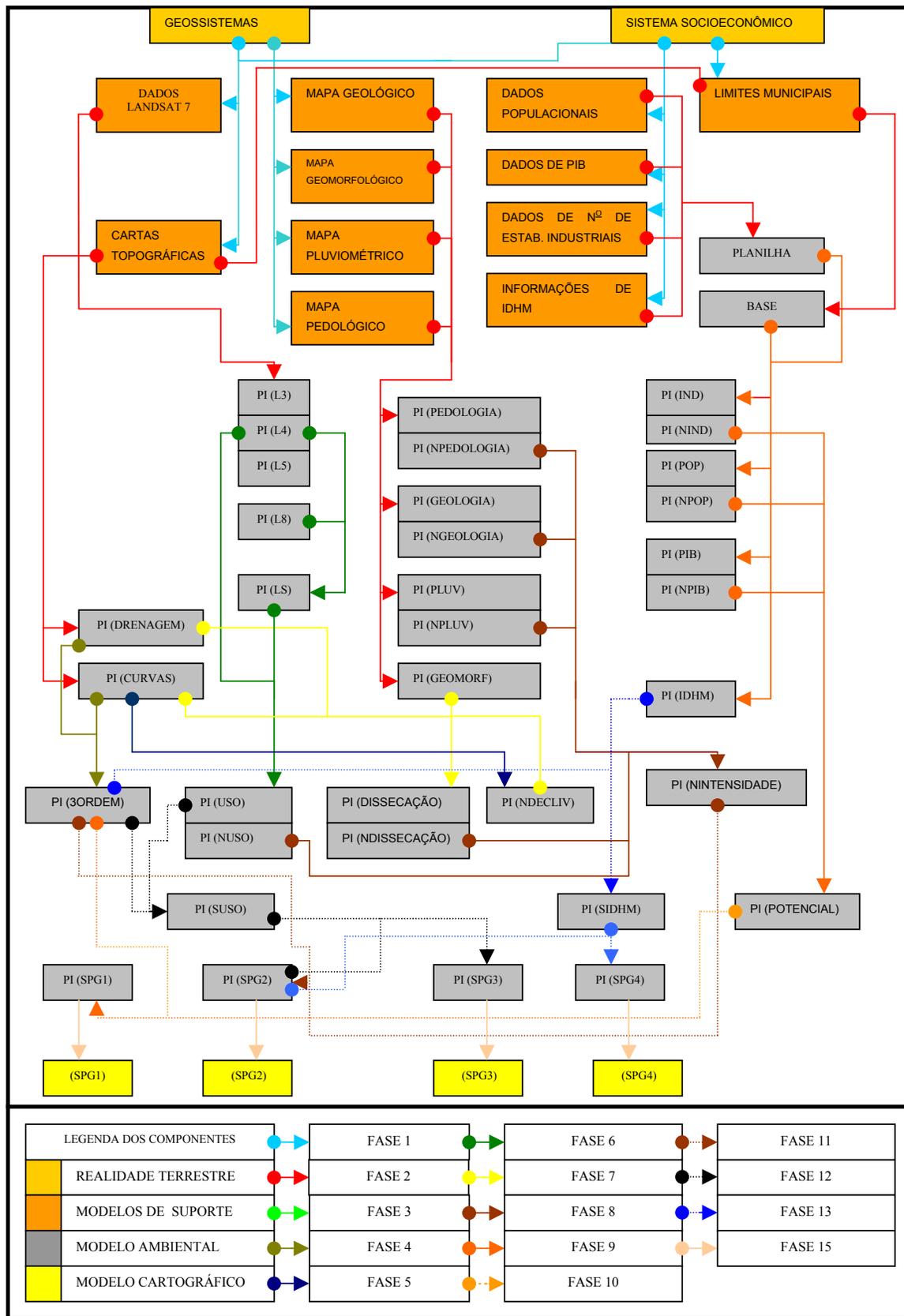


Figura 3.11: Diagrama para obtenção dos resultados do objetivo principal.

IV – INFORMAÇÕES AMBIENTAIS DE REFERÊNCIA

4.1 - Informações Geológicas

As informações geológicas foram obtidas a partir do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, publicado pelo IPT em 1981, na escala 1 : 500.000.

As bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari estão localizadas na borda centro-leste da bacia sedimentar do rio Paraná, formada por grande variedade de litologias que podem ser agrupadas em quatro grandes domínios geológicos: as rochas metamórficas (essencialmente metassedimentares) e as rochas graníticas, ambas pertencentes ao embasamento cristalino e localizadas na região leste da bacia hidrográfica; as rochas sedimentares paleozóicas, litologias mais expressivas em termos de área e localizadas no centro e oeste das bacias hidrográficas; os corpos intrusivos básicos, distribuídos espacialmente no centro e oeste da bacia; e as coberturas sedimentares Cenozóicas, localizadas no centro e leste da bacia hidrográfica.

São encontradas as seguintes unidades geológicas na bacia hidrográfica do rio Capivari:

_ Complexo Amparo (PlaX)

Unidade contendo rochas de idade pré-cambriana. Ocorrência de biotita-xistos com intercalações quartzíticas.

_ Complexo Amparo (PlaS)

Unidade contendo rochas de idade pré-cambriana. Ocorrência de rochas calcossilicatadas, incluindo homblenda-diapsídio escarnitos, granada-diapsídio-homblenda escarnitos com intercalações de mármore dolomíticos e calcíticos.

_ Complexo Amparo (Plaq)

Unidade contendo rochas de idade pré-cambriana. Ocorrência de quartzitos feldspáticos, micáceos e granatíferos com intercalações de biotita xistos e subordinariamente filitos e gonditos.

_ Complexo Amparo (PiaHM)

Unidade contendo rochas de idade pré-cambriana. Ocorrência de migmatitos bandados com paleossoma granulítico e anfibolítico, granulitos diversos migmatizados, migmatitos homogêneos, anatexitos e subordinariamente biotita-gnaisses e quartzitos.

_ Complexo Amparo (PiaH)

Unidade pré-cambriana. Ocorrência de charnoquitos e enderbitos em corpos individualizados.

_ Complexo Amparo (PiaGM)

Unidade pré-cambriana. Ocorrência de biotita gnaisses, biotita-hornoblenda gnaisses, gnaisses migmatizados, migmatitos de estruturas diversas, subordinariamente biotita-xistos, quartzitos, anfibolitos, gondíto e metaultrabásicos.

_ Complexo Paraíba do Sul (PipD)

Unidade pré-cambriana. Caracterizada por metadioritos, metabasitas, granodiorítitos gnáissicos, monzonitos gnáissicos, quartzo dioritos, dioritos e subordinariamente migmatitos.

_ Complexo Paraíba do Sul (PipM)

Unidade pré-cambriana. Caracterizada por gnaisses e migmatitos diversos, predominantemente estromatíticos, incluindo granulitos, leptinitos e migmatitos de estrutura complexa (remigmatizados), com intercalações subordinadas de xistos feldspáticos, quartzitos, mármore dolomíticos e rochas calcossilicáticas.

_ Grupo São Roque (PSsM)

Unidade pré-cambriana. Caracterizada por migmatitos e estruturas variadas.

_ Grupo São Roque (PSsD)

Unidade pré-cambriana. Caracterizada por metadioritos e quartzo dioritos gnáissicos.

_ Grupo São Roque (PSsF)

Unidade pré-cambriana. Caracterizada por filitos, quartzos filitos e filitos grafitosos em sucessões rítmicas incluindo subordinariamente metassiltitos, metagrauvas, calcários dolomíticos, calcossilicatadas e filitos.

_ Grupo São Roque (PSsx)

Unidade pré-cambriana. Caracterizada por clorita xistos, quartzo-mica xistos a biotita e/ou muscovita, incluindo intercolações de metassiltitos, metagrauvas, calcários dolomíticos, calcossilicatos e filitos.

_ Suítes Graníticas Indiferenciadas e Sintectônicas (PS_{εo} e PS_{γc})

Ambas unidades pré-cambrianas. A primeira é caracterizada por granitos e granitóides com predominância de termos porfiríticos com granulações variadas. A segunda é caracterizada pela presença de corpos para-autóctones e alóctones, foliados, granulação fina a média, textura porfirítica freqüente; contatos parcialmente concordantes e composição granodiorítica e granítica.

_ Suítes Graníticas Pós-Tectônicas – Fácies Itu (ε_{oγi})

Unidade pertencente à era Paleozóica. É constituída pela presença de corpos graníticos e granodioríticos alóctones, isótipos, granulação fina e grossa.

_ Formação Itararé (Cpi)

Formação pertencente à era Paleozóica e ao Grupo Tubarão. É constituída por arenitos de granulação variada e arcósios, conglomerados, diamictitos, tillitos, siltitos, folhelhos ritmitos e raras camadas de carvão.

_ Formação Tatuí (Ptt)

Formação pertencente à era Paleozóica e ao Grupo Tubarão. É constituída de siltitos, arenitos finos em parte concrecionados, calcários e sílex.

_ Formação Iratí (Pi)

Formação pertencente à era Paleozóica e ao Grupo Passa Dois. É constituída por siltos, argilitos e folhelhos silticos, folhelhos pirobetuminosos,

localmente em alternância rítmica com calcários, silicificados e restritos níveis conglomeráticos.

_ Formação Corumbataí (Pc)

Formação pertencente à era Paleozóica e ao Grupo Passa Dois. É constituída por argilitos, folhelhos e siltitos com intercalações de bancos carbonáticos, silexíticos e camadas de arenitos finos.

A Formação Corumbataí ocorre nos Estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso. É composta por argilitos, folhelhos e siltitos de cor cinza escura na parte inferior e argilitos, folhelhos e siltitos arroxeados com intercalações carbonáticas na parte superior. Os pacotes inferiores foram depositados em ambiente marinho raso redutor e os superiores em ambiente marinho raso oxidante.

_ Formação Teresina (Pt)

Depósitos possivelmente marinhos a prodeltaicos, compreendendo folhelhos e argilitos cinza escuros a esverdeados ou avermelhados, finalmente laminados, em alternância com siltitos cinza-claros e arenitos muito finos.

_ Formação Pirambóia (TRjp)

Arenitos finos a médios, avermelhados, síltico argilosos, de estratificação cruzada ou plano paralela. Apresenta níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variadas.

_ Formação Botucatu (JKb)

Pertencente à era Mesozóica e ao Grupo São Bento. É constituída por arenitos eólicos avermelhados de granulação fina a média com estratificações cruzadas de médio a grande porte.

_ Formação Serra Geral (JKsg)

Pertencente à era Mesozóica e ao Grupo São Bento. Caracterizada por rochas vulcânicas básicas em derrames basálticos de coloração cinza a negra, textura afanítica com intercalações de arenitos interapeanos, finos a médios, de estratificação cruzada.

_ Formação Itaqueri (KTi)

Pertencente à era Mesozóica. É caracterizada pela presença de arenitos de cimento argiloso com lentes alongadas e folhelhos e conglomerados.

_ Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas Correlatas a Formação São Paulo (TQis)

Pertencente à era Cenozóica, período terciário, caracterizada por sedimentos pouco consolidados incluindo argilas, siltes, e arenitos finos argilosos com raros e pequenos níveis de cascalho.

_ Formação Rio Claro e Depósitos Correlatos (TQr) e (TQir)

Formação pertencente à era Cenozóica. Apresentam a ocorrência de arenitos, arenitos conglomeráticos, arenitos finos a médios, arenitos argilosos e pequenas intercalações argilosas.

_ Depósitos Aluvionares Recentes e Sedimentos Continentais Indiferenciados (Qa) e (Qi)

Formações pertencentes à era Cenozóica. A primeira unidade é caracterizada por areias finas e sedimentos silto-argilosos encontrados nas planícies dos principais rios (coberturas coluvionares e aluvionares recentes de encostas associados às calhas atuais) ou depósitos em terraços suspensos (cascalheiras e aluviões pré-atuais) compostos por arenitos médios-grossos estratificados. A segunda unidade é caracterizada por depósitos continentais incluindo sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado associados às encostas.

A Figura 4.1 apresenta a distribuição espacial das unidades geológicas, descritas anteriormente, na bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Mapa de Unidades Geológicas das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)

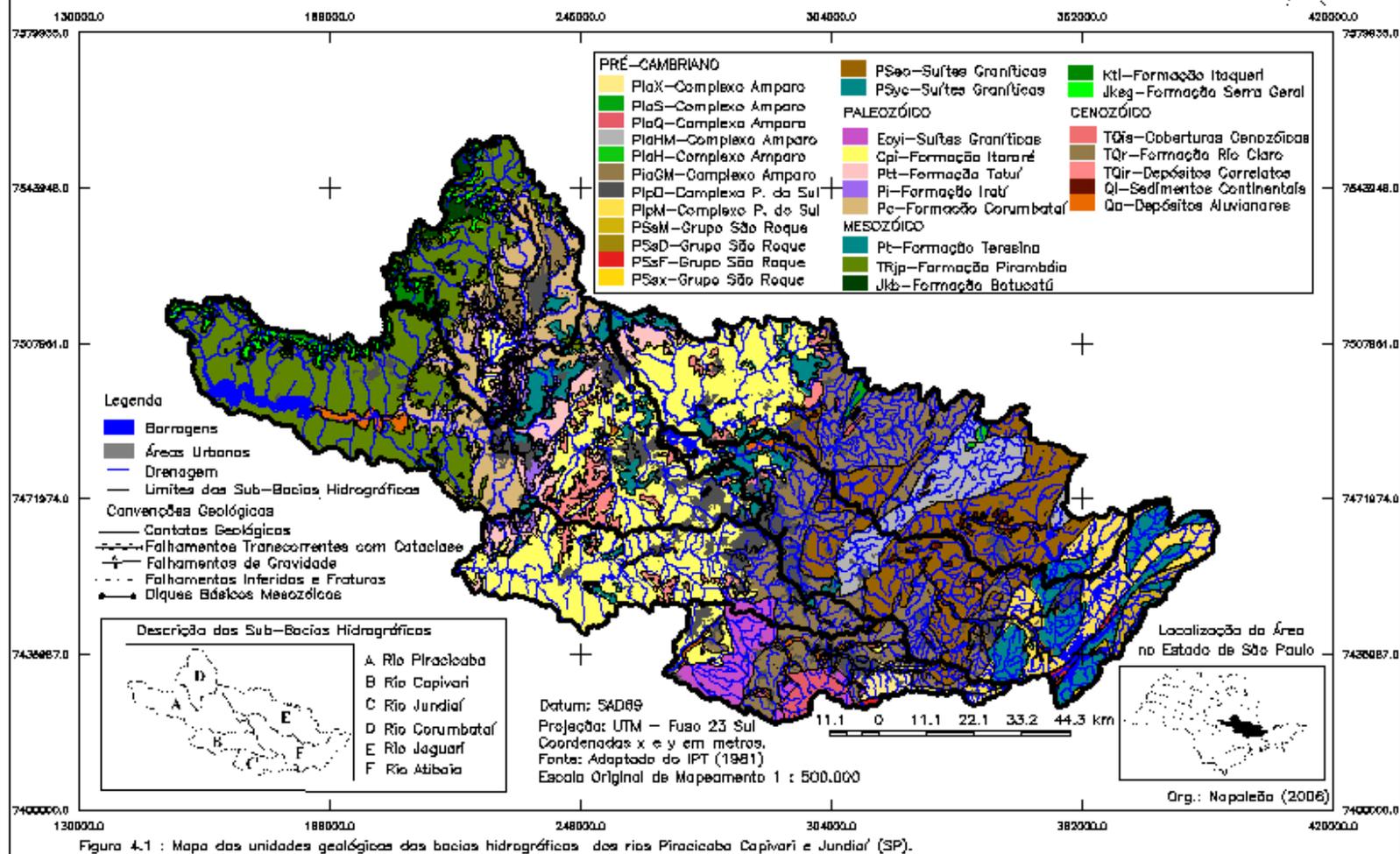


Figura 4.1 : Mapa das unidades geológicas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba Capivari e Jundiá (SP).

4.2 - Informações Geomorfológicas

As informações geomorfológicas foram obtidas com base no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo elaborado pelo IPT em 1981.

Quadro 4.1: Descrição das formas de relevo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

1 - Relevos de Agradação	
1.1 - Continentais	
111 – Planícies Aluviais	Terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente à inundações.
2 – Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados	
2.1 – Relevo Colinoso (Predominam baixas declividades (até 15%) e amplitudes locais inferiores a 100 metros)	
212 – Colinas Amplas	Predominam interflúvios com área superior a 4 Km ² , topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdentrítrico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
213 – Colinas Médias	Predominam interflúvios com área de 1 a 4 Km ² , topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdentrítrico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
2.2 – Relevo de Morrotes (Predominam declividades médias e altas (>15%) e amplitudes locais de 100 a 300 metros)	
232 – Morrotes Alongados Paralelos	Topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de alta densidade, padrão paralelo a treliça, vales fechados.
234 – Morrotes Alongados e Espigões	Predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dentrítrico, vales fechados.
2.3 – Relevo de Morros (Predominam declividade médias e altas (> 15%) e amplitudes locais de 100 a 300 metros)	
241 – Morros Arredondados	Topos arredondados e localmente achatados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, localmente ravinados. Exposição local de rochas. Presença de espigões curtos locais. Drenagem de média densidade, padrão dentrítrico a subdentrítrico, vales fechados.
242 – Morros de Topos Achatados	Topos achatados e extensos, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de média densidade, padrão subparalelo, vales fechados.
243 – Mar de Morros	Topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão dentrítrico a regular, vales abertos e fechados, planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Constitui geralmente conjunto de formas em meia laranja.
244 – Morros Paralelos	Topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão em treliça a localmente subdentrítrica, vales fechados a abertos, planícies aluvionares interiores restritas.
245 – Morros com Serras Restritas	Morros de topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos, presença de serras restritas. Drenagem de alta densidade, padrão dentrítrico a pinulado, vales fechados, planícies aluvionares interiores restritas.
2.4 – Relevo Montanhoso (Predominam declividades médias a altas (>15%) e amplitudes locais acima de 300 metros)	
251 – Serras Alongadas	Topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos, por vezes abruptos. Drenagem de alta densidade, padrão paralelo pinulado, vales fechados.
253 – Montanhas com Vales Profundos	Topos angulosos e arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de alta densidade, padrão dentrítrico, vales fechados.
3 – Relevos Residuais Suportados por Litologias Particulares	
3.1 – Sustentados por Maciços Básicos	
311 – Mesas Basálticas	Morros testemunhos isolados (peões e baús), topos aplainados a arredondados, vertentes com perfis retilíneos, muitas vezes com trechos escarpados e exposição de rocha. Drenagem de média densidade, padrão pinulado a subparalelo, vales fechados.
4 – Relevos de Transição	
4.1 – Encostas não Escarpadas (Predominam declividades médias (entre 15 e 30%) e amplitudes maiores que 100 metros)	
512 – Escarpas com Cânions Locais	Vertentes com perfis retilíneos a convexos e trechos escarpados. Drenagem de média densidade, padrão pinulado, vales fechados, localmente formando cânions, vales principais com fundos chatos.
4.2 – Escarpas (Predominam declividades altas (> 30%) e amplitudes maiores que 100 metros)	
521 – Escarpas Festonadas	Desfeitas em anfiteatros separados por espigões, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão subparalelo a dentrítrico, vales fechados.
522 – Escarpas com Espigões Digitados	Compostas por grandes espigões lineares subparalelos, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão paralelo pinulado, vales fechados.

Org.: Napoleão, R.P. (2007).

O Quadro 4.1 apresenta as características das unidades geomorfológicas para a área de estudo e a Figura 4.2 apresenta o cartograma de distribuição dessas unidades.

As unidades geomorfológicas podem ser enquadradas na proposta de Troppmair (2000) de classificação dos geossistemas do Estado de São Paulo. Segundo essa classificação a UGRHI PCJ abrange os geossistemas da “Depressão Periférica”, “Cuestas Basáltica” e “Mar de Morros”. Pode-se associar os tipos de relevo colinoso e de morrotes ao geossistema da Depressão Periférica, os escarpados as Cuestas Basálticas e os relevos de morros e montanhas ao geossistema Mar de Morros.

Mapa de Unidades Geomorfológicas das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)

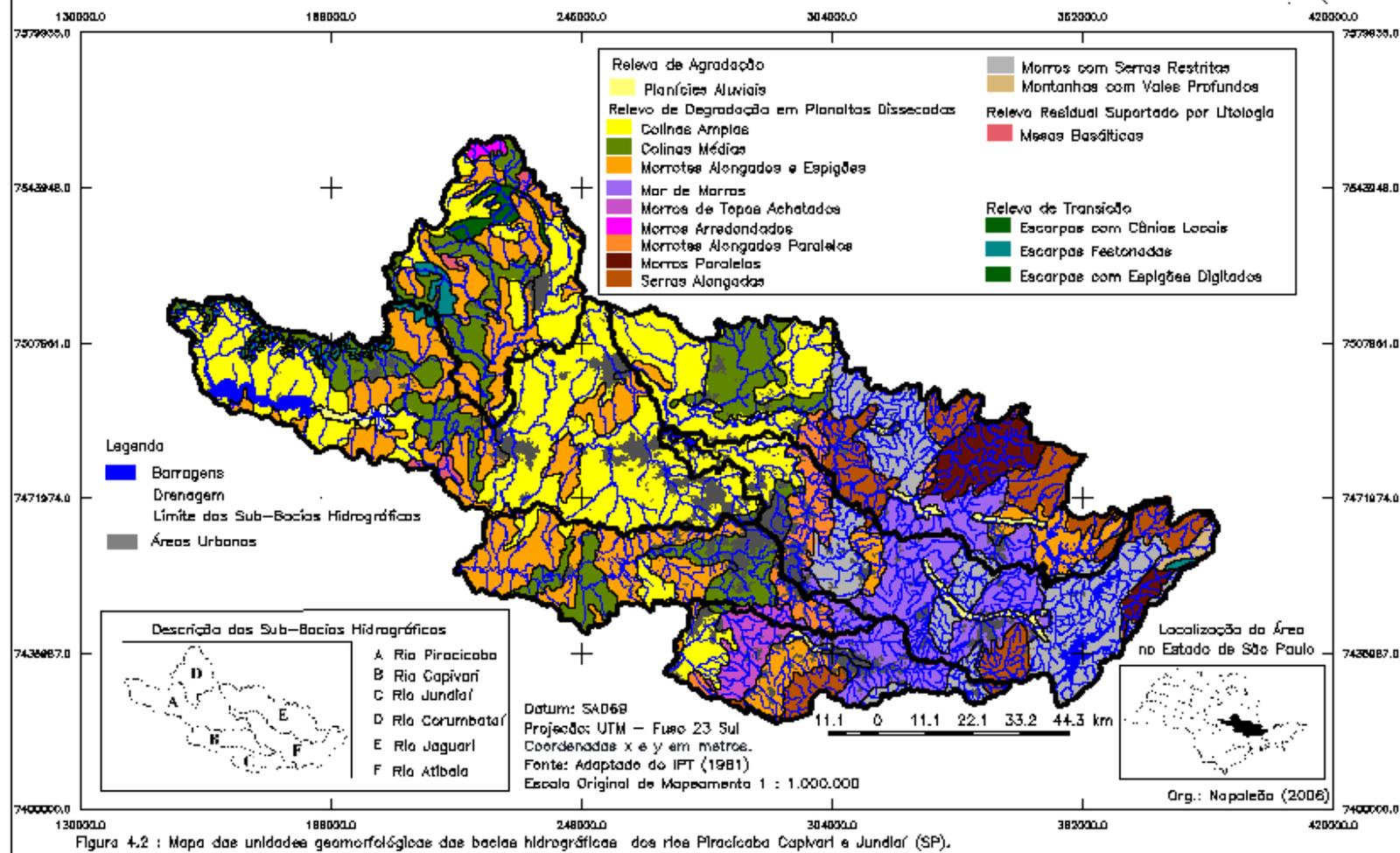


Figura 4.2 : Mapa das unidades geomorfológicas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba Capivari e Jundiá (SP).

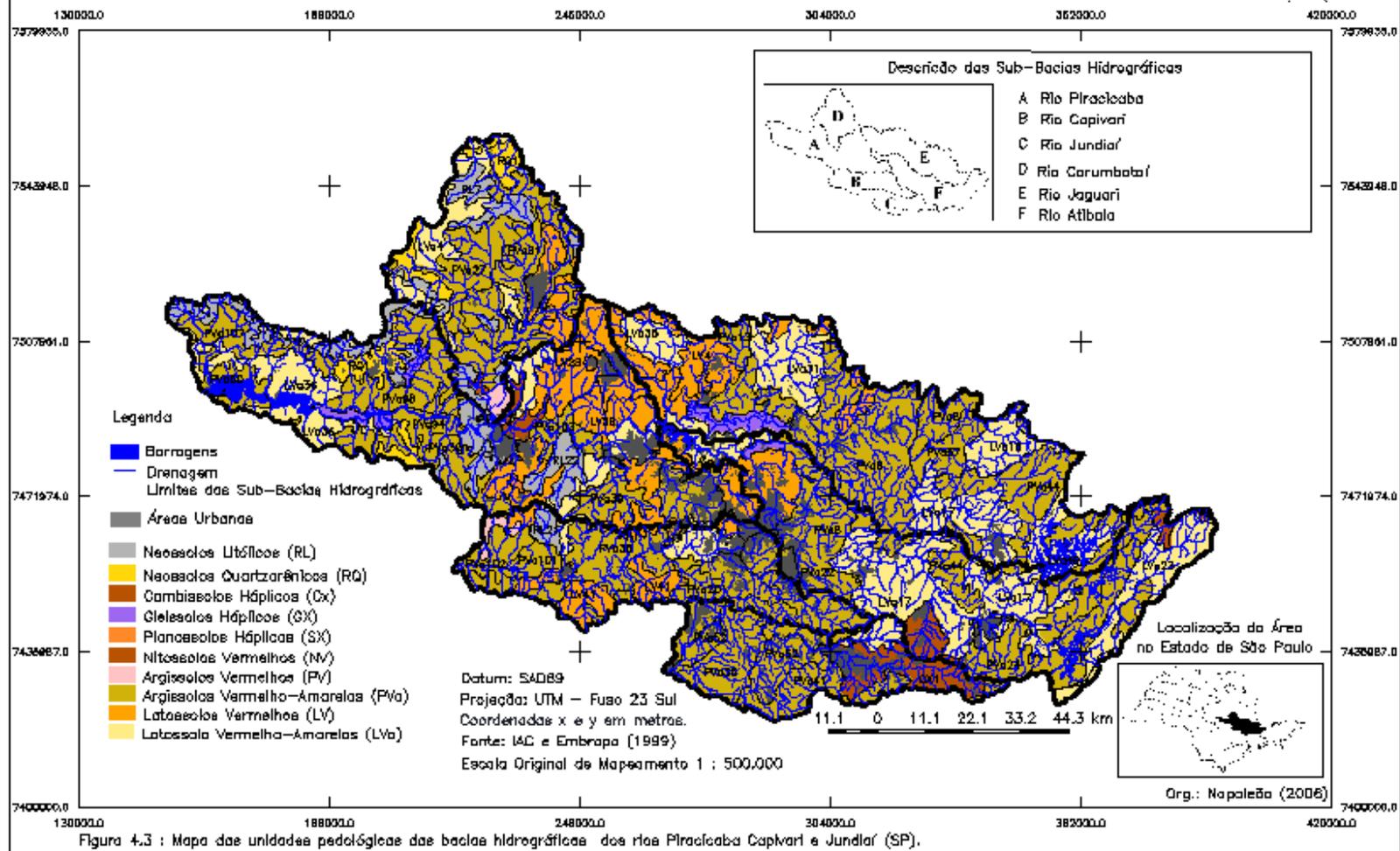
4.3 - INFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS

As informações pedológicas foram obtidas com base no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

O método utilizado para a confecção deste mapa foi o da compilação. Segundo IAC (1999), mapas compilados são efetuados a partir das informações pedológicas disponíveis. No referido mapeamento fez-se uso de documentações cartográficas em diferentes escalas e elaboradas por diversas instituições. O mapa pedológico do Estado de São Paulo constitui-se de 387 unidades de mapeamento representadas por unidades de mapeamento simples (uma classe de solos), por associação de duas ou mais classes e/ou por grupamentos.

Na área de estudo o mapa pedológico do Estado de São Paulo apresenta a ocorrência das seguintes classes: Cambissolos Háplicos (CX), Gleissolos Háplicos (GX), Latossolos Vermelhos (LV), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA), Argissolos Vermelhos (PV), Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), Nitossolos Vermelhos (NV), Neossolos Litólicos (RL), Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Planossolos Háplicos (SX). A Figura 4.3 mostra a distribuição das unidades pedológicas na área de estudo.

Mapa de Unidades Pedológicas das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



4.3.1 - Latossolos (L)

Os latossolos são em geral solos com boas propriedades físicas e situados na maioria das situações em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas. Estes solos apresentam grande porosidade, o que lhes conferem boa drenagem interna, mesmo quando argilosos, comumente com valores entre 50 e 60% de argila. A situação topográfica de ocorrência apresenta declividade inferior a 5% nestes solos, com exceção aos latossolos presentes em regiões serranas (IAC, 1999).

Segundo IAC (1999) os latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou de 300 cm se o horizonte A apresentar mais de 150 cm de espessura.

As bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá apresentam a ocorrência de duas subordens dos latossolos estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS). Os Latossolos Vermelhos (LV) com matiz 2,5YR ou mais vermelhos na maior parte dos 100cm do horizonte B, inclusive BA, que ocupam 14,26% da área de estudo; e os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) com matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) que ocupam 23,40% da área de estudo.

Os Quadros 4.2 e 4.3 apresentam a descrição dos Latossolos Vermelhos e dos Latossolos Vermelho-Amarelos, respectivamente.

Quadro 4.2: Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelhos (LV) e suas descrições.

Unidade	Descrição
LV17	Distroféricos e Distróficos, ambos A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado.
LV28	Distroféricos A moderado e Eutroféricos A moderado e chernozêmico, ambos relevo suave ondulado + Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos A moderado, relevo suave ondulado e ondulado todos, textura argilosa
LV4	Eutroféricos e Distroféricos + Latossolos Vermelhos. Distróficos ambos A moderado, textura argiloso, relevo suave ondulado.
LV41	Distróficos A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado.
LV50	Distróficos, relevo plano + Latossolos Vermelhos Distroféricos, relevo plano e suave ondulado, ambos A moderado, textura argilosa.
LV53	Distróficos + Latossolos Vermelhos Distroféricos ambos A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado.
LV59	Distróficos, textura argilosa e média + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, textura argilosa ambos A moderado, relevo suave ondulado.
LV60	Distróficos + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, ambos A moderado, textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado.

Unidade	Descrição
LV70	Distroféricos + Latossolos Vermelhos Distroféricos e Eutroféricos todos textura argilosa, relevo suave ondulado + Nitossolos Vermelhos Eutroféricos textura argilosa, relevo suave ondulado todos A moderado.
LV72	Distroféricos A moderado + Latossolos Vermelhos Distroféricos A moderado e húmico ambos textura argilosa + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelhos A moderado textura argilosa e Latossolos Vermelhos-Amarelos Distróficos A moderado textura média todos relevo suave ondulado.
LV9	Eutroféricos e Distroféricos relevo suave ondulado + Nitossolos Vermelhos Eutroféricos relevo ondulado todos A moderado + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozênico relevo ondulado todos textura argilosa.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Quadro 4.3: Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e suas descrições.

Unidade	Descrição
LVA12	Distróficos textura média + Neossolos Quartzarênicos Órticos distróficos ambos A moderado, relevo suave ondulado.
LVA17	Distróficos relevo ondulado + Cambissolos Háplicos Distróficos relevo ondulado e forte ondulado ambos A moderado textura argilosa.
LVA18	Distróficos + Cambissolos Háplicos Distróficos ambos A moderado relevo forte ondulado, textura argilosa.
LVA20	Distróficos + Cambissolos Háplicos Distróficos fase não rochosa e rochosa ambos A proeminente, textura argilosa, relevo montanhoso e forte ondulado.
LVA23	Distróficos, relevo montanhoso e forte ondulado + Cambissolos Háplicos Distróficos Relevo montanhoso ambos A moderado textura argilosa.
LVA25	Distróficos A moderado e proeminente textura média + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos A moderado textura argilosa ambos relevo suave ondulado.
LVA31	Distróficos A moderado e proeminente textura média + Latossolos Vermelhos Distróficos A moderado textura média e argilosa, ambos relevo suave ondulado.
LVA36	Distróficos, relevo suave ondulado + Latossolos Vermelhos Distróficos relevo plano e suave ondulado ambos A moderado, textura média.
LVA38	Distróficos A moderado e proeminente textura média e argilosa + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos A moderado textura argilosa e média/argilosa, ambos relevo suave ondulado.
LVA4	Distróficos A moderado textura média, relevo suave ondulado.
LVA42	Distróficos textura média + Neossolos quartzarênicos Órticos Distróficos ambos A moderado, relevo suave ondulado + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos textura arenosa/média, relevo ondulado.
LVA49	Distróficos A moderado e proeminente + Latossolos Vermelho-amarelos A húmico ambos textura argilosa, relevo forte ondulado e ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos A moderado e proeminente textura argilosa, relevo forte ondulado ambos Distróficos.
LVA50	Distróficos A húmico textura média e argilosa + Latossolos Vermelhos Distróficos A proeminente textura argilosa e cascalhenta fase pedregosa III A moderado ambos relevo suave ondulado e ondulado + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado relevo ondulado.
LVA57	Distróficos + Latossolos Vermelhos Distróficos e Distroféricos + Nitossolos Vermelhos Eutroféricos todos A moderado textura argilosa, relevo suave ondulado.
LVA58	Distróficos A moderado e proeminente textura média + Latossolos Vermelhos Distróficos A moderado textura média e argilosa, ambos relevo suave ondulado.
LVA60	Distróficos A proeminente textura argilosa + Plintossolos Pétricos Concrecionários A moderado ou proeminente ambos relevo ondulado e suave ondulado + Latossolos Vermelho-Amarelos textura argilosa ou média relevo suave ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos A moderado textura média/argilosa relevo ondulado fase pedregosa I todos Distróficos.
LVA6	Distróficos A moderado textura argilosa e média, relevo suave ondulado e plano.
LVA9	Distróficos A moderado e proeminente textura média, relevo suave ondulado.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

4.3.2 - Argissolos (P)

Segundo IAC (1999) os argissolos são solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E e apresentando ainda as seguintes características: 1) horizonte plíntico, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural; 2) horizonte glei, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural. O acréscimo de argila em profundidade e a capacidade de troca de cátions inferior a 27 cmol /kg de solo são os principais atributos diagnósticos válidos para todos os Argissolos. Os Argissolos Vermelho-Amarelos apresentam em geral maior relação textural entre os horizontes A e E, e entre o horizonte B do que os Argissolos Vermelhos, e são por isso, em igualdade de condições ambientais, mais vulneráveis à erosão. Os argissolos apresentam predominantemente argila de atividade baixa, mas a capacidade de adsorção desta fração, para a mesma textura, é em geral, ligeiramente superior à dos Latossolos.

As bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá apresentam a ocorrência de duas subordens dos Argissolos estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS), a subordem Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) com matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelo que 2,5YR na maior parte do horizonte B, inclusive BA, com uma representatividade espacial de 49,34% na área de estudo; e a subordem Argissolos Vermelhos (PV) com matiz 2,5YR ou mais vermelhos na maior parte do horizonte B, inclusive BA, possuindo uma representatividade espacial de 0,56% na área de estudo.

O Quadro 4.4 mostra as unidades de mapeamento e suas associações dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e o Quadro 4.5 as unidades para os Argissolos Vermelhos (PV).

Quadro 4.4: Unidades de mapeamento dos Argissolos Vermelhos (PV) e suas descrições.

Unidade	Descrição
PV10	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelhos textura argilosa e argilosa com ou sem cascalhos, relevo suave ondulado) + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos abrupticos A moderado textura arenosa/argilosa e média/argilosa todos relevo ondulado.
PV9	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelhos textura argilosa e Argissolos Vermelho-Amarelos abrupticos A moderado textura arenosa/argilosa e média argilosa) + Chernossolos Argilúvicos + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado ou chernozêmico e Distróficos A moderado ou proeminente todos relevo suave ondulado e ondulado.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Quadro 4.5: Unidades de mapeamento dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e suas descrições.

Unidade	Descrição
PVA100	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos ou não, pouco profundos ou não) + Alissolos Crômicos Argilúvicos ambos abrupticos textura arenosa/argilosa, média/argilosa e arenosa/média todos A moderado, relevo ondulado.
PVA101	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos ou não, A moderado, textura arenosa/média profundos ou pouco profundos, relevo ondulado) + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado ambos textura média todos relevo ondulado
PVA102	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos abrupticos, textura arenosa/argilosa e média/argilosa, relevo suave ondulado e ondulado) + Luvisolos Crômicos Pálicos planossólicos textura média/argilosa relevo ondulado + Nitossolos Vermelhos Eutroféricos textura argilosa, relevo ondulado e suave ondulado todos A moderado).
PVA103	Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos abrupticos ou não, textura arenosa/argilosa e média/argilosa) + Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos textura média e arenosa/média todos relevo ondulado + Latossolos Vermelhos Distróficos textura argilosa, relevo suave ondulado todos A moderado.
PVA107	Eutróficos e Distróficos arênicos relevo ondulado textura arenosa/média e média/argilosa relevo ondulado + Latossolos Vermelho-Amarelos textura média relevo suave ondulado ambos A moderado.
PVA13	Distróficos A moderado textura arenosa/média relevo ondulado.
PVA17	Distróficos A moderado textura arenosa/média e média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado.
PVA20	Distróficos A moderado textura média/argilosa, relevo ondulado e suave ondulado.
PVA22	Distróficos A moderado textura argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase rochosa, relevo forte ondulado e montanhoso.
PVA24	Distróficos A moderado textura média/argilosa e argilosa, relevo forte ondulado e montanhoso.
PVA26	Distróficos A moderado e proeminente textura média/argilosa e argilosa, relevo forte ondulado e montanhoso.
PVA27	Distróficos abrupticos A moderado textura arenosa/média, relevo ondulado.
PVA31	Distróficos abrupticos ou não, A moderado textura média/argilosa e argilosa, relevo ondulado.
PVA32	Distróficos abrupticos ou não, A moderado textura argilosa e média/argilosa, relevo ondulado.
PVA36	Distróficos A moderado textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase pedregosa e rochosa, relevo forte ondulado + Afloramentos de Rochas.
PVA38	Distróficos textura arenosa/média + Cambissolos Háplicos Distróficos textura média ambos A moderado relevo ondulado.
PVA39	Distróficos + Cambissolos Háplicos Tb Distróficos ambos A proeminente, textura média, relevo suave ondulado e ondulado.
PVA41	Distróficos textura argilosa, relevo forte ondulado + Cambissolos Háplicos Distróficos textura argilosa e média, relevo forte ondulado e montanhoso ambos A moderado.

Unidade	Descrição
PVA42	Distróficos textura argilosa, relevo forte ondulado e montanhoso + Cambissolos Háplicos Distróficos textura argilosa, relevo montanhoso e escarpado ambos A moderado.
PVA44	Distróficos textura média/argilosa, e argilosa fase não rochosa e rochosa + Cambissolos Háplicos Distróficos textura argilosa e média, ambos A moderado e proeminente relevo forte ondulado e montanhoso.
PVA48	Distróficos abrupticos ou não, A moderado textura média/argilosa + Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos e Distróficos A Chernozêmico e proeminente textura média ambos relevo montanhoso.
PVA52	Distróficos textura média/argilosa + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa ambos A moderado relevo suave ondulado.
PVA53	Distróficos textura arenosa/média + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura média ambos A moderado relevo suave ondulado.
PVA55	Distróficos textura argilosa e média/argilosa fase não rochosa relevo f. ondulado + LVA Distr. textura argilosa relevo forte ondulado. e montanhoso ambos A moderado.
PVA57	Distróficos textura argilosa + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa ambos A moderado relevo ondulado e forte ondulado.
PVA58	Distróficos textura média + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos abrupticos textura arenosa/média média ambos A moderado e proeminente relevo ondulado.
PVA59	Distróficos abrupticos textura média/argilosa + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa e média/argilosa ambos A moderado, relevo ondulado.
PVA06	Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos ambos A moderado textura média/argilosa fase não rochosa e rochosa relevo montanhoso e escarpado.
PVA60	Distróficos abrupticos textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura arenosa/média e média, relevo suave ondulado ambos A moderado.
PVA63	Distróficos A moderado e proeminente + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos A moderado ambos textura média/argilosa e argilosa fase não rochosa e rochosa, relevo montanhoso forte ondulado.
PVA77	Distróficos abrupticos textura arenosa/média + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico + Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos A moderado ambos, textura argilosa todos, relevo ondulado.
PVA08	Eutróficos + Argissolos Vermelhos Eutróficos ambos A moderado textura média/argilosa e argilosa relevo forte ondulado e montanhoso.
PVA94	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos A moderado textura arenosa/média) + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico ambos relevo ondulado.
PVA96	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos A moderado textura arenosa/média) + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico ambos relevo ondulado + Neossolos Quatzarênicos Órticos distróficos A moderado relevo suave ondulado.
PVA97	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos A moderado textura arenosa/média e Argissolos Vermelhos textura argilosa) + Latossolos Vermelhos Distróficos A moderado textura argilosa todos relevo suave ondulado + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado e relevo ondulado.
PVA98	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado) + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico relevo ondulado + Neossolos Quatzarênicos Órticos eutróficos A moderado relevo suave ondulado.
PVA99	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos abrupticos A moderado textura arenosa/argilosa e média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado e Neossolos Litólicos cascalhentos relevo ondulado) + Neossolos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado, relevo ondulado.
PVA30	Distróficos arênicos A moderado textura arenosa/média profundos e pouco profundos relevo suave ondulado e ondulado.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

4.3.3 - Neossolos (R)

Segundo IAC (1999), os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo as seguintes características: 1) Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50cm da superfície do solo, ou entre 50 a 120 cm de profundidade, se os horizontes sobrejacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante; 2) Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A; 3) Ausência de horizonte plúntico dentro de 40cm, ou dentro de 200cm da superfície, se imediatamente abaixo do horizonte E ou procedidos de horizontes de coloração variegada ou mosqueados em quantidade abundante, com uma ou mais das seguintes cores: matiz 2,5YR ou matizes 10YR a 7,5YR com cromas baixos, normalmente igual ou inferior a 4, podendo atingir 6, no caso da matiz 10YR; 4) Ausência de A chernozêmico conjugado a horizonte cálcico ou C carbonático.

As bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá apresentam a ocorrência de duas subordens dos Neossolos estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS), a subordem Neossolos Litólicos (RL) com horizonte A ou O hístico com menos de 40cm de espessura, assente diretamente sobre rocha ou sobre horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam caráter litóide dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. As unidades de mapeamento associadas a esta classe possuem representatividade espacial de 5,37% na área de estudo. A outra subordem corresponde aos Neossolos Quartzarênicos (RQ) caracterizados do ponto de vista textural como essencialmente areno-quartzosos, o que determina a pouca ocorrência de minerais primários intemperizáveis, baixa atividade coloidal, além da baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água. Devido à baixa coesão e adesão apresentam elevada erodibilidade e são em geral solos muito profundos. Em consequência da textura grosseira são muitos porosos e com elevada permeabilidade. As unidades de mapeamento associadas a esta subordem possuem representatividade espacial de 2,09% na área de estudo.

Os Quadros 4.6 e 4.7 mostram as unidades referentes às subordens identificadas.

Quadro 4.6: Unidades de mapeamento dos Neossolos Litólicos (RL) e suas descrições .

Unidade	Descrição
RL15	Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado todos relevo ondulado.
RL16	Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado todos relevo ondulado.
RL17	Eutróficos e Distróficos textura indiscriminada + Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos abrupticos textura média/argilosa ambos A moderado, relevo ondulado.
RL18	Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado e proeminente ambos textura média + Neossolos Litólicos cascalhentos indiscriminados todos relevo forte ondulado e ondulado.
RL02	Eutróficos A moderado e chernozêmico + grupamento indiscriminado de Argissolos arênicos A moderado textura arenosa/média profundos e poucos profundos todos relevo ondulado e forte ondulado.
RL21	Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos ou não, A moderado textura arenosa/média e pouco profundos todos relevo ondulado.
RL22	Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado todos textura média + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos, A moderado textura arenosa/média pouco profundos e profundos.
RL24	Eutróficos A moderado e chernozêmico e Distróficos A moderado + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos abrupticos A moderado textura arenosa/argilosa pouco profundos ou não, todos relevo ondulado e suave ondulado.
RL25	Eutróficos e Distróficos textura indiscriminada, relevo ondulado e forte ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos abrupticos, relevo ondulado, A moderado + Gleissolos Háplicos e Melânicos ambos Distróficos relevo de várzea.
RL03	Eutróficos A moderado e chernozêmico + Chernossolos Argilúvicos Férricos ambos relevo forte ondulado + Latossolos Vermelhos Distroférricos A moderado, relevo suave ondulado, todos textura argilosa.
RL05	Eutróficos A moderado e chernozêmico relevo forte ondulado + Nitossolos Vermelhos Eutroférricos e Distroférricos latossólicos + Latossolos Vermelhos Distroférricos ambos A moderado, relevo suave ondulado, todos textura argilosa.
RL07	Eutróficos A moderado e chernozêmico relevo ondulado + Latossolos Vermelhos Distroférricos A moderado, relevo suave ondulado, ambos textura argilosa + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos abrupticos textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado + Nitossolos Vermelhos Distroférricos e Eutroférricos textura argilosa relevo ondulado ambos A moderado.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Quadro 4.7: Unidades de mapeamento dos Neossolos Quartzarênicos (RQ) e suas descrições .

Unidade	Descrição
RQ01	Órticos Distróficos A moderado relevo suave ondulado e plano.
RQ02	Órticos + Latossolos Vermelho-Amarelos textura média ambos Distróficos A moderado relevo plano e suave ondulado.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

4.3.4 – Cambissolos (C)

Segundo IAC (1999), os Cambissolos são formados por material mineral, apresentam horizonte A ou hístico com espessura < 40 cm seguido de horizonte B incipiente e satisfazendo os seguintes requisitos: horizonte B incipiente com horizonte glei dentro de 50 cm da superfície do solo, não coincidente com o horizonte plântico e não coincidente com horizonte vértico dentro de 100 cm da superfície do solo e não apresentando a conjugação de horizonte A chernozêmico e horizonte B incipiente com alta saturação por bases e argila de atividade alta. O Quadro 4.8 mostra as unidades identificadas para esta subordem. As unidades de mapeamento associadas a esta classe possuem representação espacial de 3,02% na área de estudo.

Quadro 4.8: Unidades de mapeamento dos Cambissolos Háplicos (CX) e suas descrições.

Unidade	Descrição
CX1	Distróficos A moderado, textura argilosa, relevo forte ondulado.
CX16	Tb distróficos A moderado text. Indiscriminada bem a imperfeitamente drenados + grupamento indiscriminado de Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos todos rel. de várzea.
CX19	Distróficos textura argilosa e média, relevo montanhoso e escarpado + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa, relevo montanhoso, ambos A moderado + Afloramentos de rochas.

Fonte: IAC (1999).

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Os cambissolos ocorrem em situações paisagísticas associadas a relevos montanhosos muito acidentados ou em terrenos planos de planícies aluviais. Apresentam elevada erodibilidade para unidades desenvolvidas em relevos movimentados e aspecto pouco significativo para unidades em posições fisiográficas planas. São solos inadequados para a instalação de aterros sanitários exceto para as unidades que se localizam em relevo ondulado.

4.3.5 – Gleissolos (G)

Segundo IAC (1999), os gleissolos são constituídos por material mineral com horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície ou entre 50 e 125 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou precedido por horizonte B incipiente, B textural ou horizonte C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução e satisfazendo, ainda, todos os seguintes requisitos: ausência de

qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei; ausência de horizonte vértico ou plíntico acima do horizonte glei ou coincidente com este; ausência de horizonte B textural com mudança textural abrupta; ausência de horizonte hístico com 40 cm ou mais de espessura. As unidades de mapeamento associadas a esta classe possuem 1,31% de representatividade espacial na área de estudo.

Na área de estudo só existe a ocorrência da subordem gleissolos háplicos (Gx) e das unidades descritas no Quadro 4.9.

Quadro 4.9: Unidades de mapeamento dos Gleissolos háplicos (CX) e suas descrições.

Unidade	Descrição
GX12	Grupamento indiscriminado de Gleissolos Háplicos e Melânicos, relevo de várzea.
GX13	Grupamento indiscriminado de Gleissolos Háplicos e Melânicos + Neossolos Flúvicos, todos relevo de várzea.
GX7	Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, textura média/argilosa + Cambissolos Háplicos Tb Distróficos ambos A moderado, todos relevo de várzea.

Fonte: IAC (1999)

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Esses solos apresentam sérias limitações impostas pela presença de lençol freático a pouca profundidade. Por estarem situados em várzeas, os gleissolos oferecem limitações quanto ao risco de inundações e são totalmente inadequados para instalação de aterros sanitários (IAC, 1999).

4.3.6 – Nitossolos (N)

Segundo IAC (1999), os nitossolos são constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico com argila de atividade baixa, imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B.

Na área de estudo existe ocorrência da subordem nitossolos vermelhos e uma única unidade de mapeamento, com representatividade espacial de 0,46% na área de estudo, descrita no Quadro 4.10.

Quadro 4.10: Unidade de mapeamento dos Nitossolos Vermelhos (CX) e descrição.

Unidade	Descrição
NV4	Eutroféricos + Nitossolos Vermelhos Distroféricos latossólicos + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelhos todos A moderado textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.

Fonte: IAC (1999)

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Os nitossolos apresentam susceptibilidade aos processos erosivos relativamente alta favorecendo a ocorrência de erosão acentuada nas áreas inadequadamente utilizadas. As condições de drenagem são boas malgrado a presença de textura argilosa (IAC, 1999).

4.3.7 – Planossolos (S)

Segundo IAC (1999), os planossolos são constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico ou B nátrico e satisfazendo ainda os seguintes requisitos: horizonte plântico, se presente, coincide com um daqueles dois horizontes; horizonte glei, se presente, coincide também com aqueles horizontes.

Na área de estudo existe a ocorrência da subordem planossolos háplicos e de uma unidade de mapeamento, com representatividade espacial de 0,06% na área de estudo, descrita por meio do Quadro 4.11.

Quadro 4.11: Unidade de mapeamento dos Planossolos Háplicos (SX) e descrição.

Unidade	Descrição
SX03	Grupamento indiscriminado de Planossolos Háplicos Ta A moderado e de Gleissolos Háplicos e Melânicos.

Fonte: IAC (1999)

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Estes solos estão situados em planícies aluviais e no terço inferior das vertentes e requerem atenção quanto à erodibilidade em função relação textural entre o horizonte A e E ou horizonte B favorecer os processos de erosão hídrica. O horizonte Bt apresenta densidade significativa, o que reduz a permeabilidade e ocasiona condições de baixa aeração no horizonte E e no topo do horizonte Bt o que dificulta o estabelecimento de sistema radicular (IAC, 1999).

4.4 - INFORMAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

As informações de pluviosidade foram obtidas por meio dos dados de 20 estações meteorológicas da rede DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo) distribuídas pela área da bacia e de seu entorno. A Tabela 4.1 contém a descrição das estações meteorológicas utilizadas para a obtenção dos dados pluviométricos e a Figura 4.4 apresenta a distribuição espacial da

pluviosidade média anual da área de estudo elaborada pelo Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Tabela 4.1: Descrição das Estações Pluviométricas.

CODIGO	NOME DO POSTO	MUNICIPIO	ENTIDADE	PERÍODO	LESTE(m)	NORTE(m)
D4-004	Americana	Americana	DAEE	Jan-70 a dez-03	265443	7487885
D3-023	Arcadas	Amparo	DAEE	Ago-61 a dez-03	311705	7486681
D3-031	Faz. Chapadão	Amparo	DAEE	Jan-42 a dez-03	309855	7497733
D4-035	Analândia	Analândia	DAEE	Jan-58 a dez-03	224931	7550002
D4-108	Analândia	Analândia	DAEE	Jan-82 a nov-95	224898	7551848
D4-099	Artur Nogueira	Artur Nogueira	DAEE	Jan-72 a dez-03	277217	7502832
E3-074	Atibaia	Atibaia	DAEE	Jan-71 a dez-02	341316	7439031
E3-230	Rio Acima	Atibaia	DAEE	Fev-71 a jul-96	329455	7431517
E3-247	Ribeirão	Atibaia	DAEE	Jan-73 a dez-99	329455	7431517
D3-018	Vargem	Vargem	DAEE	Jan-58 a dez-03	354701	7466851
D3-063	Bragança Paulista	Bragança Paulista	DAEE	Fev-70 a jun-97	352879	7463040
D3-064	Mãe dos Homens	Bragança Paulista	DAEE	Jun-70 a jun-97	352879	7446316
D3-065	Tuiuti	Bragança Paulista	DAEE	Jun-70 a jul 99	361492	7439984
D3-072	Bragança Paulista	Bragança Paulista	DAEE	Jan-82 a dez-95	370104	7433652
D3-002	Salto Grande	Campinas	DAEE	Jan-58 a fev-02	378717	7427319
D3-011	Faz. Sete Quedas	Campinas	DAEE	Jan-73 a nov 99	387330	7420987
D4-044	Campinas	Campinas	DAEE	Jan-69 a dez 03	395942	7414655
D4-046	Faz. Monte d'Este	Campinas	DAEE	Jan-70 a dez 03	404555	7408322
D4-047	Barão Geraldo	Campinas	DAEE	Mar-58 a dez-02	413167	7401990
E4-123	Viracopos	Campinas	DAEE	Ago-70 a abr-96	421780	7395658
D3-052	Pedreira	Pedreira	DAEE	Jan-70 a dez-03	430393	7389325
E4-013	Elias Fausto	Elias Fausto	DAEE	Jan-98 a out-00	439005	7382993
E4-119	Samambaia	Elias Fausto	DAEE	Jul-70 a dez-00	447618	7376661
E4-015	Indaiatuba	Indaiatuba	DAEE	Jan-69 a dez-03	456230	7370328
E4-124	Faz. Santa Rita	Indaiatuba	DAEE	Set-70 a dez-03	464843	7363996
D4-074	Ipeúna	Ipeúna	DAEE	Abr-70 a dez-03	473455	7357664
D3-069	Barreiro	Atibaia	DAEE	Jan-75 a dez-03	482068	7351332
E3-015	Atibaia	Atibaia	DAEE	Jan-58 a dez-03	312118	7453460
D3-042	Faz. Barra	Jaguariúna	DAEE	Jan-58 a dez-03	297933	7492043
D4-082	Faz. Holambra	Holambra	DAEE	Jan-70 a dez-03	289318	7495618
E3-154	Faz. Primavera	Jarinú	DAEE	Dez-58 a dez-03	324055	7455450
D3-019	Faz. Bonfim	Joanópolis	DAEE	Jan-58 a dez-03	387238	7459748
D3-054	Joanópolis	Joanópolis	DAEE	Jan-58 a dez-03	370119	7463301
E3-053	Ermida	Jundiá	DAEE	Jan-71 a dez-03	297018	7432956
D4-064	Limeira	Limeira	DAEE	Jun-70 a dez-03	256644	7502519
D3-027	Monte Alegre do Sul	Monte Alegre do Sul	DAEE	Jan-58 a dez-03	328805	7488728
D4-083	Bairro Pavioti	Monte Mor	DAEE	Jan-69 a dez-03	269262	7462094
D3-046	Morungaba	Morungaba	DAEE	Jan-58 a dez-03	317064	7468288
E3-099	Nazaré Paulista	Nazaré Paulista	DAEE	Jan-58 a dez-03	356710	7435496
E3-250	Ribeirão Acima	Nazaré Paulista	DAEE	Jan-73 a set-00	363535	7435560
D3-035	Pedra Bela	Pedra Bela	DAEE	Jan-58 a dez-03	351173	7477890
D4-052	Pedreira	Cosmópolis	DAEE	Jan-58 a dez-03	272238	7491681
D3-036	Pinhalzinho	Pinhalzinho	DAEE	Jan-58 a dez-03	335754	7479577
E3-076	Piracaia	Piracaia	DAEE	Jan-58 a mar-94	361692	7450307
E3-227	Batatuba	Piracaia	DAEE	Mai-70 a dez-96	356604	7446568
E3-229	Crioulos	Piracaia	DAEE	Out-70 a dez-02	366832	7448508
D4-056	Santa Terezinha	Piracicaba	DAEE	Jan-58 a mai-94	222586	7489012
D4-061	Artemis	Piracicaba	DAEE	Jun-43 a abr-00	215733	7488886
D4-071	Ibitiruna	Piracicaba	DAEE	Mai-70 a dez-00	195392	7477409
D4-102	Tupi	Piracicaba	DAEE	Jan-72 a jan-98	241557	7481959
D4-103	Tanquinho	Piracicaba	DAEE	Jan-73 a jan-01	232640	7502120
D4-104	Piracicaba	Piracicaba	DAEE	Ago-73 a dez-03	227792	7485412
D4-109	Recreio	Piracicaba	DAEE	Nov-80 a dez-03	224100	7500122
D4-012	Rio Claro	Rio Claro	DAEE	Jan-58 a dez-02	237501	7518824
D4-016	Faz. São José	Rio Claro	DAEE	Jan-69 a dez-03	244214	7528170
D4-068	Rio das Pedras	Rio das Pedras	DAEE	Jan-58 a dez-03	231512	7468857
D4-079	Faz. Bom Retiro	St Bárbara do Oeste	DAEE	Jan-70 a dez-00	246817	7474661
D4-087	Faz. São Luiz	St Bárbara do Oeste	DAEE	Jan-73 a dez-00	250370	7472871
D4-088	Faz. São Pedro	St Bárbara do Oeste	DAEE	Jan-70 a abr-03	248406	7482074
D4-089	Caiubi	Capivari	DAEE	Jan-58 a nov-86	246663	7483891
D4-092	Usina Bom Retiro	Capivari	DAEE	Jan-58 a dez-03	248651	7467305
D4-054	Charqueada	Charqueada	DAEE	Jan-58 a abr-00	213674	7507319
D4-043	Corumbataí	Corumbataí	DAEE	Jan-58 a dez-03	230250	7540861
D4-059	Sta. Gertrudes	Sta. Gertrudes	DAEE	Jan-69 a dez-03	241058	7511498
D5-062	Sta. Maria da Serra	Sta. Maria da Serra	DAEE	Jan-58 a dez-03	793082	7501650

CODIGO	NOME DO POSTO	MUNICIPIO	ENTIDADE	PERÍODO	LESTE(m)	NORTE(m)
D4-060	São Pedro	São Pedro	DAEE	Jan-58 a dez-03	199986	7505211
D4-111	Sumaré	Sumaré	DAEE	Mai-88 a dez-03	269121	7471324
E3-017	Vinhedo	Vinhedo	DAEE	Jan-58 a abr-95	298475	7451437
P-4	Faz.Retiro	Joanópolis	SABESP	Jan-58 a abr-95	385052	7462592
P-5	Rib.Acima	Nazaré Paulista	SABESP	Jan-90 a dez-03	380052	7453726
P-6	Cuiabá	Nazaré Paulista	SABESP	Jan-90 a dez-03	358316	7428129
P-7	Faz.Conrado	Joanópolis	SABESP	Jan-90 a dez-03	166021	10000000
P-8	Pericos	Camanducaia	SABESP	Jan-90 a dez-03	378842	7480412
P-8°	Salto do Meio	Extrema	SABESP	Jan-90 a dez-03	376865	7474430
P-9	Juncaí	Extrema	SABESP	Jan-90 a dez-03	369113	7480823
P-10	Bar.Jaguari	Vargem Grande	SABESP	Jan-90 a dez-03	354431	7465311
P-11	Sertão Grande	Camanducaia	SABESP	Jan-90 a dez-03	378502	7490836
P-12	Monte Verde	Camanducaia	SABESP	Jan-90 a dez-03	393280	7471110
P-13	Ponte Nova	Camanducaia	SABESP	Jan-90 a dez-03	391887	7478727
P-15	Cancan	Camanducaia	SABESP	Jan-90 a dez-03	378130	7466136
P-30	Acima Atibaianha	Nazaré Paulista	SABESP	Jan-93 a dez-03	363653	7435100
BRA	Nazaré Paulista	Nazaré Paulista	SABESP	Jan-90 a dez-03	459488	7436437
BRC	Piracaia	Piracaia	SABESP	Jan-90 a dez-03	365084	7446647
2247058	Monte Mor	Monte Mor	ANA	Ago-53 a Dez-02	262992	7564317
2247059	Capivari	Capivari	ANA	Abr-43 a dez-02	243272	7453271
2347055	Itaici	Indaiatuba	ANA	Nov-65 a dez-02	276534	7442694
2347057	Éden	Capivari	ANA	Set-39 a dez-02	254612	7408433
2346097	Jundiá	Jundiá	ANA	Ago-38 a dez-02	307918	7434608
2347057	Itupeva	Itupeva	ANA	Abr-44 a dez-02	289320	7438264

Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 1999 (CETEC, 2000) e atualização pela IRRIGART
Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Ao se analisar a Figura 4.4 podemos observar que em uma divisão inicial existem valores médios de pluviosidade anual a oeste da área de estudo decrescendo em direção leste.

Mapa de Classificação da Média Pluviométrica Anual Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

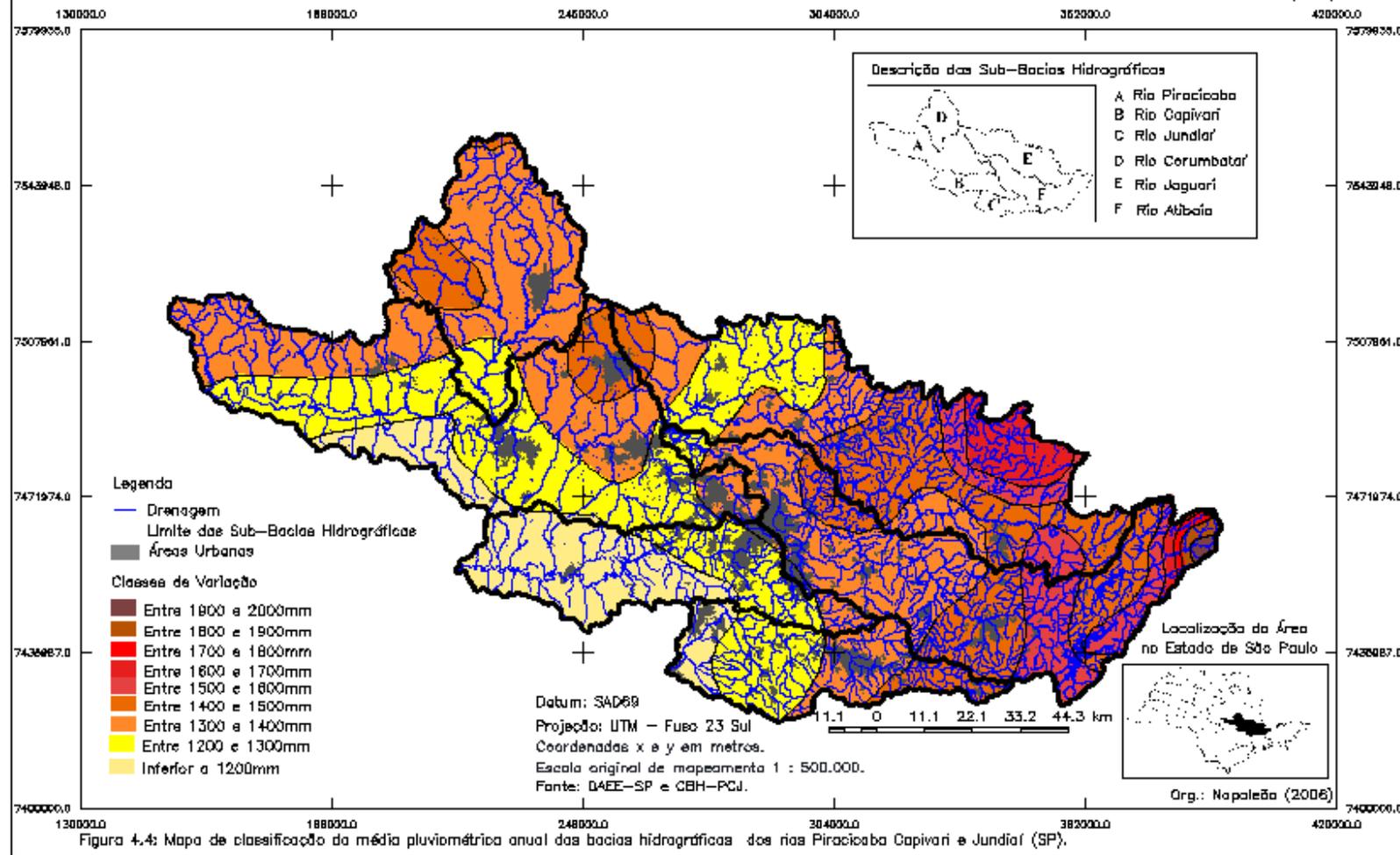


Figura 4.4: Mapa de classificação da média pluviométrica anual das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba Capivari e Jundiá (SP).

4.5 - Informações de Uso da Terra e de Cobertura Vegetal

Foram utilizadas como referência para elaboração do mapa de uso e cobertura vegetal os materiais descritos no item 3.1.2.

A sucessão temporal de cartas elaboradas pelo projeto Piracena demonstra a evolução desde 1978 da situação de ocupação e ecossistêmica da área de estudo. Segundo o Projeto Piracena, a metodologia para obtenção das feições para o ano de 1978 foi obtida por meio da digitalização manual das cartas de uso da terra do Instituto Cartográfico do Estado de São Paulo (1980). Para as cartas dos anos de 1985, 1993 e 1997 foram utilizadas seis cenas Landsat5-TM (bandas 1,2,3,4,5 e 7) obtidas em função da aplicação do algoritmo de segmentação em ambiente SPRING. As categorias utilizadas para o mapeamento foram: água, urbanização, cana-de-açúcar, pasto, silvicultura, floresta, culturas anuais, culturas perenes, solos expostos e outros. As Figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8, apresentam, respectivamente, os mapeamentos para os anos de 1978, 1985, 1993 e 1997.

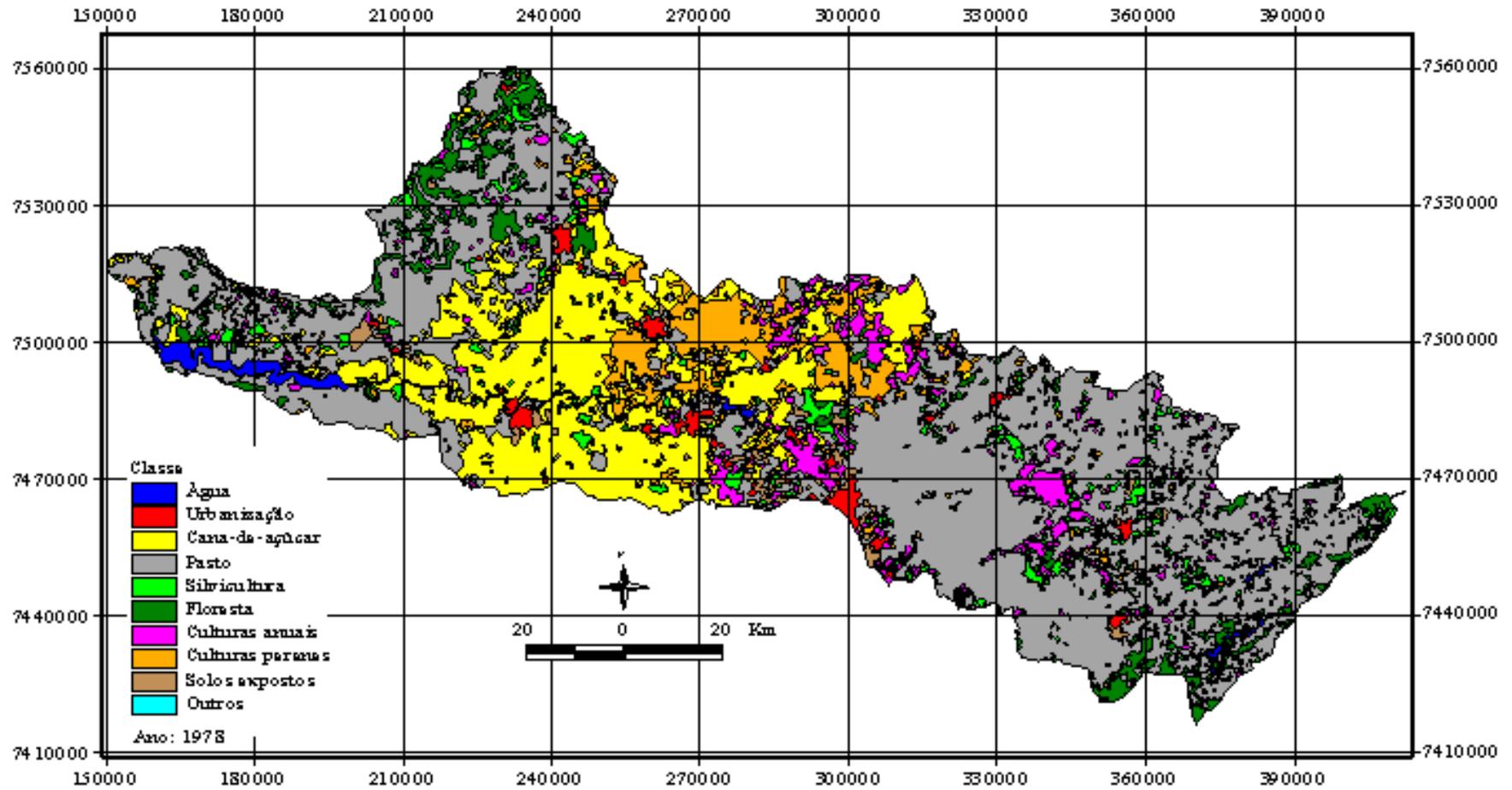


Figura 4.5: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba (1978). Fonte: Projeto Piracena.

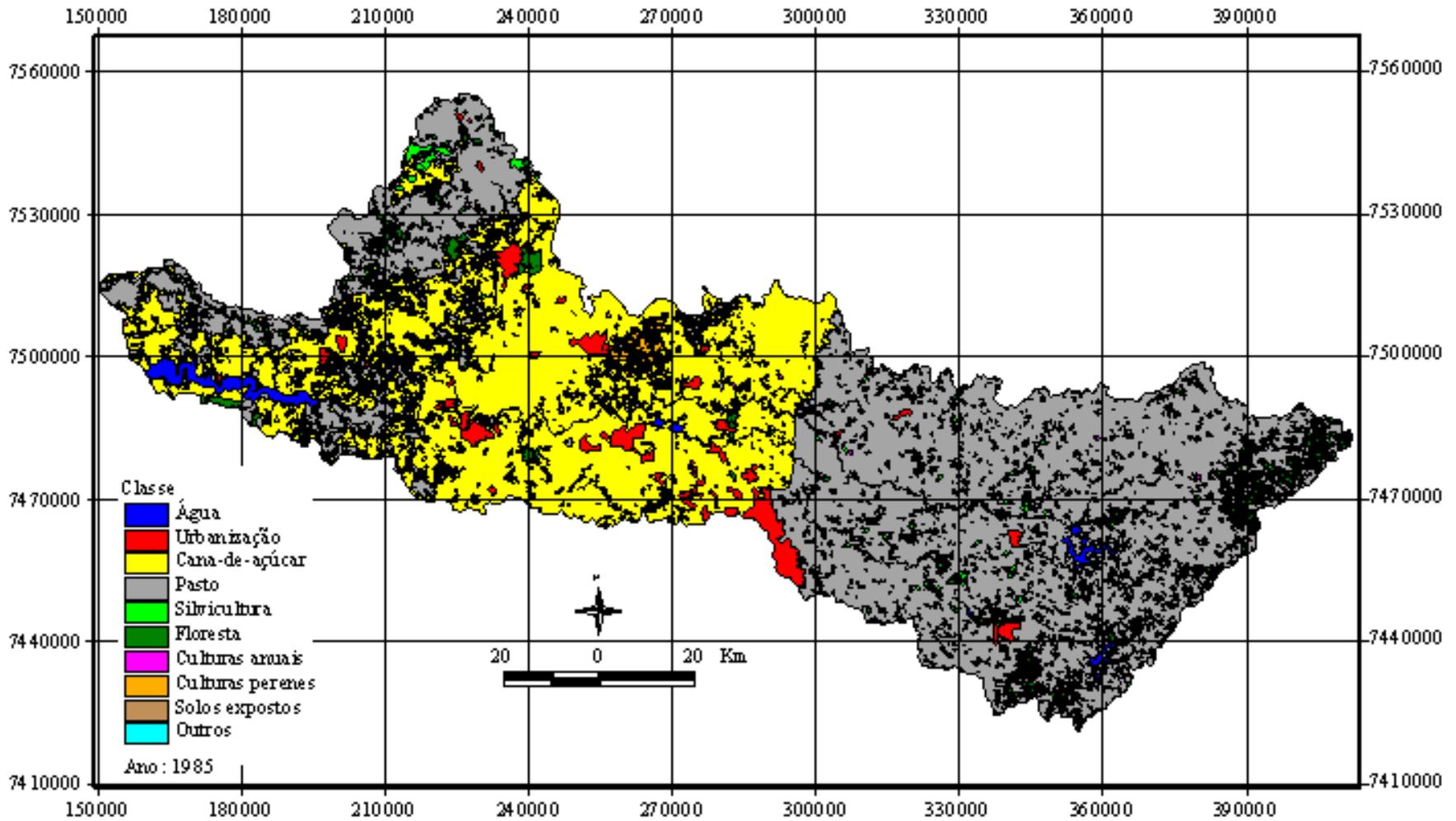


Figura 4.6: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba (1985). Fonte: Projeto Piracena.

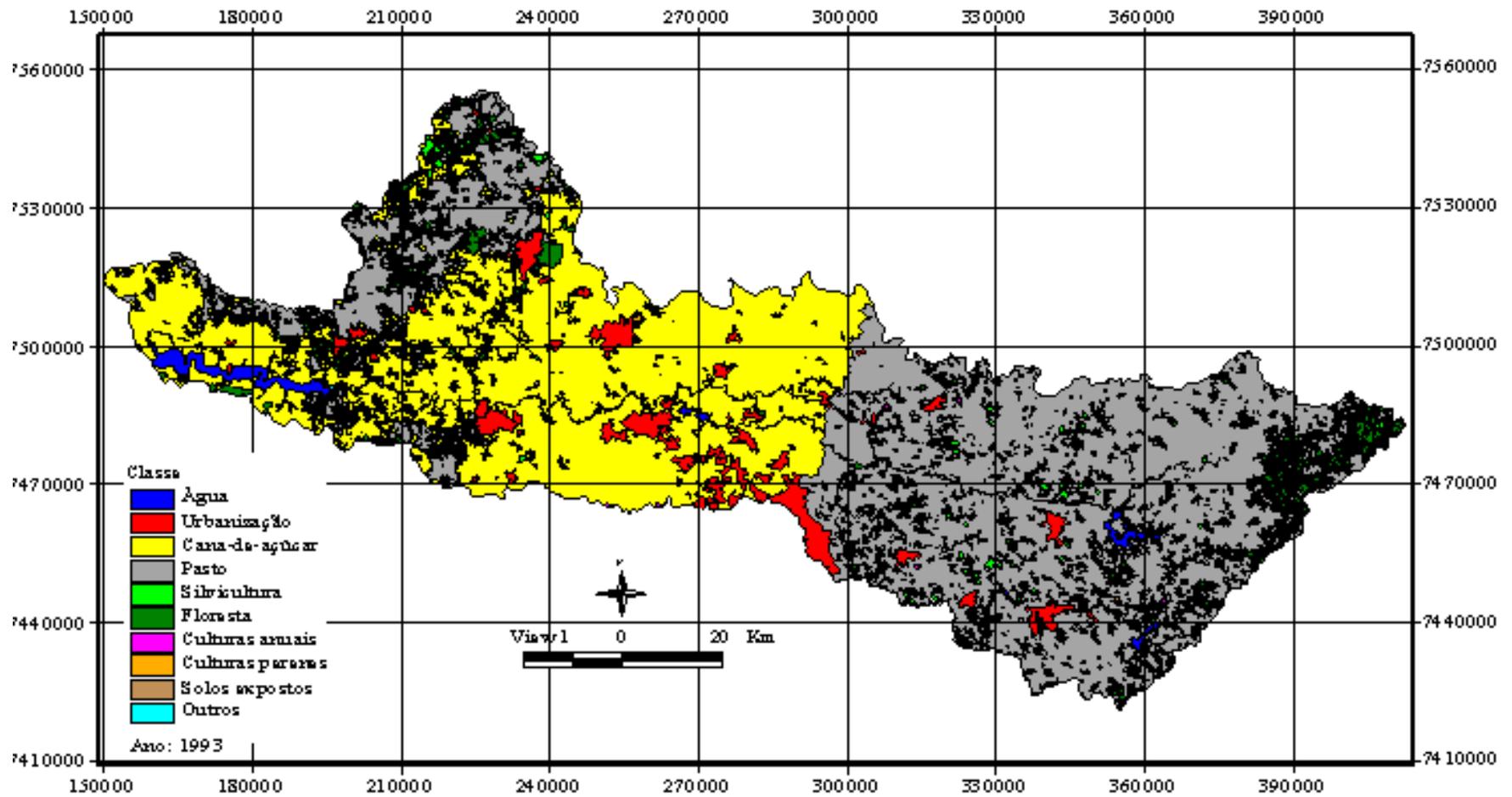


Figura 4.7: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba (1993). Fonte: Projeto Piracena.

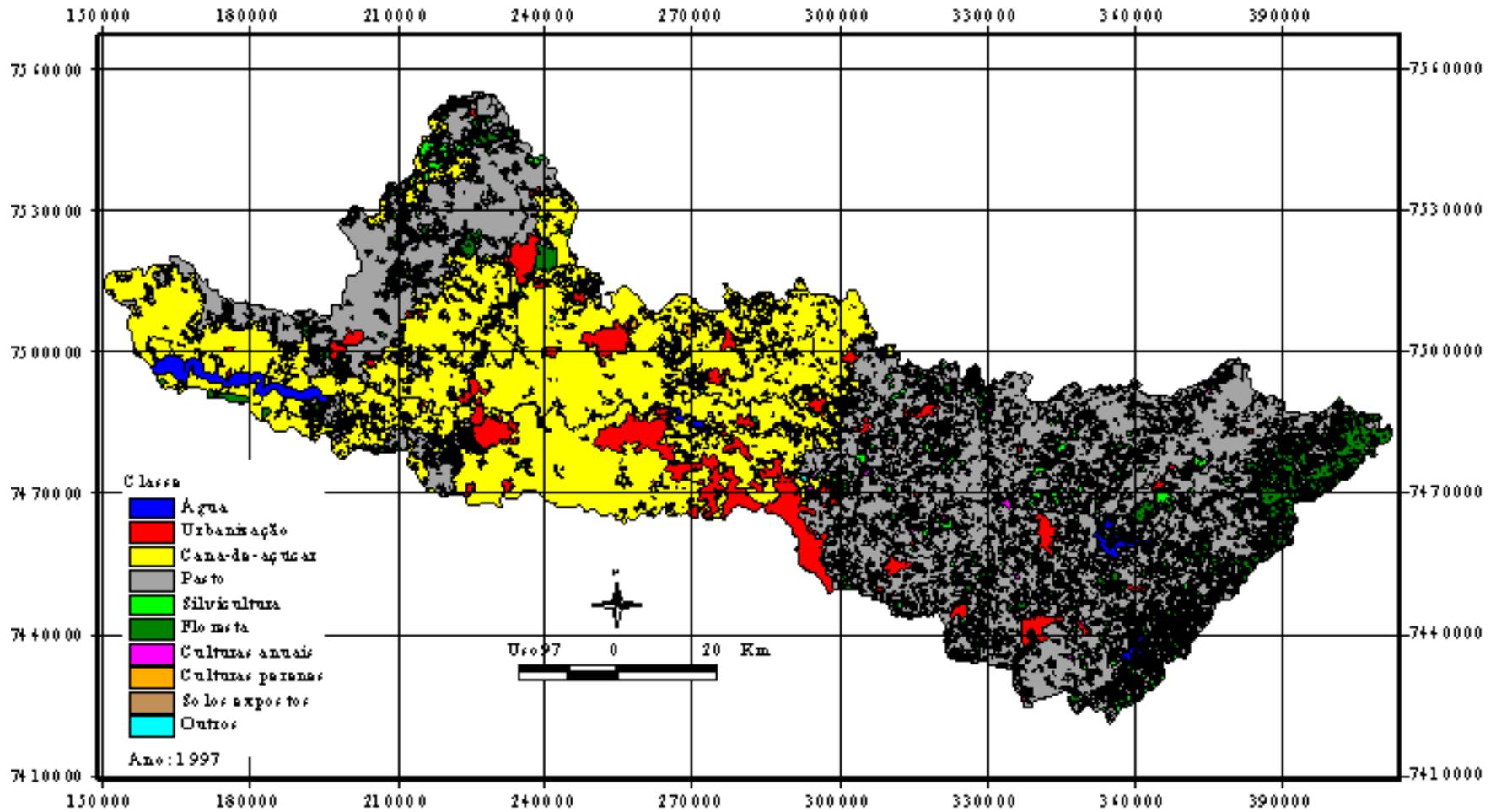
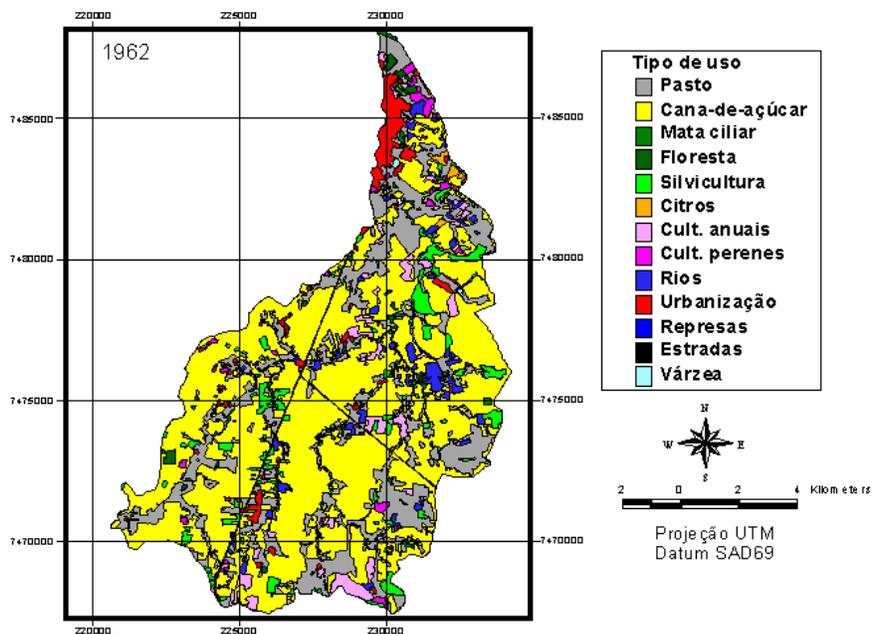


Figura 4.8: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba (1997). Fonte: Projeto Piracena.

A seqüência de mapas demonstra que a bacia do rio Piracicaba no Estado de São Paulo, com relação ao uso da terra e cobertura vegetal, não vem sofrendo alterações significativas na paisagem desde o final da década de 80. O que se pode destacar nas visualizações é o franco processo de conurbação no eixo Campinas-Americana.

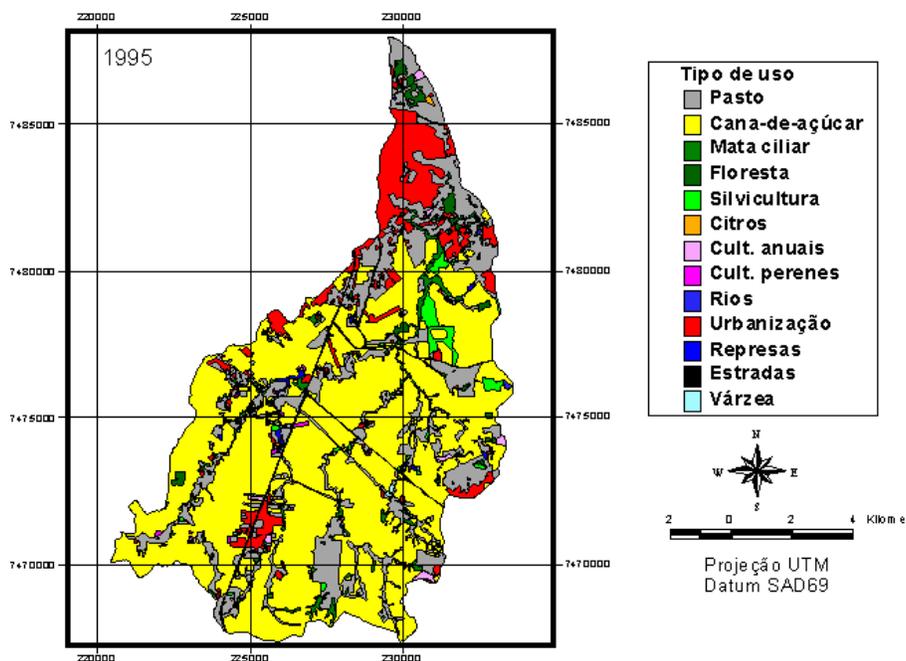
O cultivo de cana-de-açúcar e a presença de pasto ou campo antrópico são amplamente dominantes nas paisagens de colinas e morrotes da UGRHI PCJ e refletem o alto grau de intervenção antrópica nesta bacia hidrográfica, com significativa perda de área de ecossistemas naturais associados ao Cerrado e à Mata Atlântica que se encontram em forma de fragmentos a oeste e leste da bacia hidrográfica.

Outro material utilizado como referência, foi a carta de uso e cobertura vegetal para o ribeirão Piracicamirim, localizada no município de Piracicaba, que segundo o projeto Piracena foi elaborada com base na interpretação visual de fotografias aéreas na escala 1:25000 para os anos de 1962 e 1965. As Figuras 4.9 e 4.10 mostram as feições de uso e cobertura vegetal diagnosticadas para a bacia hidrográfica do rio Piracicamirim.



Fonte: Projeto Piracena.

Figura 4.9: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal para a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicamirim.



Fonte: Projeto Piracena.

Figura 4.10: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal para Bacia Hidrográfica do Rio Piracicamirim ano de 1995.

Como se pode observar, a legenda foi reproduzida tal como para o mapeamento da bacia hidrográfica do rio Piracicaba, realizado pelo mesmo projeto. O mapa de cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicamirim para o ano de 1995 apresentou poucas alterações com relação ao ano de 1962, o que demonstrou o pouco dinamismo paisagístico para a região, exceto pelo crescimento das áreas urbanas de Piracicaba e dos outros municípios da área (Saltinho e Rio das Pedras). Um aspecto que deve ser ressaltado diz respeito ao mapa para o ano de 1962 que demonstra claramente que o predomínio de atividades canavieiras e as pastagens antecederam ao período de promulgação do Código Florestal (1965), o que certamente coloca os proprietários dessas áreas como agentes que devem se adequar às normas de ocupação territorial relativas as questões ambientais.

Outra publicação utilizada para balizar a execução do projeto foi o mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Corumbataí, desenvolvido pela equipe técnica do Atlas Ambiental de Rio Claro para o ano de 2000 (também existem publicações para o ano de 1990 e 2003). O referido mapeamento foi elaborado tendo como fonte imagens “Landsat 5” para setembro de 2000. Ao se analisar a Figura 4.11 pode-se observar a espacialização das informações relativas ao uso da terra e cobertura vegetal para a bacia hidrográfica do rio Corumbataí, sub-bacia hidrográfica de destaque em área na bacia hidrográfica do rio Piracicaba.

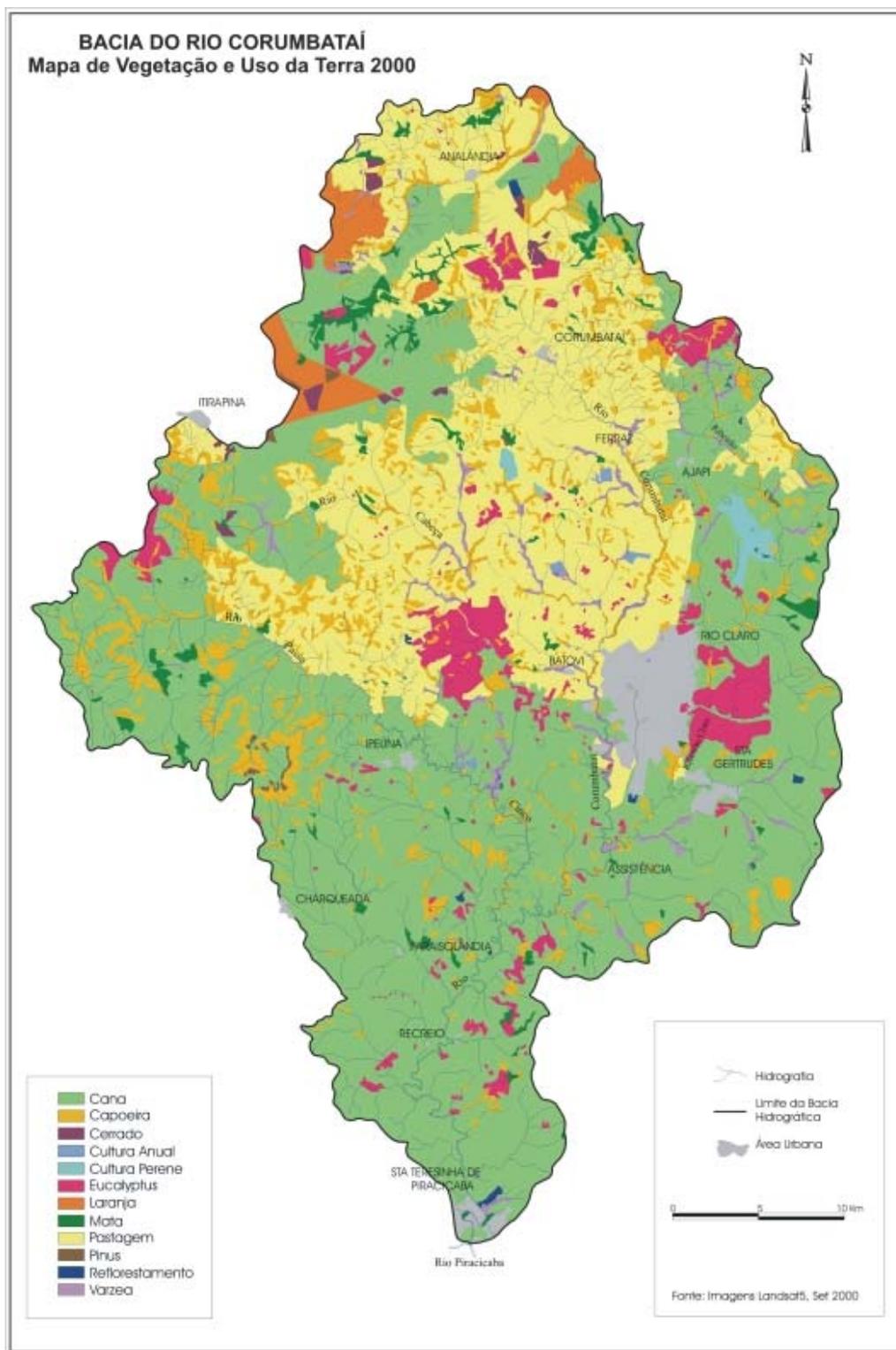


Figura 4.11: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para a bacia hidrográfica do rio Corumbataí.

Fonte: Atlas Ambiental de Rio Claro.

Ao se analisar a Figura 4.11 pode-se observar que existe o predomínio das feições associadas ao cultivo de cana-de-açúcar e pastagem e, não tão significativo em área, a presença de cultivo de laranja.

Outra fonte utilizada foi o mapa de uso da terra e cobertura vegetal para a bacia hidrográfica do rio Capivari elaborado por Napoleão (2002) fundamentado em imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+ para o ano de 2001 usando a técnica de interpretação visual das feições. A Figura 4.12 apresenta a espacialização dessas informações.

Na ocasião deste mapeamento foi identificado para região o valor percentual de 28% de ocupação territorial associado ao cultivo de cana-de-açúcar e 32% de ocupação associada à presença de pasto. A presença de fragmentos florestais teve representatividade espacial relativa de 12% e de 4% para a presença de capoeiras.

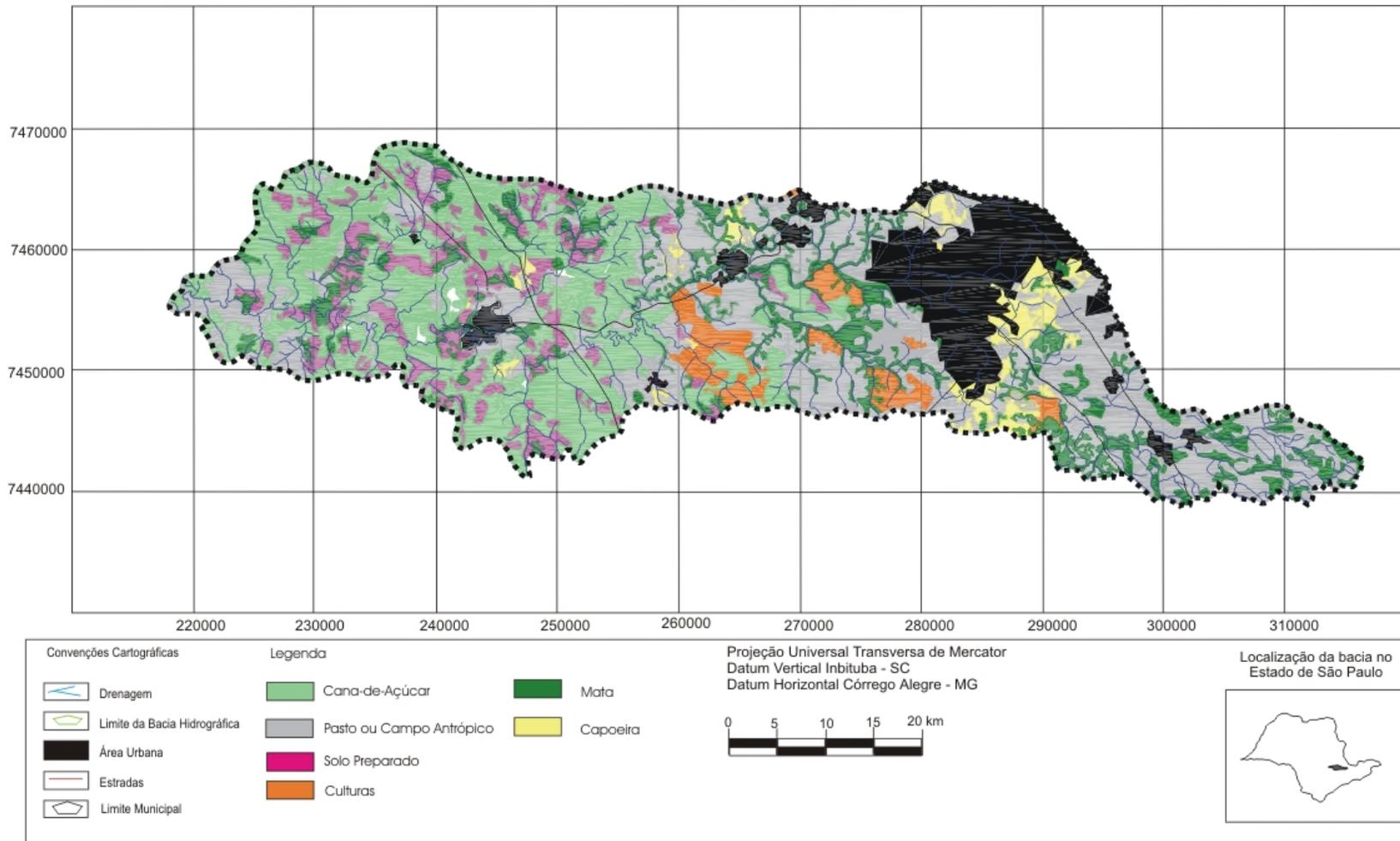


Figura 4.12 : Mapa de Uso e Cobertura Vegetal para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.
Fonte: Napoleão (2002)

V – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Hierarquização das Sub-bacias da UGRHI PCJ

O processo de hierarquização de drenagem da UGRHI PCJ resultou na delimitação de sub-bacias hidrográficas com ordens de drenagem variando entre três e oito. A Tabela 5.1 apresenta a distribuição das sub-bacias hidrográficas por ordem de drenagem.

Tabela 5.1: Quantidade de sub-bacias hidrográficas por ordem de drenagem da UGRHI PCJ.

Sub-bacias	Ordens de Drenagem					
	3ª ordem	4ª ordem	5ª ordem	6ª ordem	7ª ordem	8ª ordem
PIRACICABA	663	134	19	5	2	1
CAPIVARI	86	17	2	1	0	0
JUNDIAÍ	102	20	3	1	0	0
UGRHI PCJ	851	171	24	7	2	1

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

O primeiro nível de representação das sub-bacias hidrográficas da UGRHI PCJ inclui as sub-bacias hidrográficas de 6ª ordem dos rios Capivari, Jundiaí e Corumbataí e as sub-bacias de 7ª ordem dos rios Jaguari e Atibaia, que são as únicas presentes na 7ª ordem na área de estudo. A partir da confluência dos rios Jaguari e Atibaia o curso principal passa a ser denominado Piracicaba constituindo, portanto, uma sub-bacia hidrográfica de 8ª ordem da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê na escala 1:50.000. Para fins de representação, a área drenada pelo rio Piracicaba entre a barragem de Barra Bonita e a confluência dos rios Jaguari e Atibaia, excluindo a área correspondente à sub-bacia hidrográfica do rio Corumbataí, assume a denominação de médio curso do rio Piracicaba.

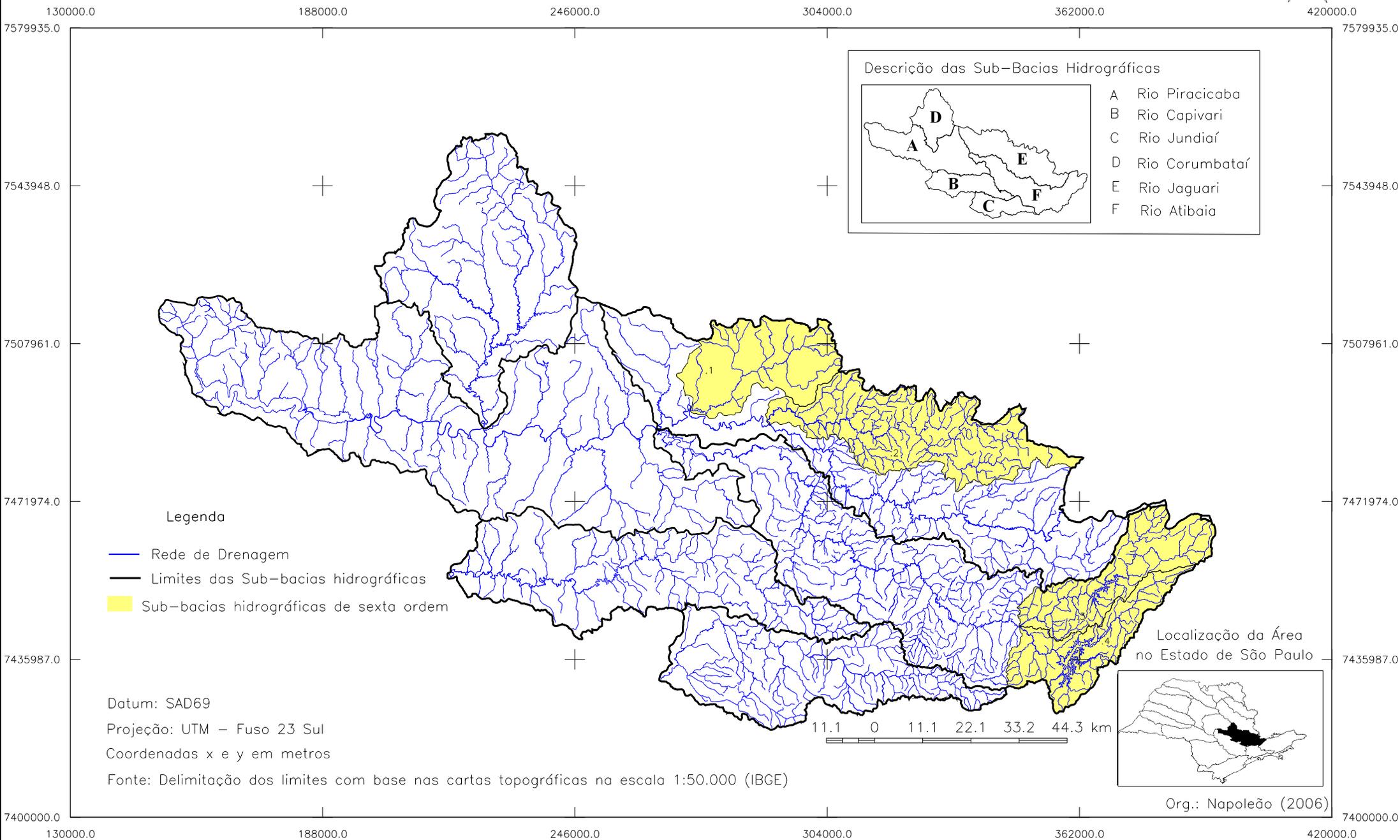
Excetuando-se a sub-bacia hidrográfica do rio Capivari, existe a ocorrência de quatro sub-bacias hidrográficas de 6ª ordem na UGRHI PCJ no Estado de São Paulo. Estas correspondem às sub-bacias hidrográficas dos rios Pirapitingui (1), Camanducaia (2), Cachoeirinha (3) e Atibainha (4). Existe a ocorrência de duas sub-bacias de 6ª ordem na UGRHI PCJ no Estado de Minas Gerais que não foram representadas neste trabalho, porém foram delimitadas e incorporadas ao banco de dados para o correto enquadramento da sub-bacia hidrográfica do rio Jaguari.

Na 5ª ordem hierárquica foram delimitadas 23 sub-bacias hidrográficas, 2 localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari, 3 presentes na sub-bacia do rio Jundiaí e 18 situadas na Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba.

Para a 4ª ordem hierárquica foram identificadas cento e setenta e uma sub-bacias hidrográficas, 134 localizadas na bacia do rio Piracicaba, 17 na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari e 20 na sub-bacia hidrográfica do rio Jundiáí.

As Figuras 5.1, 5.2 e 5.3 apresentam respectivamente a localização das sub-bacias hidrográficas da UGRHI PCJ de 6ª, 5ª e 4ª ordem.

Mapa de Localização das Sub-Bacias Hidrográficas de Sexta Ordem Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiá
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguari
F	Rio Atibaia

- Legenda
- Rede de Drenagem
 - Limites das Sub-bacias hidrográficas
 - Sub-bacias hidrográficas de sexta ordem

Datum: SAD69
 Projeção: UTM – Fuso 23 Sul
 Coordenadas x e y em metros
 Fonte: Delimitação dos limites com base nas cartas topográficas na escala 1:50.000 (IBGE)



Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.1: Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas de sexta ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

Mapa de Localização das Sub-Bacias Hidrográficas de Quinta Ordem Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



420000.0

130000.0

188000.0

246000.0

304000.0

362000.0

7579935.0

7579935.0

7543948.0

7543948.0

7507961.0

7507961.0

7471974.0

7471974.0

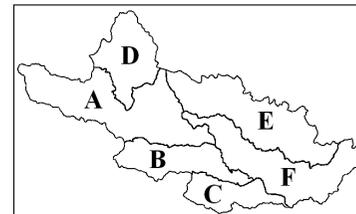
7435987.0

7435987.0

7400000.0

7400000.0

Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas



- A Rio Piracicaba
- B Rio Capivari
- C Rio Jundiá
- D Rio Corumbataí
- E Rio Jaguari
- F Rio Atibaia

Legenda

-  Rede de Drenagem
-  Limites das Sub-bacias hidrográficas
-  Sub-bacias hidrográficas de quinta ordem

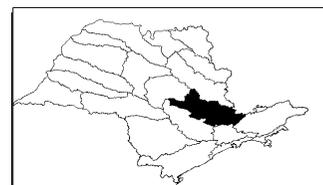
Datum: SAD69

Projeção: UTM – Fuso 23 Sul

Coordenadas x e y em metros

Fonte: Delimitação dos limites com base nas cartas topográficas na escala 1 : 50.000 (IBGE)

11.1 0 11.1 22.1 33.2 44.3 km

Localização da Área
no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

130000.0

188000.0

246000.0

304000.0

362000.0

420000.0

Figura 5.2: Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas de quinta ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)

As sub-bacias hidrográficas de 3ª ordem apresentaram a ocorrência de 851 unidades diagnosticadas na UGRHI PCJ, das quais 663 localizam-se na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, 86 unidades situam-se na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari e 102 estão localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Jundiá. As sub-bacias de 3ª ordem foram consideradas as unidades de análise para as ações de gestão e planejamento na área de estudo.

5.2 – As Unidades de Análise da UGRHI PCJ.

A partir da delimitação e análise das sub-bacias hidrográficas de 3ª e 4ª ordem optou-se pela escolha das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem como as mais adequadas para a definição das unidades de análise.

A decisão foi fundamentada com base na análise das extensões territoriais das sub-bacias de 3ª ordem que possuem em média área de 9,36 Km², com desvio padrão de 11,83 Km² e 90% de suas ocorrências variando entre 48 a 2.174 hectares, em contraponto às sub-bacias hidrográficas de 4ª ordem que apresentaram valor médio de área de 43,07 km² e desvio padrão de 54,15 Km², com valor máximo de ocorrência de 305,44Km² e mínimo de 3,08 Km².

As sub-bacias de 3ª ordem apresentaram um número de unidades de análise superior às sub-bacias de 4ª ordem, com valores respectivamente de 851 e 171, bem como uma quase equivalência em ocupação territorial, com valores correspondendo respectivamente a 7.967 Km² e 8.657 Km². Ante a este aspecto, pode-se concluir que a adoção das sub-bacias de 3ª ordem irá abranger um diagnóstico territorial equivalente ao se adotar as sub-bacias de 4ª ordem, porém com maior grau de diferenciação em unidades de análise, sem comprometer a escala de representação. A hipótese de uso das sub-bacias de 2ª ordem na escala 1:50.000 como unidade de análise não foi considerada, em razão da escala de detalhe dos mapeamentos temáticos e a dificuldade de representação de uma quantidade significativa de unidades considerando as extensões territoriais da UGRHI PCJ. A consideração das sub-bacias de 2ª ou 1ª ordem deverão ser objeto de análise na ocasião de diagnósticos mais precisos das sub-bacias hidrográficas identificadas como prioritárias.

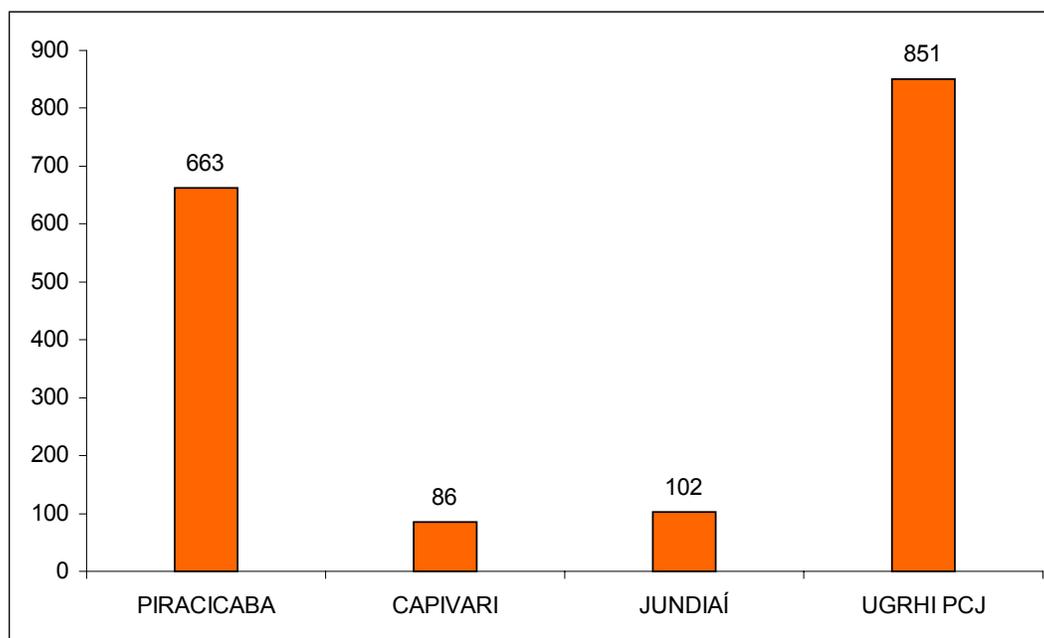
Além das questões envolvendo graus de diferenciação e escala de análise, os valores de extensão territorial das sub-bacias de 3ª ordem enquadram-se na

proposição do Programa de Microbacias Hidrográficas do Estado de São Paulo (SAA-CATI), que estabelece que as sub-bacias destinadas ao programa não devem possuir extensões territoriais superiores a 3.000 hectares. Apenas 5,56% das sub-bacias hidrográficas de 3ª ordem apresentaram áreas superiores a 3.000 hectares. Como a metodologia abrange a definição de sub-bacias hidrográficas prioritárias para desenvolvimento de projetos agroecológicos, as unidades de análise são compatíveis com o referencial SAA-CATI.

Ante ao exposto, as sub-bacias hidrográficas de 3ª ordem na escala 1:50.000 foram definidas como unidade de análise ideais para o planejamento dos recursos hídricos na UGRHI PCJ.

O Gráfico 5.1 apresenta a distribuição do número de sub-bacias hidrográficas de terceira ordem para as Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e a Figura 5.4 a distribuição espacial das mesmas na UGRHI PCJ.

Gráfico 5.1: Distribuição das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem da UGRHI PCJ.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Mapa de Localização das Sub-Bacias Hidrográficas de Terceira Ordem Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



420000.0

7579935.0

130000.0

188000.0

246000.0

304000.0

362000.0

7579935.0

7543948.0

7507961.0

7471974.0

7435987.0

7400000.0

7543948.0

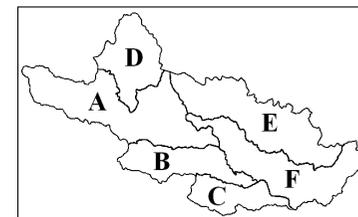
7507961.0

7471974.0

7435987.0

7400000.0

Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas



- A Rio Piracicaba
- B Rio Capivari
- C Rio Jundiá
- D Rio Corumbataí
- E Rio Jaguari
- F Rio Atibaia

Legenda

-  Rede de Drenagem
-  Limites das Sub-bacias hidrográficas
-  Sub-bacias de terceira ordem

Datum: SAD69

Projeção: UTM – Fuso 23 Sul

Coordenadas x e y em metros

Fonte: Delimitação dos limites com base nas cartas topográficas na escala 1: 50.000 (IBGE).

11.1 0 11.1 22.1 33.2 44.3 km

Localização da Área
no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

130000.0

188000.0

246000.0

304000.0

362000.0

420000.0

Figura 5.4: Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

Ao se analisar a Figura 5.4 constata-se maior concentração das sub-bacias hidrográficas dos rios Atibaia, Jamari e no alto curso do rio Jundiá. Essas ocorrências podem ser explicadas pela constatação de que suas extensões localizam-se em compartimentos geomorfológicos de morros e montanhas com altos valores de amplitude altimétrica e declividade, bem como de solos desenvolvidos em litologias de alta resistência ao intemperismo. Estas condições geossistêmicas condicionam o alto desenvolvimento do sistema de drenagem e por conseqüência, uma maior ocorrência de sub-bacias hidrográficas. Tais constatações também sustentam a explicação de ocorrência dos menores valores em área para as sub-bacias hidrográficas.

Nas áreas ocupadas por unidades geomorfológicas associadas a morrotes e colinas e unidades geológicas de rochas sedimentares existe uma tendência ao baixo desenvolvimento da rede de drenagem e de bacias hidrográficas com elevadas extensões territoriais relativas. Estas condições prevalecem a partir do médio curso do rio Piracicaba, incluindo a sub-bacia hidrográfica do rio Corumbataí, boa parte da Bacia do Rio Capivari e a partir do médio curso da sub-bacia hidrográfica do rio Jundiá.

5.3 – Informações de Hipsometria e Declividade

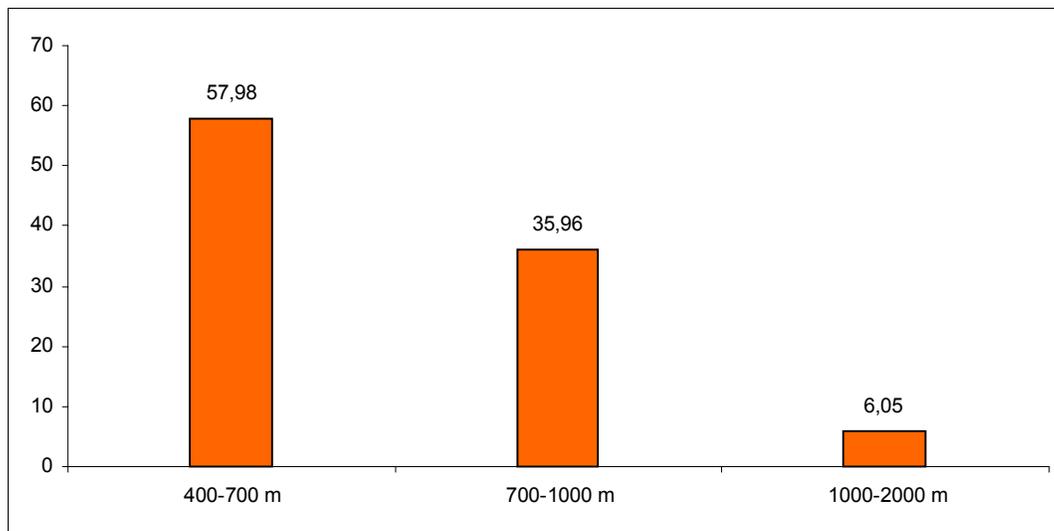
5.3.1 – Hipsometria

A análise dos valores de altimetria para as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP) demonstra a variação de 460 a aproximadamente 2000 metros.

A Figura 5.5 apresenta o mapa de classificação altimétrica da área de estudo com a definição das classes com equidistância de 100 metros a partir da cota 400 até a cota de 2000 metros, totalizando 16 classes de variação altimétrica. O Gráfico 5.2 demonstra a representatividade relativa de três agrupamentos das classes.

Os valores altimétricos compreendidos entre os valores de 400 a 700 metros abrangem a quase totalidade dos compartimentos geomorfológicos associados à depressão periférica e as unidades geológicas relacionadas às rochas sedimentares e basálticas.

Gráfico 5.2: Valores relativos dos agrupamentos das classes altimétricas da UGRHI PCJ.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Genericamente pode-se afirmar que a transição entre as cotas altimétricas de 600 e 700 metros limitam os compartimentos geomorfológicos da Depressão Periférica com os compartimentos associados aos morros e montanhas a leste da UGRHI PCJ, bem como limitam os primeiros com as escarpas festonadas associadas às Cuestas Basálticas, localizadas a noroeste.

Em termos municipais, essa faixa altimétrica abrange os municípios de maior destaque em termos populacionais, como o município de Campinas, Piracicaba, Limeira e Rio Claro.

A faixa altimétrica compreendida entre os valores de 700 a 1000 metros, a leste da área de estudo, apresenta a ocorrência de compartimentos geomorfológicos associados aos morros e montanhas e unidades geológicas associadas às rochas ígneas e metamórficas. A noroeste da área de estudo esta faixa abrange aos elementos geossistêmicos associados às Cuestas Basálticas. Em termos municipais, destacam-se nesta faixa os municípios de Jundiaí, Bragança Paulista e Atibaia.

A partir da cota de 1000 metros pode ser observada a presença de serras, tais como a do Japi no município de Jundiaí, a de Itapetinga nos municípios de Atibaia e Bom Jesus dos Perdões e a serra da Mantiqueira nos municípios de Joanópolis, Vargem e Pedra Bela.

Mapa de Classificação Hipsométrica das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP)

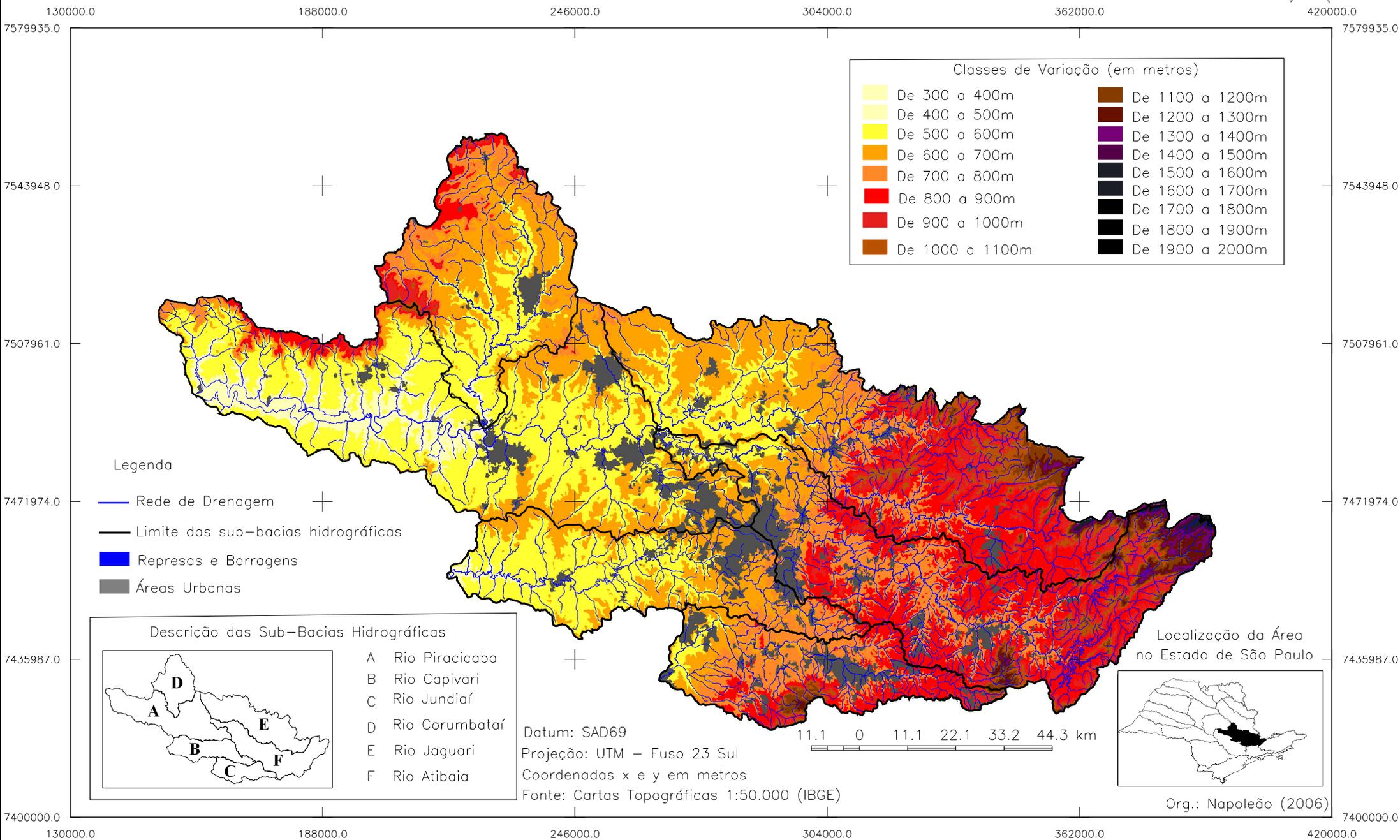
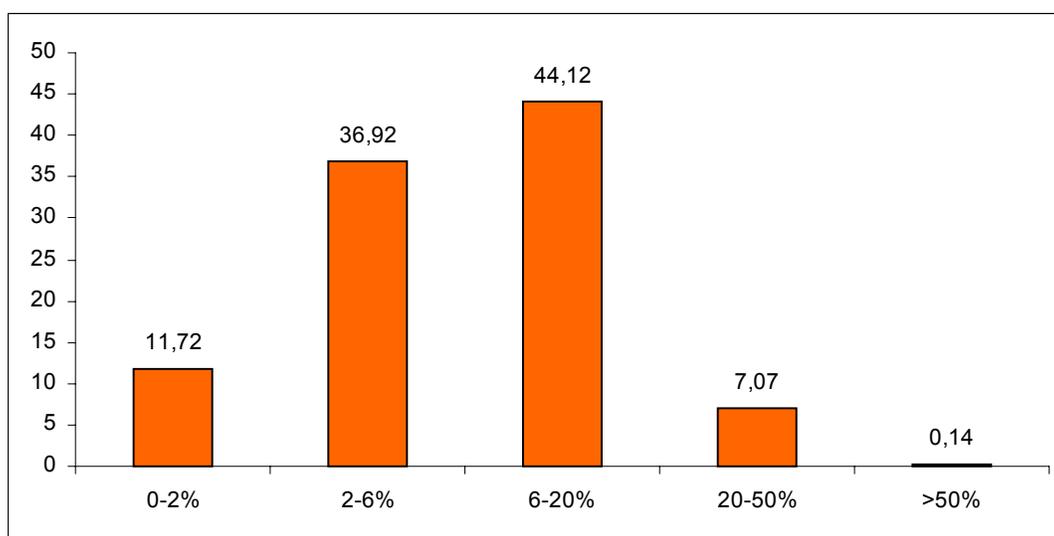


Figura 5.5: Mapa de classificação hipsométrica das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP).

5.3.2 – Declividade

A Figura 5.6 apresenta o mapa de classificação da declividade (em percentual) das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e o Gráfico 5.3 a representatividade relativa de cada classe de declividade. A definição das classes de declividade teve como base a metodologia desenvolvida por Crepani et al. (2005) para integração de variáveis físicas para elaboração da carta de vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos.

Gráfico 5.3: Distribuição relativa das classes de declividade da UGRHI PCJ.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

A classe de declividade que abrange os valores de 0 a 2% possui distribuição ampla e ocorrência quase que restrita às planícies fluviais dos rios principais (8^a, 7^a e 6^a ordem) e aos topos das colinas amplas. Esta posição também é ocupada pela classe de declividade que abrange os valores de 2 a 6%, porém a mesma possui uma maior representatividade e se estende das planícies fluviais dos rios de ordem inferior aos topos de feições geomorfológicas associadas às colinas amplas e aos morrotes, bem como nas encostas associadas às colinas amplas e médias. A presença desta classe é indicadora de áreas morfogeneticamente estáveis, onde predominam processos pedogenéticos.

Mapa de Classificação de Declividade das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

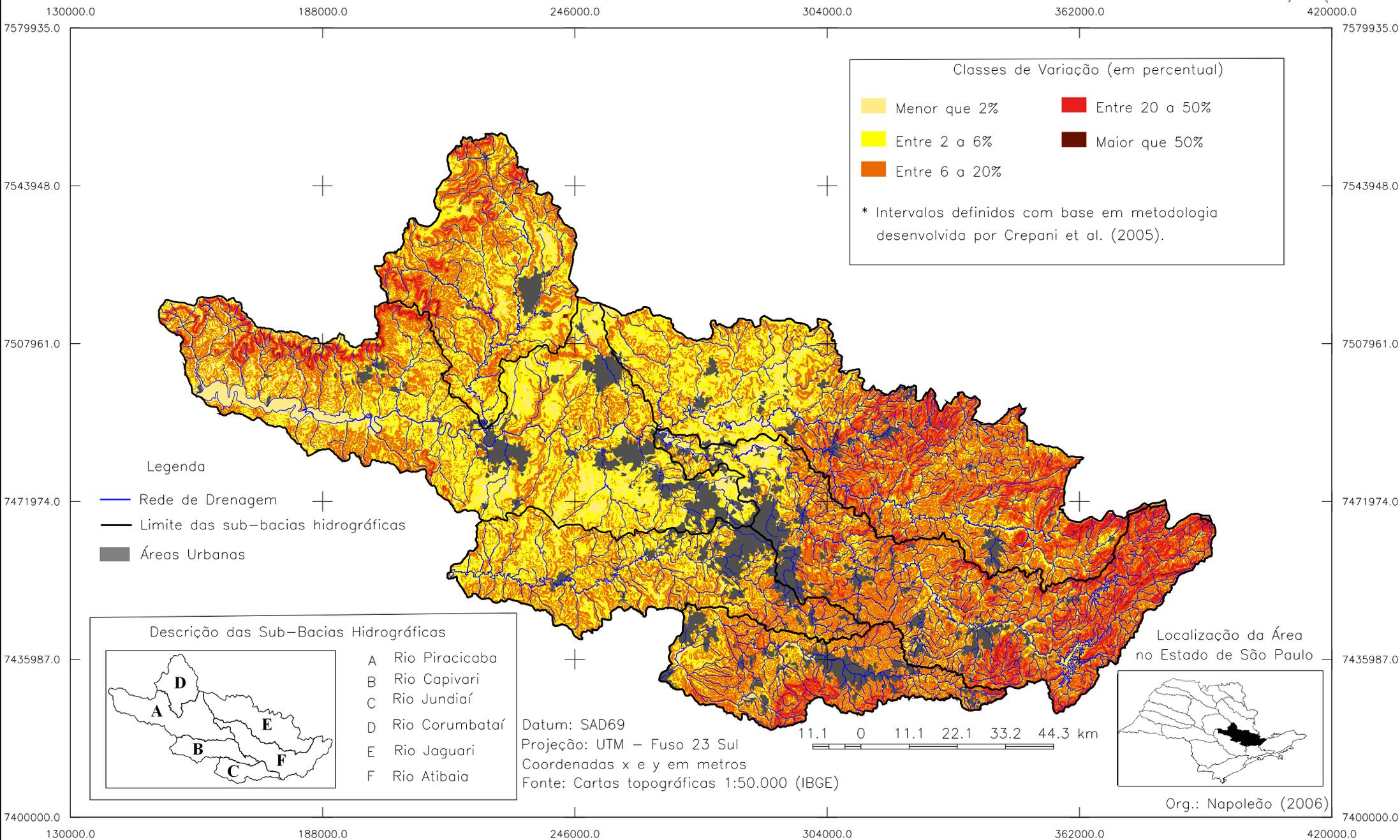


Figura 5.6: Mapa de Classificação de declividade das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

A classe que abrange os valores de declividade entre 6 a 20% possui alta representatividade e uma distribuição bastante ampla com ocorrência associada às encostas das feições geomorfológicas de morrotes e morros.

Para a classe com valores de declividade variando de 20 a 50% existe uma associação com as encostas das escarpas das Cuestas Basálticas e com encostas das montanhas localizadas em serras a leste da área de estudo, não sendo esta classe relativamente representativa, porém de relevante importância como indicadora de áreas morfogeneticamente instáveis. Os valores de declividade superiores a 50% possuem muito baixa representatividade e ocorrência restrita as escarpas festonadas das Cuestas Basálticas e às encostas de montanhas, possivelmente associadas aos afloramentos rochosos.

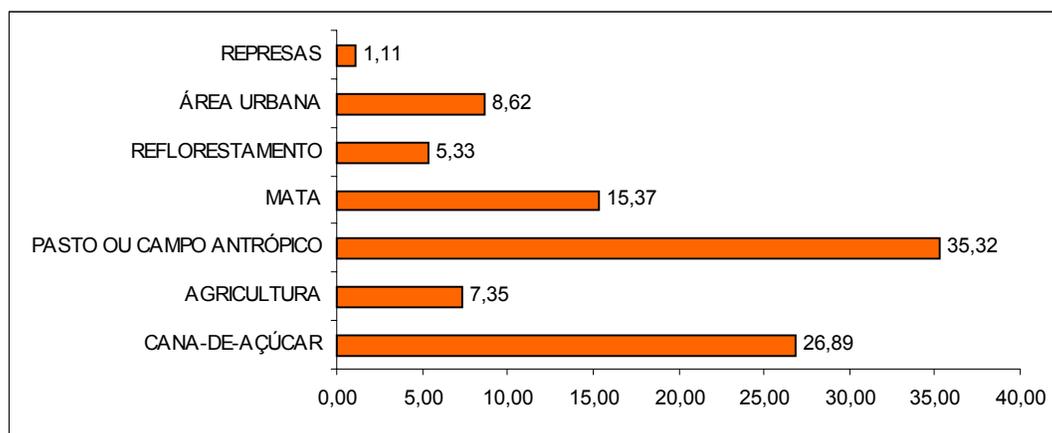
5.4 – Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Sinteticamente pode-se relatar que, em termos de ocupação, as paisagens da UGRHI PCJ são fortemente dominadas por feições antrópicas associadas às atividades agrícolas, à urbanização, aos pastos ou ao reflorestamento, como já abordado no item 4.5.

Os ecossistemas naturais possuem baixa representatividade relativa, estando restritos apenas às áreas que possuem fatores limitantes às atividades antrópicas ou àquelas protegidas por legislação ambiental.

A Figura 5.7 apresenta o mapa de uso da terra e cobertura vegetal das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e o Gráfico 5.4 apresenta a distribuição relativa das classes identificadas.

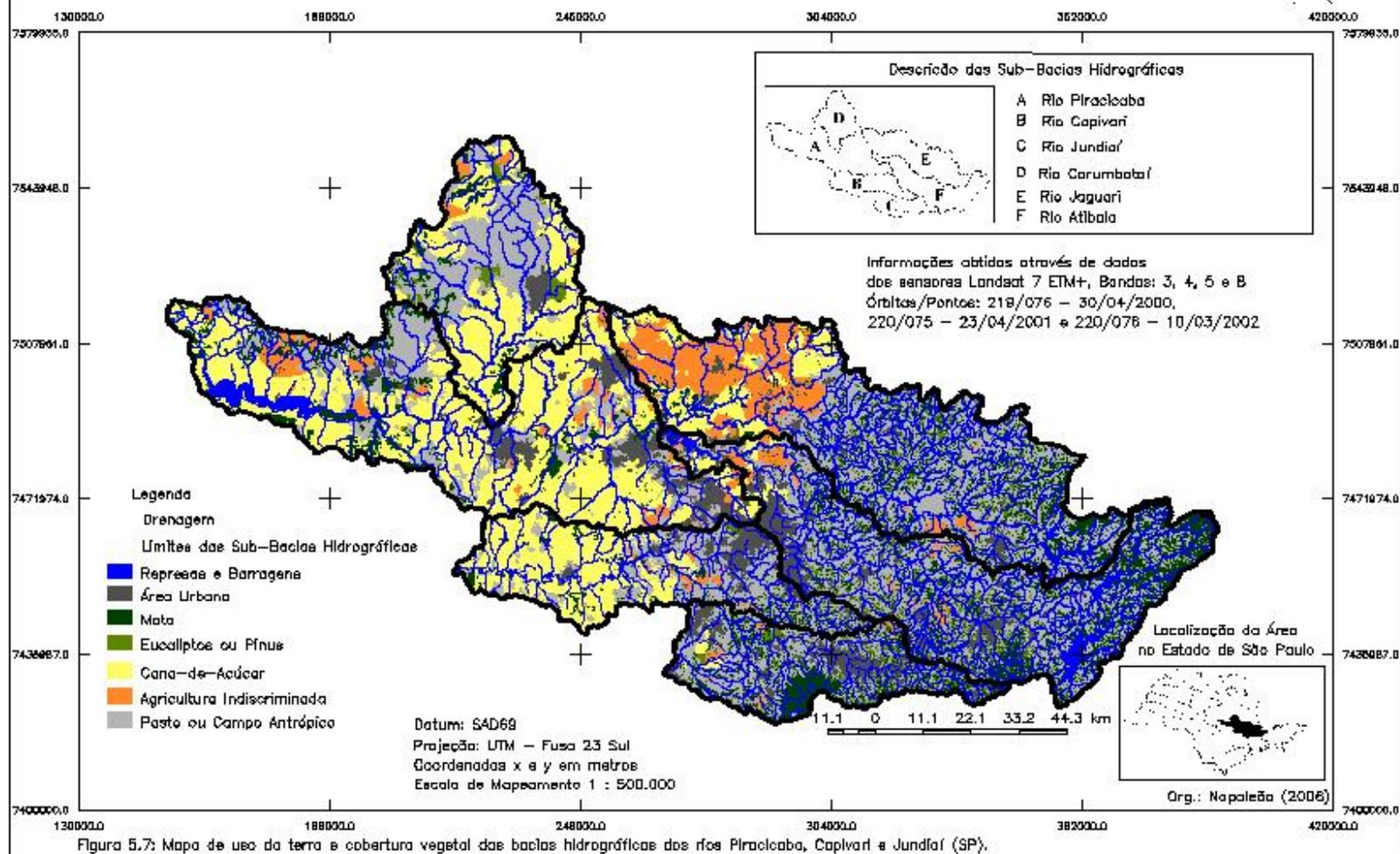
Gráfico 5.4: Distribuição relativa (em percentual) das classes de uso da terra e cobertura vegetal da UGRHI PCJ.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

A classe “pasto/campo antrópico” foi a que apresentou maior representatividade (35,32%) para a área de estudo. Possui maior significância espacial na região leste da área de estudo, nas unidades geomorfológicas associadas aos morrotes, morros e montanhas. Outra área de representatividade é a localizada ao norte e a noroeste da sub-bacia hidrográfica do rio Corumbataí. A presença deste tipo de uso está associada aos locais que possuem limitações quanto à aptidão agrícola dos solos e as áreas reservadas para especulação imobiliária localizadas no entorno da cidade de Campinas.

Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



As áreas ocupadas por atividades agrícolas associadas ao cultivo de cana-de-açúcar possuem representatividade de 26,89% e estão associadas às unidades geomorfológicas das colinas médias, amplas e planícies aluviais da depressão periférica e do reverso das cuestas basálticas. A presença deste tipo de ocupação é secular e nas bacias hidrográficas em análise demonstra que atingiu o seu limite de expansão em razão de fatores associados à restrição quanto a essa prática agrícola.

As “áreas agrícolas” representam 7,35% do uso e possuem uma maior ocorrência espacial nas unidades geomorfológicas associadas às colinas amplas e médias, em áreas dos municípios de Limeira, Artur Nogueira, Holambra, Cosmópolis, entre outros da região, assim como em Vinhedo, Valinhos e Louveira. A análise das imagens de satélite demonstrou que este tipo de uso localiza-se praticamente em toda a extensão da área de estudo, porém associado a cultivos com pequenas extensões territoriais que possuem sua representação limitada pela escala de representação de trabalho.

As “áreas urbanas” possuem 8,62% de representatividade com destaque para as áreas conurbadas junto à cidade de Campinas e as áreas urbanas de Piracicaba, Jundiaí, Limeira, Atibaia, Bragança Paulista e Rio Claro. Como observado no item 2.2, a formação das cidades na UGRHI PCJ possui origem no desenvolvimento e diferenciação relacionados aos ciclos econômicos do Estado de São Paulo e atualmente existe um potencial de crescimento nas áreas que se alinham às novas tendências econômicas como as cidades de Campinas, Piracicaba e Limeira. Nestas cidades, os campos antrópicos de suas periferias ou das periferias das áreas conurbadas, tendem a ser convertidas em áreas urbanas. Este processo também tem o potencial de reverter áreas reflorestadas e de florestas autóctones caso não existam mecanismos de controle da incorporação desses espaços por agentes imobiliários.

A classe “mata” possui representatividade de 15,37% e apresenta distribuição por toda a UGRHI PCJ. A sua distribuição está fortemente relacionada às áreas de preservação permanente (APP) e a alguns fragmentos florestais localizados nas escarpas das Cuestas Basálticas, em toda a extensão da Depressão Periférica e nos compartimentos geomorfológicos de morrotes e morros a leste da UGRHI PCJ. Áreas contínuas são restritas às serra do Japi, Atibaia e da Mantiqueira. Esta classe possui um grande potencial de aumento de sua extensão territorial devido o diagnóstico de grande representatividade espacial de feições antrópicas em áreas

de preservação permanente (APP) e de reserva legal e, uma vez revertido este uso para ocupação de espécies nativas da região os valores representativos desta classe serão mais significativos.

Para a classe “reflorestamento” foi diagnosticado 5,33% de representatividade na UGRHI PCJ. Esta classe distribui-se por toda a área de estudo, porém possui maior significância espacial nas unidades geomorfológicas dos morrotes e morros a leste e em algumas áreas bem delimitadas na sub-bacia do rio Corumbataí.

A classe “represa” abrange áreas ocupadas pelos principais corpos d’água associados às estruturas de represas. Esta classe possui representatividade espacial de 1,11%. Os principais corpos d’água representados são oriundos das represas de Barra Bonita, Salto Grande, Atibainha, Cachoeira e Jaguari.

5.5 – Níveis de Intensidade de Dissecação do Relevo

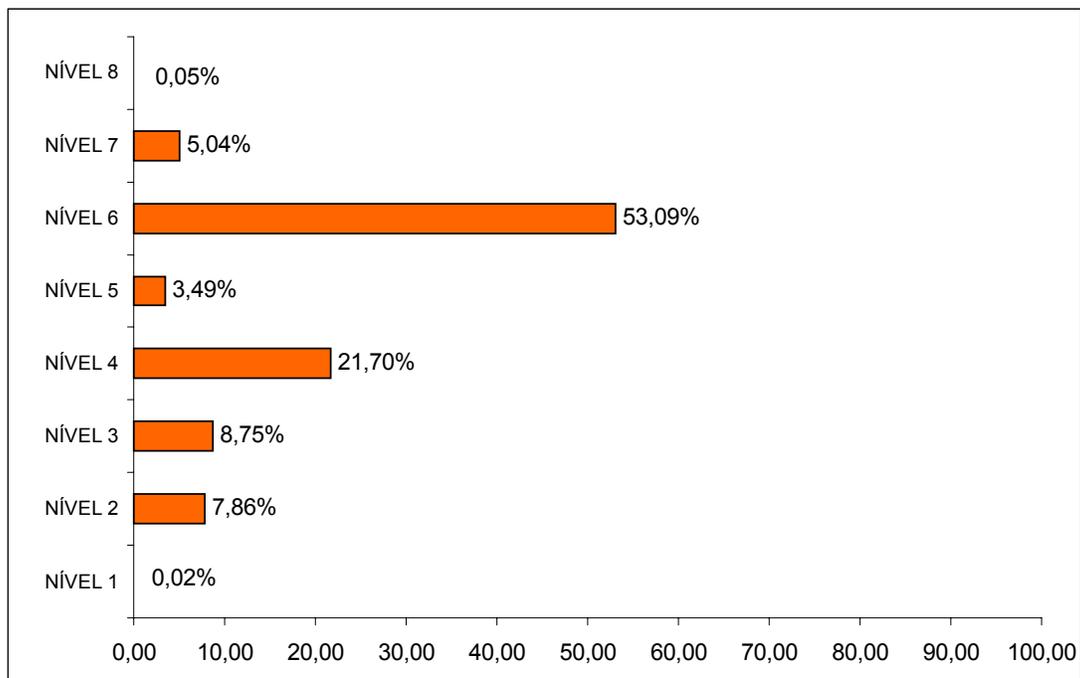
Conforme apresentado no item 3.2.6 da metodologia, a obtenção dos níveis de dissecação do relevo teve o objetivo de subsidiar a definição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

Os resultados da análise morfométrica demonstraram que os níveis de dissecação do relevo apresentam maior intensidade nas unidades geomorfológicas (níveis 1, 2 e 3) associados aos morros e montanhas localizadas a leste da área de estudo, sobremaneira nas montanhas localizadas nas serras de Atibaia e da Mantiqueira.

Os resultados da modelagem matemática demonstraram que nenhuma unidade geomorfológica atingiu os níveis um e dois. Em virtude desta constatação, os níveis de dissecação foram restritos a oito classes temáticas de intensidade.

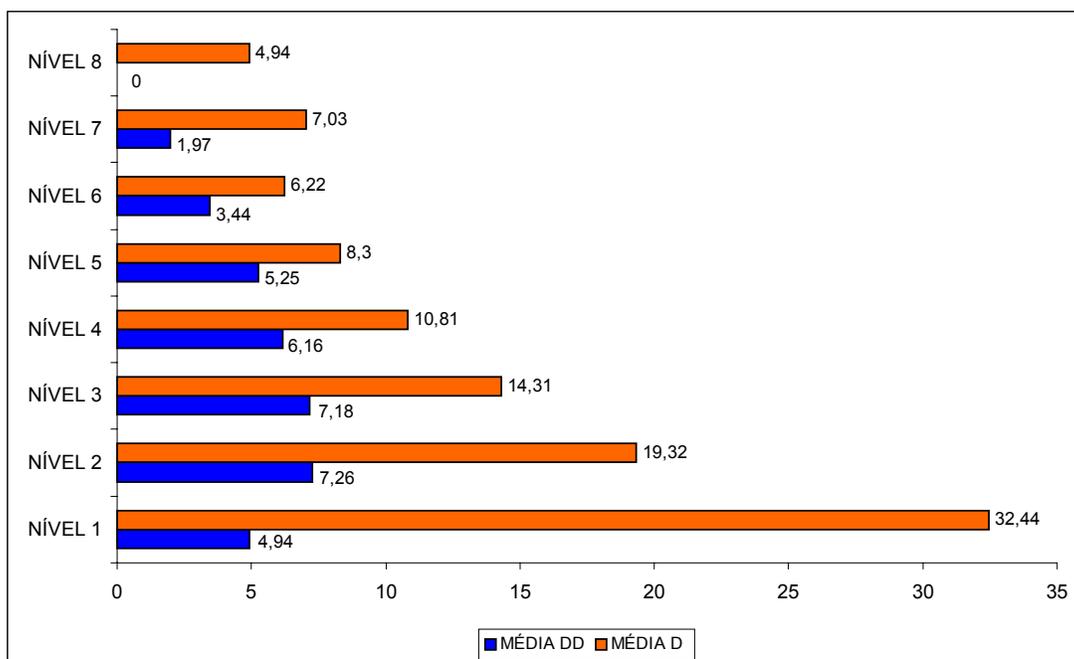
A Figura 5.8 apresenta a distribuição espacial dos níveis de dissecação de relevo da UGRHI PCJ e os Gráficos 5.5 e 5.6 apresentam, respectivamente, a distribuição relativa dos níveis de dissecação e os valores médios de cada indicador morfométrico.

Gráfico 5.5: Distribuição relativa dos níveis de dissecação.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Gráfico 5.6: Densidade de Drenagem Média (DD) e média de declividade (D) identificadas para os níveis de dissecação.

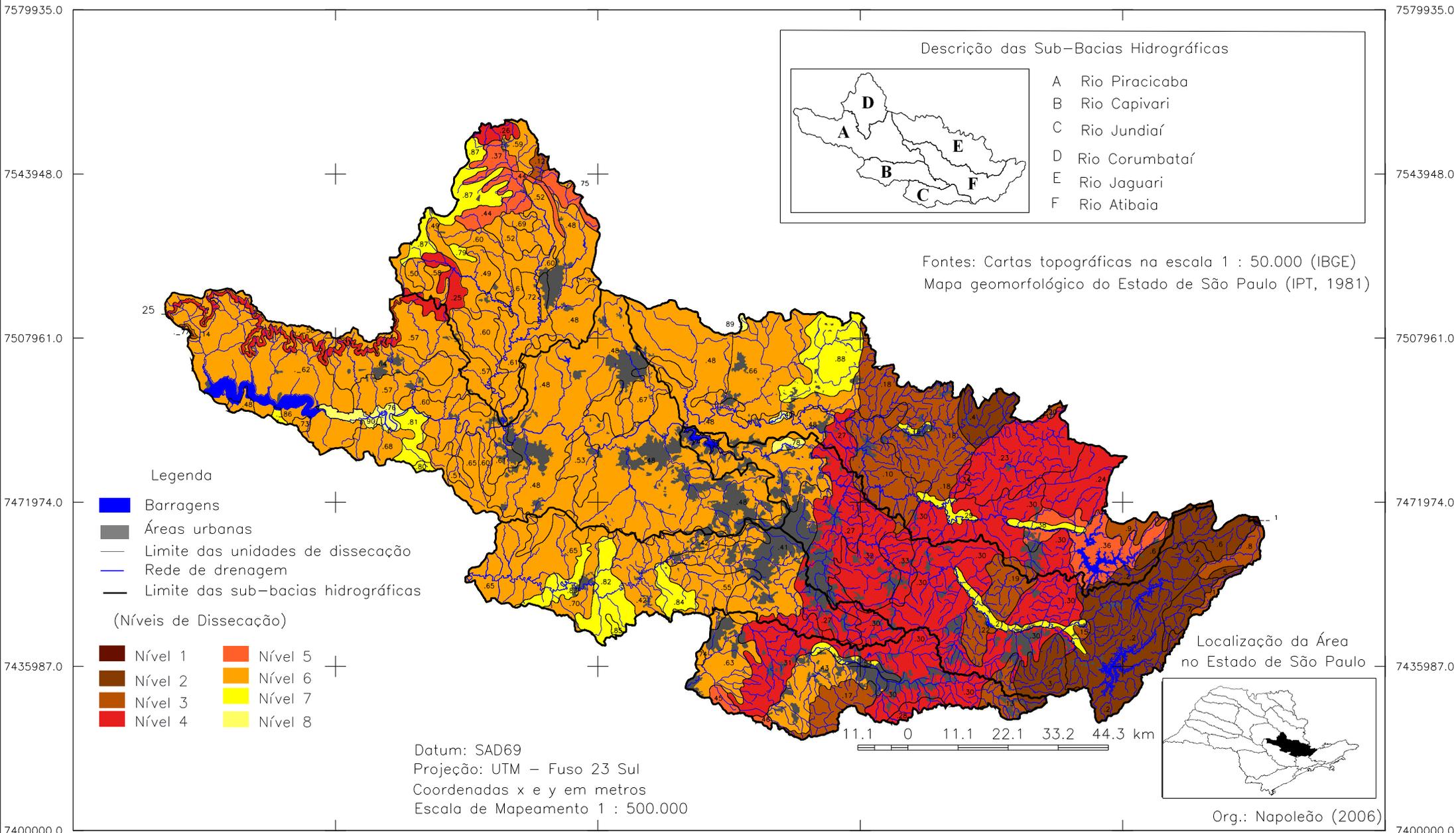


Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Mapa de Níveis de Intensidade de Dissecação do Relevo Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP)



130000.0 188000.0 246000.0 304000.0 362000.0 420000.0



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiáí
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguari
F	Rio Atibaia

Fontes: Cartas topográficas na escala 1 : 50.000 (IBGE)
Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981)

Legenda

- Barragens
- Áreas urbanas
- Limite das unidades de dissecação
- Rede de drenagem
- Limite das sub-bacias hidrográficas

(Níveis de Dissecação)

Nível 1	Nível 5
Nível 2	Nível 6
Nível 3	Nível 7
Nível 4	Nível 8

Datum: SAD69
Projeção: UTM – Fuso 23 Sul
Coordenadas x e y em metros
Escala de Mapeamento 1 : 500.000

11.1 0 11.1 22.1 33.2 44.3 km

Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

7579935.0 7543948.0 7507961.0 7471974.0 7435987.0 7400000.0

Figura 5.8: Mapa de níveis de intensidade de dissecação do relevo das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP).

A distribuição espacial dos níveis de dissecação das unidades geomorfológicas podem ser interpretadas por meio da posição dos geossistemas na UGRHI PCJ.

Na Depressão Periférica prevalecem os níveis de baixa intensidade de dissecação para as unidades geomorfológicas, com predominância do nível (6). Este nível de dissecação do relevo está relacionado às unidades geomorfológicas com tipos de relevo associados às colinas médias, amplas, morrotes e planícies fluviais. Os níveis 7 e 8 também possuem representatividade neste geossistema, o primeiro associado às unidades que abrangem as colinas amplas e médias com registros de baixas declividades e o segundo, com pouca representatividade, restrita a uma pequena porção da planície fluvial do baixo curso do rio Piracicaba. Tais níveis representam alta capacidade de infiltração dos solos e da presença de relevos que possuem baixo potencial de proporcionar a ação da energia potencial.

Nas Cuestas Basálticas e na interface desta com a Depressão Periférica, prevalecem o nível de dissecação 4. O nível 4 de dissecação possui ocorrência no médio curso das sub-bacias hidrográficas dos rio Atibaia e Jaguari, em associação com unidades geomorfológicas com tipos de relevo relacionados aos morrotes, morros e planícies fluviais. Está relacionado à unidade geomorfológica com tipo de relevo associado às escarpas que possuem alta capacidade para proporcionar a ação da energia potencial. Na interface deste geossistema com a Depressão Periférica, ao norte da sub-bacia hidrográfica do rio Corumbataí, prevalece o nível de dissecação 5, nível intermediário quanto a disponibilidade de energia potencial. No reverso das Cuestas Basálticas, também ao norte da sub-bacia hidrográfica do rio Corumbataí, em unidades geomorfológicas com tipo de relevo associado às colinas amplas prevalece o nível de dissecação 7, que indica a baixa capacidade de geração de *runoff*.

Para as unidades geomorfológicas com tipos de relevo associados aos morros e montanhas, a leste da área de estudo, prevalecem os níveis de dissecação 4, 3 e 2. O nível 4 estende-se desde a interface com as unidades geomorfológicas da Depressão Periférica com as unidades do geossistema Mar de Morros, abrangendo unidades geomorfológicas com tipos de relevo associados aos morrotes, morros e planícies fluviais, localizadas no médio curso das sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e Jundiaí e no alto curso das sub-bacias do rio Capivari e Jundiaí. O nível 3 está relacionado às unidades geomorfológicas com tipo de relevo

associado aos morros e montanhas presentes em serras e localizados nas sub-bacias hidrográficas do rio Jundiá (serra do Japi), médio curso da sub-bacia do rio Jaguari e médio e alto curso do rio Atibaia. O nível 2 de dissecação apresenta as mesmas condições do nível 3, porém com valores de densidade de drenagem e declividade mais representativos. Nesta área também ocorrem os níveis de dissecação 1 e 5, estes relativamente pouco significativos.

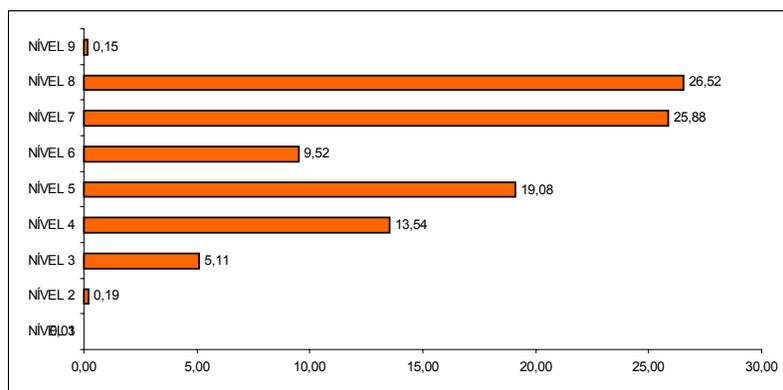
5.6 – Níveis de Intensidade dos Processos Morfogenéticos.

Conforme explicitada no item 3.2.7 da metodologia, a obtenção dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos tem o objetivo de subsidiar a definição das sub-bacias hidrográficas que possuem os maiores potenciais naturais de ocorrência de processos erosivos.

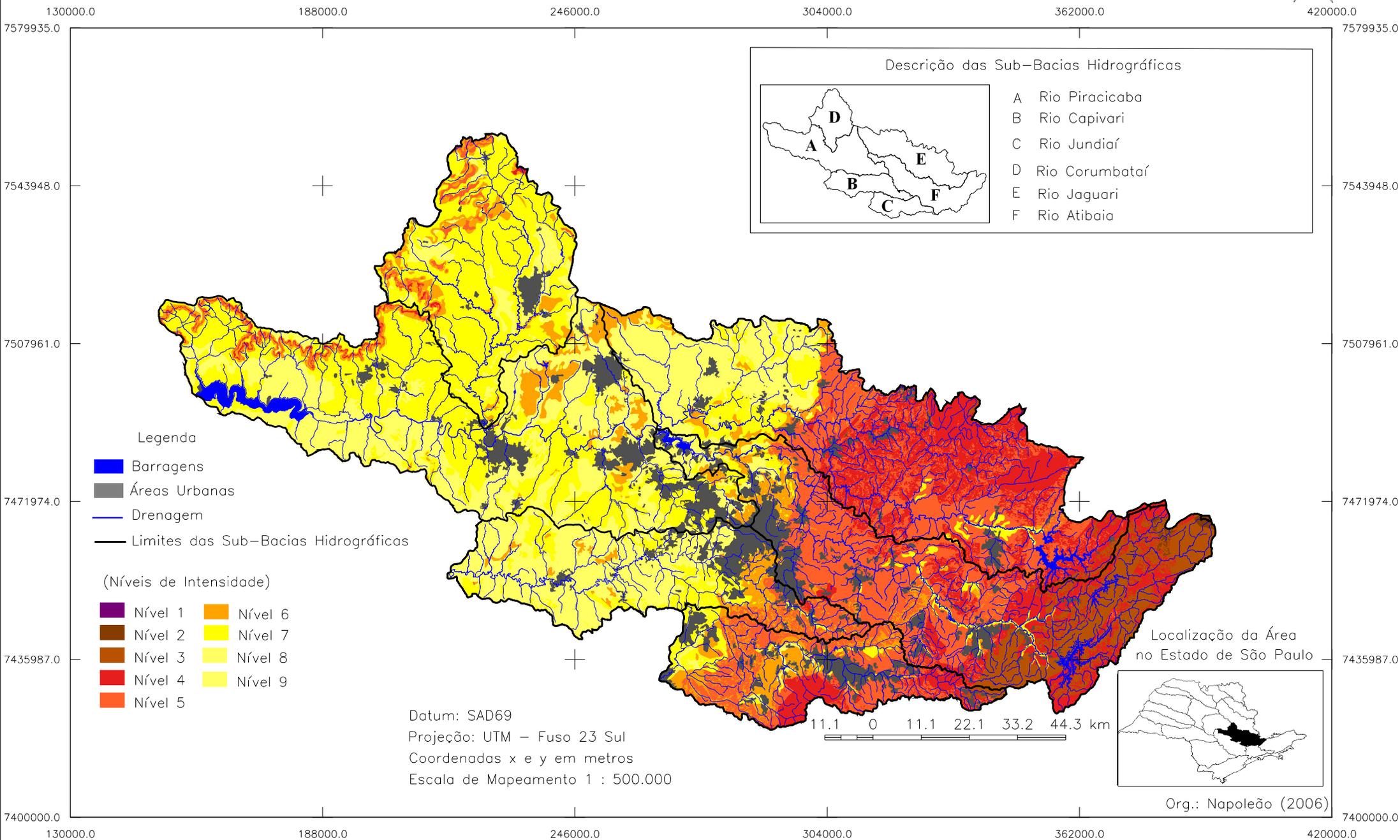
Os resultados demonstram que 52,55% das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá podem ser consideradas como de baixo nível de intensidade de processos morfogenéticos, 42,14% com níveis intermediários e 5,33% com níveis elevados de intensidade. Os resultados da modelagem matemática demonstram que nenhuma área atingiu o nível um de intensidade. Em razão desta constatação a intensidade foi representada em nove níveis.

A Figura 5.9 apresenta a espacialização dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos para a área de estudo e o Gráfico 5.7 apresenta a representatividade espacial de cada um dos níveis de intensidade.

Gráfico 5.7: Representatividade espacial dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.



Mapa de Níveis de Intensidade de Processos Morfogenéticos Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiáí
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguari
F	Rio Atibaia

Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.9: Mapa de níveis de intensidade de processos morfogenéticos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP).

Assim como para análise dos níveis de dissecação do relevo, a variação de intensidade de processos morfogenéticos pode ser associada com os geossistemas da UGRHI PCJ.

A Depressão Periférica possui predominantemente as ocorrências dos níveis de intensidade 7 e 8 e algumas áreas associadas aos níveis 6 e 9, estes últimos, pouco significativos. O registro desses níveis de intensidade caracteriza topologicamente este geossistema como uma extensão territorial de baixa prevalência de processos morfogenéticos e alta prevalência de processos pedogenéticos.

Os níveis 7 e 8 de intensidade estão associados predominantemente às unidades geomorfológicas com tipo de relevo associado às colinas amplas, médias, aos morrotes alongados e aos espigões, tendo como base predominantemente solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos em formações rochosas sedimentares relacionadas às formações Itararé, Pirambóia, Tatuí e Corumbataí. O uso do solo predominante nesses níveis de intensidade está associado principalmente a atividades agrícolas, registrando-se a ocorrência de cultivo de cana-de-açúcar e de outras culturas agrícolas, bem como a presença de pastagem/campo antrópico. Em termos de intensidade pluviométrica predominam as médias anuais variando entre 1300 a 1400 mm.

Na Depressão Periférica, o nível 6 associa-se predominantemente às unidades geomorfológicas com tipo de relevo relacionado às colinas amplas e predomínio de solos latossólicos desenvolvidos a partir de rochas da formação Botucatu. Nessa área predomina o cultivo de cana-de-açúcar e a média de intensidade pluviométrica anual varia de 1400 a 1500mm.

O nível 9 é restrito à Depressão Periférica e está associado às unidades geomorfológicas com tipo de relevo relacionado às colinas médias e amplas e solos predominantemente latossólicos desenvolvidos a partir das rochas da formação Itararé, Pirambóia e depósitos aluvionares. Predominam os valores de pluviosidade média anual variando entre 1200 e 1300mm e em termos de ocupação apresenta as classes de uso cana-de-açúcar e mata.

Fundamentado nas associações sistêmicas demonstradas nos níveis 6, 7, 8 e 9, as áreas compreendidas na Depressão Periférica podem ser consideradas como áreas em biostasia com geossistemas degradados com dinâmica regressiva. A Depressão Periférica pode ser caracterizada como um geossistema que possui alta

capacidade de exploração biológica comprometida pela ação antrópica, diminuindo o seu potencial ecológico em função do esgotamento da fertilidade dos solos. Na UGRHI PCJ este geossistema era o que reunia as melhores condições de desenvolvimento ecossistêmico, com áreas ocupadas por florestas densas com alta diversidade biológica. Estas áreas demonstram os maiores potenciais de recuperação ecossistêmica com maior potencial de diversificação e desenvolvimento, desde que este processo seja acompanhado com práticas de correção dos solos.

As Cuestas Basálticas apresentam predominantemente os níveis 6, 5 e 4 de intensidade dos processos morfogenéticos. Neste geossistema estes níveis estão associados às unidades geomorfológicas com tipo de relevo relacionado às escarpas festonadas com a ocorrência predominante dos neossolos litólicos, desenvolvidos em rochas das formações geológicas Botucatu e Serra Geral. Nessas áreas predominam a ocorrência de matas e valores de pluviosidade média anual de 1400mm. Com base nas associações sistêmicas o geossistema das Cuestas Basálticas assume características de média a alta intensidade de processos morfogenéticos. Pode ser considerado um geossistema em resistasia com geomorfogênese natural, em que o desenvolvimento e diversificação plenos da vegetação são limitados pelos processos erosivos em encosta. Esse geossistema provavelmente não apresentou grandes transformações por ação antrópica devido suas limitações naturais para o desenvolvimento urbano ou incorporação de suas extensões por atividades agrícolas.

Nos geossistemas de Mar de Morros prevalecem os níveis de intensidade 6, 5 e 4 e em áreas com baixa representatividade espacial os níveis de intensidade 7, 3, 2 e 1.

O nível 6 está associado às áreas de transição entre a Depressão Periférica e o geossistema Mar de Morros, em unidades geomorfológicas com tipos de relevo relacionados aos morrotes e colinas médias, com solos podzólicos e latossólicos desenvolvidos a partir de litologias do complexo Amparo e das suítes graníticas pré-tectônicas. Esse nível possui média de intensidade pluviométrica anual com variação de 1300 a 1400mm e com relação à ocupação do solo registra-se a ocorrência predominante de pasto e de áreas urbanas.

Os níveis 4 e 5 de intensidade possuem valores de média pluviométrica anual variando com maior representatividade entre 1400 a 1600mm e uso associado

principalmente ao pasto/campo antrópico, mata e reflorestamento. Prevaecem as unidades geomorfológicas com tipo de relevo associado aos morros e montanhas com a ocorrência de solos litólicos e podzólicos em litologias pré-cambrianas.

O nível 3 de intensidade está associado às unidades geomorfológicas com tipo de relevo relacionado aos morros e montanhas e a solos litólicos e podzólicos desenvolvidos em litologias do complexo Paraíba do Sul. Apresenta valores de média de intensidade pluviométrica anual variando entre 1500 a 2000mm e possui a ocorrência dominante das classes de uso e cobertura vegetal pasto/campo antrópico e mata.

O nível 7 de intensidade no geossistema Mar de Morros está associado às planícies fluviais e depósitos aluvionares das sub-bacias dos rios Atibaia e Jaguari. Os níveis 2 e 1 possuem baixa representatividade e estão localizados no alto curso do rio Atibaia em unidades geomorfológicas com tipo de relevo relacionado às montanhas e litologias graníticas da Serra da Mantiqueira.

As associações sistêmicas demonstradas nos níveis 6, 5, 4 e 3, colocam que as áreas compreendidas no geossistema Mar de Morros podem ser consideradas como áreas predominantemente em resistasia associada à morfogênese natural e intensificada pela ação antrópica. Este geossistema, antes das ações antrópicas, foi ocupado por ecossistemas que em certas condições fisiográficas tinham o seu desenvolvimento limitado por processos erosivos em encostas. Após as ações antrópicas os ecossistemas naturais encontram-se concentrados em áreas com fatores restritivos à ocupação humana como morros e montanhas com encostas com alta declividade ou dispersos na forma de fragmentos florestais. Uma área significativa deste geossistema é atualmente ocupada por pastagens/campos antrópicos ou áreas agrícolas que em certas condições fisiográficas podem intensificar a ação de processos erosivos. Estas áreas possuem um potencial de recuperação ecossistêmica das áreas ocupadas por pastagens ou campos antrópicos por projetos de reflorestamento ou agroecológicos, mas o seu desenvolvimento pode ser comprometido em virtude das condições de alta prevalência de processos morfogenéticos que podem constituir um fator limitante ao estabelecimento e desenvolvimento da vegetação.

5.7 – Análise do Sistema Socioeconômico

5.7.1 – Potencial urbano-industrial

Os resultados do potencial urbano-industrial visam subsidiar a leitura do processo de definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias para ações de controle das externalidades negativas dos processos de urbanização e industrialização.

O potencial foi obtido com base na classificação e integração dos dados de população, PIB e renda, conforme descrito no item 3.2.8 da metodologia.

A análise e integração das variáveis para a composição do potencial urbano-industrial demonstram que o município de Campinas possui o maior potencial urbano e industrial.

O município de Campinas, por apresentar os maiores valores de total de habitantes, número de estabelecimentos industriais e valor de produto interno bruto, teve suas ocorrências adotadas como valores de referência para a classificação relativa dos dados. Portanto, este município foi adotado como referencial para a definição do potencial urbano-industrial por apresentar dados relativos à industrialização, urbanização e produção de riqueza superiores aos outros municípios que compõem a UGRHI PCJ.

Os resultados mostraram que não foi identificada nenhuma ocorrência municipal superior ao índice de 0.42, o que resultou na definição do município de Campinas como o único pertencente à classe 1 (valores de índice entre 1 e 0.75), e de nenhuma ocorrência na classe 2 (valores de índice entre 0.75 e 0.5). Essa constatação indica que nenhum município analisado possui pelo menos 42% do potencial constatado para o município de referência. Esses resultados demonstram que, teoricamente, os processos de urbanização, industrialização e acumulação de riquezas no município de Campinas obtiveram resultados quantitativos duas vezes superiores ao município de Jundiaí que apresentou o segundo maior potencial.

Para a classe 3 de potencial, com valores variando entre 0.5 e 0.25, foram identificados 4 municípios: Jundiaí com índice de 0.41, Piracicaba, com índice de 0.35 e Limeira e Americana com 0.28.

Os demais 65 municípios da UGRHI PCJ foram agrupados na classe 4 por apresentarem valor de potencial variando entre 0 e 0.25.

A Tabela 5.2 apresenta os valores de potenciais para todos os municípios analisados, as ocorrências e índices associados a cada uma das variáveis consideradas para composição do mesmo e a classe de potencial pertencente a cada município.

As Figuras 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13 mostram a espacialização, respectivamente, das classes de número total de habitantes, produto interno bruto, número de estabelecimentos industriais e potencial urbano-industrial.

Tabela 5.2: Valores das ocorrências municipais e índices associados para composição do potencial urbano-industrial (Potencial).

ID	Municípios	Número de Estabelecimentos Industriais	ÍNDICE1	Total de Habitantes	ÍNDICE2	PIB	ÍNDICE 3	Potencial	Classe
12	Campinas	2628	1	968160	1,0000	10011	1,0000	1,0000	1
34	Jundiaí	1019	0,3877	323056	0,3337	5290	0,5284	0,4166	3
50	Piracicaba	1125	0,4281	328642	0,3395	3039	0,3036	0,3570	3
35	Limeira	964	0,3668	248618	0,2568	2324	0,2322	0,2853	3
2	Americana	1043	0,3969	182300	0,1883	2566	0,2563	0,2805	3
45	Paulínea	186	0,0708	51163	0,0528	4608	0,4603	0,1946	4
52	Rio Claro	585	0,2226	167902	0,1734	1603	0,1601	0,1854	4
63	Sumaré	342	0,1301	196099	0,2025	1996	0,1994	0,1774	4
24	Indaiatuba	586	0,2230	146530	0,1513	1519	0,1518	0,1754	4
60	St Bárbara d' Oeste	558	0,2123	169818	0,1754	1144	0,1143	0,1673	4
29	Itú	489	0,1861	135069	0,1395	1315	0,1313	0,1523	4
10	Bragança Paulista	477	0,1815	124766	0,1289	885	0,0884	0,1329	4
23	Hortolândia	192	0,0731	151697	0,1567	1530	0,1529	0,1275	4
67	Valinhos	384	0,1461	82817	0,0855	1194	0,1192	0,1170	4
27	Itatiba	374	0,1423	80987	0,0837	961	0,0960	0,1073	4
38	Moji-Mirim	338	0,1286	81293	0,0840	830	0,0829	0,0985	4
7	Atibaia	308	0,1172	111033	0,1147	610	0,0609	0,0976	4
9	Botucatu	212	0,0807	108124	0,1117	730	0,0729	0,0884	4
55	Salto	226	0,0860	92933	0,0960	719	0,0718	0,0846	4
70	Vinhedo	218	0,0830	47065	0,0486	972	0,0971	0,0762	4
69	Várzea Paulista	181	0,0689	92537	0,0956	546	0,0545	0,0730	4
3	Amparo	249	0,0947	60305	0,0623	585	0,0584	0,0718	4
31	Jaguariúna	117	0,0445	29533	0,0305	1366	0,1365	0,0705	4
47	Pedreira	304	0,1157	35141	0,0363	193	0,0193	0,0571	4
44	Nova Odessa	204	0,0776	41987	0,0434	451	0,0450	0,0553	4
64	Tietê	226	0,0860	31638	0,0327	383	0,0383	0,0523	4
14	Capivari	196	0,0746	41393	0,0428	338	0,0337	0,0504	4

ID	Municípios	Número de Estabelecimentos Industriais	ÍNDICE1	Total de Habitantes	ÍNDICE2	PIB	ÍNDICE 3	ÍNDICE4	Classe
37	Mairiporã	135	0,0514	59883	0,0619	309	0,0309	0,0480	4
13	Campo Limpo Paulista	89	0,0339	63520	0,0656	385	0,0385	0,0460	4
18	Cosmópolis	102	0,0388	44250	0,0457	454	0,0453	0,0433	4
30	Itupeva	157	0,0597	26075	0,0269	378	0,0378	0,0415	4
58	Socorro	180	0,0685	32684	0,0338	157	0,0157	0,0393	4
36	Louveira	95	0,0361	23817	0,0246	567	0,0566	0,0391	4
11	Cabreúva	108	0,0411	32926	0,0340	383	0,0383	0,0378	4
57	Serra Negra	182	0,0693	23829	0,0246	123	0,0122	0,0354	4
41	Monte Mor	73	0,0278	37207	0,0384	374	0,0373	0,0345	4
56	São Pedro	118	0,0449	27811	0,0287	150	0,0150	0,0295	4
6	Artur Nogueira	84	0,0320	32965	0,0340	204	0,0204	0,0288	4
53	Rio das Pedras	81	0,0308	23448	0,0242	186	0,0185	0,0245	4
19	Dois Córregos	81	0,0308	22484	0,0232	146	0,0146	0,0229	4
16	Cordeirópolis	79	0,0301	17546	0,0181	177	0,0177	0,0220	4
49	Piracaia	83	0,0316	23303	0,0241	95	0,0095	0,0217	4
26	Iracemópolis	81	0,0308	15517	0,0160	176	0,0176	0,0215	4
61	St Gertrudes	55	0,0209	15845	0,0164	103	0,0103	0,0159	4
59	St Antonio da Posse	47	0,0179	18074	0,0187	97	0,0097	0,0154	4
32	Jarinú	41	0,0156	16970	0,0175	89	0,0089	0,0140	4
8	Bom Jesus dos Perdões	54	0,0205	13275	0,0137	70	0,0070	0,0138	4
20	Elias Fausto	33	0,0126	13865	0,0143	144	0,0143	0,0137	4
51	Rafard	52	0,0198	8362	0,0086	94	0,0093	0,0126	4
42	Morungaba	37	0,0141	9893	0,0102	102	0,0102	0,0115	4
15	Charqueada	37	0,0141	13014	0,0134	63	0,0063	0,0113	4
33	Joanópolis	39	0,0148	10386	0,0107	45	0,0045	0,0100	4
28	Itirapina	14	0,0053	12805	0,0132	104	0,0104	0,0096	4
43	Nazaré Paulista	21	0,0080	14381	0,0149	58	0,0058	0,0095	4
21	Engenheiro Coelho	16	0,0061	10000	0,0103	111	0,0111	0,0092	4
48	Pinhalzinho	22	0,0084	10959	0,0113	48	0,0048	0,0082	4
22	Holambra	17	0,0065	7195	0,0074	93	0,0093	0,0077	4

ID	Municípios	Número de Estabelecimentos Industriais	ÍNDICE1	Total de Habitantes	ÍNDICE2	PIB	ÍNDICE 3	ÍNDICE4	Classe
68	Vargem	35	0,0133	6953	0,0072	22	0,0022	0,0076	4
40	Monte Alegre do Sul	20	0,0076	6312	0,0065	71	0,0071	0,0071	4
65	Torrinha	17	0,0065	8824	0,0091	50	0,0050	0,0069	4
54	Saltinho	27	0,0103	5792	0,0060	43	0,0043	0,0068	4
17	Corumbataí	23	0,0088	3788	0,0039	49	0,0049	0,0059	4
25	Ipeúna	25	0,0095	4321	0,0045	34	0,0034	0,0058	4
46	Pedra Bela	24	0,0091	5604	0,0058	22	0,0022	0,0057	4
4	Analândia	10	0,0038	3576	0,0037	59	0,0059	0,0045	4
5	Anhembi	10	0,0038	4524	0,0047	39	0,0039	0,0041	4
62	St Maria da Serra	11	0,0042	4669	0,0048	24	0,0023	0,0038	4
66	Tuiuti	5	0,0019	4947	0,0051	20	0,0020	0,0030	4
39	Mombuca	9	0,0034	3102	0,0032	17	0,0017	0,0028	4
1	Águas de São Pedro	7	0,0027	1881	0,0019	16	0,0016	0,0021	4

Fonte dos Dados: SEADE

Mapa de Classificação Municipal de Número de Habitantes (ano 2000), Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP)

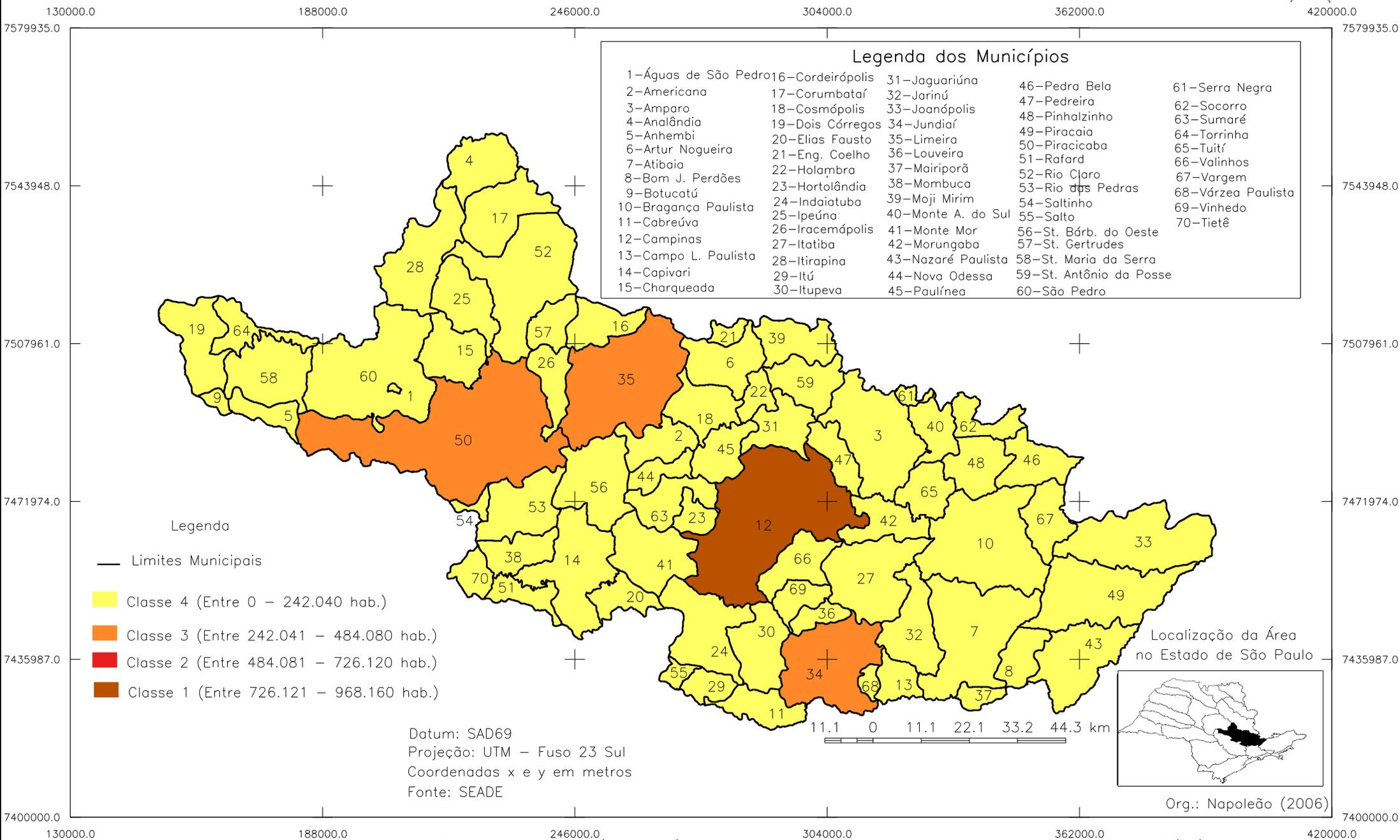


Figura 5.10: Mapa de classificação municipal de número de habitantes (ano 2000), das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba Capivari e Jundiáí (SP).

Mapa de Classificação Municipal do PIB (ano 2000), Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí

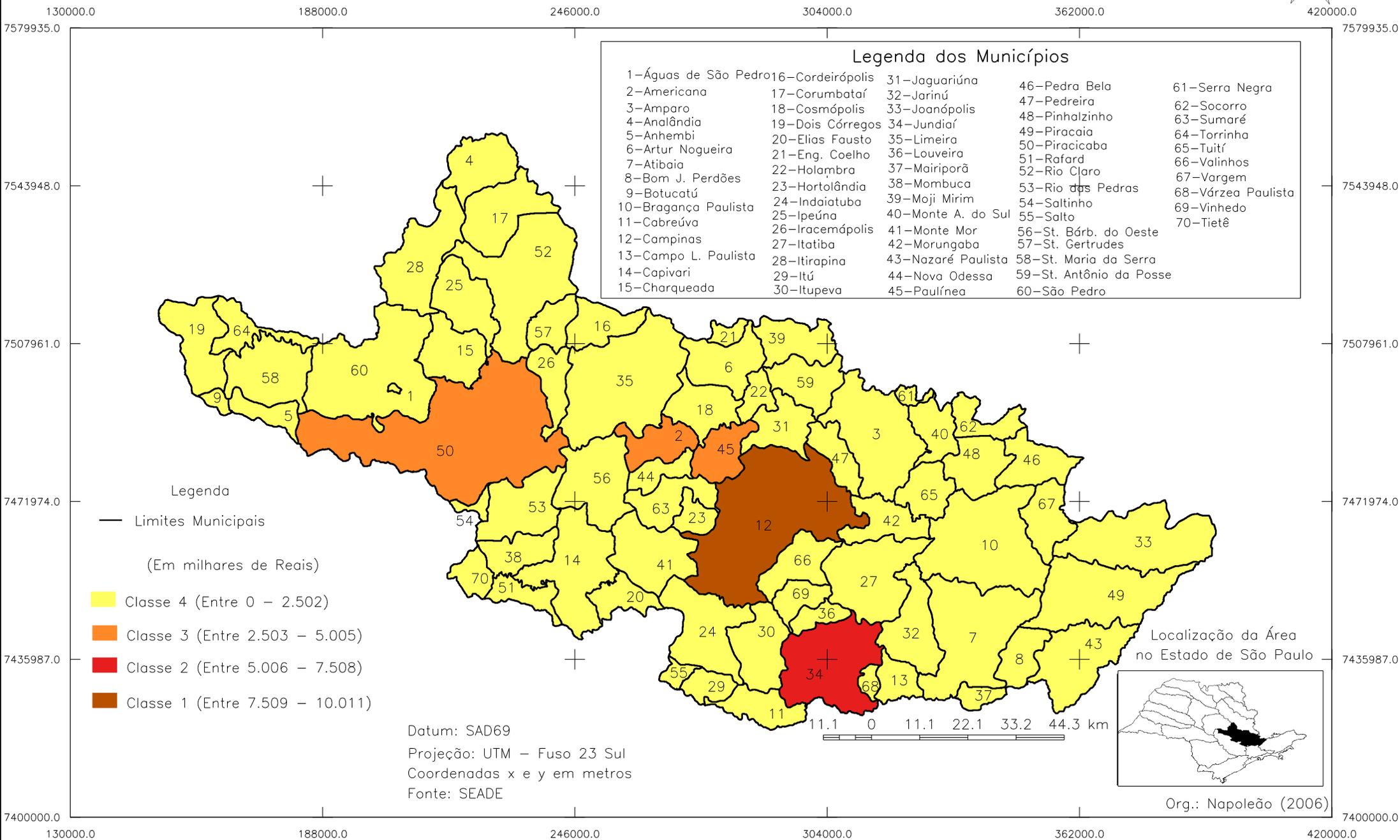


Figura 5.11: Mapa de classificação Municipal do PIB (ano 2000), das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba Capivari e Jundiáí (SP).

Mapa de Classificação Municipal de Número de Estabelecimentos Industriais (ano 2000), Das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)

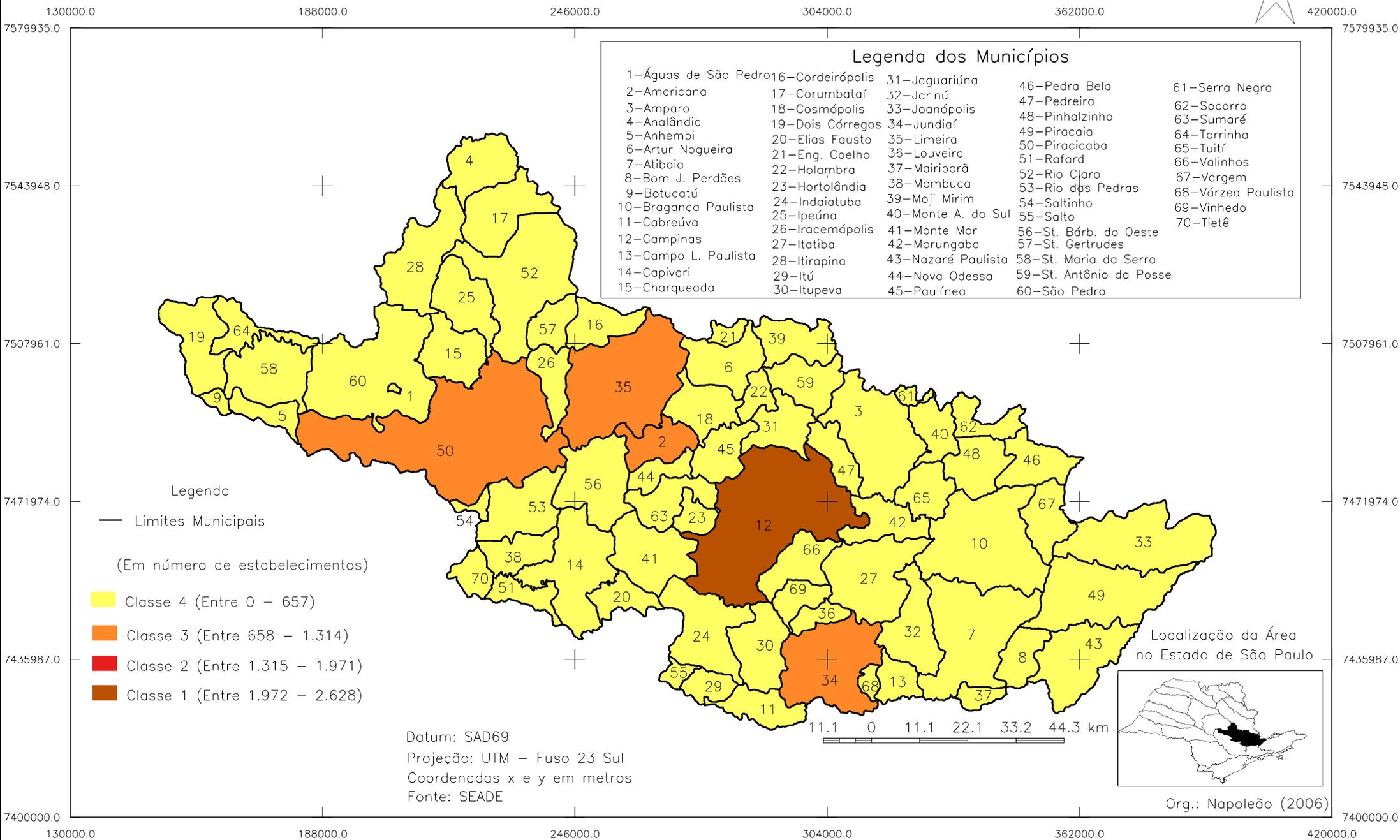


Figura 5.12: Mapa de classificação municipal de número de estabelecimentos industriais (ano 2000), das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba Capivari e Jundiá (SP).

Mapa de Classificação Municipal do Potencial Urbano-industrial, Das Bacias Hidrográficas Dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP).

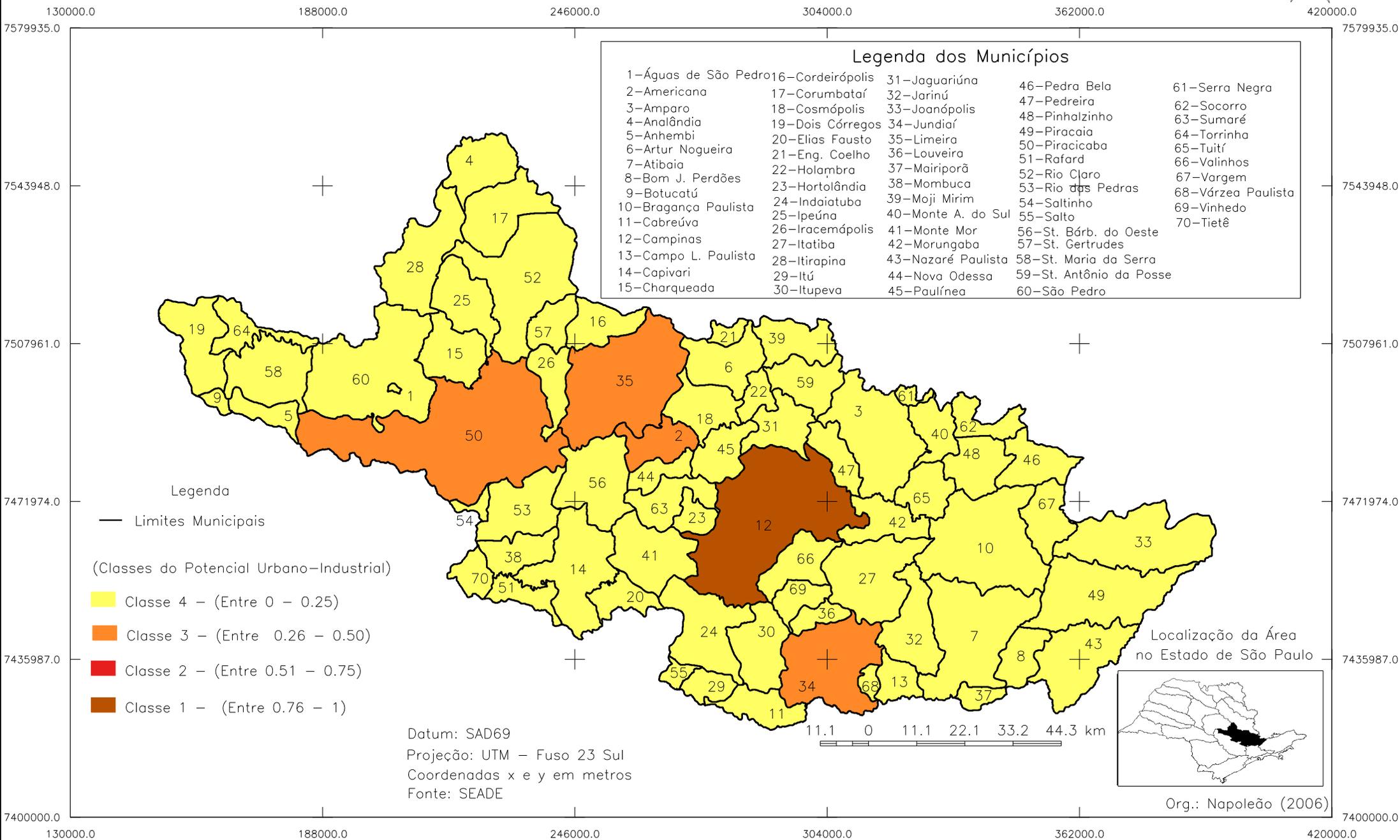


Figura 5.13: Mapa de classificação municipal do potencial urbano-industrial, das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (SP).

5.7.2 – O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH

Os resultados deste item visam subsidiar o entendimento do processo de definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias para a implantação de projetos agroecológicos.

O agrupamento dos municípios foi efetuado de acordo com a classificação dos valores de IDHM, conforme descrito no item 3.2.8 da metodologia.

A classificação das informações demonstrou que os municípios que possuem os menores valores de IDH (classe 4) são: Pedra Bela, Nazaré Paulista, Mombuca, Jarinú, Tuiuti, Joanópolis, Elias Fausto e Anhembi. Nestes municípios as condições de renda, expectativa de vida e nível de escolaridade são relativamente inferiores aos dos outros municípios. Tal constatação demonstra que estes municípios possuem um maior potencial para implantação de ações que visam ao desenvolvimento social. Dentre essas ações enquadram-se os projetos agroecológicos que visam ao incremento da renda de pequenos agricultores rurais.

Municípios que também apresentaram esse potencial em função dos valores de IDH, porém em menor intensidade, foram os municípios com valores variando entre 0.774 e 0.792, destacando os municípios de Cabreúva, Santa Maria da Serra, Corumbataí e Bragança Paulista.

Os municípios pertencentes as classes 1 e 2 apresentam valores de IDH que os qualificam como localidades com valores de médio a alto desenvolvimento humano e que por essa razão possuem prioridade menor para implantação de projetos agroecológicos. Na área de estudo, mais de 55% dos municípios podem ser classificados em uma condição de médio a alto desenvolvimento humano.

A Tabela 5.3 apresenta os valores de IDHM para cada município e sua classificação e a Figura 5.14 a espacialização das classes.

Tabela 5.3: Valores de IDHM e classe para os municípios da UGRHI PCJ.

ID	Municípios	IDHM	Classe	ID	Municípios	IDHM	Classe
1	Águas de São Pedro	0,908	1	14	Capivari	0,803	2
34	Jundiá	0,857	1	51	Rafard	0,803	2
70	Vinhedo	0,857	1	37	Mairiporã	0,800	2
12	Campinas	0,852	1	63	Sumaré	0,800	2
54	Saltinho	0,851	1	18	Cosmópolis	0,799	2
45	Paulínea	0,847	1	6	Artur Nogueira	0,796	2
67	Valinhos	0,842	1	69	Várzea Paulista	0,795	2
2	Americana	0,840	1	21	Engenheiro Coelho	0,792	3
50	Piracicaba	0,836	1	49	Piracaia	0,792	3
16	Cordeirópolis	0,835	1	53	Rio das Pedras	0,791	3
24	Indaiatuba	0,829	2	23	Hortolândia	0,790	3
31	Jaguariúna	0,829	2	59	St Antonio da Posse	0,790	3
26	Iracemópolis	0,828	2	42	Morungaba	0,788	3
27	Itatiba	0,828	2	48	Pinhalzinho	0,788	3
22	Holambra	0,827	2	19	Dois Córregos	0,786	3
36	Louveira	0,827	2	25	Ipeúna	0,786	3
44	Nova Odessa	0,826	2	56	São Pedro	0,785	3
38	Moji-Mirim	0,825	2	28	Itirapina	0,783	3
52	Rio Claro	0,825	2	41	Monte Mor	0,783	3
9	Botucatu	0,822	2	15	Charqueada	0,782	3
7	Atibaia	0,819	2	61	St Gertrudes	0,782	3
60	St Bárbara d' Oeste	0,819	2	68	Vargem	0,782	3
57	Serra Negra	0,817	2	8	Bom Jesus dos Perdões	0,780	3
58	Socorro	0,817	2	10	Bragança Paulista	0,780	3
29	Itú	0,815	2	17	Corumbataí	0,780	3
35	Limeira	0,814	2	62	St Maria da Serra	0,780	3
40	Monte Alegre do Sul	0,812	2	11	Cabreúva	0,774	3
47	Pedreira	0,810	2	5	Anhembi	0,768	4
64	Tietê	0,810	2	20	Elias Fausto	0,768	4
65	Torrinha	0,810	2	33	Joanópolis	0,766	4
55	Salto	0,809	2	66	Tuiuti	0,763	4
30	Itupeva	0,807	2	32	Jarinú	0,759	4
3	Amparo	0,806	2	39	Mombuca	0,750	4
13	Campo Limpo Paulista	0,805	2	43	Nazaré Paulista	0,746	4
4	Analândia	0,804	2	46	Pedra Bela	0,733	4

Fonte: Fundação SEADE (2006)

Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Mapa de Classificação Municipal de IDHM, Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

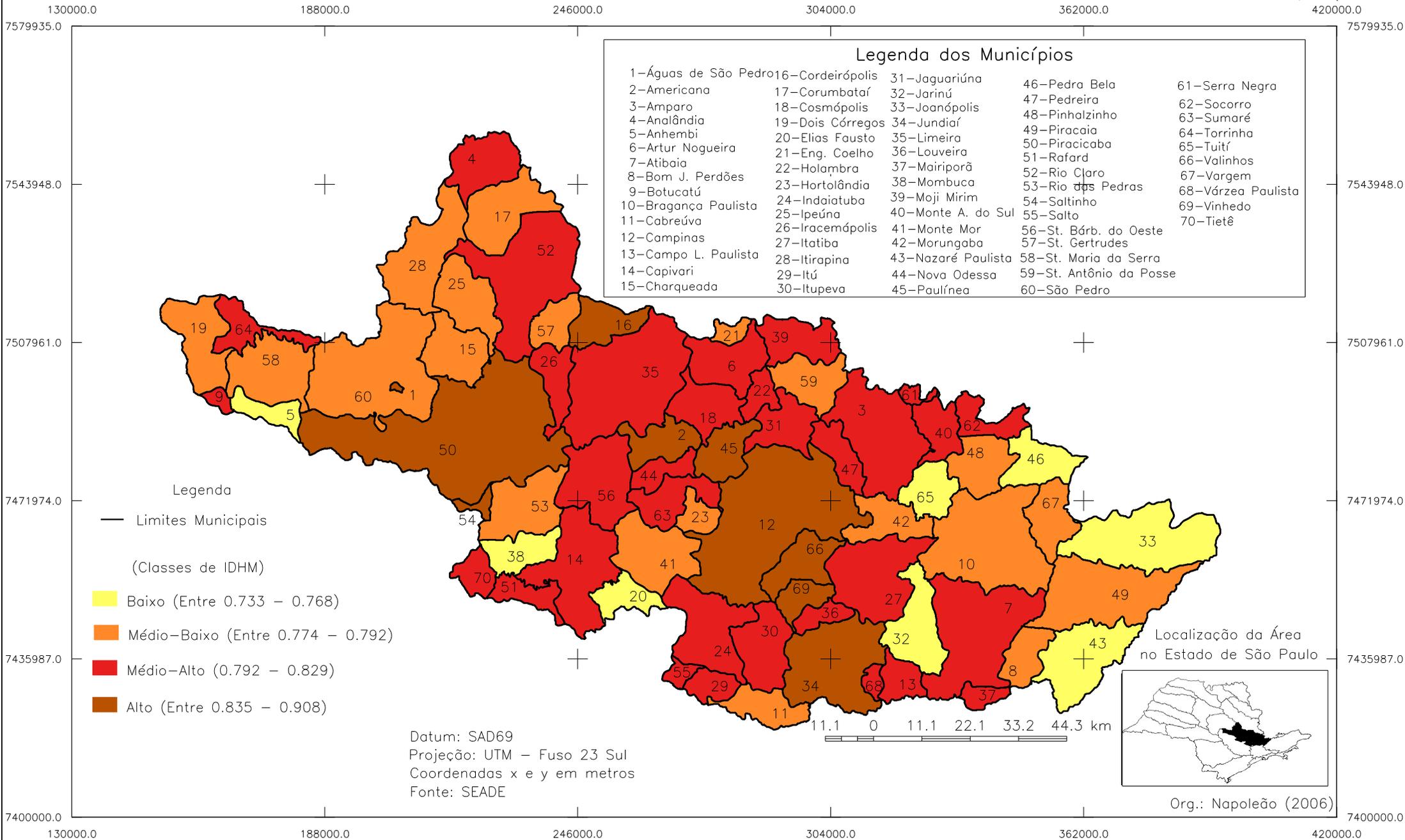


Figura 5.14: Mapa de classificação municipal de IDHM, das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

5.8 – Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias

A definição das sub-bacias hidrográficas prioritárias enquadra-se no propósito específico da presente tese de reiterar a necessidade de racionalização na aplicação de recursos humanos e financeiros por meio do estabelecimento de focos de ação no processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A racionalização na aplicação de recursos, sejam eles humanos ou financeiros, pressupõe a definição de metas e prioridades de ação. Metas em gestão dos recursos hídricos podem ser entendidas como a obtenção de resultados que viabilizam a manutenção ou recuperação da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos necessários para atender às demandas de reprodução social e do capital. As prioridades de ação intentam remediar processos ambientais que interferem negativamente na demanda deste recurso.

Considerando a bacia hidrográfica como o sistema de análise e as sub-bacias como componentes, os resultados obtidos apresentam as sub-bacias hidrográficas prioritárias para investigação de processos ambientais que podem interferir negativamente ou positivamente na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

Para alcance do intuito específico da presente tese, foram estabelecidas quatro investigações da distribuição espacial dos processos ambientais em bacias hidrográficas que possuem relação com a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. Os processos ambientais analisados foram: urbanização e industrialização, os processos erosivos, contaminação dos recursos hídricos por atividades agrícolas e recuperação ambiental por meio de projetos agroecológicos. Os três primeiros processos mencionados incidem negativamente na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos e o último interfere positivamente.

Segue a apresentação dos resultados referentes à investigação dos processos ambientais supramencionados.

5.8.1 – (Grupo 1 – Sub-bacias Urbanas e Industriais Prioritárias).

A primeira investigação apresenta as sub-bacias que possuem os maiores potenciais de interferências urbanas e industriais.

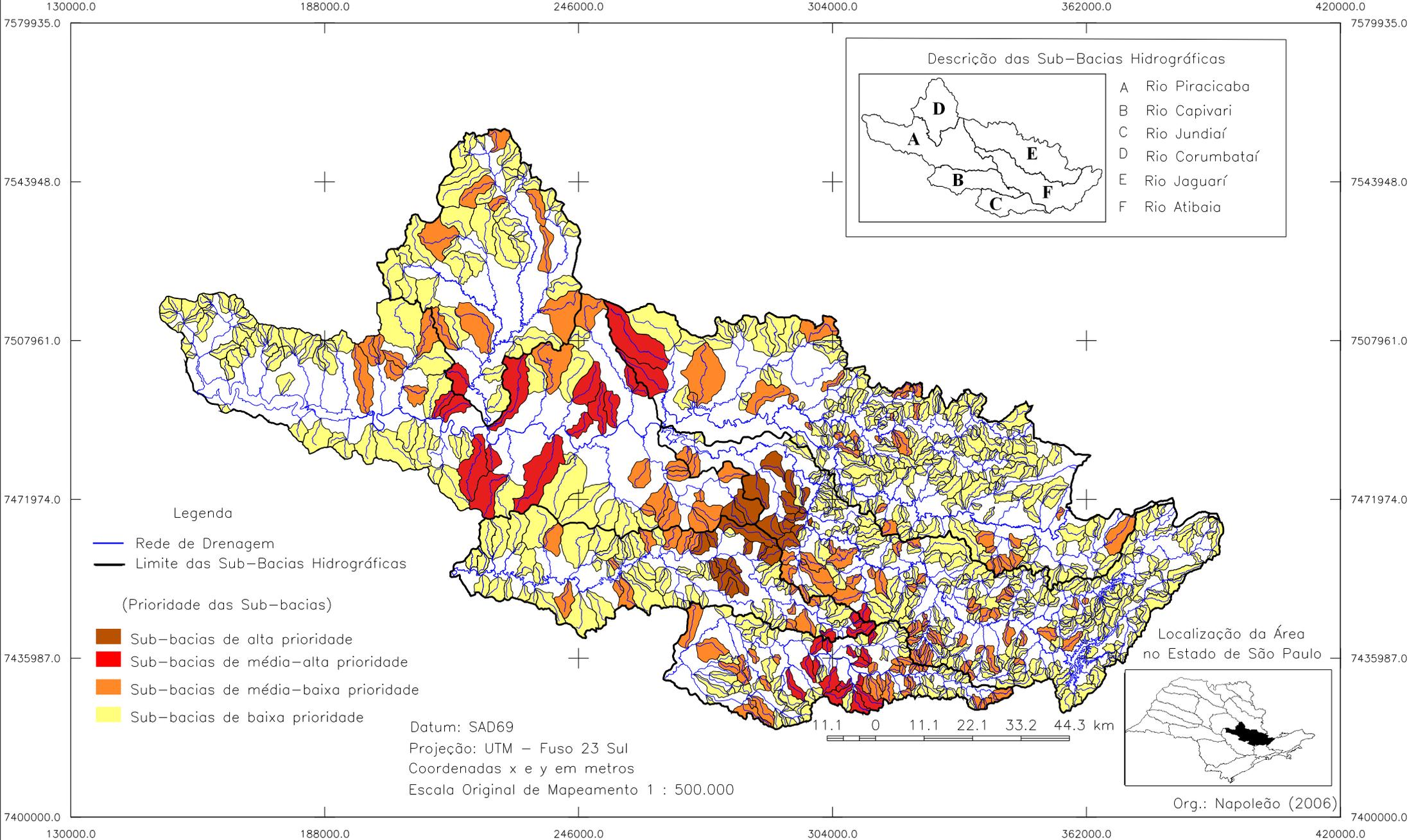
Processos urbanos e industriais possuem correlação com a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. Quanto maior a concentração de pessoas, capitais e bens de produção, maiores serão as demandas por recursos naturais. A concentração pontual de matéria e energia em um sistema socioeconômico cria a necessidade de mecanismos de controle e permanente ajuste na interação com os sistemas naturais (geossistemas e ecossistemas). As bacias hidrográficas são unidades ideais para a prática de controle e ajuste dos fluxos de matéria e energia. A definição de prioridades de ação no controle dos fluxos de matéria e energia de sistemas socioeconômicos pode racionalizar a aplicação de recursos e alcançar metas de qualidade globais em um menor espaço de tempo.

Sob esses fundamentos são apresentadas as sub-bacias urbanas e industriais prioritárias para o controle de interferências negativas nos geossistemas.

A análise da UGRHI PCJ demonstrou que 24,88% das sub-bacias possuem prioridade para a implementação de ações de monitoramento e fiscalização de atividades potencialmente poluidoras. A Figura 5.15 apresenta a localização dessas sub-bacias hidrográficas na área de estudo.

O caráter prioritário dessas sub-bacias advém do fato das mesmas drenarem as áreas urbanas do município de Campinas. Este município foi diagnosticado como de alto potencial para geração de impactos ambientais por possuir uma concentração significativa de pessoas, capitais e bens de produção com relação aos outros municípios da UGRHI PCJ. Em uma situação de prioridade secundária (média-alta prioridade), encontram-se as sub-bacias hidrográficas que drenam as áreas urbanas dos municípios de Jundiaí, Piracicaba e Limeira.

Mapa de Sub-Bacias Prioritárias Para o Controle de Atividades Urbanas e Industriais Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiá
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguarí
F	Rio Atibaia

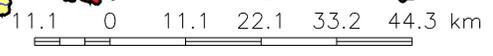
Legenda

- Rede de Drenagem
- Limite das Sub-Bacias Hidrográficas

(Prioridade das Sub-bacias)

- Sub-bacias de alta prioridade
- Sub-bacias de média-alta prioridade
- Sub-bacias de média-baixa prioridade
- Sub-bacias de baixa prioridade

Datum: SAD69
 Projeção: UTM – Fuso 23 Sul
 Coordenadas x e y em metros
 Escala Original de Mapeamento 1 : 500.000



Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.15: Mapa de sub-bacias prioritárias para controle de atividades urbanas e industriais das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

Nas sub-bacias identificadas como de alta e média/alta prioridade é necessário compor ou fortalecer ações que visam o monitoramento e fiscalização dos processos urbanos e industriais. A exigência de licenças ambientais para as atividades produtivas, o cadastro de atividades potencialmente poluidoras, o fortalecimento da fiscalização ambiental por órgãos estaduais e municipais, a ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgotos e a coleta e tratamento de resíduos sólidos, constituem ações essenciais para garantir a qualidade dos recursos hídricos nestas sub-bacias hidrográficas e nas bacias hidrográficas de ordem superior.

A implantação de uma rede de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos nas sub-bacias hidrográficas diagnosticadas como prioritárias pode ser uma ação subsidiária às ações supramencionadas, no intuito de verificar a evolução da dinâmica dos parâmetros físico-químicos da água.

Após a sistematização das ações supramencionadas recomenda-se a incorporação dessas, as sub-bacias hidrográficas de quarta ordem e posteriormente as quinta ordem, em ambos os casos, somente as que estejam sistemicamente relacionadas às sub-bacias de terceira ordem diagnosticadas com prioritárias. Essa ação garantirá a incorporação de áreas urbanas e industriais não abrangidas pelas sub-bacias hidrográficas em foco.

Para além dos critérios adotados recomenda-se a identificação pontual de atividades industriais em sub-bacias hidrográficas não caracterizadas como urbano-industriais para monitoramento de suas atividades. Embora historicamente boa parte da atividade industrial tem a sua localização em áreas urbanas, certas atividades exploram fatores locacionais não necessariamente relacionados às economias de aglomeração das cidades. Tal ação é metodologicamente recomendada pelo fato que dependendo do potencial da indústria, o risco industrial da atividade pode englobar uma extensa área da unidade de gestão, o que exige prioridade de monitoramento de natureza pontual.

5.8.2 – Sub-bacias Prioritárias para Controle de Processos Erosivos e de Contaminação de Recursos Hídricos Superficiais e Subsuperficiais.

A segunda investigação realizada tratou do estudo qualitativo dos processos erosivos e de contaminação dos recursos hídricos. A erosão dos solos e a contaminação dos recursos hídricos possuem correlação direta com a disponibilidade e qualidade desses recursos. Um sistema eficiente de planejamento e gestão dos recursos hídricos deve contemplar em seus planos de bacia a aproximação de um modelo que expresse as condições naturais de disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.

Os processos ambientais que produzem como efeito a erosão dos solos e a contaminação dos recursos hídricos possuem uma ocorrência diferencial em uma bacia hidrográfica. Um estudo casuístico pode modelar a ação diferencial dos processos físicos, químicos, biológicos e antrópicos no estudo dos processos erosivos e de contaminação dos recursos hídricos.

A identificação das prioridades quanto ao controle de processos erosivos e de contaminação dos recursos hídricos podem subsidiar a implementação de ações que visam o monitoramento dessas áreas e a proposição de intervenções para transformações na estrutura paisagística.

Recursos humanos e financeiros destinados para aquisição e processamento de materiais com informações espaciais mais precisas podem ser alocados para um melhor diagnóstico territorial das sub-bacias classificadas como de média-alta a alta prioridade para o controle de processos erosivos e de contaminação dos recursos hídricos. A mesma atitude pode incidir no monitoramento desses processos ambientais.

O mesmo pode ser afirmado com relação aos recursos financeiros ou os projetos de reposição florestal que podem ser alocados em sub-bacias classificadas como de média-alta a alta prioridade com o intuito de diminuir a quantidade de solo carregado para os cursos fluviais e aumentar a disponibilidade hídrica nos solos.

5.8.2.1 – (Grupo 2 - Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias para o Controle de Processos Erosivos).

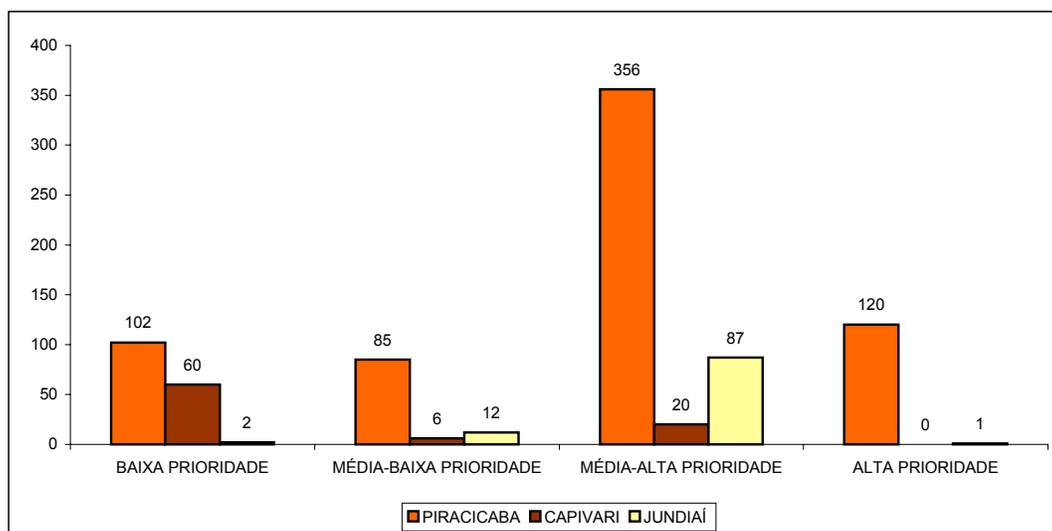
Os resultados da aplicação metodológica demonstraram que existe uma maior concentração de sub-bacias hidrográficas classificadas como de alta prioridade no alto curso do rio Piracicaba.

Nessas áreas prevalece a situação de alta intensidade morfogenética em razão da conjugação de fatores físicos que condicionam uma maior disponibilidade de águas pluviais na superfície dos solos. Essa condição favorece a formação de processos erosivos que possui relação direta com a diminuição dos perfis de solo que, por sua vez, possui correlação direta com a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica. Assim, sub-bacias hidrográficas que se encontram em uma situação de prevalência de processos morfogenéticos possuem alto potencial para a diminuição progressiva da disponibilidade hídrica na UGRHI PCJ.

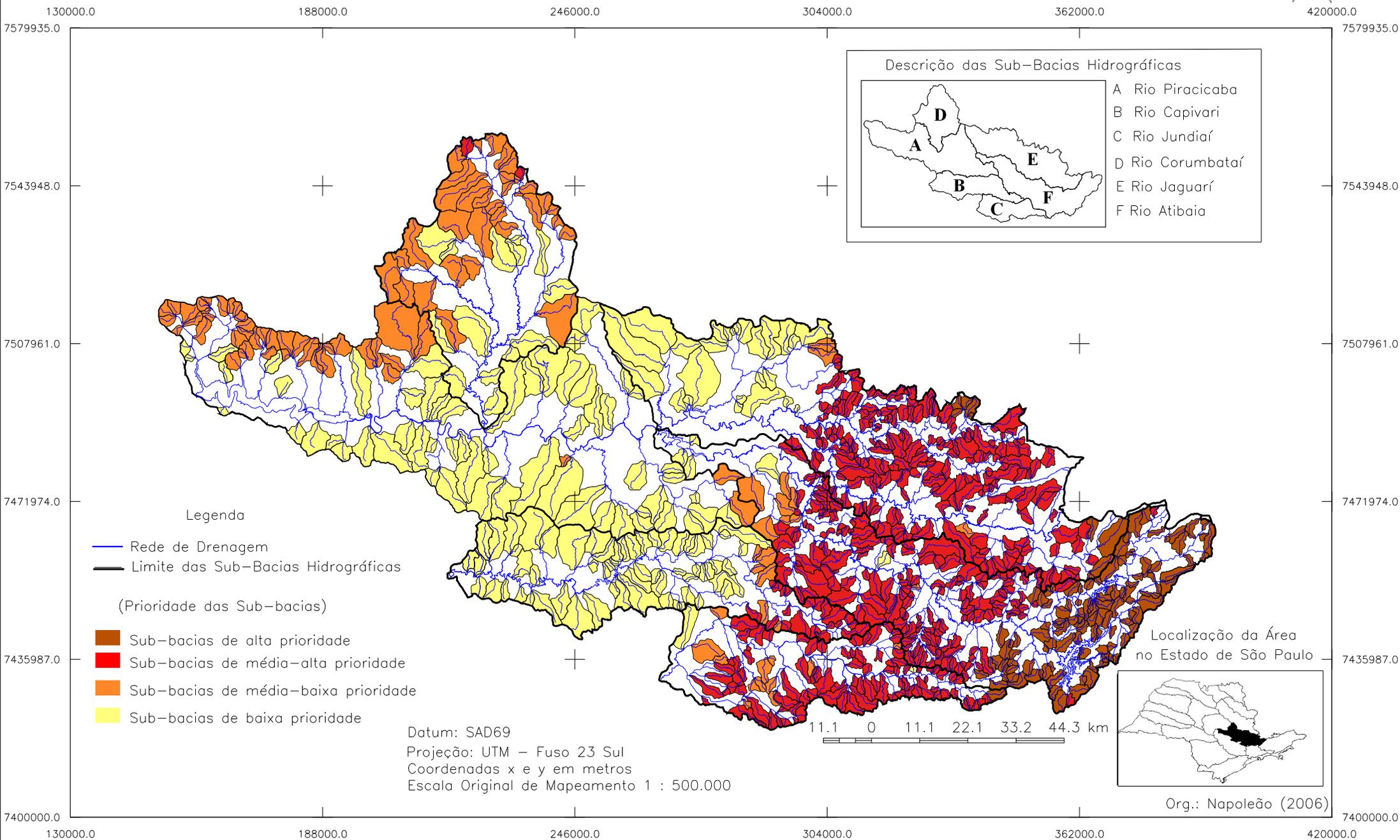
Esses fundamentos embasam a definição de sub-bacias hidrográficas prioritárias para a implantação de ações de controle de processos erosivos.

A Figura 5.16 apresenta a distribuição espacial da classificação das sub-bacias quanto à prioridade de controle de processos erosivos. O Gráfico 5.8 apresenta a distribuição das classes de prioridade das sub-bacias hidrográficas UGRHI PCJ.

Gráfico 5.8: Distribuição das sub-bacias por classes de prioridade para o controle dos processos erosivos para UGRHI PCJ.



Mapa de Sub-Bacias Prioritárias Para o Controle de Processos Erosivos Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

- A Rio Piracicaba
- B Rio Capivari
- C Rio Jundiá
- D Rio Corumbataí
- E Rio Jaguari
- F Rio Atibaia

Legenda

- Rede de Drenagem
- Limite das Sub-Bacias Hidrográficas

(Prioridade das Sub-bacias)

- Sub-bacias de alta prioridade
- Sub-bacias de média-alta prioridade
- Sub-bacias de média-baixa prioridade
- Sub-bacias de baixa prioridade

Datum: SAD69
 Projeção: UTM – Fuso 23 Sul
 Coordenadas x e y em metros
 Escala Original de Mapeamento 1 : 500.000



Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.16: Mapa de sub-bacias prioritárias para controle de processos erosivos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

Para as sub-bacias de 3ª ordem, a classe alta prioridade possui 121 sub-bacias hidrográficas, correspondendo a 14,22% das ocorrências da UGRHI PCJ, que são quase que totalmente restritas à bacia do rio Piracicaba, localizadas nas sub-bacias hidrográficas do alto curso dos rios Atibaia e Jaguari.

Na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, a sub-bacia hidrográfica do rio Jaguari apresentou nove ocorrências de sub-bacias hidrográficas de terceira ordem classificadas como prioritárias, correspondendo a 3,86% do total das ocorrências para esta área. As sub-bacias prioritárias concentram-se em duas posições: a primeira localiza-se nas cabeceiras de drenagem do córrego Agudo, tributário do rio Camanducaia, com foz distante aproximadamente 9 Km a montante da cidade de Monte Alegre do Sul; a segunda posição ocupa as sub-bacias hidrográficas do rio Jacareí, tributário do rio Atibaia. Estas posições possuem níveis de intensidade de processos morfogenéticos entre quatro e cinco, o que as condicionam a uma situação de alta probabilidade para ocorrência de processos erosivos.

Ainda na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, na sub-bacia hidrográfica do rio Atibaia foram classificadas 111 sub-bacias hidrográficas prioritárias, correspondente a 39,64% das ocorrências nesta área. Essas sub-bacias ocupam as cabeceiras de drenagem das sub-bacias dos rios Atibainha, Cachoeirinha e Onofre, a montante da área urbana de Atibaia. As condições de alta prioridade podem ser explicadas com base nas informações de níveis de intensidade dos processos morfogenéticos que variam de 3 a 5 a montante da área urbana da cidade de Atibaia, a partir da confluência entre os rios Atibainha e o rio da Cachoeira, conferindo a condição de prevalência de processos morfogenéticos, ou seja, condições de alta disponibilidade hídrica e de energia potencial para dissecação do relevo.

A bacia hidrográfica do rio Jundiá apresentou uma ocorrência de sub-bacia hidrográfica associada a esta classe. Esta sub-bacia hidrográfica localiza-se na cabeceira de drenagem desta bacia hidrográfica, no município de Mairiporã, onde os valores de instabilidade dos processos morfogenéticos variam de quatro a cinco.

Nessas sub-bacias hidrográficas os projetos de reposição florestal ou de recuperação de matas ciliares podem ser implementados prioritariamente, com o intuito de atenuar a formação de processos erosivos e aumentar a disponibilidade hídrica nos solos, incrementando o fluxo de base desses sistemas de drenagem.

Ao se analisar esse grupo de sub-bacias hidrográficas deve se considerar necessariamente a escala de trabalho dessas informações. Esse aspecto é de suma

importância para compreensão dos resultados, principalmente em função das sub-bacias hidrográficas da Depressão Periférica Paulista possuírem o diagnóstico de baixa prioridade para controle de processos erosivos. Entende-se que nessas sub-bacias hidrográficas podem ocorrer processos erosivos intensos provocados por atividades agrícolas, principalmente em formações geológicas associadas às rochas sedimentares, como a formação Rio Claro e Corumbataí. Porém, sob o ponto de vista da metodologia desenvolvida, esses processos devem ser investigados em outra escala cartográfica, através de métodos indutivos, onde é possível sistematizar essas informações com maior facilidade e correlacioná-las com informações mais precisas dos sistemas ambientais.

Resumidamente, pode-se afirmar que a metodologia foi pautada na obtenção da potencialidade natural para ocorrência de processos erosivos com base na análise da intensidade da ação morfogenética, com intuito de diagnosticar áreas onde existem uma maior potencialidade natural de perda dos solos e diminuição da disponibilidade hídrica das sub-bacias hidrográficas.

Os resultados apresentados se alinham com uma necessidade real da UGRHI PCJ, que é o aumento da disponibilidade hídrica, neste caso através do controle da perda dos solos, nas regiões onde existe uma maior demanda urbana e industrial por esse recurso, principalmente na região metropolitana de Campinas.

5.8.2.2 – (Grupo 3 - Sub-bacias Hidrográficas Prioritárias segundo o Potencial de Contaminação de Recursos Hídricos Por Atividades Agrícolas).

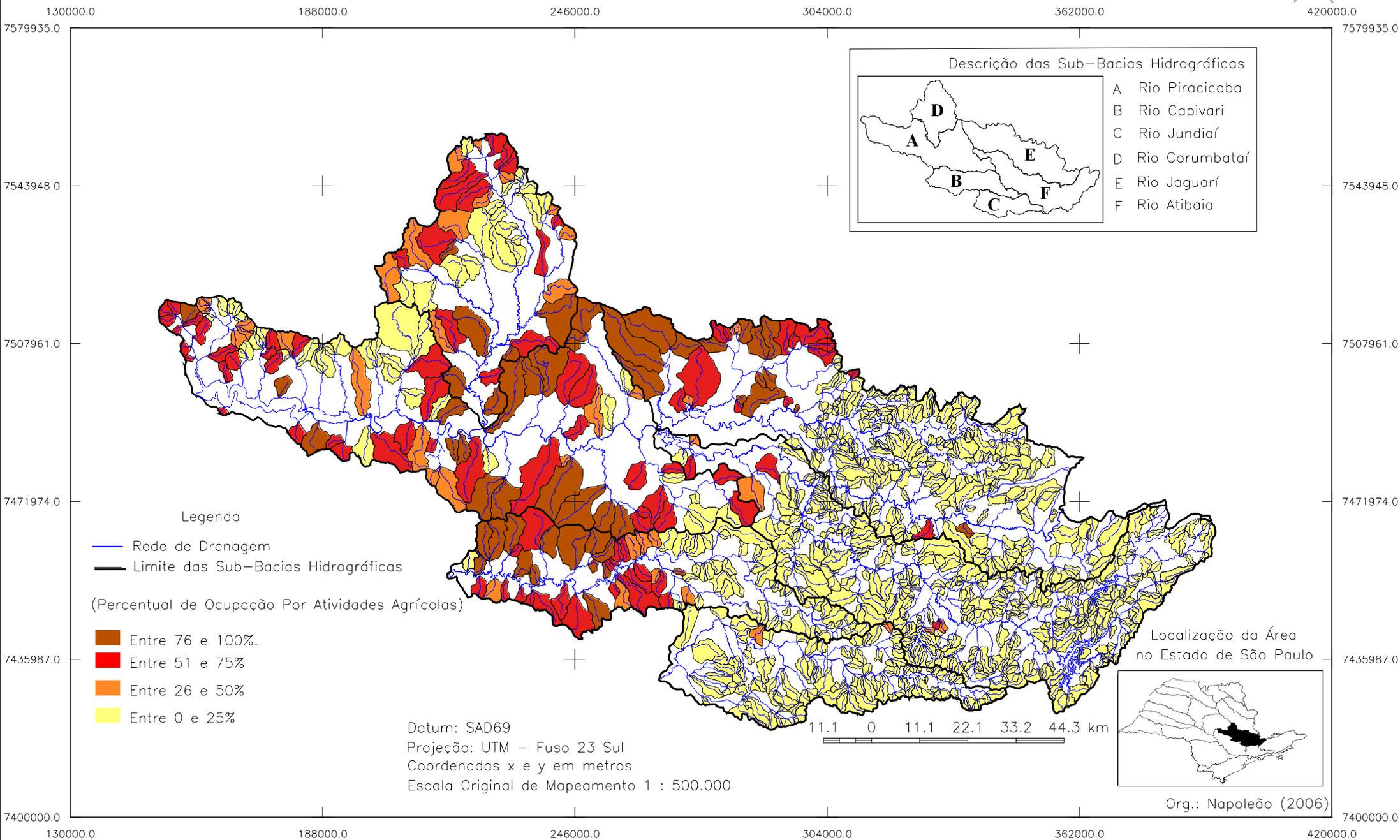
Previamente a apresentação das sub-bacias prioritárias, é apresentada a distribuição espacial das sub-bacias hidrográficas de acordo com o percentual de ocupação por atividades agrícolas. Como explicitado no desenvolvimento metodológico, essas informações foram utilizadas como base para determinação da prioridade das sub-bacias hidrográficas do Grupo 3.

A distribuição espacial das sub-bacias hidrográficas demonstra que as que possuem ocupação maior que 75% localizam-se predominantemente nas unidades geomorfológicas associadas à depressão periférica. Essa constatação relaciona-se com as boas condições fisiográficas desse geossistema, que propiciam um bom aproveitamento para agricultura industrial.

Em contraponto, as sub-bacias com valores percentuais abaixo de 25%, localizam-se predominantemente em unidades geomorfológicas associadas aos compartimentos geomorfológicos de morros e montanhas à leste da UGRHI PCJ. Nesses compartimentos, a situação fisiográfica dificulta a implantação de atividades agrícolas de larga escala, o que explica parcialmente a baixa representatividade de cultivos agrícolas nessas áreas.

A figura 5.17 apresenta a classificação das sub-bacias de acordo com o percentual de atividades agrícolas.

Mapa de Percentual de Ocupação por Atividade Agrícolas Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiá
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguari
F	Rio Atibaia

Localização da Área no Estado de São Paulo

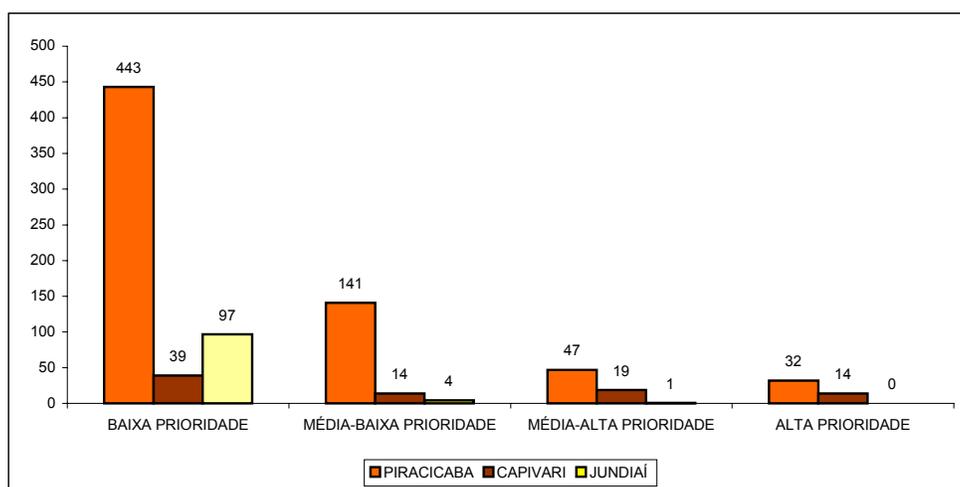
Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.17: Mapa de percentual de ocupação por atividades por atividades agrícolas das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

Com relação à definição das prioridades, os resultados da aplicação metodológica definiram 48 sub-bacias hidrográficas prioritárias considerando o potencial de ocorrência de contaminação dos recursos hídricos por atividade agrícolas, correspondendo a 5,64% das sub-bacias da UGRHI PCJ.

A Figura 5.18 apresenta a distribuição espacial da classificação das sub-bacias quanto à prioridade para controle da contaminação dos recursos hídricos e o Gráfico 5.9 apresenta a distribuição das sub-bacias prioritárias na UGRHI PCJ.

Gráfico 5.9: Distribuição das sub-bacias por classes de prioridade para o controle da contaminação dos recursos hídricos para UGRHI PCJ.

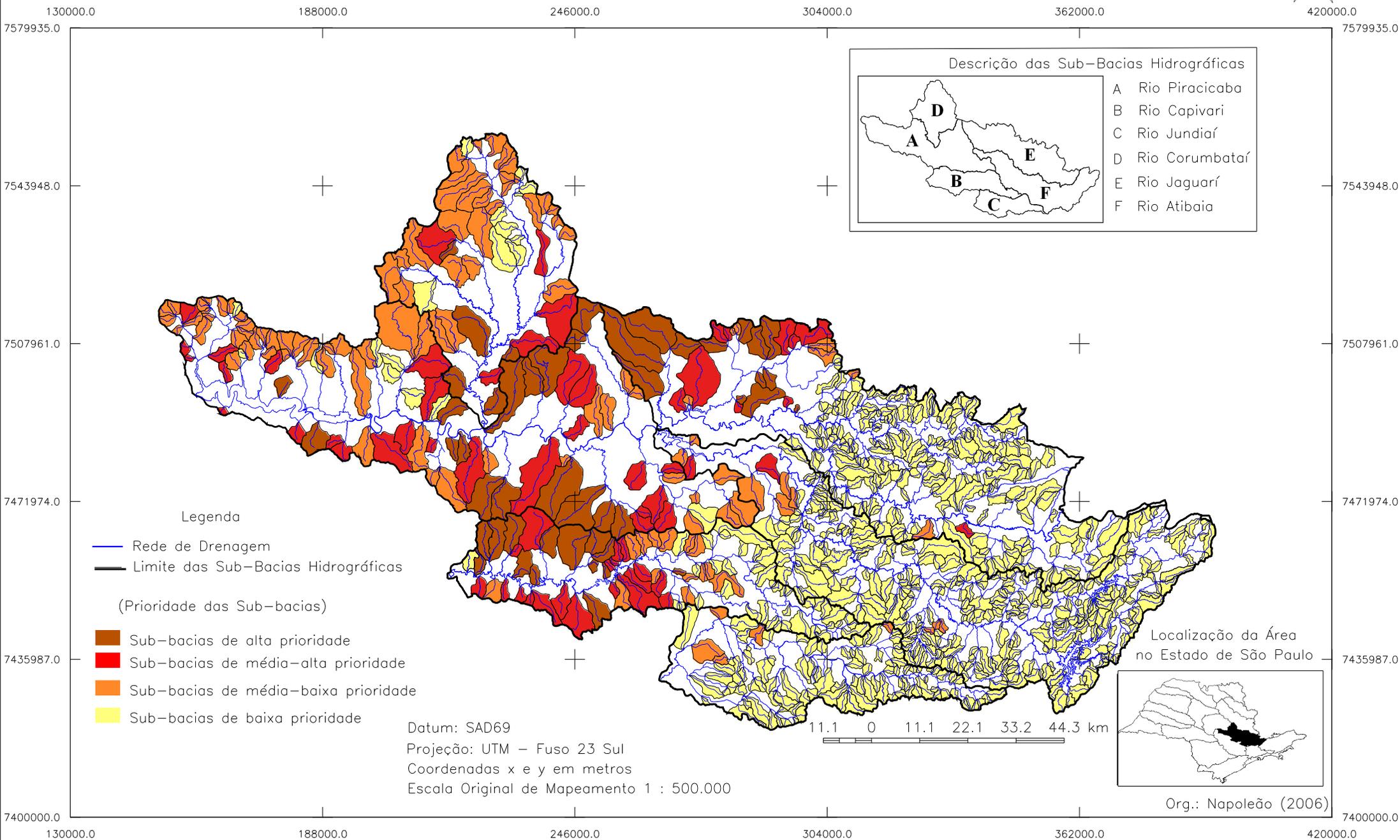


Org.: Napoleão, R.P. (2007)

As sub-bacias hidrográficas classificadas como de alta prioridade possuem entre 75 e 100% de suas áreas ocupadas por atividades agrícolas em condições de baixa prevalência de processos morfogenéticos.

Diagnosticar uma área como de baixa prevalência de processos morfogenéticos significa entender que existe prevalência dos processos pedogenéticos em detrimento do primeiro. Em áreas onde prevalecem processos pedogenéticos existem a ocorrência de perfis de solo bem desenvolvidos, com baixa capacidade de retenção hídrica e alta capacidade de infiltração. Os insumos agrícolas tendem a se diluírem em águas pluviais migrando no perfil do solo até a camada insaturada. Um fluxo de água no solo pode tanto se acumular nas rochas quanto percolar em direção a rede de drenagem. Portanto, áreas onde existe a ocorrência de atividades agrícolas e estabilidade morfogenética possuem alto potencial de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais.

Mapa de Sub-Bacias Prioritárias Para Controle da Contaminação dos Recursos Hídricos Por Atividades Agrícolas das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiá
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguari
F	Rio Atibaia

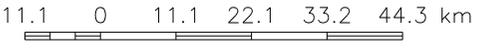
Legenda

- Rede de Drenagem
- Limite das Sub-Bacias Hidrográficas

(Prioridade das Sub-bacias)

- Sub-bacias de alta prioridade
- Sub-bacias de média-alta prioridade
- Sub-bacias de média-baixa prioridade
- Sub-bacias de baixa prioridade

Datum: SAD69
 Projeção: UTM – Fuso 23 Sul
 Coordenadas x e y em metros
 Escala Original de Mapeamento 1 : 500.000



Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.18: Mapa de das sub-bacias prioritárias para controle da contaminação dos recursos hídricos por atividades agrícolas da UGRHI PCJ.

Esses pressupostos embasaram a definição dessas sub-bacias como prioritárias para a implantação de ações de monitoramento ambiental dos corpos hídricos e de fiscalização das práticas agrícolas.

O Gráfico 5.9 demonstra que as sub-bacias prioritárias situam-se na região do baixo curso do rio Piracicaba e nas bacias hidrográficas do rio Capivari, Jaguari e Corumbataí.

A Figura 5.18 demonstra que a condição de alta prioridade possui ocorrência em todo o curso do rio Piracicaba até a confluência dos rios Jaguari e Atibaia, abrangendo os municípios de Piracicaba, Rio das Pedras, Santa Bárbara do Oeste, Iracemápolis e Cordeirópolis. Na região do baixo curso do rio Piracicaba, a condição de alta prioridade abrange 15,84% das sub-bacias e também é predominante nas sub-bacias ao norte do curso do rio Capivari, da sua foz até cidade de Monte Mor.

5.8.3 – (Grupo 4 - Sub-bacias Prioritárias para o Desenvolvimento de Projetos Sociais baseados na Agroecologia).

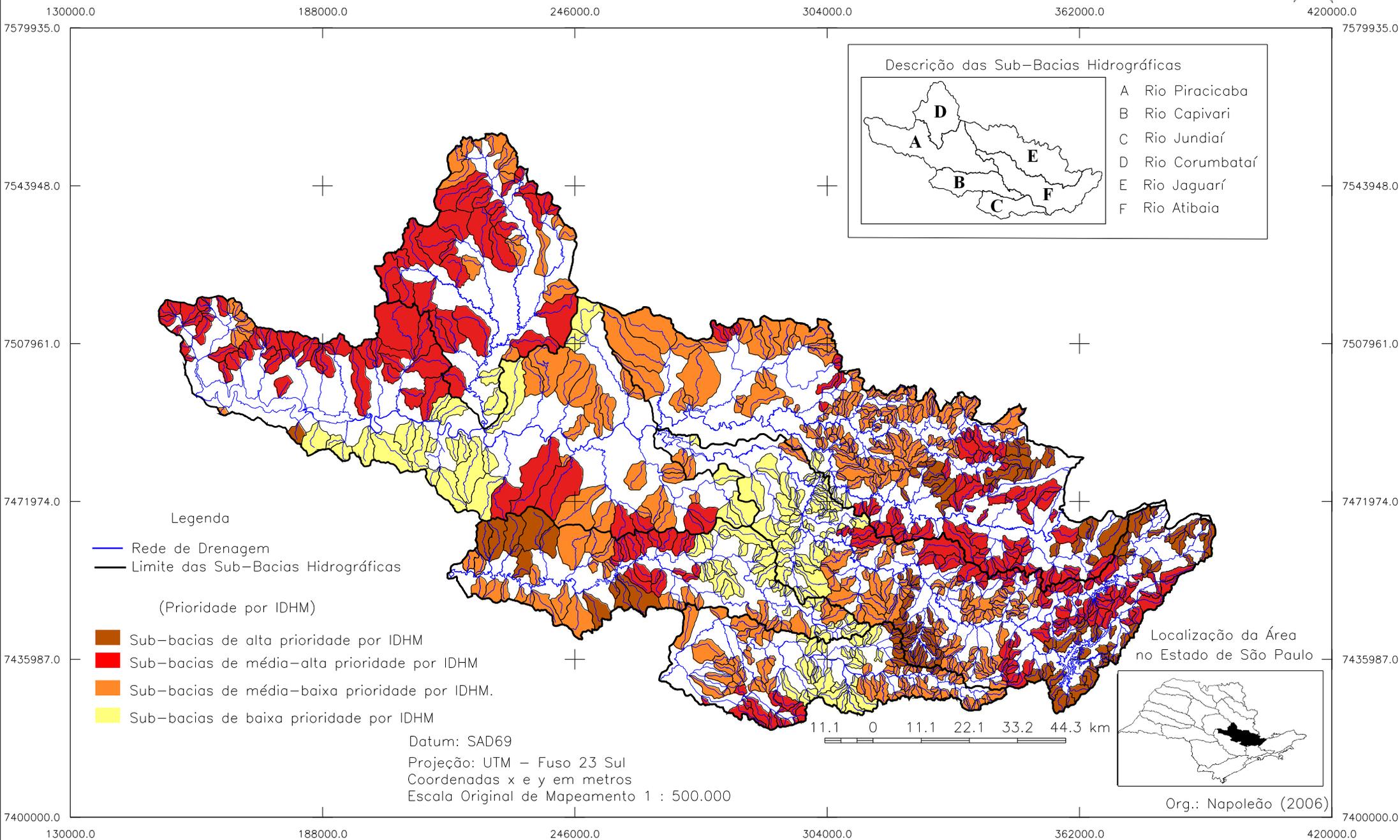
A quarta investigação realizada tratou da definição de sub-bacias prioritárias para implantação de projetos agroecológicos, que podem interferir positivamente na disponibilidade dos recursos hídricos, por incorporarem ações que recaem diretamente na conservação dos solos.

Os resultados da aplicação metodológica buscaram demonstrar espacialmente a localização das sub-bacias hidrográficas com maiores potencialidades para a implantação desses projetos voltados para o desenvolvimento social de pequenos agricultores rurais.

Conforme explicitada no item 3.2.9.4 da metodologia, a definição dessas sub-bacias baseou-se na análise das informações do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios da área de estudo e das sub-bacias consideradas como prioritárias para o controle de processos erosivos.

O subsídio para a composição das sub-bacias prioritárias neste grupo foi a espacialização das sub-bacias hidrográficas de acordo com a classificação municipal de IDH, ou seja, a apresentação da localização das sub-bacias da UGRHI PCJ conforme as condições municipais de desenvolvimento humano. A Figura 5.19 apresenta a espacialização destas informações.

Mapa de Classificação por IDHM das Sub-Bacias Hidrográficas de Terceira Ordem das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

A	Rio Piracicaba
B	Rio Capivari
C	Rio Jundiá
D	Rio Corumbataí
E	Rio Jaguarí
F	Rio Atibaia

- Legenda
- Rede de Drenagem
 - Limite das Sub-Bacias Hidrográficas

- (Prioridade por IDHM)
- Sub-bacias de alta prioridade por IDHM
 - Sub-bacias de média-alta prioridade por IDHM
 - Sub-bacias de média-baixa prioridade por IDHM.
 - Sub-bacias de baixa prioridade por IDHM

Datum: SAD69
 Projeção: UTM – Fuso 23 Sul
 Coordenadas x e y em metros
 Escala Original de Mapeamento 1 : 500.000

11.1 0 11.1 22.1 33.2 44.3 km

Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.19: Mapa de classificação por IDHM das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

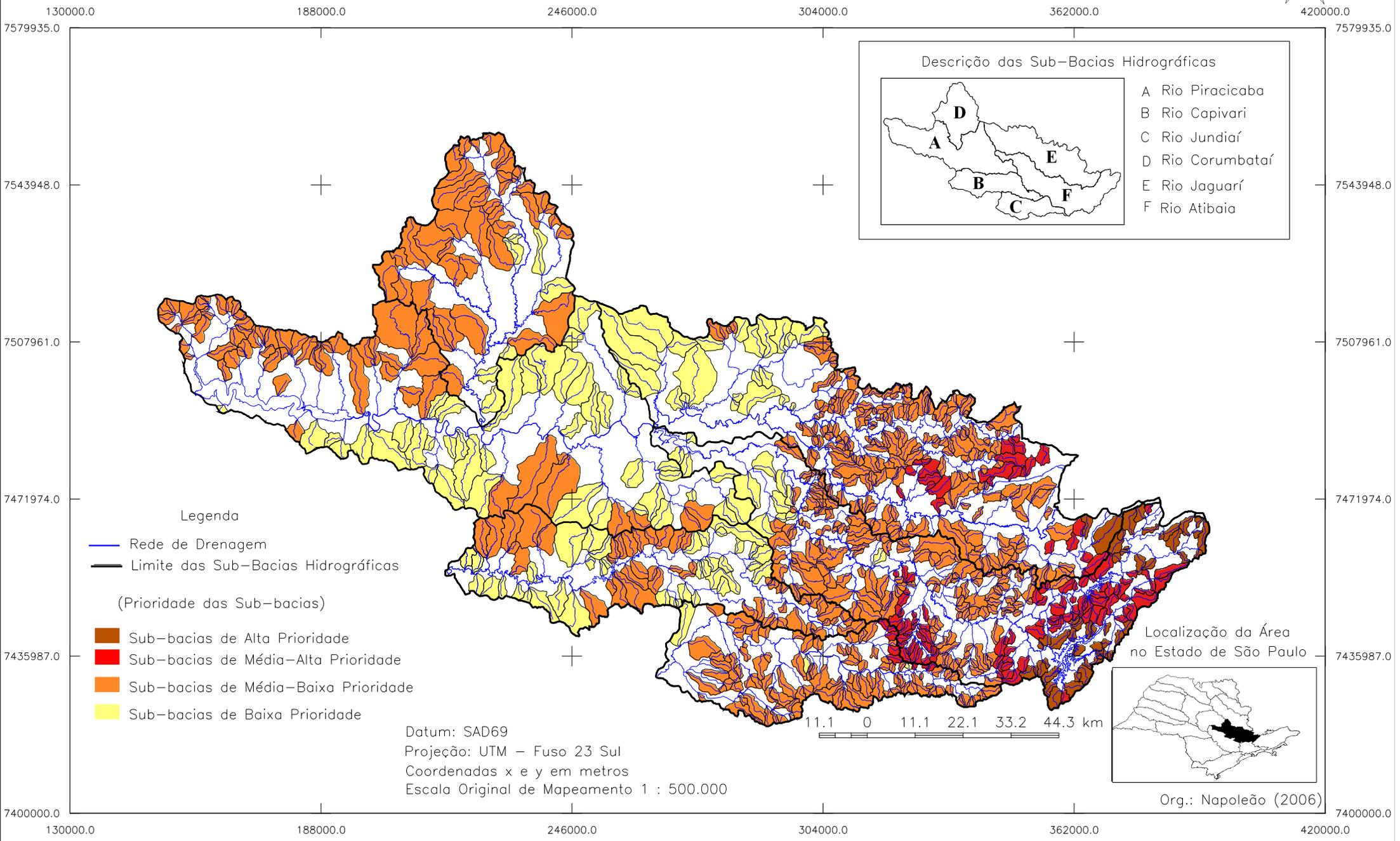
A classificação das sub-bacias possui correspondência direta com a classificação efetuada para os municípios com relação ao Índice de Desenvolvimento Humano.

As sub-bacias hidrográficas apresentaram 14,92% e 31,26% das ocorrências, respectivamente, classificadas como de médio-baixo a baixo Índice de Desenvolvimento Humano e 38,43% e 15,39% de suas ocorrências, respectivamente, classificadas como de médio-alto a alto IDH.

O mapa apresentado na Figura 5.19, pelos seus fundamentos, pode ser usado como um balizador das ações concernentes à aplicação de programas de desenvolvimento social de pequenos agricultores em bacias hidrográficas. Porém, como se trata de uma ação sugerida para o planejamento em recursos hídricos, orienta-se que esse tipo de ação deva ser incentivada prioritariamente em sub-bacias hidrográficas que apresentem condições de instabilidade morfogenética em função da conjugação de fatores geossistêmicos que condicionam uma situação de perda de solo e de capacidade de retenção hídrica. Essa orientação visa coadunar o desenvolvimento social rural com a conservação, preservação e recuperação dos ecossistemas e o reordenamento de usos de solo inadequados para as condições geossistêmicas. Esse procedimento é factível pelas bases sustentáveis contidas em projetos agrícolas de cunho agroecológico.

Portanto, o mapa sub-bacias prioritárias apresentado na Figura 5.20 busca orientar as ações de planejamento no intuito de incentivar a implantação de projetos agroecológicos que visam o desenvolvimento social e a interferência positiva na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais. O Gráfico 5.10 mostra a distribuição das sub-bacias para a UGRHI PCJ.

Mapa das Sub-Bacias Prioritárias Para Implantação de Projetos Agroecológicos Das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP)



Descrição das Sub-Bacias Hidrográficas

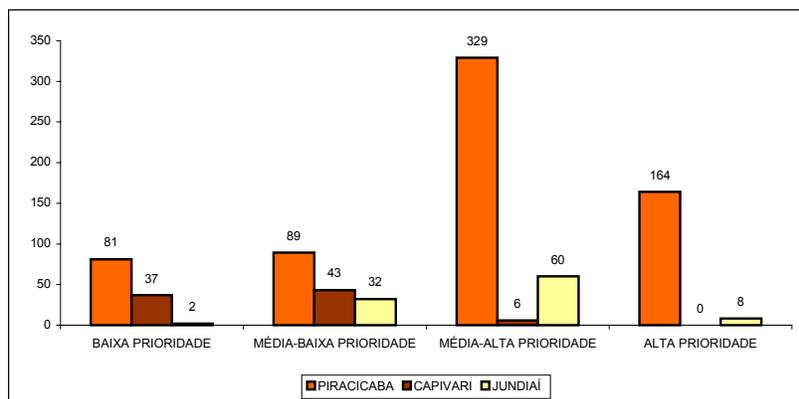
- A Rio Piracicaba
- B Rio Capivari
- C Rio Jundiá
- D Rio Corumbataí
- E Rio Jaguarí
- F Rio Atibaia

Localização da Área no Estado de São Paulo

Org.: Napoleão (2006)

Figura 5.20: Mapa das sub-bacias prioritárias para implantação de projetos agroecológicos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

Gráfico 5.10: Distribuição das sub-bacias por classes de prioridade para a implantação de projetos agroecológicos para UGRHI PCJ.



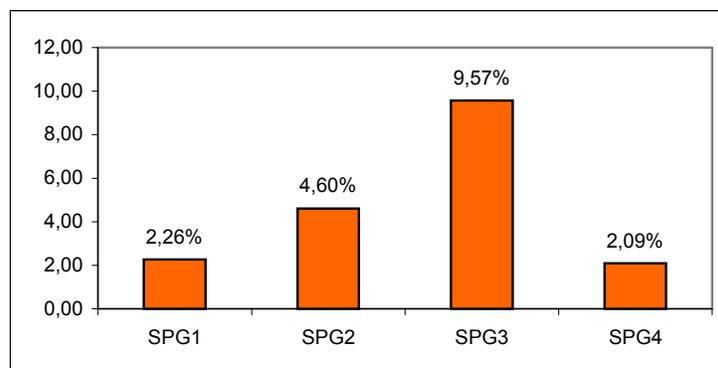
Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Ao se analisar o mapa da Figura 5.20 é possível visualizar que as sub-bacias hidrográficas localizadas nos municípios de Joanópolis e Nazaré Paulista são as mais indicadas para a implantação de projetos agroecológicos. Esses municípios apresentam baixas condições de desenvolvimento humano e características geossistêmicas que condicionam a uma situação de alta intensidade dos processos morfogenéticos. Em uma situação secundária, em termos de prioridade, encontram-se as sub-bacias dos municípios de Bom Jesus dos Perdões, Piracaia, Jarinú, Tuiuti e Pedra Bela, que também apresentam condições de baixo a médio-baixo índice de desenvolvimento humano em condições geossistêmicas que favorecem a atuação de processos morfogenéticos.

5.9 – Representatividade Espacial das Sub-bacias hidrográficas prioritárias

O gráfico 5.11 apresenta uma síntese da aplicação metodológica com relação à definição dos focos espaciais para as ações de gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Gráfico 5.11: Percentual em área dos grupos de sub-bacias hidrográficas prioritárias na UGRHI PCJ.



Org.: Napoleão, R.P. (2007)

Os resultados demonstram que existe uma significativa redução em área ao se considerar as sub-bacias hidrográficas por grupo de prioridade. Essa constatação reitera que a adoção de uma metodologia de definição de focos prioritários pode teoricamente proporcionar uma maior eficiência na aplicação dos recursos em uma unidade de gestão dos recursos hídricos por considerar critérios técnicos para definição dessas áreas.

Como exemplo, pode-se reiterar que a tomada de decisão para execução de uma cota orçamentária destinada à reposição florestal poderia ter como referência as sub-bacias hidrográficas do grupo 2, caso esse procedimento fosse destinado com intuito para atenuar a erosão e aumentar a disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas. Tendo como exemplo os resultados metodológicos, as áreas prioritárias abrangeriam apenas 4,60% de toda a área da unidade de gestão, facilitando a tomada de decisão e seguramente aumentando a probabilidade de se obter um melhor retorno do investimento na forma de um aumento no atendimento da demanda para os recursos hídricos e diminuição da perda de solo.

O mesmo pode ser entendido com relação à aquisição de materiais de sensoriamento remoto e de cartografia básica para obtenção de diagnósticos territoriais com um maior nível de detalhamento espacial. A adoção dos focos

espaciais com parâmetro pode diminuir a necessidade de aquisição, processamento e supervisão desses dados, otimizando o seu uso e a aplicação dos recursos.

Também como exemplo, pode-se citar a tomada de decisão com relação aos recursos destinados para monitoramento dos corpos hídricos, que ao se considerar a metodologia desenvolvida, seriam aplicados em projetos de investigação dos parâmetros físico-químicos dos corpos hídricos das sub-bacias hidrográficas prioritárias.

O mesmo raciocínio se aplica para seleção de bacias hidrográficas para implantação de projetos agroecológicos, onde os recursos financeiros e técnicos existentes seriam direcionados em um primeiro momento para as sub-bacias hidrográficas definidas com prioritárias, o que representa na metodologia desenvolvida apenas 2,09% da área da UGRHI PCJ.

VI – CONCLUSÕES

A análise espacial dos geossistemas e do sistema socioeconômico possibilitou a identificação da intensidade de processos ambientais que foram fundamentais para a definição das sub-bacias prioritárias para ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP).

A partir deste método de análise foi possível propor metodologicamente o direcionamento da aplicação dos recursos disponíveis em uma agência de bacia, em unidades sistêmicas que possuem maior potencial de produzir fluxos de matéria e energia que hipoteticamente afetam negativamente os recursos hídricos ou nas que possuem potencial de coadunar desenvolvimento social com a conservação, influenciando na recuperação dos sistemas ambientais. O controle dos processos geossistêmicos e socioeconômicos que incorporam focos espaciais em seu escopo pode possibilitar uma maior resposta na recuperação das condições de disponibilidade deste recurso, em contraponto as ações sem suporte metodológico, que tendem a dispersar a aplicação dos recursos humanos e financeiros em função de demandas espontâneas.

Entende-se que o foco espacial deve ser um conceito integrante dos planos de bacia e que a consideração da metodologia desenvolvida, seu aperfeiçoamento, complementação ou reformulação, pode contribuir com uma gestão dos recursos hídricos mais eficiente nas unidades de gestão dos recursos hídricos no Brasil.

A obtenção desses resultados reitera que técnicas de análise espacial, implementadas em SIG, constituem um meio eficiente de representação da realidade, permitindo a identificação das relações casuísticas de elementos dos sistemas naturais e antrópicos que ocasionam processos que interferem negativamente na reprodução social e do capital. A evolução dos modelos ambientais, que incorporem técnicas de análise espacial implementadas em SIG, de representações estáticas para representações dinâmicas da realidade terrestre, constitui o futuro desses sistemas e podem atuar diretamente no sentido de estabelecer limites para a implantação de atividades de alto consumo de recursos ambientais com baixo retorno social.

Entende-se que o modelo ambiental desenvolvido deve evoluir por meio do estudo indutivo das propriedades de seus componentes e dos processos ambientais proporcionando o conhecimento de sua dinâmica. Em outras palavras, o modelo ambiental ideal é aquele que pode garantir a previsibilidade de cada ação de

intervenção no espaço ou de mudança de propriedades nos elementos do sistema. A realização deste intuito pressupõe a identificação pontual de todas as atividades potencialmente poluidoras e posteriormente a mensuração dos fluxos sistêmicos de cada uma dessas atividades. O mesmo pode ser relatado quanto ao conhecimento da dinâmica dos processos erosivos e de contaminação dos solos por atividades agrícolas, o que exige o monitoramento pontual em unidades sistêmicas (sub-bacias hidrográficas) identificadas dedutivamente como prioritárias. Igualmente com relação a análise dos resultados de práticas que visam agregar a necessidade de desenvolvimento social com a conservação dos sistemas ambientais com base na implementação de projetos agroecológicos, o que exige o monitoramento do desenvolvimento dos projetos quanto aos seus objetivos.

Mesmo que os resultados da aplicação metodológica não tenham atingido níveis que contemplem o entendimento da dinâmica dos processos investigados, entende-se que os mesmos podem proporcionar o incentivo de práticas que envolvam a participação da comunidade acadêmica na investigação dos processos ambientais calcados na experimentação e coleta de dados. A adoção das sub-bacias hidrográficas de terceira ordem como unidade de análise pode sistematizar a produção de dados e informações no intuito de subsidiar a gestão e planejamento dos recursos hídricos, bem como proporcionar a redefinição do modelo ambiental apresentado, por meio da incorporação de novos componentes e de informações obtidas pelas investigações indutivas. A partir da seleção de sub-bacias hidrográficas os gestores podem promover a assinatura de termos de cooperação técnica entre as instituições de pesquisa em Meio Ambiente para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas em uma determinada sub-bacia hidrográfica prioritária.

A metodologia desenvolvida para obtenção dos resultados foi desenvolvida tendo como base a realidade da UGRHI PCJ. Caso esta metodologia seja aplicada em outra unidade de gestão dos recursos hídricos é possível que a mesma tenha que ser adaptada às condições próprias da região a ser investigada, com a incorporação ou exclusão de dados e informações para composição do modelo ambiental.

O conjunto de programas disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Aeroespaciais (INPE) atendeu satisfatoriamente a necessidade de implementação da modelagem ambiental em um Sistema de Informações Geográficas, demonstrando que esses produtos podem ser

considerados como uma opção viável aos produtos comerciais, principalmente para o meio acadêmico e instituições públicas.

Quanto à análise dos sistemas ambientais, reitera-se as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá apresentam intervenções antrópicas significativas nas características abióticas e bióticas dos geossistemas. A significativa presença de feições antrópicas associadas ao cultivo de cana-de-açúcar, pastagem e áreas urbanas em franca expansão, comprometem a capacidade de sustentabilidade dos geossistemas com relação ao potencial de geração de impactos ambientais dos recursos hídricos. Outro aspecto a ser evidenciado é o desrespeito ao Código Florestal vigente, evidenciado por meio do diagnóstico de áreas associadas às pastagens e ao cultivo de cana-de-açúcar que não respeitam as áreas de preservação permanente e o estabelecimento das reservas legais. Este aspecto é explicado parcialmente por meio da consideração de que estas atividades precedem a instituição do Código Florestal em 1965. Em outras palavras, esta atividade é tradicional e domina paisagisticamente a região há séculos. Nesse aspecto, é possível concluir que é necessário adequação da atividade com relação às exigências legais de ocupação das margens dos corpos hídricos e o estabelecimento das reservas legais.

A ação de recuperação das reservas legais e das áreas de preservação permanente das propriedades rurais dedicadas à produção agrícola de grande porte deve ser exigida no ato de renovação das licenças ambientais de suas atividades. Conforme demonstrado, essas atividades ocupam majoritariamente áreas da Depressão Periférica que foram diagnosticadas como áreas em biostasia (prevalência de processos pedogenéticos). Os resultados demonstram que as condições fisiográficas dessas áreas condicionam um maior potencialidade para a recuperação ecossistêmica, desde que se proceda com a correção dos solos. Portanto, as ações de recuperação de reserva legal e áreas de preservação permanente podem favorecer, a longo prazo, a recuperação parcial das extensões ecossistêmicas originais da região. Recomenda-se que no caso das reservas legais essa ação seja realizada na forma de condomínios¹, no intuito de se evitar a fragmentação florestal. Entendemos que esta ação seja factível, por se tratar de uma reivindicação pautada em Lei Federal², não condicionada por dotações

¹ Nos termos do artigo 16, parágrafo 11, da Lei 4.771/65.

² Nos termos do artigo 16, inciso III, da Lei 4.771/65.

orçamentárias e sem a necessidade de aplicação de recursos humanos em sua execução, bastando apenas a articulação entre o Comitê da UGRHI PCJ, a agência de bacia, o poder público Estadual e o Ministério Público para a efetivação das mesmas.

VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. Gestão Ambiental por Bacias Hidrográficas. **Ecologia e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro : APED/UFRJ,1992, p. 99-118.

ARANOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective**. 1.ed. Ottawa : WDL Publications, 1989. 294p.

ASPINALL, R. J. GIS and Landscape Conservation. In: Longley, P.A; Goodchild, M. F; Maguire, D. J; Rhind, D. W. **Geographical Information Systems: Management Issues and Applications**. 2 ed. New York : Jonh Wiley & Sons Inc. Vol.2, 1999, p.967-980.

BAILEY, T. C; GATRELL, A. C. **Interactive Spatial Data Analysis**. 1.ed. London : Longman Group, 1996. 432p.

BARTH, F. T. **Modelos Para Gerenciamento De Recursos Hídricos**. 1.ed. São Paulo: Nobel, ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos), 1987. 526p.

BENETTI, A. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. In. TUCCI, C.E.M. **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre : EDUSP-UFRGS-ABRH,1993, p.849-875.

BERTALANFFY, L. V. **General system theory**. 1.ed. New York : George Brailier, 1968. 295p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n.13, p.1-27, 1972.

BERTRAND, G; BERTRAND, C. **Une Géographie traversière: le environnement à travers territoires et temporalité**. 1.ed. Paris : Argumentes, 2002. 311p.

BRASIL. Lei n. 4.771/65 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Lex: Legislação de Direito Ambiental**, São Paulo : Rideel, 2003. 1365 p. (Série Mínie 3 em 1).

_____. Lei n 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e dá outras providências. **Lex: Legislação de Direito Ambiental**, São Paulo : Rideel, 2003. 1365 p. (Série Mínie 3 em 1).

BRESSAN, D. **Gestão Racional da Natureza**. 1. ed. São Paulo: HUCITEC, 1996. 111p.

CÂMARA, G, MONTEIRO, A. M. V; MEDEIROS, J. S. de. Representações Computacionais do Espaço: Fundamentos Epistemológicos da Ciência da Geoinformação. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 83-96, 2003.

CÂMARA, G, et al. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf> Acesso em 6 agosto de 2005.

CBH-PCJ. **Relatório de Situação das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. 1999. Disponível em: <www.comitepcj.sp.gov.br>. Acesso em 15 agosto de 2005.

CEAPLA. **Carta de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do rio Corumbataí**. Atlas ambiental da bacia do rio Corumbataí. 2000. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/biblioteca/mapas/uso2000dwg.zip>>. Acessado em 10 de agosto de 2005.

CREPANI, C, et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em 6 de agosto de 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 1. ed. São Paulo : Edgar Blucher, 1980. 188p.

_____. A teoria dos sistemas. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 2, p. 43-60, 1971.

_____. Significância da Teoria de Sistemas em Geografia, **Boletim da Geografia Teorética**, Rio Claro, v.16-17, n. 31-34, p.119-128, 1986-1987.

_____. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, Cap. 11, p.415-436.

CHRISTOFOLETTI, A; TEIXEIRA, A. L. A. S. **Sistema de Informações Geográficas**. 1.ed. São Paulo : Hucitec, 1997. 244 p.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo : Ed.: Edgar Blücher, 1999. 256p.

CHORLEY, R. Models in Geomorphology. In: CHORLEY, R. J; HAGGET, P. **Models in Geography**. London : Methuen, 1967, cap. 3, p. 59-96.

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, n. 54, p. 1551-1554. 1988.

DUEKER, K.J. Land resource information systems: a review of fifteen years experience. **Geoprocessing**, n. 1, p.105-128. 1979.

EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and Image Processing**. 1. ed. Worcester : Clark University, 1999. 170p.

FISCHER, M.M. Spatial analysis: retrospect and prospect. In: Longley, P.A; Goodchild, M. F; Maguire, D. J; Rhind, D. W. **Geographical Information Systems: Principles and Technical Issues**. 2 ed. New York : John Wiley & Sons Inc. Vol.1,1999, p. 283-292.

FOTHERINGHAM, A. S; WEGENER, M; **Spatial models and GIS : New potential and new models**. 1. ed. London : Taylor & Francis. 2000. 285 p.

GEORGE, P. **Os métodos da Geografia**. 1. ed. Rio de Janeiro : Difel, 1978. 119p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos em encostas. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1995, cap. 4, p. 415-436.

GUERRA, L. P; MACHADO, C. C; ABREU, J. F; Os Sistemas de Informações Geográficas e os Microdados Censitários nos Estudos das Migrações Internas Brasileiras. In: BARROSO, L. C; ABREU, J. C. de. **Geografia, Modelos de Análise Espacial e GIS**. Belo Horizonte : Editora PUCMINAS. 2003, cap. 5, p.115-142.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (Des)caminhos do Meio Ambiente**. 1. ed. São Paulo : Contexto, 2004. 148p.

GOODCHILD, M.F. A spatial analytical perspective on GIS. **International Journal of Geographical Information Systems**, London, n. 1, p. 327-334, 1988.

HAASE, G; RICHTER, H. Current trends in landscape research. **GeoJournal**, v. 7, n. 2, p. 107-119, mar, 1983.

IAC (Instituto Agrônomo de Campinas). **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 4 mapas. Escala 1:500.000. Acompanha uma legenda expandida.

IBAMA. **Diretrizes de pesquisa aplicada ao planejamento e gestão ambiental**. Brasília: Ibama, 1994. 101 p.

IBGE. **Malha Municipal do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 06 de agosto de 2005.

INPE. **Sistema de Suporte On-Line do SPRING**. Sistema de Processamento de Informação Georreferenciadas (SPRING 4.1.1). 2006.

SÃO PAULO. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, 1981a. Escala 1:500.000.

_____. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, 1981b. Escala 1:1.000.000.

LANDSAT 7 ETM+. **Global Land Cover Facility**, 2000-2002. Imagem de Satélite. Canais 3,4,5 e 8. Resolução 30 e 15 metros.

LANNA, A. E. Gestão Dos Recursos Hídricos. In : TUCCI, C.E.M. **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: EDUSP. 1993, Cap. 2, p. 35-51. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

_____. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica : Aspectos Conceituais e Metodológicos**. 1. ed. Brasília : IBAMA, 1995. 171p.

MAGUIRE, D.J. An overview and definition of GIS. In: Maguire, D. J; Goodchild, M. F; Rhind, D. W. **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. New York: John Wiley & Sons Inc. Vol.2, 1991, p.9-20.

MONTEIRO, C. A. de F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: SIMPÓSIO A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 1, 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1978. (Publicação ACIESP n.15), p.43-76.

_____. **Geossistemas: a História de uma Procura**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 127p.

MONTIBELLER, G. **O mito do desenvolvimento sustentável : meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 1. ed. Florianópolis : UFSC. 2004. 306 p.

MORAES, A.C.R. de. **Meio Ambiente e Ciências Humanas**. São Paulo: Hucitec, 1994. 100p.

NAPOLEÃO, R.P. **Gestão Ambiental: Conceituações e Perspectivas**. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

_____. **Zoneamento Ambiental como subsídio à gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (SP)**. 2003. 192f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

NOBRE, M; AMAZONAS, M de C. **Desenvolvimento Sustentável: A Institucionalização de um Conceito**. 1. ed. Brasília : Edições IBAMA. 2002. 367p.

OHARA, T; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R; MATTOS, J. T; CAETANO, N. R. Zoneamento geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. **Revista Brasileira de Geociências**. 22 (2-Suplemento). 2003. 173-182 pp.

OPENSHAW, S. Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. In: Maguire, D. J; Goodchild, M. F; Rhind, D. W. **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. New York : John Wiley & Sons Inc. Vol.1, 1991, p.389-402.

PAREDES, E. A. **Sistema de Informação Geográfica**. 1. ed. São Paulo : Érica. 1994. 430p.

PIRACENA. **Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1978)**. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/piracena/img/uso78.gif>>. Acessado em 20 de agosto de 2005a.

_____. **Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1985).**
Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/piracena/img/uso85.gif>>. Acessado em 20 de agosto de 2005b.

_____. **Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1993).**
Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/piracena/img/uso93.gif>>. Acessado em 20 de agosto de 2005c.

_____. **Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (1997).**
Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/piracena/img/uso97.gif>>. Acessado em 20 de agosto de 2005d.

_____. **Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicamirim (1962).** Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/piracena/html/pisca6295.htm>>. Acessado em 20 de agosto de 2005e.

_____. **Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Piracicamirim (1965).** Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/piracena/html/pisca6295.htm>>. Acessado em 20 de agosto de 2005f.

PRADO, C Jr. **História Econômica do Brasil.** Brasília : Editora Brasiliense, 1970. 364p.

PROCHNOW, M. **Análise ambiental da sub bacia do rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo.** 1990. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água.** São Paulo : Escrituras, 2004. 207p.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional.** São Paulo : Contexto, 2001. 176p.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n.14, p. 69-77, 2001.

ROSS, J. Recursos Hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental”. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.12, p. 89-121, 1998.

_____. **Geomorfologia : Ambiente e Planejamento**. 1. ed. São Paulo : Contexto, 2003. 84p.

SAA-CATI. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.cati.sp.gov.br>>. Acessado em 20 de julho de 2006.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**. 1. ed. São Paulo : Edusp. 2004. 384p.

SEADE. **Informações dos Municípios Paulistas**. Fundação SEADE do Estado de São Paulo. Disponível em [<http://www.seade.gov.br>]. Acesso em agosto de 2005.

SILVA, S. **Expansão Cafeeira e Origens da Indústria no Brasil**. 1. ed. São Paulo : Alfa Omega, 1976. 120p.

SILVA, J. X. **Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica**. 1. ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 1993. 20p.

_____. **Geoprocessamento para análise ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro : UFRJ, 2001. 227p.

SILVA, J, X; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental, Aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 363p.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In : TUCCI, C.E.M. (Org). **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: EDUS. 2002, p. 35-51.

SMITH, T.R. et al. Requerimentos and principles for the implementations and construction of large-scale geographic information systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, n. 1. 1987. p.13-31.

SOTCHAVA, V.B. O estudo dos geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n.16, p.1-51, 1977.

_____. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. **Biogeografia**. São Paulo, n.14, p.1-23, 1978.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of watershed geomorphology. **Transaction of the American Geophysical Union**. v. 38. n. 6. p. 913-920.

UNWIN, D.J. **Introductory Spatial Analysis**. 1. ed. Londres: Methuen, 1981. 240p.

TRICART, J.J.L. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro : IBGE, SUPREN, 1977. (Recursos Naturais e Meio Ambiente). 91p.

TUCCI, C. E. M; OSCAR, M. C. Diretrizes e estratégia para ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil. **Revista de Gestão de Água na América Latina**. Bento Gonçalves : Evangraf, v.1, n. 1, jan-ju, 2004. p. 21-36.

TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento institucional dos recursos hídricos no Brasil. In: **Revista de Gestão de Água na América Latina**. Bento Gonçalves : Evangraf, v. 2, n. 2, jul-dez, 2005. p. 81-93.

TROPMAIR, H. Ecossistemas e geossistemas do Estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v.13, n. 25, p. 27-36, 1983.

_____. Geossistemas e Geossistemas Paulistas. 1. ed. Rio Claro : Editora Unesp, 2000. 107p.

YASSUDA, E. R. O Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. **Cadernos FUNDAP**, São Paulo, ano 9, n.16, p. 45-53, jun, 1989.

VIII – APÊNDICES

Apêndice I. Identificadores, área, densidade de drenagem (em área), declividade média e notas das unidades de dissecação do relevo para determinação dos níveis de intensidade (Notas 1 e 2) e nota para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos (Nota 3).

ID	Área de Drenagem	Densidade de Drenagem (em Km ²)	Nota 1	Declividade Média	Nota 2	Nota 3
1	2,22	4,95	5	32,44	1	3
2	618,79	8,75	1	15,14	6	4
3	129,00	8,28	2	18,88	5	4
4	110,89	8,15	2	18,33	5	4
5	10,62	4,23	6	27,31	1	4
6	167,09	5,85	4	20,01	4	4
7	75,61	8,30	2	16,27	6	4
8	56,37	6,88	3	16,05	6	5
9	39,29	3,33	7	26,59	2	5
10	249,20	8,24	2	12,84	7	5
11	20,82	7,57	3	16,02	6	5
12	17,74	5,86	4	17,57	5	5
13	73,04	8,61	2	10,55	7	5
14	3,51	3,74	7	26,29	2	5
15	9,23	9,22	1	9,86	8	5
16	13,09	9,58	1	7,44	8	9
17	112,24	5,46	5	19,3	5	5
18	409,02	7,66	3	11,52	7	5
19	107,69	6,92	3	12,19	7	5
20	6,95	7,62	3	12,14	7	5
21	62,28	8,82	1	7,17	9	9
22	56,70	8,23	2	9,13	8	5
23	318,21	7,05	3	10,46	8	6
24	174,36	5,55	5	15,37	6	6
25	192,18	3,50	7	22,62	4	6
26	32,08	5,76	4	13,18	7	6
27	384,73	7,24	3	8,05	8	6
28	29,68	4,72	6	16,91	5	6
29	29,35	7,75	2	7,24	9	9
30	1366,70	6,38	4	9,39	8	6
31	250,52	5,77	4	9,5	8	6
32	204,45	6,05	4	10,23	8	6
33	70,71	6,32	4	8,22	8	6
34	17,43	5,84	4	7,34	8	6
35	13,80	4,20	6	2,07	10	6
36	207,13	5,51	5	10,07	8	7
37	48,91	5,38	5	9,69	8	7
38	23,75	6,30	4	7,24	9	9
39	45,29	4,89	5	7,52	8	7
40	7,37	7,66	3	2,19	10	10
41	403,30	4,26	6	5,19	9	8
42	234,41	4,25	6	5,55	9	8
43	193,03	4,51	6	7,2	9	8
44	108,46	4,52	6	10,41	8	7
45	21,79	3,25	7	12,21	7	7
46	7,66	4,17	6	9,67	8	7
47	23,21	5,60	5	5,74	9	7

Apêndice I (continuação). Identificadores, área, densidade de drenagem (em área), declividade média e notas das unidades de dissecação do relevo para determinação dos níveis de intensidade de dissecação (Notas 1 e 2) e nota para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogênicos (Nota 3).

ID	Área de Drenagem	Densidade de Drenagem (em Km ²)	Nota 1	Declividade Média	Nota 2	Nota 3
48	2638,62	3,12	7	4,28	9	8
49	104,73	2,89	7	8,28	8	8
50	29,40	2,43	8	13,3	7	8
51	23,27	3,47	7	7,7	8	8
52	128,94	3,99	6	5,93	9	8
53	78,67	4,10	6	4,85	9	8
54	33,49	3,99	6	7,04	9	9
55	130,54	4,43	6	5,83	9	8
56	17,06	4,54	6	6,06	9	8
57	333,08	3,31	7	6,23	9	8
58	152,12	2,58	8	9,66	8	8
59	51,95	3,60	7	6,54	9	8
60	447,18	3,63	7	5,2	9	8
61	243,56	3,72	7	5,57	9	8
62	631,96	3,36	7	5,33	9	8
63	160,46	3,08	7	5,61	9	8
64	165,29	3,19	7	6,78	9	8
65	420,78	3,44	7	5,18	9	8
66	391,20	3,46	7	4,48	9	8
67	154,60	3,47	7	5,53	9	8
68	78,03	2,34	8	8,17	8	8
69	23,86	2,55	8	8,16	8	8
70	83,33	2,87	7	5,74	9	8
71	16,27	2,83	7	6,06	9	8
72	40,62	3,75	7	4,54	9	8
73	9,97	3,79	7	5,58	9	8
74	5,60	3,12	7	5,61	9	8
75	2,76	3,16	7	6,34	9	8
76	54,31	4,21	6	1,53	10	10
77	1,36	1,06	9	12	7	8
78	16,62	4,67	6	1,06	10	10
79	11,83	0,73	10	13,32	7	9
80	8,32	0,84	10	10,74	7	9
81	58,64	2,50	8	5,79	9	9
82	139,85	2,56	8	5,6	9	9
83	63,95	2,66	8	6,05	9	9
84	60,55	2,80	8	5,67	9	9
85	7,82	2,47	8	6,71	9	9
86	6,92	2,37	8	4,79	9	9
87	141,34	1,73	9	7,31	9	9
88	215,63	1,11	9	4,41	9	9
89	4,88	0,00	10	5,59	9	10
90	1,98	0,00	10	4,3	9	10

Apêndice II. Notas Atribuídas às variações do componente geológico para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

Legenda	Descrição da Unidade Geológica	Nota Atribuída
JKB	Formação Botucatu	7
TQR	Formação Rio Claro	9
TQIS	Coberturas Cenozóicas corr. Formação São Paulo	9
QA	Sedimentos Aluvionares	10
TQIR	Depósitos Correlatos	9
KTI	Formação Itaqueri	8
JKSG	Formação Serra Geral	4
PI	Formação Irati	9
PTT	Formação Tatuí	9
QI	Sedimentos Continentais Indiferenciados	9
TRJP	Formação Pirambóia	9
CPI	Formação Itararé	9
PC	Formação Corumbataí	9
PTT	Formação Teresina	8
EOYI	Fácies Itú	4
PIAG	Complexo Amparo	2
PIAX	Complexo Amparo	5
PSEOY	Fácies Cantatareira	4
PIAS	Complexo Amparo	5
PSSX	Grupo São Roque	3
PIAHM	Complexo Amparo	4
PIAGM	Complexo Amparo	5
PIPM	Complexo Paraíba do Sul	2
JKBB	Intrusivas Básicas Tabulares	5
PSYC	Fácies Cantatareira	2
PSSD	Grupo São Roque	2
PIPD	Complexo Paraíba do Sul	3
PSSF	Grupo São Roque	4
PSSM	Grupo São Roque	2
PIAH	Complexo Amparo	3

Apêndice III. Notas Atribuídas às variações do componente pedológico para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogênicos.

Unidades Pedológicas	Unidades de Mapeamento	Nota Atribuída	
Unidade dos Cambissolos Háplicos	CX1	3	
	CX16	4	
	CX19	2	
Unidade dos Gleissolos Háplicos	Gx12	6	
	Gx13	6	
	Gx7	6	
Unidade dos Latossolos Vermelhos	LV17	8	
	LV28	9	
	LV4	9	
	LV41	9	
	LV50	9	
	LV53	9	
	LV59	8	
	LV60	6	
	LV70	9	
	LV72	9	
	LV9	6	
	Unidade dos Latossolos Vermelho-Amarelos	LVa12	8
		LVa17	6
LVa18		6	
LVa23		5	
LVa25		9	
LVa31		9	
LVa36		9	
LVa38		9	
LVa4		9	
LVa42		9	
LVa49		7	
LVa50		9	
LVa57		10	
LVa58		9	
LVa6		10	
LVa60		6	
Unidade dos Latossolos Vermelho-Amarelos	LVa9	9	
Unidade dos Nitossolos Vermelhos	NV4	9	
Unidade dos Argissolos Vermelhos	PV10	7	
	PV9	7	
Unidades dos Argissolos Vermelho-Amarelos	PVa100	7	
	PVa101	7	
	PVa102	7	
	PVa103	7	
	PVa107	6	
	PVa13	7	
	PVa17	7	
	PVa20	6	
	PVa26	3	
	PVa27	6	
PVa30	7		

Apêndice III (continuação). Notas Atribuídas às variações do componente pedológico para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

Unidades Pedológicas	Unidades de Mapeamento	Nota Atribuída
Unidades dos Argissolos Vermelho-Amarelos	PVa31	7
	PVa32	7
	PVa36	6
	PVa38	7
	PVa39	7
	PVa41	4
	PVa42	3
	PVa44	4
	PVa48	5
	PVa52	6
	PVa53	7
	PVa55	3
	PVa57	4
	PVa58	7
	PVa59	6
	PVa6	3
	PVa60	7
	PVa63	4
	PVa77	4
	PVa8	4
PVa94	7	
PVa96	7	
PVa97	7	
PVa98	7	
PVa99	5	
Unidades dos Neossolos Litólicos	RL14	6
	RL15	6
	RL16	3
	RL17	5
	RL18	5
	RL2	6
	RL21	6
	RL22	5
	RL24	6
	RL25	4
	RL3	4
	RL5	3
	RL7	4
Unidades dos Neossolos Quartzarênicos	RQ1	6
	RQ2	5
Unidades dos Planossolos Hápicos	SX3	7

Apêndice IV. Notas Atribuídas às variações do componente pluviométrico para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

Descrição das Unidades Pluviométricas	Nota Atribuída
1200 – 1300mm	10
1300 – 1400mm	9
1400 – 1500mm	8
1500 – 1600mm	7
1600 – 1700mm	6
1700 – 1800mm	5
1800 – 1900mm	4
1900 – 2000mm	3
2000 – 2100mm	2
2100 – 2200mm	1

Apêndice V. Notas Atribuídas às variações do componente de uso e ocupação dos solos para composição dos níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

Descrição das Classes de Uso e Ocupação	Nota Atribuída
Represas e Barragens	1
Área Urbana	1
Mata	10
Eucaliptos ou Pinus	7
Cana-de-Açúcar	4
Agricultura Indiscriminada	5
Pasto ou Campo Antrópico	3