

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS

ZONEAMENTO CONCEITUAL DA EXPANSÃO DAS ATIVIDADES  
ANTRÓPICAS RELACIONADO À INUNDAÇÃO – ESTUDO DE  
CASO: BACIA DO RIO BONITO (SP)

Cláudio Jorge Cançado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e de Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Professor Doutor Reinaldo Lorandi

SÃO CARLOS

2003

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

C212zc	<p>Caçado, Cláudio Jorge. Zoneamento conceitual da expansão das atividades antrópicas relacionado à inundação – estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) / Cláudio Jorge Caçado . -- São Carlos : UFSCar, 2004. 388 p.</p> <p>Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2003.</p> <p>1. Planejamento físico ambiental. 2. Zoneamento ambiental. 3. Planejamento regional. 4. Geoprocessamento. I.Título.</p> <p>CDD: 711.42 (20<sup>a</sup>)</p>
--------	--

### AGRADEÇO O APOIO TÉCNICO:

- À FAPESP, que financiou o desenvolvimento desta pesquisa;
- Ao Professor Doutor Reinaldo Lorandi, meu orientador e companheiro na execução deste trabalho, pela valiosa orientação, amizade, força e compreensão;
- Ao Professor Doutor Ivan Barbosa Machado Sampaio, do Departamento de Zootecnia da UFMG, que muito me ajudou na parte estatística deste trabalho;
- À Professora Doutora Ana Clara Moura do Departamento de Cartografia da UFMG, por sua preciosa colaboração a este trabalho;
- À Prefeitura Municipal de Descalvado na pessoa de seu Secretário de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, Sr. Sérgio de Marco;
- À todos os professores do DECiv e do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFSCar por seu carinho, apoio e contribuições para a realização deste trabalho.

## AGRADEÇO TAMBÉM:

- A Deus que me concedeu saúde e energia para prosseguir em mais esta etapa da minha vida;
- A todas as pessoas que acreditam numa gestão planejada dos recursos hídricos de nosso país, pois sem elas este trabalho perderia totalmente o sentido;
- Aos amigos Roberto Feres, Maria Eugênia Bruck de Moraes, Marco Antônio Albano Moreira e a Rodolfo Moreda Mendes pela amizade e pela ajuda em todos os meus momentos em São Carlos;
- À minha querida Elcia pela incansável força, alegria, amizade e amor, além das inúmeras correções realizadas nesse trabalho;
- Ao Professor João Sérgio Cordeiro, por todo o apoio e atenção a mim dispensada;
- Ao Professor Nemésio Neves Batista Salvador, por toda a ajuda e carinho a mim sempre dispensados;
- À amiga Sônia pela ajuda nos momentos difíceis, por todo o apoio e pelo convívio maravilhoso;
- Aos amigos Marcelo Mello de Mesquista e Fernanda Wasner que apesar da distância sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos;
- Aos meus pais que sempre estiveram a meu lado em todos os momentos de minha vida e a quem dedico mais esta conquista;
- Ao meu irmão Paulo Cançado e Família por toda ajuda na parte de aquisição de softwares e por todo o apoio a mim dispensado;
- A todos os profissionais e amigos que contribuíram de alguma forma para a realização desta dissertação;
- A todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho,

Muito Obrigado!

“É ...

... Somos o que podemos ser....  
É ver o que fizemos e sermos  
melhores;  
É sonhar com o que podemos ser e  
lutar;  
É construir o caminho apesar das  
nuvens negras e das trovoadas  
constantes;  
É cultivar as amizades e sorrir;  
É mostrar-se lúcido e perseverante a  
cada nascer do dia;  
É alegrar-se com as dádivas  
alcançadas e com as mal sucedidas;  
É amar a imperfeição da qual somos  
sempre constituídos;  
É sermos justos e honestos com  
aquilo que somos;  
É acreditar num mundo melhor;  
É acreditar que fazemos diferença;  
É amar aqueles que nos amam e os  
que nos odeiam;  
É aplaudir àqueles que são mestres,  
pois eles são a verdadeira  
genialidade;  
É sermos humildes como o vento que  
passa e deixa o seu recado singelo;  
É viver....

## SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xvii
LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS .....	xxii
RESUMO .....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
1. <u>O FENÔMENO DAS INUNDAÇÕES – FATORES INTERVENIENTES E SUA SUSTENTABILIDADE</u> .....	01
1.1. INTRODUÇÃO .....	01
1.2. FATORES INTERVENIENTES NO FENÔMENO DAS INUNDAÇÕES .....	05
1.2.1 Climatologia relacionada ao fenômeno das inundações .....	05
1.2.1.1. Umidade atmosférica .....	07
1.2.1.1.1. Evaporação e Evapotranspiração .....	08
1.2.1.1.2. Umidade .....	09
1.2.1.1.3. Condensação .....	12
1.2.1.1.4. Nuvens .....	14
1.2.1.1.5. Precipitação .....	15
1.2.2 Hidrologia relacionada ao fenômeno das inundações .....	18
1.2.2.1. O Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica .....	19
1.2.2.2. A Água Subterrânea .....	25
1.2.3. Hidrogeotecnia relacionada ao fenômeno das inundações .....	30
1.2.4. Drenagem urbana relacionada ao fenômeno das inundações .....	37
1.2.5. Processos erosivos relacionados ao fenômeno das inundações .....	40
1.2.5.1. Erosividade .....	41
1.2.5.2. Erodibilidade .....	43
1.2.5.3. Cobertura vegetal .....	47
1.2.5.4. Características das encostas .....	48
1.2.6. Qualidade da água .....	50
1.2.6.1. Fontes Naturais .....	53
1.2.6.2. Esgotos Domésticos .....	53
1.2.6.3. Esgotos Industriais .....	54
1.2.6.4. Águas de Escoamento Superficial .....	55
1.2.6.5. Resíduos Sólidos .....	56
1.2.7. A questão do consumo sustentável .....	57
1.3. A SUSTENTABILIDADE NO FENÔMENO DAS INUNDAÇÕES .....	60
2. <u>GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS</u> .....	67
2.1. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS .....	67

2.1.1. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) .....	68
2.1.2. Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos .....	69
2.1.3. Agência Nacional das Águas (ANA) .....	69
2.1.4. Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH) .....	71
2.1.5. Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) .....	72
2.1.6. Agência de Águas ou de Bacias (AA) .....	73
2.1.7. Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos .....	75
2.1.7.1. Plano de Recursos Hídricos .....	75
2.1.7.2. Enquadramento dos corpos d'água .....	75
2.1.7.3. Outorga dos direitos de uso da água .....	76
2.1.7.4. Cobrança pelo uso da água .....	77
2.1.7.5. Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos .....	77
2.2. ASPECTOS DO GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	78
2.2.1 Planejamento dos Recursos Hídricos .....	79
2.3 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	81
2.4. GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS / BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	84
2.4.1. Relações espaciais entre fenômenos geográficos .....	86
2.4.2. Descrição geral de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) .....	87
2.4.3. Estrutura geral de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) .....	89
2.4.4. Análise espacial em um SIG .....	90
2.4.5. Tipos de dados em Geoprocessamento .....	92
2.4.6. Representação computacional de mapas .....	97
2.4.6.1. Representação matricial .....	98
2.4.6.2. Representação vetorial .....	99
2.4.6.2.1. Topologia Arco-Nó .....	100
2.4.6.2.2. Topologia Arco-Nó-Polígono .....	101
2.4.6.3. Comparação entre mapas temáticos .....	101
2.4.6.4. Representações de modelos numéricos de terreno .....	102
2.4.6.5. Comparação entre representações de MNT .....	104
2.4.7. Representações computacionais de atributos não-espaciais .....	105
2.4.8. Sistemas de Informações Geográficas e suas aplicações ambientais .....	107
2.4.8.1. Mapeamento .....	107
2.4.8.2. Regionalização .....	110
2.4.8.3. Modelagem .....	111
2.5. FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À DECISÃO .....	112
3. <u>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</u> .....	115
3.1. DADOS GERAIS .....	115
3.1.1. Localização .....	115

3.1.2. Histórico Regional da Bacia do rio Mogi-Guaçu .....	117
3.1.3. Principais atividades econômicas da sub-bacia do rio Bonito .....	122
3.1.4. Demografia .....	123
3.2. CLIMA E VEGETAÇÃO NATURAL .....	125
3.3. GEOMORFOLOGIA .....	128
3.3.1. Modelo Numérico do Terreno .....	133
3.3.2. Hipsometria e Clinometria .....	134
3.3.2.1. Carta Hipsométrica .....	134
3.3.2.2. Carta de Declividades .....	136
3.3.3. Modelo Ortogonal do Terreno .....	137
3.4. GEOLOGIA LOCAL .....	137
3.5. MATERIAL INCONSOLIDADO E PEDOLOGIA .....	142
3.6. HIDROGRAFIA .....	147
3.7. CARTA DE DISTÂNCIA DA HIDROGRAFIA EM RELAÇÃO AOS PARÂMENTROS DO MEIO FÍSICO .....	148
3.8. CARTA DE RISCO POTENCIAL À EROÇÃO ACELERADA .....	148
3.9. CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	159
3.10. CARTA DE FORMAS DE RELEVO .....	164
3.11. HIDROGEOLOGIA .....	165
3.12. CARTA DE POTENCIAL DE APORTE DE SEDIMENTOS .....	169
3.13. CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	173
3.14. CARTA DE POTENCIAL À EXPANSÃO URBANA .....	174
3.15. RECURSOS HÍDRICOS .....	175
3.15.1. Águas Superficiais .....	175
3.15.2. Águas Subterrâneas .....	178
3.15.3. Demanda x Disponibilidade .....	180
3.15.4. Condição atual dos corpos d'água .....	182
3.15.5. Esgotamento e Tratamento de Efluentes Urbanos .....	190
3.15.5.1. Compartimento Médio Mogi Superior .....	191
3.15.6. Esgotamento e Tratamento de Efluentes Industriais .....	191
3.15.7. Enquadramento dos corpos d'água .....	193
3.15.8. Inundação .....	194
3.16. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	195
4. METODOLOGIA APLICADA .....	198
4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS DA BACIA EM ESTUDO .....	198
4.2. CONFECÇÃO DE BASES DE CARTAS DIGITAIS GEORREFERENCIADAS....	198
4.3. CONFECÇÃO DE CARTAS E MAPAS RELACIONADOS AOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO QUE INTERFEREM NO FENÔMENO DAS INUNDAÇÕES .....	198



4.3.1. Carta de Declividades .....	199
4.3.2. Mapa de Materiais Inconsolidados .....	199
4.3.3. Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada .....	206
4.3.4. Carta de Potencial de Escoamento Superficial e Infiltração .....	207
4.3.5. Carta de Formas de Relevô .....	209
4.3.6. Carta de Uso e Ocupação do Solo .....	210
4.3.7. Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos .....	213
4.3.8. Carta de distância da Hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico .....	215
4.3.9. Carta de Potencial de Expansão Urbana .....	217
4.3.10. Carta de Legislação Ambiental .....	219
4.4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL .....	222
4.4.1. Árvore de Decisão – Software SAGA .....	222
4.4.2. Tabulação Cruzada – IDRISI 32 .....	224
4.5. PESQUISA JUNTO A ESPECIALISTAS (MÉTODO “AD HOC”) .....	227
4.6. CONFEÇÃO DA CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO .....	232
4.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CORREÇÃO DOS MODELOS .....	235
4.8. ANÁLISE TEMPORAL PELA BACIA E POR SUB-BACIAS DO POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO EM FUNÇÃO DO USO DO SOLO .....	235
4.9. ZONEAMENTO CONCEITUAL DA EXPANSÃO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS RELACIONADO À INUNDAÇÃO .....	236
5. <u>CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO</u> .....	239
5.1. DEFINIÇÃO DA ORDEM DOS PESOS RELATIVOS ÀS CARTAS PARA A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE SAGA .....	239
5.2. DEFINIÇÃO DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO PARA CRUZAMENTO DAS CARTAS UTILIZADAS NO MÓDULO CROSSTAB – SIG IDRISI 32 .....	249
5.3. DEFINIÇÃO DA ESCOLHA DA MELHOR CARTA EM FUNÇÃO DO COTEJO COM A REALIDADE .....	253
5.4. ANÁLISE TEMPORAL DA CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO EM FUNÇÃO DO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO VERSUS O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO BONITO .....	263
5.4.1. Análise temporal geral da bacia do rio Bonito .....	263
5.4.2. Análise temporal por sub-bacias da bacia do rio Bonito .....	277
5.4.2.1. Sub-bacia Nascente .....	277
5.4.2.2. Sub-bacia Urbano-minerária .....	288

5.4.2.3. Sub-bacia Rural .....	299
5.4.2.4. Sub-bacia Exutório .....	310
6. <u>ZONEAMENTO CONCEITUAL DA EXPANSÃO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS RELACIONADO À INUNDAÇÃO</u> .....	320
6.1. ZONEAMENTO CONCEITUAL DA EXPANSÃO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS RELACIONADO À INUNDAÇÃO .....	322
6.1.1. Critérios Adotados .....	322
6.1.1.1. Análise da Carta de Potencial de Expansão Urbana .....	322
6.1.2. Elaboração da Carta de Zoneamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas Relacionado à Inundação.....	325
6.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	327
7. <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u> .....	351
7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	351
7.2. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO .....	355
8. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	365
GLOSSÁRIO.....	384

## ANEXOS

ANEXO I - MAPA DE DOCUMENTAÇÃO DA BACIA DO RIO BONITO
ANEXO II - CARTA DE DECLIVIDADES DA BACIA DO RIO BONITO
ANEXO III - MAPA DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE DA BACIA DO RIO BONITO
ANEXO IV - MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS DA BACIA DO RIO BONITO
ANEXO V - CARTA DA INFLUÊNCIA DA HIDROGRAFIA - BACIA DO RIO BONITO
ANEXO VI - CARTA DE RISCO POTENCIAL À EROSÃO - BACIA DO RIO BONITO
ANEXO VII - CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO – ANO 2002 – BACIA DO RIO BONITO
ANEXO VIII - CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO – ANO 1971 – BACIA DO RIO BONITO
ANEXO IX - CARTA DE FORMAS DE RELEVO
ANEXO X - CARTA DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO
ANEXO XI - CARTA DE POTENCIAL DE APORTE DE SEDIMENTOS - ANO 1971 - BACIA DO RIO BONITO
ANEXO XII - CARTA DE POTENCIAL DE APORTE DE SEDIMENTOS – ANO 2002 – BACIA DO RIO BONITO
ANEXO XIII - CARTA DE POTENCIAL AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E INFILTRAÇÃO – BACIA DO RIO BONITO
ANEXO XIV - CARTA DE POTENCIAL À EXPANSÃO URBANA – BACIA DO RIO BONITO
ANEXO XV - CARTA DE ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO
ANEXO XVI - MAPA DE APTIDÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO
ANEXO XVII - MAPA DE ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) DO ESTADO DE SÃO PAULO

- ANEXO XVIII - CARTA DE ENQUADRAMENTO DOS RIOS E PONTOS DE COLETA DE QUALIDADE DA ÁGUA
- ANEXO XIX - MAPA DE INUNDAÇÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO
- ANEXO XX - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 1971 - CROSSTAB IDRISI 32
- ANEXO XXI - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 2002 - CROSSTAB IDRISI 32
- ANEXO XXII - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 1971 - SAGA
- ANEXO XXIII - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 2002 - SAGA
- ANEXO XXIV - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE PARA A ESCOLHA DA MELHOR CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO
- ANEXO XXV - MAPA DE SUB-BACIAS
- ANEXO XXVI - CARTA DE LEGISLAÇÃO AMBIENTAL
- ANEXO XXVII - ZONEAMENTO CONCEITUAL DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS RELACIONADO À INUNDAÇÃO

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Distribuição vertical média do vapor d'água nas latitudes médias .....	10
Quadro 1.2 – Valores de conteúdo de umidade no ponto de saturação, para temperaturas dadas .....	10
Quadro 1.3 – Classificação das nuvens .....	14
Quadro 1.4 – Quantidades de água nas fases do ciclo hidrológico .....	23
Quadro 1.5 – Efeitos de distintas coberturas vegetais e sistemas de uso da terra na erosão em Campinas, SP, Brasil – Fonte: LAL apud GUERRA, SILVA & BOTELHO (1999) .....	48
Quadro 1.6 – Características da composição media dos esgotos sanitários – Fonte: MOTA (1999) .....	54
Quadro 2.1 – Resumo da classificação das águas (segundo uso preponderante) adotado pela Resolução CONAMA n° 20 .....	76
Quadro 2.2 – Exemplos de Análise Espacial .....	91
Quadro 2.3 – Características de satélites recebidas no Brasil .....	96
Quadro 2.4 – Comparação entre representações para mapas temáticos .....	102
Quadro 2.5 – Comparação entre grades regulares e triangulares para representar modelos numéricos de terreno .....	105
Quadro 3.1 – Taxas de natalidade, mortalidade, urbanização e densidade demográfica .....	124
Quadro 3.2 – Síntese das unidades geomorfológicas ocorrentes na bacia do rio Bonito .....	128
Quadro 3.3 – Distribuição em hectares dos tipos de solo da bacia do rio Bonito sobre as classes de declividade apresentadas em porcentagem – Fonte: MORAES (2003).....	145
Quadro 3.4 – Dados geológicos e geográficos dos pontos de amostragem .....	150
Quadro 3.5 – Resultados dos ensaios de erodibilidade e permeabilidade (Fonte: TOREZAN, 2000) .....	151
Quadro 3.6 – Resultados dos ensaios de granulometria e classificação MCT (Fonte: TOREZAN, 2000) .....	153
Quadro 3.7 – Síntese das características gerais do sistema aquífero Guarani .....	167
Quadro 3.8 – Notas e pesos utilizados para a confecção das Cartas de Potencial de Aporte de Sedimentos na bacia do rio Bonito – anos 1971 e 2002 .....	170
Quadro 3.9 – Análise do potencial de aporte de sedimentos da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 .....	171
Quadro 3.10 – Análise do potencial de aporte de sedimentos por uso do solo da bacia do rio Bonito – ano de 1971 .....	171

Quadro 3.11 – Análise do potencial de aporte de sedimentos por uso do solo da bacia do rio Bonito – ano de 2002 .....	172
Quadro 3.12 – Balanço hídrico da bacia do rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo .....	176
Quadro 3.13 – Disponibilidade Hídrica na bacia do rio Mogi-Guaçu .....	177
Quadro 3.14 – Índices de utilização dos volumes estocados .....	179
Quadro 3.15 – Balanço disponibilidade x demanda de água superficial na bacia do rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo .....	180
Quadro 3.16 – Demanda de águas subterrâneas na bacia do rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo .....	182
Quadro 3.17 – Perfil Sanitário do rio Mogi-Guaçu – Parâmetros / Proximidade do Padrão (em porcentagem) .....	184
Quadro 3.18 – Perfil Sanitário para Metais do rio Mogi-Guaçu – Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2070 – Leme / Conchal (Pádua Sales) .....	185
Quadro 3.19 – Perfil Sanitário para Metais do rio Mogi-Guaçu – Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2150 – Academia da Força Aérea (Pirassununga) .....	186
Quadro 3.20 – Perfil Sanitário para Metais do rio Mogi-Guaçu – Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2190 – Porto Pulador .....	187
Quadro 3.21 – Perfil Sanitário para Metais do rio Mogi-Guaçu – Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2280 – Sertãozinho / Pitangueiras .....	188
Quadro 3.22 – Esgotamento Sanitário – bacia do rio Mogi-Guaçu .....	190
Quadro 3.23 – Carga poluidora urbana e industrial – 1992 – bacia do rio Mogi-Guaçu (em KgDBO <sub>5</sub> /dia) .....	192
Quadro 3.24 – Cargas poluidoras na bacia do rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo .....	192
Quadro 3.25 – Qualidade de água de 6 pontos do rio Bonito (São Paulo) comparada com os padrões da Resolução CONAMA 20/86 – Fonte: MORAES (2003) .....	194
Quadro 3.26 – Diagnóstico-síntese da bacia do rio Mogi-Guaçu .....	197
Quadro 3.27 – Síntese das recomendações feitas para a bacia do rio Mogi-Guaçu ....	197
Quadro 4.1 – Pontuação dos atributos considerados na elaboração da carta de risco potencial à erosão (PEJON, 1992) .....	207
Quadro 4.2 – Pontuação dos atributos do meio físico utilizados na classificação do potencial ao escoamento superficial e infiltração (PEJON, 1992) .....	209
Quadro 4.3 – Relação de distância da hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico e ao fenômeno das inundações .....	217

Quadro 4.4 – Critérios adotados para a confecção da Carta de Legislação Ambiental – Fonte: MORAES (2003) .....	220
Quadro 4.5 – Exemplo de Tabela de Decisão – Cruzamento duas a duas .....	226
Quadro 5.1 – Tabela de decisão 1 (Cruzamento 1) – Carta de Influência da Hidrografia versus Uso e Ocupação do Solo 2002.....	250
Quadro 5.2 – Tabela de decisão 1 (Cruzamento 1) – Carta de Influência da Hidrografia versus Uso e Ocupação do solo 1971.....	250
Quadro 5.3 – Tabela de decisão 2 (Cruzamento 2) – Resultado do Cruzamento 1 versus Carta de Formas do Relevo.....	251
Quadro 5.4 – Tabela de decisão 3 (Cruzamento 3) – Resultado do Cruzamento 2 versus Carta de Declividades.....	251
Quadro 5.5 – Tabela de decisão 4 (Cruzamento 4) – Resultado do Cruzamento 3 versus Carta de Potencial ao escoamento Superficial e Infiltração.....	251
Quadro 5.6 – Tabela de decisão 5 (Cruzamento 5) – Resultado do Cruzamento 4 versus Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos.....	252
Quadro 5.7 – Tabela de decisão 6 (Cruzamento 6) – Resultado do Cruzamento 5 versus Mapa de Materiais Inconsolidados.....	252
Quadro 5.8 – Tabela de decisão 7 (Cruzamento 7) – Resultado do Cruzamento 6 versus Carta de Potencial de Risco à Erosão Acelerada.....	252
Quadro 5.9 – Comparação dos resultados, em km <sup>2</sup> , obtidos em relação ao potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação pelos dois métodos – SAGA e CROSSTAB – Ano 2002.....	253
Quadro 5.10 – Quadro comparativo dos pontos de controle em relação ao potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação pelos dois métodos – SAGA e CROSSTAB – Ano 2002.....	254
Quadro 5.11 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	265
Quadro 5.12 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na bacia do rio Bonito.....	266
Quadro 5.13 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	266
Quadro 5.14 – Comparação do Potencial de Contribuição versus Uso e Ocupação do Solo da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.....	270
Quadro 5.15 – Análise do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.....	269

Quadro 5.16 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na bacia do rio Bonito para diversas culturas.....	274
Quadro 5.17 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002.....	275
Quadro 5.18 – Comparação do Potencial de Contribuição do Meio Físico da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002.....	276
Quadro 5.19 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	277
Quadro 5.20 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	278
Quadro 5.21 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	279
Quadro 5.22 – Comparação do Potencial de Contribuição versus o Uso e Ocupação do Solo da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.....	283
Quadro 5.23 – Análise do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.....	282
Quadro 5.24 – Análise do ganho de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito para diversas culturas.....	285
Quadro 5.25 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002..	287
Quadro 5.26 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002.....	288
Quadro 5.27 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito.....	289

Quadro 5.28 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	290
Quadro 5.29 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.....	290
Quadro 5.30 – Comparação do Potencial de Contribuição versus Uso e Ocupação do Solo da sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 .....	294
Quadro 5.31 – Análise do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002 .....	293
Quadro 5.32 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito para diversas culturas .....	296
Quadro 5.33 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002 .....	298
Quadro 5.34 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002 .....	299
Quadro 5.35 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002 .....	300
Quadro 5.36 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002 .....	301
Quadro 5.37 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na sub-bacia Rural da Bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002 .....	301
Quadro 5.38 – Comparação do Potencial de Contribuição versus Uso e Ocupação do Solo da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 .....	305



Quadro 5.39 – Análise do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002 ...	303
Quadro 5.40 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito para diversas culturas .....	307
Quadro 5.41 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002 .	309
Quadro 5.42 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002 .....	309
Quadro 5.43 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002 .....	310
Quadro 5.44 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002 .....	311
Quadro 5.45 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa e reflorestamento na sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002 .....	311
Quadro 5.46 – Comparação do Potencial de Contribuição versus Uso e Ocupação do Solo da sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 .....	315
Quadro 5.47 – Análise do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002 ...	313
Quadro 5.48 – Análise de perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito para diversas culturas .....	317
Quadro 5.49 – Comparação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002 .	319
Quadro 6.1 – Critérios adotados para a confecção da Carta de Zoneamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas Relacionado à Inundação.....	326

Quadro 6.2 – Cruzamentos obtidos na confecção da Carta de Zoneamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas Relacionado à Inundação.....	326
Quadro 6.3 – Transformação das classes de uso e ocupação do solo em função das zonas de atividades definidas no zoneamento proposto .....	330

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – O tempo e clima no contexto das ciências ambientais (Adaptado de AYOADE (1998)) .....	05
Figura 1.2 – Processos de formação das gotas de chuva, conforme (a) teoria de Bergeron-Findeisein, e (b) teoria de coalescência – Fonte: AYOADE (1998) .....	17
Figura 1.3 – Ciclo hidrológico – Fonte: TEIXEIRA et al. (2000) .....	19
Figura 1.4 – O ciclo hidrológico com os volumes anuais de vazão dados em unidades relativas à precipitação anual na superfície terrestre (119.000 km <sup>3</sup> /ano) – Fonte: CHOW (1988) .....	23
Figura 1.5 – Zonas de influência de um curso d'água (calhas): Normal e de Inundação (Cheia) .....	24
Figura 1.6 – Processos ocorridos devido à urbanização – Fonte: TUCCI (1993) .....	25
Figura 1.7 – Diagrama esquemático representando: franja capilar, aquífero freático, aquífero confinado, nível potenciométrico dos aquíferos e artesianismo. Adaptação de GUERRA & CUNHA (1998) .....	28
Figura 1.8 – Zonas de solo quanto à água sub-superficial – Fonte: ICE (1976) .....	30
Figura 1.9 – Movimento da água subterrânea, conforme diferenças de potencial hidráulico – Fonte: OLIVEIRA & BRITO (1998) .....	34
Figura 1.10 – Mapa de potencial de um aquífero confinado (IPT, 1995c) .....	35
Figura 1.11 – Mapa potenciométrico de um aquífero livre – Fonte: BOTTURA & ALBUQUERQUE FILHO (1990) .....	36
Figura 1.12 – Ação das gotas de chuva sobre o solo exposto – Fonte: FENDRICH (1984) .....	38
Figura 1.13 – Relação entre pavimentação, escoamento superficial e infiltração – Fonte: MOTA (1999) .....	39
Figura 1.14 – Fatores antrópicos que influenciaram a drenagem urbana – Loteamento na cidade de Ipatinga / MG .....	40
Figura 1.15 – Distribuição da Água no Ambiente Terrestre – Fonte: Adaptação de PEIXOTO & OORT (1990) .....	51
Figura 1.16 – Fatores relacionados na Fenômeno das Inundações e o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos .....	63
Figura 2.1 – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos .....	68
Figura 2.2 – Processo de planejamento dos recursos hídricos – SETTI et al (2001) ....	80
Figura 2.3 – Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	90
Figura 2.4 – Mapa de Londres com casos de cólera (pontos) e poços de água (cruzes) – Fonte: adaptatado de TUFTE (1983) .....	92

Figura 2.5 – Exemplo de um mapa de pedologia inserido em um SIG através de digitalização manual, a partir do mapa resultante do Reconhecimento Detalhado dos Solos da Região de Inhamuns-Salgado / CE – Fonte: SUDEC (1980) .....	93
Figura 2.6 – Elementos de uma rede – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	94
Figura 2.7 – Mapa cadastral da América do Sul com atributos não-gráficos (PIB e população) – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	95
Figura 2.8 – Composição colorida falsa cor das bandas 3 (associada ao azul), 4 (associada ao verde) e 5 (associada ao vermelho) do satélite TM-Landsat – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	96
Figura 2.9 – Diferentes representações matriciais para um mapa: mapa da esquerda possui resolução quatro vezes menor que o da direita – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	99
Figura 2.10 – Exemplo de topologia arco-nó: parte de rede de distribuição elétrica e seus diversos componentes (sub-estação, rede, poste, transformador e consumidor) – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	100
Figura 2.11 – Estrutura topológica do tipo arco-nó-polígono – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	101
Figura 2.12 – Representação vetorial e matricial de um mapa temático – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	102
Figura 2.13 – Superfície e grade regular correspondente – Fonte: NAMIKAWA (1995)	103
Figura 2.14 – Superfície e malha triangular correspondente – Fonte: NAMIKAWA (1995) .....	104
Figura 2.15 – Estratégia dual para bancos de dados geográficos – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	106
Figura 2.16 – Exemplo de segmentação de imagens do satélite TM / LAMDSAT – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996) .....	109
Figura 2.17 – Delineamento geral de sistema de suporte à decisão em recursos hídricos (adaptado de VERHAEGHE & KROGT (1996) , citado em CHRISTOFOLETTI (1999) .....	113
Figura 3.1 – Localização da área de estudo e articulação da base cartográfica .....	115
Figura 3.2 – Localização da bacia do Rio Mogi-Guaçu no Estado de São Paulo e respectivo detalhe .....	116
Figura 3.3 – Variação da população de Descalvado, de 1980 a 2000 – Fonte: SÃO PAULO-SEADE (2001) .....	124
Figura 3.4 – Floresta Estacional Semidecidual recobrando as encostas da Serra Grande – Fonte: TOREZAN (2000) .....	127
Figura 3.5 – Frente de Cuesta: Serrote de Descalvado – Fonte: TOREZAN (2000) .....	131
Figura 3.6 – Mapa Geomorfológico da Região – Fonte: ROSS & MOROZ (1997).....	132

Figura 3.7 – Modelo Numérico do Terreno da Bacia do Rio Bonito (SP) .....	135
Figura 3.8 – Carta Hipsométrica – Fonte: TOREZAN (2000) .....	135
Figura 3.9 – Gráfico representando a área relativa de cada classe de declividade .....	136
Figura 3.10 – Modelo Ortogonal do Terreno .....	137
Figura 3.11 – Gráfico representando a área relativa de cada unidade estatigráfica em percentagem – Fonte: TOREZAN (2000) .....	141
Figura 3.12 – Mapa Pedológico – Fonte: MORAES (2003).....	144
Figura 3.13 – Área relativa dos tipos de solo encontrados na bacia do rio Bonito – Fonte: MORAES (2003) .....	143
Figura 3.14 – Transbordamento do rio Bonito – Fonte: TOREZAN (2000) .....	147
Figura 3.15 – Saprolito da Formação Corumbataí, amostra F <sub>6</sub> C – Fonte: TOREZAN (2000) .....	156
Figura 3.16 – Saprolito da Formação Pirambóia, amostra F <sub>1</sub> B – Fonte: TOREZAN (2000) .....	157
Figura 3.17 – Área (km <sup>2</sup> ) abrangida por cada classe de risco potencial à erosão – Fonte: TOREZAN (2000) .....	158
Figura 3.18 – Aspectos de erosão acelerada observada na bacia do rio Bonito (SP) – Fonte: TOREZAN (2000) .....	158
Figura 3.19 – Representação da área ocupada por cada classe de uso do solo na bacia do rio Bonito (SP) .....	160
Figura 3.20 – Superfície ocupada pelas classes de uso do solo na bacia do rio Bonito em 1971 com base em fotografias aéreas de agosto de 1971 e 1972 e na carta de 1999 obtida por TOREZAN (2000) – Fonte: CANÇADO et al (2001) .....	162
Figura 3.21 – Esquema conceitual das reservas de águas subterrâneas .....	166
Figura 3.22 – Aquífero Guarani – Fonte: COSTA (1995) & CAMPOS (2000) .....	168
Figura 3.23 – Gráfico de classes de potencial de Escoamento Superficial por área da bacia do rio Bonito .....	173
Figura 3.24 – Gráfico de classes de potencial à Expansão Urbana por área da bacia do rio Bonito .....	174
Figura 3.25 – Balanço disponibilidade x demanda de água superficial no Estado de São Paulo – Fonte: SÃO PAULO – CERH (2000) .....	181
Figura 4.1 – Permeâmetro .....	201
Figura 4.2 – Exemplo de gráfico resultante do ensaio de absorção de água – Fonte: TOREZAN (2000) .....	204
Figura 4.3 – Corpos de prova para o ensaio de erodibilidade – Fonte: TOREZAN (2000) .....	205
Figura 4.4 – Fluxograma da Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos .....	215

Figura 4.5 – Esquema metodológico adotado no processo de elaboração da Carta de Potencial à Expansão Urbana – Fonte: MORAES (2003) .....	218
Figura 4.6 – Esquema do processo de elaboração da Carta de Legislação Ambiental – Fonte: MORAES (2003) .....	221
Figura 4.7 – Módulo de avaliação do SAGA .....	224
Figura 4.8 – Saída do Módulo CROSSTAB .....	226
Figura 4.9 – Fluxograma do Processo de Tabulação Cruzada .....	227
Figura 4.10 – Questionário a ser aplicado .....	228
Figura 4.11 – Fluxograma do Processo de Zoneamento Conceitual .....	238
Figura 5.1 – Foto do Ponto de Controle 01.....	254
Figura 5.2 – Foto do Ponto de Controle 02.....	255
Figura 5.3 – Foto do Ponto de Controle 03.....	255
Figura 5.4 – Foto do Ponto de Controle 04.....	256
Figura 5.5 – Foto do Ponto de Controle 05.....	256
Figura 5.6 – Foto do Ponto de Controle 06.....	257
Figura 5.7 – Foto do Ponto de Controle 10.....	257
Figura 5.8 – Foto do Ponto de Controle 07.....	258
Figura 5.9 – Foto do Ponto de Controle 08.....	258
Figura 5.10 – Foto do Ponto de Controle 09.....	259
Figura 5.11 – Foto do Ponto de Controle 11.....	259
Figura 5.12 – Foto do Ponto de Controle 12.....	260
Figura 5.13 – Foto do Ponto de Controle 13.....	260
Figura 5.14 – Foto do Ponto de Controle 14.....	261
Figura 5.15 – Foto do Ponto de Controle 15.....	261
Figura 5.16 – Foto do Ponto de Controle 16.....	262
Figura 6.1 – Área relativa das classes da Carta de Potencial à Expansão Urbana – Fonte: MORAES (2003) .....	324
Figura 6.2 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a bacia hidrográfica do rio Bonito .....	331
Figura 6.3 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na bacia do rio Bonito .....	332
Figura 6.4 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Nascente .....	334
Figura 6.5 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Nascente .....	335
Figura 6.6 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Nascente .....	336
Figura 6.7 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Rural .....	338

Figura 6.8 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Rural .....	339
Figura 6.9 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Rural .....	340
Figura 6.10 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Urbano-minerária .....	342
Figura 6.11 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Urbano-minerária .....	343
Figura 6.12 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Urbano-minerária .....	344
Figura 6.13 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Exutório .....	346
Figura 6.14 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Exutório .....	347
Figura 6.15 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Exutório .....	348

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental / SP
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DEPRN	Departamento de Proteção aos Recursos Naturais / SP
FUNDAÇÃO IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FUNDAÇÃO SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados / SP
GPS	Global Positioning System
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IAA	Instituto do Açúcar e do Alcool
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	Instituto Geológico
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo
m	Metro
mm	Milímetro
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
SEADE	Sistema Estadual de Análise de Dados Estatísticos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SMA	Secretaria do Meio Ambiente / SP
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TM	Thematic Mapper
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas / SP
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos



## RESUMO

Neste trabalho, utilizando-se de um sistema de informação geográfica e de um método de análise da contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação, propõe-se um zoneamento conceitual de controle da expansão urbana relacionado à inundação, adotando-se a Bacia do Rio Bonito como objeto de estudo.

Analisando-se os dados reais advindos de fotos aéreas, de imagens de satélite e de trabalhos de campo dos diversos parâmetros do meio físico elencados e das bases digitais existentes, elaborou-se, através de um método de árvore de decisão e um método de tabulação cruzada, uma Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico em Função da Inundação. Comparando-se os resultados obtidos pelos dois métodos, adotou-se o que melhor se ajustou à realidade relacionada ao fenômeno da inundação (método de tabulação cruzada), com o qual se fez uma análise temporal relacionada ao uso e ocupação do solo da bacia.

A partir da análise temporal e da compreensão do processo de alteração agrária e das áreas urbanas, buscou-se realizar um zoneamento conceitual levando-se em conta a expansão urbana, a legislação ambiental vigente e o potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação.

O resultado obtido serve de base para a concepção de um instrumento de apoio à tomada de decisão dos planejadores, visto que a região não possui ainda plano diretor, em relação ao planejamento do uso e ocupação do solo, tanto das atividades urbanas e industriais, como das atividades agrossilvipastoris.

## **ABSTRACT**

In this work, with the use of the geographical information system and an analytical method of the contributions of the physical environment to the inundation phenomenon, this study proposes a preliminary area planning for the control of the urban expansion, based on the analysis of the parameters of the physical environment's contribution to the flood phenomenon, adopting the Bonito River Basin as a reference.

Analyzing the information gathered from aerial photos, satellite images and field works of many parameters of the use of the land, and existing digital bases, by utilizing a decision-making software (SAGA) and cross tabulation method, it performed a Potential Contribution of Parameters of the Use of the Land in Relation of the Flood Phenomenon Chart. Comparing the results from both methods, it was adopted as the best result taken from the flood phenomenon (cross tabulation method), in which it was done in a temporal analysis related to the land use of the river basin.

From the temporal analysis and the comprehension of the alteration of the urban and rural areas, it was realized that a conceptual zoning, taking in consideration of urban expansion, the recent environmental legislation and the potential contribution of parameters of the use of the land in relation to the flood phenomenon.

The obtained results serve as a base for the decision-making skills for the city planners. The region does not yet have a directing plan, in relation to land use planning, as much as urban, industrial and agro-industries activities.

## **1. O Fenômeno das Inundações – Fatores intervenientes e sua sustentabilidade**

### 1.1. Introdução

A maioria dos problemas ambientais e econômicos de uma região tem sua origem na falta de um planejamento baseado no conhecimento das dinâmicas ambiental e socioeconômica. Com relação aos recursos hídricos, os problemas enfrentados variam, do ponto de vista quantitativo, entre a escassez ou contaminação por substâncias orgânicas e/ou tóxicas, que obriga a racionamentos, e a abundância repentina, que gera enchentes não menos catastróficas e, quanto a qualidade, a degradação crescente dos recursos hídricos tem comprometido tanto os habitats aquáticos como a própria saúde humana.

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) – RIO-92, realizou-se no Rio de Janeiro em junho de 1992. Através da Conferência, 179 países discutiram compromissos consensuais em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento mais sustentável para o mundo vislumbrando o século XXI.

Dessas discussões, surgiu um documento histórico que representou um acordo internacional quanto às ações que objetivam a melhoria da qualidade de vida de todas as pessoas do planeta. Esse documento foi chamado de Agenda 21.

Em relação aos recursos hídricos mundiais, a Agenda 21, em seu capítulo 18, propõe o gerenciamento da água potável através de novas tecnologias (“produção limpa”), mas resgatando os conhecimentos passados, visando o melhor aproveitamento desse recurso tão precioso para a vida. São propostas de programas da Agenda 21, em seu artigo 18.5, para o setor de água doce:

- ✓ desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- ✓ avaliação dos recursos hídricos;
- ✓ proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- ✓ abastecimento de água potável e saneamento;
- ✓ água e desenvolvimento urbano sustentável;
- ✓ água para a produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- ✓ impactos da mudança de clima sobre os recursos hídricos.

Assim sendo, o desenvolvimento sustentável é um modelo de desenvolvimento capaz de harmonizar e integrar o desenvolvimento econômico, social, ambiental e tecnológico visando o bem-estar das comunidades e o equilíbrio dos ecossistemas presentes nesse planeta.

Analisando-se o conceito acima explicitado, observa-se que a gestão das águas se apresenta complexa, visto que a água é ambiente de sobrevivência de diversas espécies, incluindo o homem. Torna-se, então, imprescindível ao homem o conhecimento do ecossistema aquático e seus “habitantes” para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Dessa maneira, explicita-se alguns objetivos da Agenda 21 a serem alcançados no século XXI em relação aos recursos hídricos:

- ✓ satisfazer as necessidades hídricas de todos os cidadãos para o desenvolvimento sustentável do planeta;
- ✓ proteção dos recursos hídricos considerando-se o funcionamento do ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso para satisfazer e conciliar seus usos nas atividades humanas;

✓ fomentar o manejo integrado dos recursos hídricos, inclusive a integração de aspectos relacionados à terra e à água, devendo ser feito ao nível de bacia e sub-bacia de captação;

✓ assegurar a avaliação e previsão da quantidade dos recursos hídricos;

✓ avaliar as conseqüências da ação dos vários usuários sobre o meio ambiente, apoiar medidas destinadas a controlar as moléstias relacionadas com a água e proteger os ecossistemas. Assim sendo, a proteção dos lençóis subterrâneos é um elemento essencial do manejo dos recursos hídricos.

✓ apoiar as possibilidades e esforços dos governos centrais e locais para sustentar a produtividade e o desenvolvimento nacional por meio de um manejo ambientalmente saudável aos recursos hídricos para uso urbano. Torna-se necessário fornecer água a preço exequível e reverter as tendências atuais de degradação e esgotamento dos recursos hídricos.

✓ para um manejo holístico, integrado e ambientalmente saudável para os recursos hídricos deve-se considerar:

- a água como um recurso finito que tem valor econômico com implicações sociais e econômicas significativas, refletindo a importância de satisfazer as necessidades básicas;
- a participação da população em todas as fases do manejo da água e o papel da mulher tendo em vista a importância que desempenha no abastecimento, manejo e uso da água em suas atividades diárias;
- a necessidade de reconhecer e apoiar ativamente o papel das

populações rurais, com particular ênfase na mulher.

Para enfrentar os problemas que envolvem os recursos hídricos, a Agenda 21 e concomitantemente o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (Leis n<sup>os</sup> 7.663 e 9.034, de 27 de dezembro de 1994), recomendam a utilização de uma abordagem integrada envolvendo a bacia de drenagem e o conceito de ecossistema, isto é, uma avaliação significativa de como ocorrem as relações entre meios bióticos e abióticos de uma bacia e seus recursos hídricos.

As abordagens de planejamento e gerenciamento dos que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de trabalho têm evoluído bastante, pois as características biogeofísicas dessas bacias apresentam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos.

Portanto, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem: a) incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem e não apenas o hídrico; b) adotar uma abordagem de integração dos aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, com ênfase nos primeiros e, c) incluir os objetivos de qualidade ambiental para utilização dos recursos, procurando aumentar a produtividade dos mesmos e, ao mesmo tempo, diminuir os impactos e riscos ambientais na bacia de drenagem. Nesse sentido, a viabilidade econômica e social de alternativas de um programa de desenvolvimento, deveria contemplar as alternativas ambientais, dentro do princípio da sustentabilidade adotado na Agenda 21.

O produto final, gerado pela somatória das etapas de Diagnóstico Ambiental e Prognóstico Ambiental, é uma proposta de Zoneamento Ambiental, onde a divisão do território estudado tem como base a classificação ambiental e a análise dos quadros ambientais atuais e futuros, no que diz respeito aos instrumentos de controle da poluição e suas respectivas políticas públicas, destacando a periodização

(divisão das diversas fases do desenvolvimento em períodos com características parecidas) do desenvolvimento industrial e sua reestruturação seguida do controle do meio ambiente e as conseqüências deste conflito.

No presente capítulo, pretende-se analisar os fatores sócio-econômico-ambientais que interferem nas inundações, visando um estudo deste fenômeno que se apresenta constante nas regiões urbanas devido à falta de planejamento das atividades antrópicas.

## 1.2. Fatores intervenientes no fenômeno das inundações

### 1.2.1. Climatologia relacionada ao fenômeno das inundações

Os processos atmosféricos apresentam-se influentes em processos em outras partes do meio ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera. Logo, não se pode ignorar os estudos climáticos em estudos de cunho ambiental, visto que os mesmos são relevantes e importantes na maioria dos processos que o compõem.

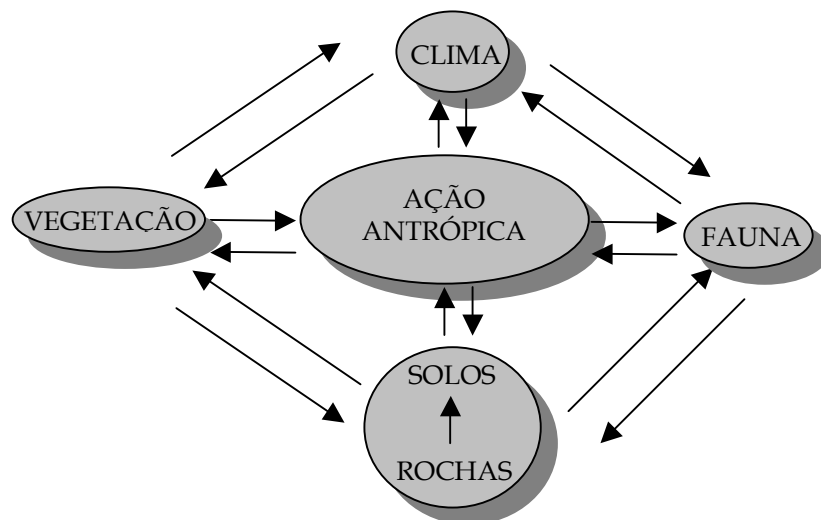


Figura 1.1 – O tempo e clima no contexto das ciências ambientais (Adaptado de AYOADE (1998))

Os quatro domínios globais (a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera) apresentam-se não superpostos, contudo trocam matéria e energia entre si. Conforme visto na Figura 1.1, o clima mostra-se influente em relação às plantas, aos animais (incluindo o homem) e o solo. O clima interfere nas rochas através do fenômeno do intemperismo e, também, nas forças externas que modelam a superfície terrestre. Entretanto, analisando-se as condições climáticas próximas à superfície, as mesmas são influenciadas por elementos de paisagem, da vegetação e pelas atividades antrópicas. Segundo AYOADE (1998), os processos geomorfológicos, pedológicos e ecológicos, incluindo as formas que eles originam, apenas se apresentam totalmente compreendidos se referenciados ao clima predominante atualmente e no passado.

Cabe, nesse momento, diferenciar-se os termos clima, tempo, meteorologia e climatologia. Segundo AYOADE (1998), o tempo caracteriza-se pelo estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo e em determinado lugar. Já o clima caracteriza-se pela síntese do tempo em um determinado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos, ou seja, o clima refere-se às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período, representando assim uma generalização em relação a sua variabilidade, situações extremas e as probabilidades de ocorrência de determinadas condições de tempo. Logo, define-se climatologia como o estudo científico do clima e meteorologia como o estudo da atmosfera, intempéries e clima.

Segundo MAIDMENT (1993), a energia solar mostra-se como a maior fonte de energia externa para o sistema climático, mas existem outros fatores externos, como as forças da natureza (erupções vulcânicas) e os induzidos pelo homem (mudanças na superfície terrestre) que afetam em certo grau o clima terrestre. Assim sendo, observa-se que o tempo e o clima podem ser analisados como uma



consequência e uma demonstração da resposta interativa dos oceanos e atmosfera, da criosfera, e da superfície terrestre e suas biomassas às ações observadas nos diversos processos complexos existentes na atmosfera, nos oceanos e na Terra.

Nos estudos do fenômeno das inundações, utiliza-se a climatologia aplicada, a qual enfatiza a aplicação do conhecimento e dos princípios climatológicos nas soluções dos problemas práticos que afetam a humanidade.

#### **1.2.1.1. Umidade atmosférica**

Para o estudo do fenômeno das inundações, a região de interesse é a chamada atmosfera inferior formada pela troposfera e estratosfera, focalizando-se particularmente a troposfera.

Embora o vapor d'água represente, segundo AYOADE (1998), apenas 2 % da massa total da atmosfera e 4% de seu volume, este se apresenta como o componente atmosférico mais importante na determinação do tempo e do clima. O vapor d'água apresenta-se como a origem de todas as formas de condensação e precipitação, pois a sua quantidade em um certo volume de ar é uma indicação do potencial da atmosfera em produzir precipitação. Dessa forma, segundo RIGHETTO (1998), este exerce uma função moderadora nas variações térmicas regionais através dos processos de evaporação, condensação e precipitação. Além disso, exerce a função de regulador térmico do sistema Terra-Atmosfera por absorver tanto a radiação solar quanto a terrestre, ou seja, exerce grande influência sobre a temperatura do ar, influencia a taxa de evaporação e evapotranspiração (importante fator que determina a temperatura sentida pela pele humana, ou seja, o conforto humano) e, por último, passa para a forma líquida ou sólida no nível das temperaturas atmosféricas normais.

### **1.2.1.1.1. Evaporação e Evapotranspiração**

A umidade da atmosfera origina-se da superfície terrestre, através da evaporação da água do solo exposto, das superfícies aquáticas e da transpiração das plantas. Cabe, neste momento, diferenciar evaporação e evapotranspiração.

A evaporação é o processo através do qual a umidade, em sua forma líquida ou sólida, passa para sua forma gasosa (vapor d'água), resultante da perda de água das superfícies aquáticas ou de solo nu. Já a evapotranspiração é o termo utilizado para descrever a perda da água das superfícies com cobertura vegetal, onde a mesma mostra-se como uma combinação entre evaporação e transpiração.

A taxa de evaporação e de evapotranspiração em uma determinada área caracteriza-se por dois fatores principais. O primeiro fator é a disponibilidade de umidade na superfície onde ocorre a evaporação, ou seja, a facilidade com que o vapor d'água se difunde na atmosfera, enquanto que o segundo se refere a capacidade desta em vaporizar a água, remover e transportar o vapor d'água para cima, ou seja, a disponibilidade de energia na superfície de evaporação. Ressalta-se, entretanto, que na maioria das vezes, não se observa umidade disponível em quantidade suficiente na superfície onde há evaporação, resultando em taxas menores de evaporação e evapotranspiração das que se verificariam caso houvesse sempre água suficientemente disponível (Evapotranspiração potencial).

Um outro fator importante em relação a evaporação e a evapotranspiração refere-se a diversos outros fatores, dentre os quais citam-se a radiação solar, a temperatura, a velocidade do vento e a umidade. A energia necessária para vaporizar a água – cerca de 590 calorias por grama – pode ser indicada pela temperatura do ar, caso não haja dados sobre a radiação solar.

O processo de evaporação mantém-se através da turbulência do ar vento, o qual faz com que o ar úmido que se localiza sobre a superfície onde ocorre a evaporação seja deslocado e substituído por ar fresco e relativamente seco. A capacidade com que ar conserva a umidade apresenta-se fundamentalmente ligada ao grau de umidade do ar, visto que quanto menor for a umidade maior a capacidade do ar em conservá-la, ou seja, baixa umidade favorece a evaporação, enquanto que alta umidade não permite a sua ocorrência.

Estimam-se as taxas de evaporação e de evapotranspiração através de fórmulas, das quais muitas são empíricas e não permitem estimativas razoáveis fora dos locais ou em locais diferentes daqueles para os quais elas foram deduzidas.

#### **1.2.1.1.2. Umidade**

Define-se umidade como a quantidade de vapor d'água contido na atmosfera. Sua definição não abrange outras formas nas quais a água pode estar presente (*líquida*: gotículas de água; *sólida*: gelo). Conforme visto anteriormente, o vapor d'água atmosférico origina-se a partir da evaporação e da evapotranspiração na superfície terrestre. Dessa forma, a umidade apresenta-se fortemente concentrada nas baixas camadas da atmosfera. Observa-se que além da troposfera, o vapor d'água encontra-se virtualmente ausente. Além disso, observa-se, através dos Quadros 1.1 e 1.2, que a capacidade de um dado volume de ar conservar a umidade aumenta proporcionalmente com a temperatura, o que, conseqüentemente, significa que caso haja água disponível para a evaporação e que o ar seja quente, o conteúdo do vapor d'água da atmosfera será elevado. Entretanto, caso a superfície seja seca e/ou o ar frio, o conteúdo do vapor d'água na atmosfera será reduzido, tendendo a desaparecer.

Quadro 1.1 – Distribuição vertical média do vapor d'água nas latitudes médias

<i>Altitude (em km)</i>	Vapor d' água (% do volume)
0,0	1,30
0,5	1,16
1,0	1,01
1,5	0,81
2,0	0,69
2,5	0,61
3,0	0,49
3,5	0,41
4,0	0,37
5,0	0,27
6,0	0,15
7,0	0,09
8,0	0,05

*Fonte: LANDSBERG, 1966.*

Quadro 1.2 – Valores de conteúdo de umidade no ponto de saturação, para temperaturas dadas.

<i>Temperatura (°C)</i>	Conteúdo de umidade (g/m <sup>3</sup> )
-15	1,6
-10	2,3
-5	3,4
0	4,8
10	9,4
15	12,8
20	17,3
25	22,9
30	30,3
35	39,6
40	50,6

*Fonte: GATES, 1972.*

Observam-se, geralmente, os seguintes índices de umidade (AYOADE, 1998, RIGHETTO, 1998 e LINSLEY, 1988):

1. *Umidade absoluta*: massa total da água num dado volume de ar expressa em gramas por metro cúbico de ar;

2. *Umidade específica*: massa de vapor d'água por massa de ar úmido;
3. *Razão de mistura*: massa de vapor d'água por massa de ar seco;
4. *Umidade relativa*: razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado. Geralmente, expressa-se em porcentagem;
5. *Temperatura do ponto de orvalho*: temperatura na qual ocorre saturação se o ar resfriar a uma pressão constante, sem aumento ou diminuição do vapor d'água;
6. *Pressão vaporífica*: pressão exercida pelo vapor contido na atmosfera em milibares.

Observa-se que a medida de umidade mais usada é a umidade relativa do ar, devido a sua facilidade de obtenção através de termômetros de mercúrio, de bulbo seco e de bulbo úmido. Os valores de umidade relativa apresentam-se dependentes em relação à temperatura do ar, pois os valores podem variar mesmo que não tenha havido nenhum aumento ou diminuição em seu conteúdo de umidade. Segundo AYOADE (1998), nos trópicos, onde se apresentam grandes variações diurnas de temperatura, há consideráveis modificações na umidade relativa do ar ao longo do dia. Apresentam-se, também, variações sazonais nos valores de umidade relativa em baixas latitudes, as quais são mínimas no Equador e crescem com o aumento da latitude. Assim sendo, cabe ressaltar que para comparação entre diferentes pontos de amostragem, deve-se utilizar outros indicadores da umidade atmosférica, tais como: a pressão vaporífica ou a umidade absoluta, pois as mesmas não se apresentam tão influenciadas pela temperatura do ar.

### 1.2.1.1.3. Condensação

Define-se como condensação, o processo pelo qual o vapor d'água (estado gasoso) passa para água líquida (estado líquido). Observa-se que a condensação é resultante da alteração em um ou mais dos seguintes fatores: volume de ar, temperatura, pressão ou umidade. Assim sendo, segundo BARRY & CHORLEY (1976), a condensação ocorre:

1. quando o ar se esfria até o seu ponto de orvalho, ainda que o volume permaneça constante;
2. se o volume do ar aumenta sem que haja aumento de calor, esfriando-se o ar por expansão adiabática;
3. quando uma variação conjunta na temperatura e no volume reduz a capacidade de retenção de umidade do ar, abaixo do conteúdo hídrico existente.

Conforme mencionado anteriormente, a capacidade do ar em reter umidade em forma de vapor diminui com o decréscimo da temperatura. Logo, o resfriamento do ar apresenta-se como o método normal para se atingir a saturação e, a partir daí, a condensação. O resfriamento do ar pode ocorrer através de:

1. perda de calor por condução para uma superfície fria, cujo processo é conhecido como resfriamento por contato;
2. mistura com o ar mais frio;
3. resfriamento adiabático devido à elevação do ar.

Analisando-se o resfriamento por contato, tem-se que o mesmo causará o orvalho, a névoa ou a geada quando o vapor d'água condensar. Ele se apresenta normalmente produzido no ar úmido e quente, quando este passa sobre uma superfície

terrestre fria ou mesmo sobre uma superfície aquática fria. Segundo BARRY & CHORLEY (1976), se o ar é bastante úmido e o resfriamento vai além do ponto de orvalho, a condensação ocorre na forma de orvalho, névoa ou geada, dependendo da quantidade de umidade na camada de ar, da espessura da camada de ar em resfriamento e do valor do ponto de orvalho.

O processo dinâmico de resfriamento adiabático caracteriza-se a partir do deslocamento vertical, por qualquer razão, de um volume de ar. Esse, então, em virtude de encontrar uma pressão mais baixa e não apresentar troca de calor com o ar circulante, aumenta o seu volume de ar deslocado verticalmente, segundo a sua expansão. Já que no referido processo não se apresenta nem ganho nem perda de energia, pois o calor disponível por unidade de volume de ar diminui e ocorre uma queda na temperatura, diz-se que a variação térmica é adiabática. Na proporção em que a temperatura diminui num volume de ar em ascensão e expansão, a temperatura cairá à razão de  $9,8^{\circ}\text{C}$  por quilômetro. Assim sendo, as contínuas quedas de temperatura resultarão na condensação, quando a temperatura do ponto de orvalho do ar for atingida. A partir daí, haverá a liberação de calor latente pelo processo de condensação e este diminuirá o índice de queda de temperatura no volume de ar em ascensão, ocorrendo assim um resfriamento mais lento.

O simples resfriamento do ar além de seu ponto de orvalho não se apresenta suficiente para provocar a condensação. Para que a mesma ocorra torna-se necessário à ocorrência de superfícies adequadas constituídas de núcleos higroscópicos. Estes núcleos constituem-se de partículas microscópicas de substâncias como a fumaça, a poeira, o bióxido de enxofre ou sais (cloreto de sódio), que apresentam propriedades umectantes. Quando há a presença destes núcleos na atmosfera, observa-se que a condensação ocorre antes da saturação do ar e,

especificamente, no caso do cloreto de sódio, quando a umidade do ar se apresenta aproximadamente em torno de 78%.

#### 1.2.1.1.4. Nuvens

As nuvens são agregados de gotículas d'água muito pequenas, de cristais de gelo, ou uma mistura de ambos, com suas bases bem acima da superfície terrestre. Sua formação baseia-se no movimento do ar úmido, como na convecção, ou em ascensão forçada sobre áreas elevadas, ou no movimento vertical em larga escala, associado à frentes ou depressões (Quadro 1.3).

Quadro 1.3 – Classificação das nuvens

<i>Grupo</i>	<i>Níveis médios superior ou inferior (em metros)</i>	<i>Tipos de nuvens</i>
Nuvens altas	6.000 – 12.0000	Cirrus (C <sub>i</sub> ) Cirrocumulus (C <sub>c</sub> ) Cirrostratus (C <sub>s</sub> )
Nuvens médias	2.000 – 6.000	Alto cumulus (A <sub>c</sub> ) Altostratus (A <sub>s</sub> )
Nuvens baixas	Nível do solo – 2.000	Stratocumulus (S <sub>c</sub> ) Stratus (S) Nimbostratus (N <sub>s</sub> ) Cumulus (C <sub>u</sub> )* Cumulonimbus (C <sub>b</sub> )*

\* Estas nuvens podem estender-se a partir da superfície terrestre até uma altura de 6.000 metros. Os cumulus e cumulonimbus são geralmente conhecidos como nuvens de desenvolvimento vertical.

Fonte: AYOADE, 1998.

As nuvens classificam-se, também, de acordo com o mecanismo de movimento vertical que produz a condensação, quais sejam:

1. nuvens produzidas por uma elevação gradual do ar numa depressão;
2. nuvens produzidas por convecção térmica;
3. nuvens produzidas por convecção forçada, ou seja, por uma turbulência mecânica;
4. nuvens produzidas por ascensão de massas de ar sobre uma barreira



montanhosa.

Segundo AYOADE (1998), sobre os continentes, os processos convectivos causam um máximo de nebulosidade vespertina na maior parte dos trópicos. Como as temperaturas nos continentes diminuem à noite, o ar torna-se estável e a nebulosidade diminui. Por outro lado, sobre as superfícies aquáticas tropicais, a nebulosidade apresenta um máximo à noite, como resultado da instabilidade<sup>1</sup>, que é mais intensificada pelo resfriamento radiativo dos topos das nuvens.

Observa-se que nem sempre a correlação entre quantidade de nuvens e precipitação apresenta-se alta ou confiável. Se, por exemplo, as nuvens são do tipo estratiformes (que se apresentam em camadas) e/ou são finas demais, pouca ou nenhuma precipitação será produzida. Por outro lado, notáveis quantidades de chuva normalmente caem nos trópicos provenientes de nuvens cumulonimbus, enquanto que na região temperada uma precipitação considerável cai das nuvens nimbostratus e, no verão, das cumulonimbus.

#### **1.2.1.1.5. Precipitação**

Várias foram as teorias sobre a formação de nuvens apresentadas em diversas épocas, mas todas têm sido rejeitadas por uma razão ou outra. Segundo alguns autores (AYOADE, 1998, BARRY & CHORLEY, 1976), as duas teorias comumente aceitas são aquelas que explicam o crescimento das gotas de chuva em termos de cristais de gelo, que incrementam às custas das gotas d'água (Teoria de

---

<sup>1</sup> Um volume de ar é considerado estável se quando submetido a algum impulso perturbador, o mesmo retorna a sua posição original. No caso de ser instável, o volume de ar se afasta de sua posição inicial quando desaparecer o impulso perturbador.

Bergeron-Findeisen) ou em termos de coalescência de pequenas gotas d'água por colisão e pela ação de açambarcamento das gotas que caem (Teoria da Coalescência).

De acordo com a teoria de Bergeron-Findeisen, os cristais de gelo dentro das nuvens propendem-se a aumentar à custa das gotas d'água, até se tornarem pesados demais para serem mantidos pela nuvem e, então, caírem. À medida que caem, estes cristais de gelo encaminham-se para a fase líquida (chuva), caso encontrem o ar mais quente, ou, senão, cairão na forma de gelo. No caso do granizo, observa-se que quando a temperatura perto da superfície terrestre estiver em torno do ponto de congelamento, haverá o derretimento parcial dos cristais, perfazendo-se uma mistura de chuva e pedras de gelo. Estas se avolumam às custas das gotas d'água porque a pressão vaporífica de saturação sobre o gelo é menor do que sobre a água. Assim sendo, conclui-se que o vapor, que é somente saturado em relação à água, torna-se supersaturado com relação ao gelo, levando à condensação sobre os cristais de gelo à custa das gotas d'água por um processo de super-resfriamento.

Observa-se que a teoria de Bergeron-Findeisen se apóia em observações e por experiências de laboratório. Entretanto, a mesma teoria não pode ser utilizada para explicar o processo de formação de gotas de chuva em nuvens tropicais, as quais são normalmente quentes, visto que não se estendem até o ponto de congelamento da atmosfera.

Logo, estas são compostas unicamente por gotas d'água e produzem grande precipitação. Nessas nuvens, o processo de aumento das gotas d'água se dá por coalescência. Nesse processo, as gotas d'água maiores caem das nuvens mais rapidamente que as menores, alcançando e absorvendo as gotas menores ao longo do percurso. Seguindo o mesmo processo, as gotículas maiores também arrastam ou abarcam as menores, absorvendo-as. Supõe-se que o processo de coalescência ocorra

em nuvens de massas de ar tropicais marítimas nas latitudes temperadas, particularmente no verão (Figura 1.2).

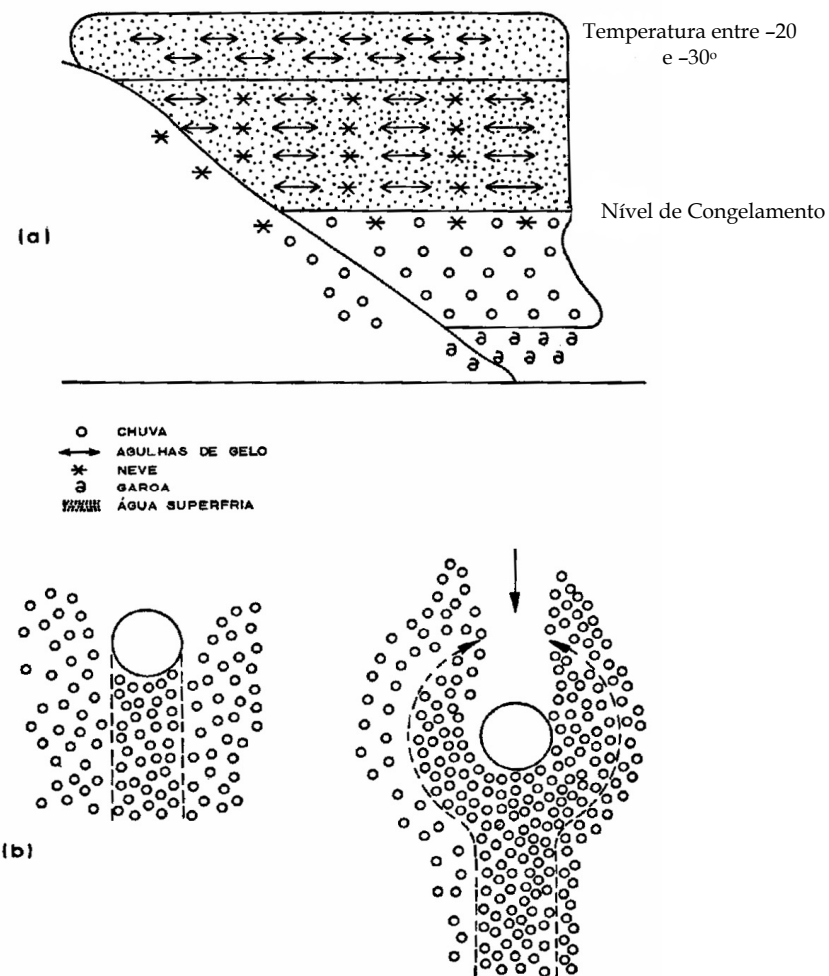


Figura 1.2 – Processos de formação das gotas de chuva, conforme (a) teoria de Bergeron-Findeisen, e (b) teoria de coalescência - Fonte: AYOADE (1998)

Acredita-se que com a compreensão dos fenômenos relacionados à climatologia que influem diretamente no fenômeno da inundação, abre-se uma nova visão em relação à interpretação dos fatos de maneira que no planejamento e gestão de nossos recursos hídricos, visando a resolução das inundações em áreas com atividades antrópicas, seja incorporada uma visão global do fenômeno e suas reais implicações.

### 1.2.2. Hidrologia relacionada ao fenômeno das inundações

A água representa um dos elementos mais importantes para a vida. Além disso, apresenta-se agente modelador da paisagem, pois interliga fenômenos atmosféricos (litosfera e atmosfera inferior) e intervém na relação entre os seres que habitam a Terra. A água relaciona-se com a vida vegetal, animal e humana, através de sua interação com os demais elementos que compõem a sua bacia de drenagem. Dentre os principais papéis exercidos pela água, destaca-se seu papel como agente modificador do relevo, principalmente nos processos erosivos de encostas.

O estudo dos fluxos das águas (hidrologia) nas encostas reveste-se de fundamental importância para a compreensão dos fenômenos geomorfológicos que regem as mudanças do relevo sob as mais diversas condições climáticas e geológicas. Deste estudo, definem-se os caminhos ou rotas preferenciais dos fluxos superficiais ou sub-superficiais das águas, os quais estabelecem os mecanismos erosivos predominantes, que, por sua vez, originam-se da interação entre os diversos meios: biótico (fauna e flora), abiótico (rocha e solo) e antrópico (uso e ocupação do solo) componentes de seu ambiente ou bacia de drenagem. A alteração desses fatores reveste-se de grande importância, visto que podem incorrer em modificações significativas nos processos hidrológicos influentes nas encostas, e, por conseguinte, nos processos erosivos.

O estudo dos fenômenos hidrológicos consubstancia-se de caráter multidisciplinar, pois o mesmo deriva da necessidade de não apenas os compreender, mas de buscar bases para o entendimento de outros fenômenos a eles associados (estabilidade de encostas, qualidade da água, etc.). Assim sendo, os estudos hidrológicos tem por objetivo minimizar, impedir ou solucionar os problemas ambientais gerados pelos fluxos superficiais e sub-superficiais das águas pluviais em

encostas, os quais se apresentam cada vez mais comuns devido às ações antrópicas exercidas sem nenhum planejamento e controle por parte de nossa sociedade.

### 1.2.2.1. O Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica

O ciclo hidrológico caracteriza-se por um fenômeno natural de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera (principalmente na troposfera) dirigido pelo Sol associado à gravidade e à rotação terrestre. Ele apresenta-se responsável pelo controle do movimento da água entre a atmosfera, os oceanos e os ambientes aquáticos e terrestres. Compõem o ciclo hidrológico: a evapotranspiração (evaporação + transpiração), a condensação, a precipitação, o escoamento superficial, a infiltração e o escoamento subterrâneo (Figura 1.3).

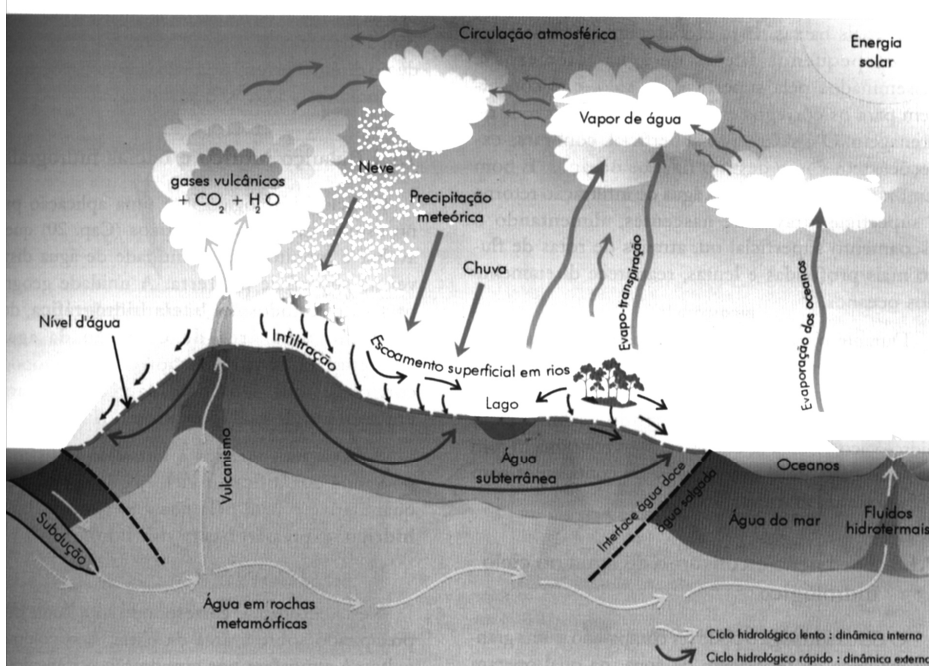


Figura 1.3 – Ciclo hidrológico – Fonte: TEIXEIRA *et al.* (2000)

Desta feita, descreve-se o ciclo hidrológico a partir do vapor de água existente na atmosfera, que, sob determinadas circunstâncias meteorológicas, condensa-se, havendo, então, a formação de pequenas gotículas suspensas no ar

devido à turbulência natural da mesma. Assim sendo, o agrupamento dessas pequenas gotículas com o vapor de água (umidade), partículas em suspensão (poeira) e gelo formam as nuvens. Quando as correntes de ar se movimentam, ocorre a transferência de água da atmosfera para a superfície denominada *precipitação*.

A *precipitação*, que em sua forma mais comum denomina-se chuva, dá-se a partir de complexos fenômenos de aglutinação e respectivo crescimento das pequenas gotículas em nuvens com a presença significativa de umidade e núcleos de condensação, formando grande quantidade de gotas com tamanho e peso suficiente para que a força de gravidade supere a turbulência natural ou movimentos ascendentes da atmosfera. Em seu caminho rumo à superfície, a precipitação passa, por meio de condições do meio atmosférico, pelo processo de *evaporação*.

Desta forma, descendo sobre a superfície com uma cobertura vegetal, parte da precipitação é retida em folhas e caules, onde pode evaporar-se. Quando a capacidade de retenção da precipitação das folhas e caules apresenta-se saturada, a mesma pode ser precipitada para o solo.

Logo, ao atingir o solo, a água precipitada pode seguir alguns caminhos. Através das características do solo, o mesmo pode se apresentar poroso e susceptível à *infiltração* até atingir o seu ponto de saturação. A partir da saturação do solo, forma-se, com o excedente da precipitação não infiltrado, o *escoamento superficial*. A água que penetra na superfície do solo pode percolar-se ou infiltrar-se, segundo a ação das tensões capilares nos poros ou pela força da gravidade. Com isso, a umidade do solo apresenta-se reativada e parte da mesma, é aproveitada através de sua absorção pelas raízes, que, por conseguinte, devolvem quase toda a água à atmosfera através de sua *transpiração* (vapor d'água). A parte da água que não é absorvida pelos vegetais percola até os lençóis freáticos e/ou artesianos (aquíferos),

favorecendo o escoamento subterrâneo da água para cursos d'água (escoamento de base).

O *escoamento superficial* dá-se através da ação da gravidade gerada do desnível apresentado entre as cotas (encostas), a qual vence a força de atrito existente entre a água e a superfície do solo. A água escoar por caminhos preferenciais favorecidos pelo relevo preexistente até atingir os cursos d'água, atuando como agente modelador do terreno através dos processos erosivos naturais. Salienta-se que a presença de cobertura vegetal na superfície do solo não favorece aos processos erosivos, pois a mesma corrobora com o processo de infiltração, além de diminuir a energia cinética relativa ao impacto da água no solo.

Assim sendo, com raras exceções, toda a água escoada pela rede de drenagem (rios, córregos, etc.) destina-se aos oceanos. Segundo TUCCI (1993), a circulação das águas nos oceanos apresenta-se regida por uma complexa combinação de fenômenos físicos e meteorológicos, dentre os quais destaca-se a rotação terrestre, os ventos de superfície, a variação espacial e temporal da energia solar absorvida e as marés. Naturalmente, em qualquer lugar onde circule a água na superfície (continentes ou oceanos), apresenta-se a ocorrência da *evaporação* para a atmosfera, na qual se encerra o ciclo hidrológico. Desta forma, reflete-se de fundamental importância o conhecimento dos processos de evaporação dos mananciais superficiais e dos solos, bem como o da transpiração vegetal, visto que os mesmos referem-se às águas doces continentais, as quais são importantíssimas para as atividades antrópicas. Cabe salientar que, por cobrir cerca de 70% da superfície terrestre, os oceanos contribuem com a maior parte da evaporação.

Segundo TUCCI (1993), apenas através do efeito estufa natural provocado pelo vapor de água e pelo gás carbônico (CO<sub>2</sub>), cuja ação impede a perda

total do calor emitido da Terra originado pela radiação solar recebida, apresenta-se possível o aproveitamento da energia calorífica do sol, a qual se reveste de fundamental importância para o ciclo hidrológico. Assim, mantém-se aquecida a atmosfera, o que possibilita a evaporação e a transpiração naturais. Observa-se que a interação entre oceanos e atmosfera torna-se imprescindível para a estabilidade do clima e do ciclo hidrológico, visto que cerca da metade do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) natural é absorvido no processo de fotossíntese das algas presentes nos oceanos.

Os volumes de água passando anualmente através das fases do ciclo hidrológico estão mostrados na Figura 1.4 em unidades relativas à precipitação anual na superfície terrestre (119.000 km<sup>3</sup>/ano – MAIDMENT, 1993), a qual é referenciada igual a 100 unidades neste diagrama. Observa-se na Figura 1.4 que o volume de evaporação do mar (424 unidades) é aproximadamente sete vezes maior que o da superfície terrestre (61 unidades), colocando os oceanos como a fonte primária de evaporação sobre a superfície terrestre. O volume anual de vazão vinda da superfície terrestre para os oceanos (39 unidades) é próximo a toda vazão proveniente da água superficial (38 unidades) e é contrabalançada por uma igual rede de entrada de vapor d'água dos oceanos para os continentes.



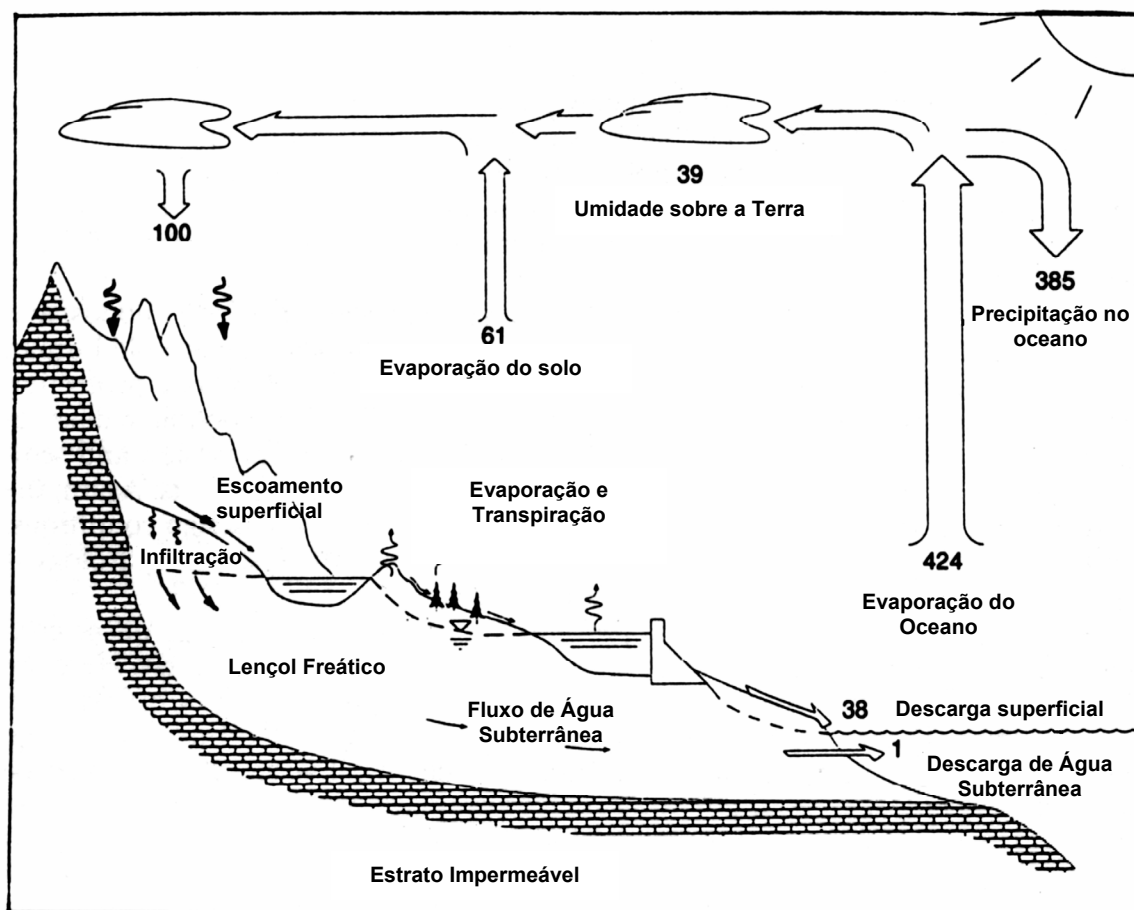


Figura 1.4 – O ciclo hidrológico com os volumes anuais de vazão dados em unidades relativas à precipitação anual na superfície terrestre (119.000 km<sup>3</sup>/ano) – Fonte: Chow et al. (1988)

Quadro 1.4 – Quantidades de água nas fases do ciclo hidrológico

<i>Item</i>	<i>Área (10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>)</i>	<i>Volume (km<sup>3</sup>)</i>	<i>Percentu al total de água</i>	<i>Percentual de água doce</i>
<b>Oceanos</b>	361,3	1.338.000.000	96,5%	
<b>Água Subterrânea</b>				
<i>Doce</i>	134,8	10.530.000	0,76	30,1
<i>Salina</i>	134,8	12.870.000	0,93	
<b>Umidade do solo</b>	82,0	16.500	0,0012	0,05
<b>Gelo Polar</b>	16,0	24.023.500	1,7	68,6
<b>Outras geleiras e neve</b>	0,3	340.600	0,025	1,0
<b>Lagos</b>				
<i>Doces</i>	1,2	91.000	0,007	0,26
<i>Salinos</i>	0,8	85.400	0,006	
<b>Pântanos</b>	2,7	11.470	0,0008	0,03
<b>Rios</b>	148,8	2.120	0,0002	0,0006
<b>Água biológica (água retida nas plantas e animais)</b>	510,0	1.120	0,0001	0,003
<b>Água atmosférica</b>	510,0	12.900	0,001	0,04
<b>Total de Água</b>	510,0	1.385.984.610	100	
<b>Água Doce</b>	148,8	35.029.210	2,5	100

Fonte: Adaptado de UNESCO (1978), citado em MAIDMENT (1993).

Dentro do escopo da análise do ciclo hidrológico, na superfície terrestre, apresenta-se como elemento fundamental o estudo da Bacia Hidrográfica. Ela compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de cursos d'água confluentes que formam uma rede de drenagem até o rio principal ou de base, até que o mesmo atinja o seu exutório.

Conforme citado anteriormente, a precipitação que cai sobre a Bacia Hidrográfica, atinge as vertentes e infiltra-se no solo até que o mesmo atinja sua saturação. A partir daí, gera-se o escoamento superficial das vertentes para os cursos d'água (rede de drenagem) que transporta a água até o seu exutório ou seção de saída. Analisando-se as zonas de inundação existentes (ou leito maior da seção de um rio), observa-se, segundo TUCCI (1993), um comportamento ambíguo, ora de vertente, quando os níveis de água apresentam-se baixos, ora de transporte, quando os níveis dos rios estão altos (cheias), com a mesma sendo usada como área de escoamento (Figura 1.5).

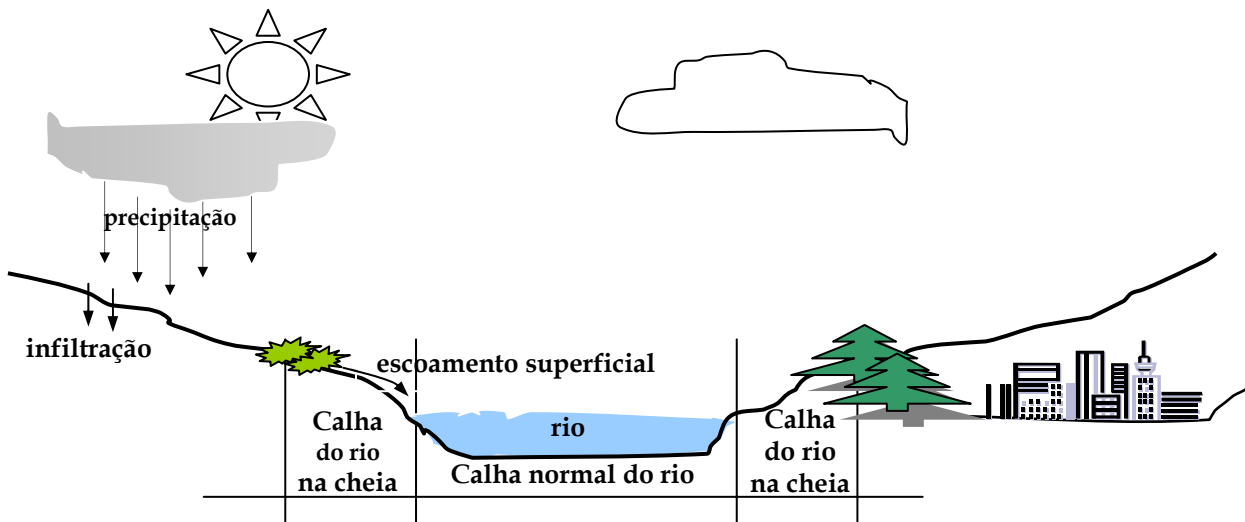


Figura 1.5 – Zonas de influência de um curso d'água (calhas): Normal e de Inundação (Cheia)

Cabe salientar que a água que percorre através das vertentes carream sedimentos devido aos processos naturais erosivos até o curso d'água, e este os

transporta juntamente com a carga significativa de sedimentos produzidos nos leitos dos próprios cursos d'água.

Devido à falta de planejamento do uso e ocupação do solo urbano e rural, observa-se, comumente, uma série de impactos relacionados à urbanização desses solos que direta ou indiretamente causam problemas ao gerenciamento de Bacias Hidrográficas (Figura 1.6).

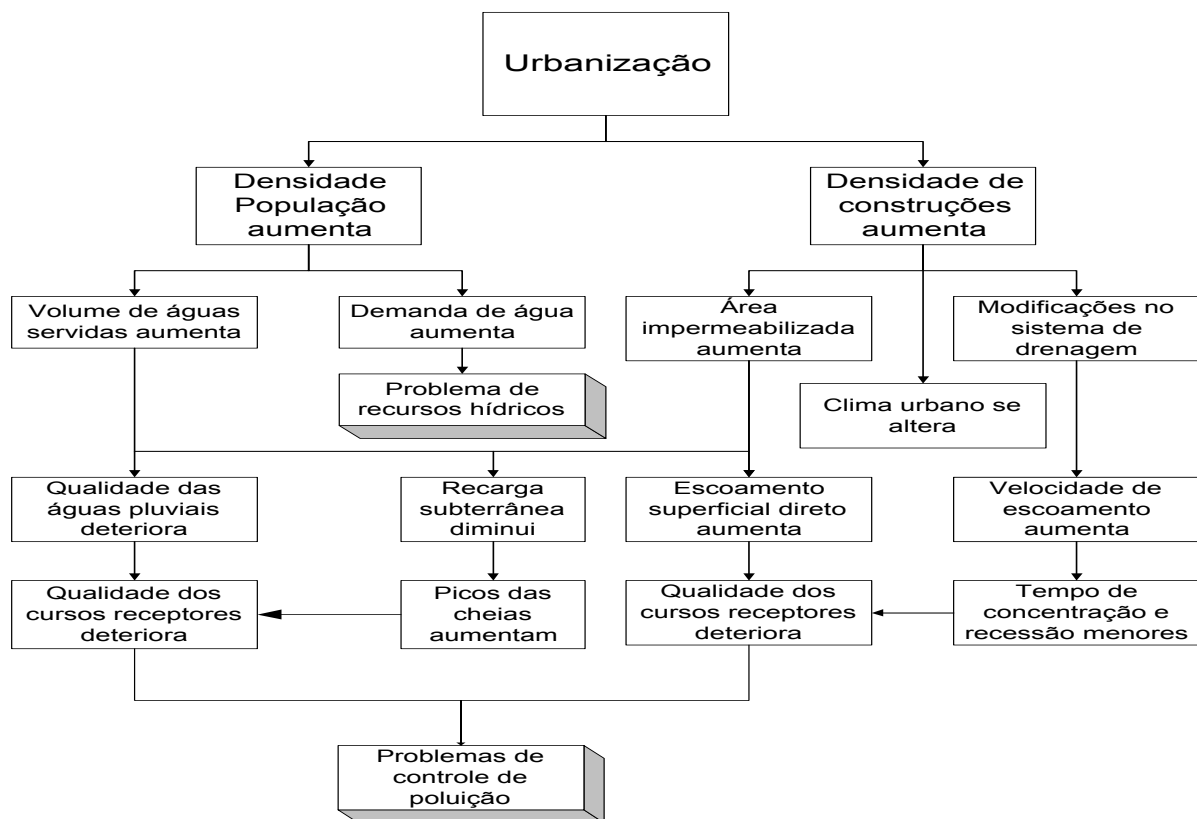


Figura 1.6 – Processos ocorridos devido à urbanização - Fonte: TUCCI (1993)

### 1.2.2.2. A Água Subterrânea

Segundo DUNNE & LEOPOLD (1978), a zona sub-superficial saturada ou zona freática é a fonte de água doce mais importante do mundo: 21% do total de água doce do planeta ou 97% da água doce não congelada. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), estimativas do DNAEE realizadas em 1984, revelaram

que o ano de 1990, no Brasil, seria um período de consumo baixo:  $10 \text{ km}^3$  / ano para uso doméstico e público,  $8 \text{ km}^3$  / ano para indústrias e  $16 \text{ km}^3$  / ano para a agricultura, os quais representariam apenas 0,6% do potencial da água superficial. Segundo CLEARY (1989), estima-se, para o Brasil, um volume de  $0,11 \times 10^6 \text{ km}^3$  de água subterrânea. Entretanto, o mesmo autor ressalta que este volume é pouco utilizado devido às condições climáticas e geológicas que favorecem uma grande ocorrência de águas superficiais (cursos d'água), principalmente na Região Sudeste do Brasil, onde se concentram as maiores manchas populacionais.

A água subterrânea ou sub-superficial tem sua origem nos processos de precipitação, infiltração e percolação da precipitada, ou seja, da água superficial (Figuras 1.4 e 1.5).

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), o plano situado na porção extrema superior da zona subterrânea saturada é chamado de lençol d'água. Abaixo deste plano, encontram-se poros intergranulares de solos ou rochas que mantêm a água retida, sendo que um pouco acima deste plano, situa-se a franja capilar, resultante da atuação da força capilar, na faixa de aeração imediatamente acima da zona saturada. Dependendo-se do tipo de solo, a franja capilar pode elevar-se somente poucos centímetros em solos cascalhentos ou atingir muitos metros em solos argilosos. Analisando-se as forças capilares, em zonas não saturadas, observa-se que as mesmas permitem a retenção de água na interface água-ar em pressões negativas impedindo, assim, a sua fluidez, contrapondo ao que acontece na zona saturada, onde se apresenta uma pressão atmosférica.

Observa-se que o volume de água estocada eleva-se quando há uma recarga de água recebida pela zona saturada por meio da não saturada, o que conseqüentemente aumenta o nível do lençol freático. Esta elevação gera um nível

mais íngreme, o que aumenta a velocidade do fluxo. Segundo CLEARY (1989), um fluxo subterrâneo rápido apresenta-se da ordem de 1m / dia, enquanto um rio de alta velocidade atinge velocidades em torno de 1m/s. No momento em que o lençol freático encontra-se com a superfície, a água se manifestará para fora do ambiente subterrâneo.

Adota-se, geralmente, segundo GUERRA & CUNHA (1998), os divisores de água das bacias hidrogeológicas, num certo grau de aproximação, correspondentes aos de bacias hidrográficas subterrâneas, o que, comentam os autores, não é uma regra geral, visto que os contornos de uma unidade subterrânea não necessariamente coincidem com os divisores traçados de acordo com a topografia encontrada devido aos controles lito-estruturais do substrato geológico e também as possíveis ocorrências de inversões de relevo da evolução geomorfológica, segundo mostram os trabalhos de MEIS & MOURA (1984) e COELHO NETO & FERNANDES (1990).

Desta forma, define-se aquífero como uma unidade geológica com capacidade de armazenar e transmitir água em quantidade relevante e regida por gradiente hidráulico natural implicando-se na presença de materiais com porosidade conectados entre si e com boa permeabilidade. Um aquífero consubstancia-se com grandes áreas, o que permite um grande acúmulo de água superior ao que é drenado para fora do ambiente subterrâneo. Dá-se o nome de aquitarde à unidade geológica que se apresentam acumuladoras de água, mas que a confina não permitindo sua movimentação, a não ser a velocidades ínfimas (Figura 1.7).

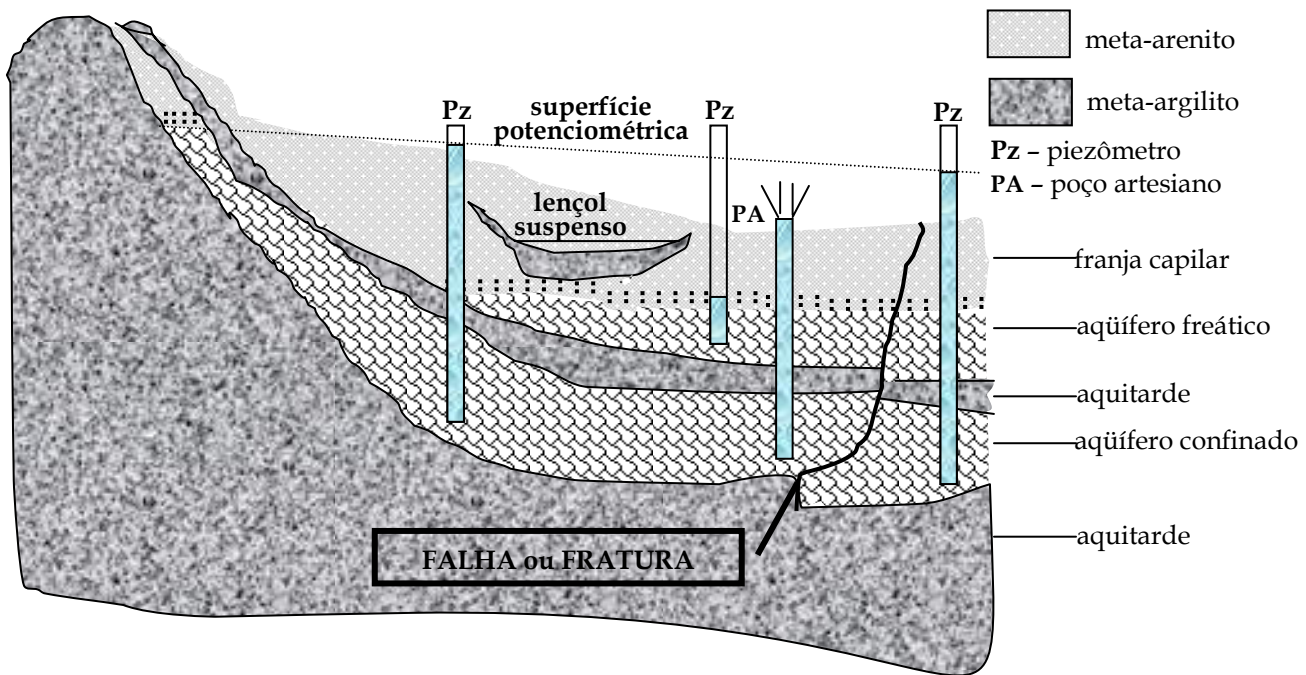


Figura 1.7 – Diagrama esquemático representando: franja capilar, aquífero freático, aquítarde, aquífero confinado, nível potenciométrico dos aquíferos e artesianismo. Adaptado de GUERRA & CUNHA (1998)

Referenciando-se à figura acima, quando a água subterrânea está em livre contato com a atmosfera por meio de poros do aquífero, este se chama aquífero não confinado, livre ou freático, apresentando como limite o lençol d'água. Já o aquífero limitado superiormente por um aquítarde, chama-se aquífero confinado e não possui superfície de água livre ou freática, apresentando-se saturado em sua espessura e sendo recarregado por aquítarde ou por afloramentos da camada confinada na superfície do terreno. Aos aquíferos confinados sob alta pressão que apresentam a propriedade de extravasar água naturalmente por meio de fraturamentos que podem transpor o aquífero, o aquítarde e as camadas superiores, ou por meio de poços escavados, são chamados de artesianos. Observa-se também a formação de faixas de saturação temporária que podem ocorrer acima de aquítarde de menor extensão ou locais, que são chamadas de lençóis d'água temporários suspensos, geralmente

situados acima do lençol d'água regional principal e com formação durante alguns eventos chuvosos e na estação chuvosa.

Assim sendo, as zonas saturadas encontram-se sobre poro-pressão positiva, as quais podem atingir pressões superiores à atmosférica. A superfície que representa o nível de pressão do aquífero é chamada de superfície piezométrica. Em aquíferos confinados sob alta pressão, apresenta-se comum o termo superfície potenciométrica. A medida da pressão da água em determinado ponto é feita através da inserção de tubos fechados com ponta porosa denominados piezômetros (Figura 1.7), os quais medem a altura da água em metros. A instalação destes equipamentos em diferentes pontos de uma bacia hidrográfica permite mapear as variações de carga piezométrica, a partir das quais traçam-se linhas de igual carga ou potencial piezométrico, denominadas linhas equipotenciais. Observa-se que entre os pontos de baixa e alta carga piezométrica, apresentam-se fluxos d'água subterrâneos que formam ângulos retos com as linhas equipotenciais. Logo, essas linhas de fluxos reproduzem a trajetória da água, enquanto que as linhas equipotenciais reproduzem os estados de igual energia potencial.

Conforme visto, os estudos sobre o escoamento das águas (superficiais e subterrâneas) em suas diferentes trajetórias reveste-se de grande importância em relação aos fenômenos erosivos e ao fenômeno das inundações.

Observa-se que estes estudos apresentam-se de grande importância para o conhecimento da vocação hidrológica de cada bacia hidrográfica, sendo os mesmos de direta aplicação para previsões relacionadas ao escoamento superficial e para a recarga de mananciais subterrâneos, dentre as quais citam-se as enchentes, a propagação de poluentes para os cursos d'água, o que auxilia no planejamento

integrado da bacia hidrográfica em relação ao uso da água e aos usos e manejos mais adequados dos solos.

1.2.3. Hidrogeotecnia relacionada ao fenômeno das inundações

A hidrogeotecnia caracteriza-se pelo estudo do efeito mecânico da água, direta ou indiretamente, nos maciços naturais. Em condições dinâmicas, a água exerce uma força durante o escoamento que pode gerar instabilidade, modificando as características de resistência e deformabilidade dos maciços rochosos.

O solo, onde se inicia a penetração da água através da infiltração, compartimenta-se em duas zonas de acordo com seu teor de umidade (Figura 1.8).

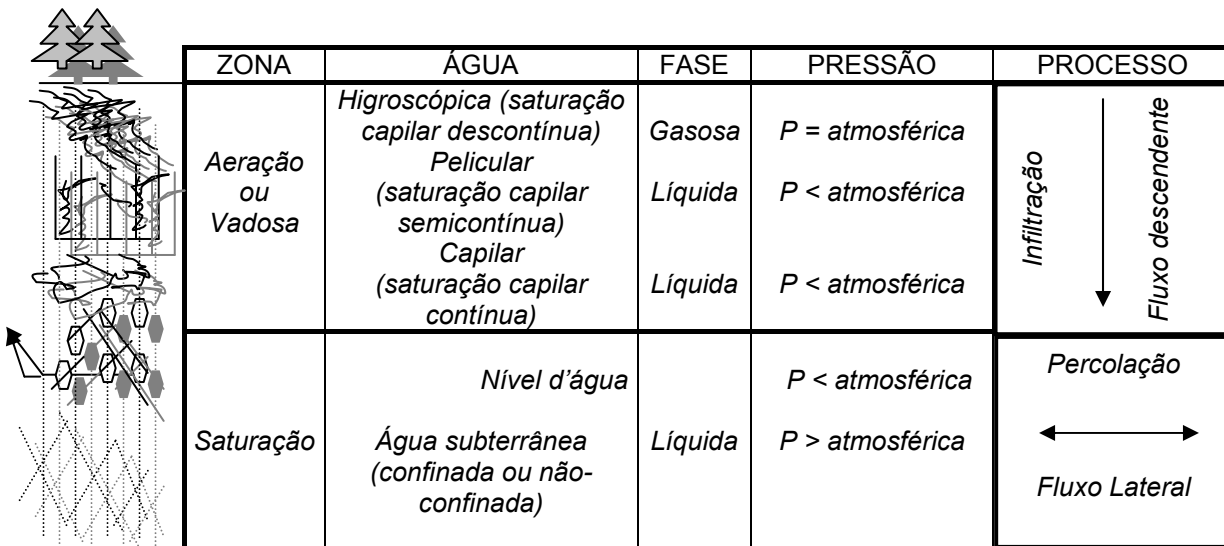


Figura 1.8 – Zonas de solo quanto à água sub-superficial – Fonte: ICE (1976).

O compartimento inicial, imediatamente inferior à superfície do terreno, corresponde à zona de aeração, denominada desta forma devido a uma parte dos espaços intergranulares estarem preenchidos com água e a outra parte com ar. Esta zona não-saturada também se denomina zona vadosa (Figura 1.8).



O segundo compartimento ocorre abaixo do limite inferior da zona de aeração, onde todos os espaços intergranulares encontram-se preenchidos por água, permitindo-se, assim, denominá-lo zona de saturação.

A água que penetra no solo forma, abaixo do limite superior da zona de saturação, a água subterrânea. Denomina-se nível freático ou nível d'água subterrânea o limite de separação entre as duas zonas de umidade.

Assim, a zona de aeração corresponde à faixa de transporte da parcela da água correspondente ao ciclo hidrológico, que infiltra e se direciona para as porções mais inferiores do maciço. Segundo OLIVEIRA & BRITO (1998), a espessura desta zona varia desde menos de 1,0 metro em áreas alagadiças, até mais de 100 metros em regiões desérticas.

O movimento da água nesta zona caracteriza-se essencialmente pela força de gravidade, sendo, contudo, sujeito à diversas forças (forças moleculares e tensões superficiais) que resultam, segundo OLIVEIRA & BRITO (1998), em:

- *água higroscópica*: aquela que envolve o grão do solo, particularmente em solos argilosos, perfazendo uma camada muito fina, com grandeza da ordem de algumas moléculas, devido à atração molecular. Esta água encontra-se fortemente presa ao solo (forças gravitacionais ou de capilaridade não a movem) e sujeita a pressão elevadíssima, as quais impedem o seu movimento, exceto se submetida à temperatura superior a 100°C;
- *água pelicular*: aquela que forma uma película de espessura variável (da ordem de  $0,5 \times 10^{-3}$  cm), envolvendo o grão de solo, apresentando-se submetida à atrações moleculares e à tensões

superficiais. As forças gravitacionais não a movimentam, mas ela pode migrar entre os grãos (da película mais espessa para a menos espessa). A espessura dos filmes de água caracterizam-se como determinantes de algumas propriedades do solo como a coesão e a capilaridade;

- *água capilar*: encontra-se retida em espaços intergranulares muito pequenos devido às tensões superficiais, formando películas contínuas em torno das partículas do solo. Observa-se na zona de aeração, a ocorrência de movimentos de água capilar no sentido contrário da força gravitacional resultando no fenômeno de ascensão capilar ou sucção caracterizado por um fluxo ascendente, a partir da zona de saturação, devido às tensões superficiais atuantes na água (interface ar-água) no interior dos capilares. Esta se apresenta dependente do raio do capilar, da tensão superficial, do ângulo de contato do menisco no capilar e da presença de impurezas na água. Analisando-se a zona de saturação e na parte superior da zona capilar, o movimento da água se dá através da percolação, o qual se caracteriza por pressões hidrostáticas e gravitacionais, podendo, assim, ocorrer em qualquer direção, sendo a componente lateral a mais importante.

Cabe ressaltar que apesar de ambas as zonas (de saturação e capilar) apresentarem-se saturadas, torna-se de fundamental importância a sua diferenciação em relação ao seu comportamento geotécnico: as pressões intersticiais, negativas na

zona capilares e positivas na zona saturadas, levam à diferentes efeitos nos solos e rochas (Figura 1.8, página 30).

A água originária da infiltração da chuva no solo corresponde à maior parcela da água subterrânea, apresentando-se, assim de grande importância para a compreensão do fenômeno das inundações.

A água que percola os meios naturais corresponde a uma parcela da água intersticial, a qual se denomina de água gravitacional ou água livre, pois percola sob ação da gravidade ou de pressões externas (por exemplo, em poços de captação).

A água movimenta-se apenas na ocorrência de variações no potencial hidráulico ( $h$ ), sendo que o fluxo sempre será dos pontos de maior potencial hidráulico para o de menor e não no sentido das menores pressões hidrostáticas. Observa-se que a água pode escoar de zonas de baixa pressão para zonas de alta pressão se a diferença do potencial hidráulico for favorável (Figura 1.9).

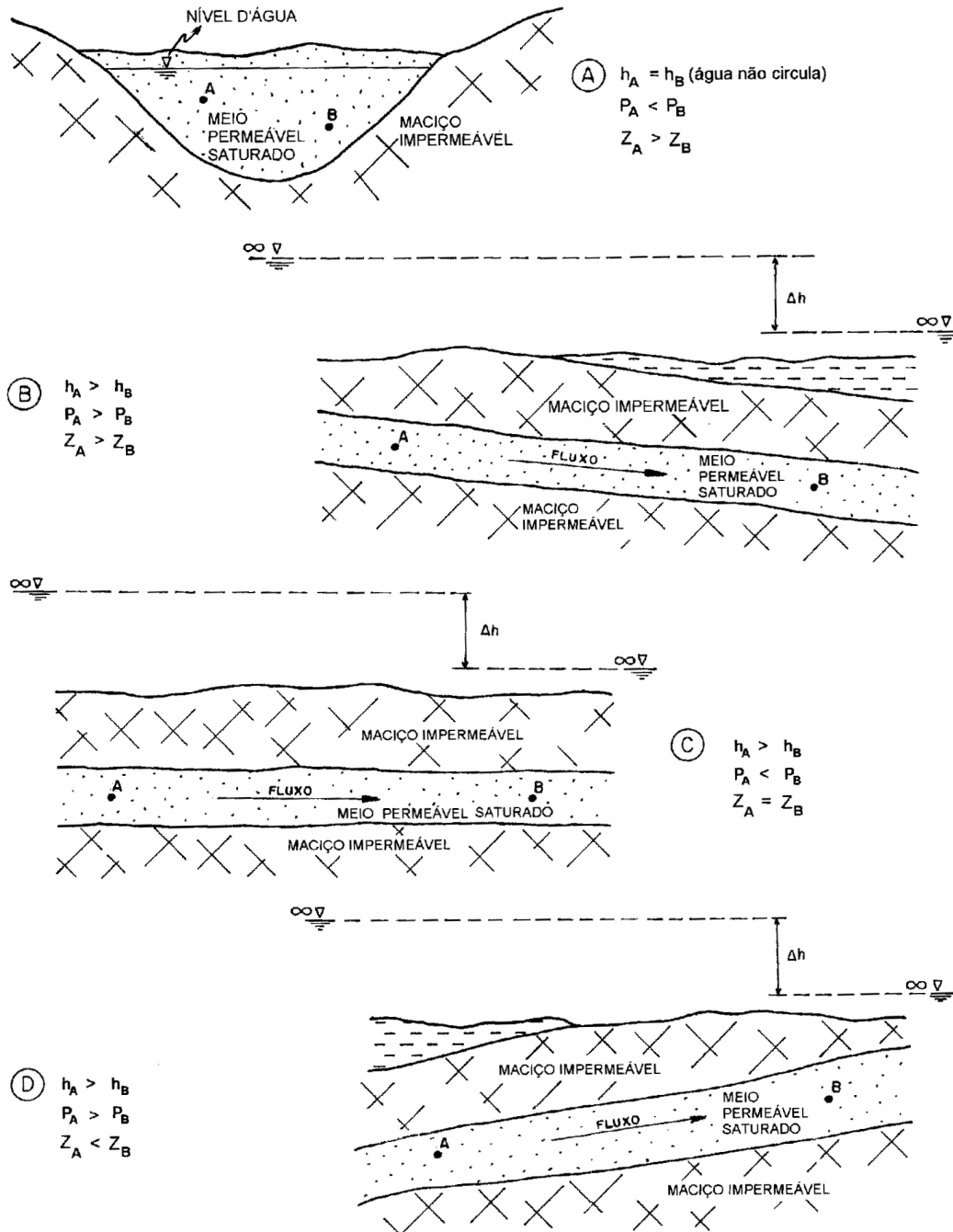


Figura 1.9 – Movimento da água subterrânea, conforme diferença de potencial hidráulico – Fonte: OLIVEIRA & BRITO (1998)

Assim, se em cada ponto observado do fluido, o potencial hidráulico possui um valor determinado, pode-se, conhecendo-se o nível piezométrico em vários pontos de um determinado meio, construir-se mapas de isotencial hidráulico ou

mapas piezométricos ou potenciométricos, que mostram a forma e a elevação de uma superfície piezométrica (Figura 1.10).

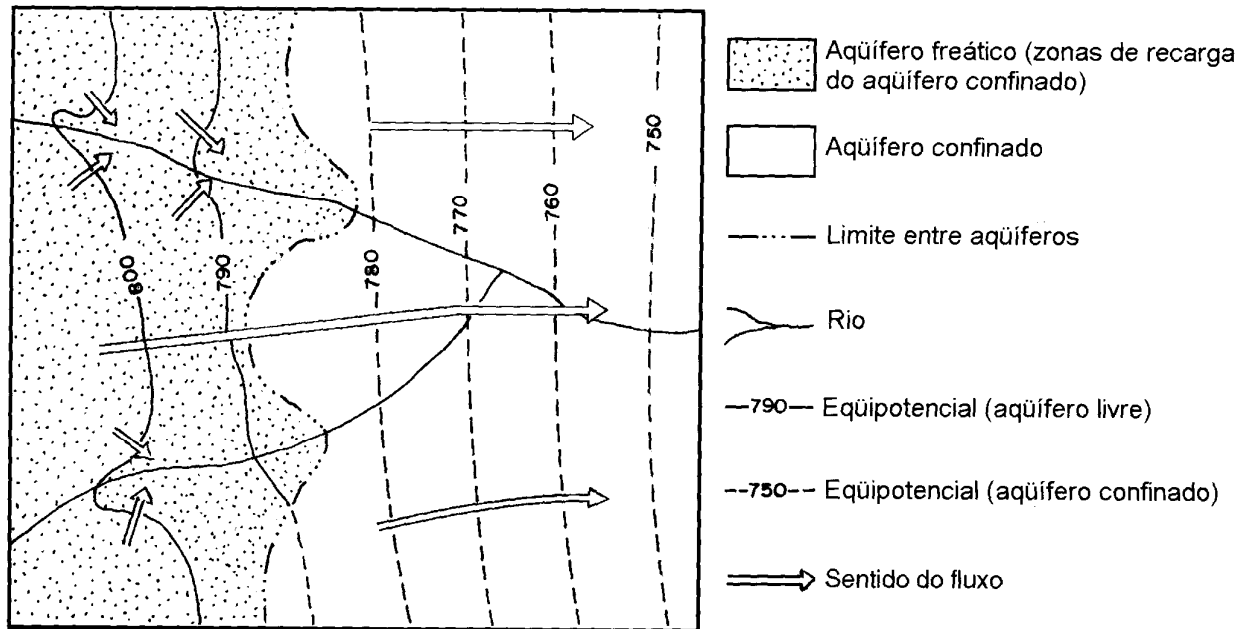


Figura 1.10 – Mapa de potencial de um aquífero confinado – Fonte: IPT (1995c)

A partir dos mapas piezométricos, torna-se possível estabelecer o padrão do fluxo subterrâneo, determinar os limites e divisores da bacia hidrogeológica, definir os gradientes hidráulicos, as perdas de carga, as áreas de recarga e descarga da bacia, volumes de escoamento, entre outros. Assim, o padrão do fluxo subterrâneo expressa o comportamento geral do fluxo subterrâneo, evidenciado pelas redes de fluxo, que possibilitam a determinação do sentido e da direção do fluxo. Segundo OLIVEIRA & BRITO (1998), as extremidades laterais de uma determinada área, a partir das quais os fluxos subterrâneos não mais se direcionam para o interior, definem os limites da bacia hidrogeológica. Estes são os eixos ao longo dos quais as cargas hidráulicas são máximas, relativamente às áreas adjacentes.

Logo, se ao longo destes eixos os fluxos são divergentes, estes correspondem ao divisor de águas subterrâneas (Figura 1.11).

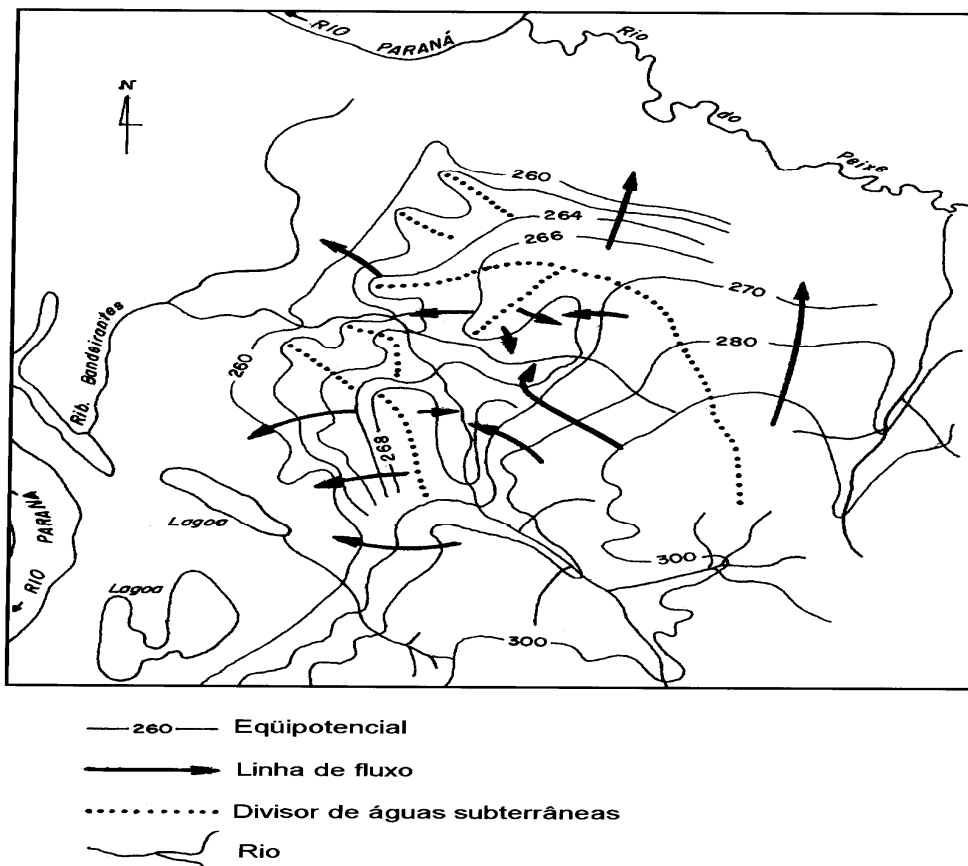


Figura 1.11 – Mapa potenciométrico de um aquífero livre  
Fonte: BOTTURA & ALBUQUERQUE FILHO (1990)

Segundo OLIVEIRA & BRITO (1998), usualmente, as áreas ou regiões de máximo potencial hidráulico se relacionam às áreas de recarga (onde há alimentação do aquífero pela infiltração de água superficial) e as áreas ou regiões de menor carga hidráulica correspondem às áreas de descarga (onde há a convergência das linhas de fluxo). Estas áreas podem apresentar-se associadas aos elementos de drenagem natural superficial (rios, lagos e fontes) ou a elementos de drenagem artificial ou profunda de maciços (drenos de obras civis, escavações subterrâneas, cavernas em calcário, etc.).

#### 1.2.4. Drenagem urbana relacionada ao fenômeno das inundações

Analisando-se a geração de escoamento de águas das chuvas, tem-se que o processo de urbanização remove a vegetação e impermeabiliza o solo, dificultando a retenção e infiltração das águas pluviais e acelerando o seu escoamento superficial. Dessa forma, apresenta-se imperativo o controle desse escoamento no intuito de se evitar seus efeitos adversos, os quais podem representar desde danos à saúde da população até afetar a sua segurança e seu bem-estar. Um dos mais sérios problemas gerados pela falta de controle do escoamento das águas de chuva é o fenômeno das inundações.

Faz-se o controle do escoamento das águas pluviais através de um sistema de drenagem urbana, o qual se apresenta integrado ao conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana. O escoamento das águas pluviais caracteriza-se por uma particularidade, a qual se consubstancia pela ocorrência do seu escoamento independente da existência ou não de um sistema de drenagem urbana constituído. A qualidade do sistema de drenagem urbana mostra-se determinante no que tange aos benefícios ou prejuízos à população serem maiores ou menores. Logo, os sistemas de drenagem urbana apresentam-se de fundamental importância para o planejamento e saneamento das cidades.

Objetiva-se, principalmente, com os sistemas de drenagem urbana o controle das erosões urbanas e das enchentes. As erosões urbanas geram-se a partir da remoção e transporte da camada superficial do solo pelas gotas das chuvas (Figura 1.12), até que a mesma se deposite nos cursos d'água, reservatórios ou oceanos. Quando a ocorrência deste processo de remoção se dá em ambientes que conservam a sua condição natural, observa-se um estado aproximado de equilíbrio, onde há a conservação da estrutura do solo. Entretanto, quando há uma perturbação desse

equilíbrio através de atividades antrópicas, principalmente com a retirada da cobertura vegetal, o solo apresenta-se exposto ao processo de erosão. Esse problema mostra-se agravado no processo de urbanização, o qual se responsabiliza pelo incremento do escoamento superficial das águas pluviais devido à impermeabilização e conseqüente diminuição da infiltração da água. Este processo acelera o fenômeno da erosão, pois aumenta o volume de água escoado na superfície.

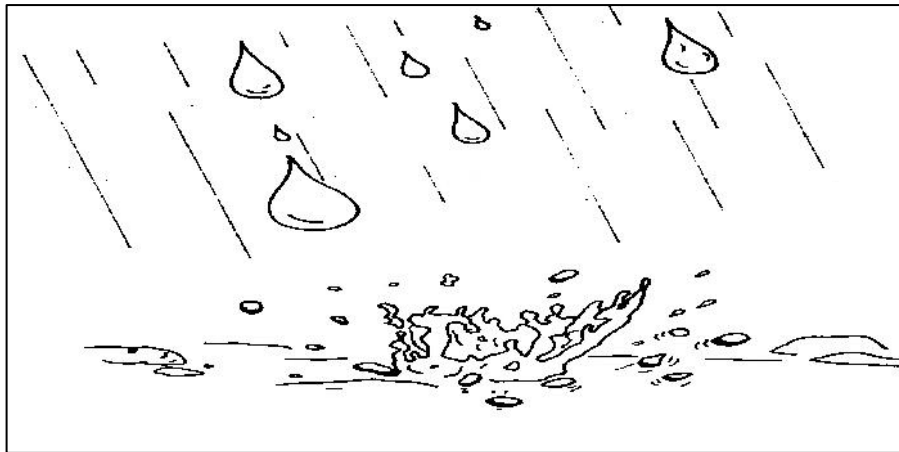


Figura 1.12 – Ação das gotas de chuva sobre o solo exposto – Fonte: FENDRICH (1984)

Logo, o aumento da erosão e conseqüente assoreamento de corpos d'água, o aumento da vazão escoada através da impermeabilização e respectiva diminuição do tempo que a água leva para alcançar os corpos d'água geram uma situação propícia para o aparecimento de inundações, as quais podem gerar desde prejuízos materiais e doenças até a morte de pessoas (Figura 1.13).



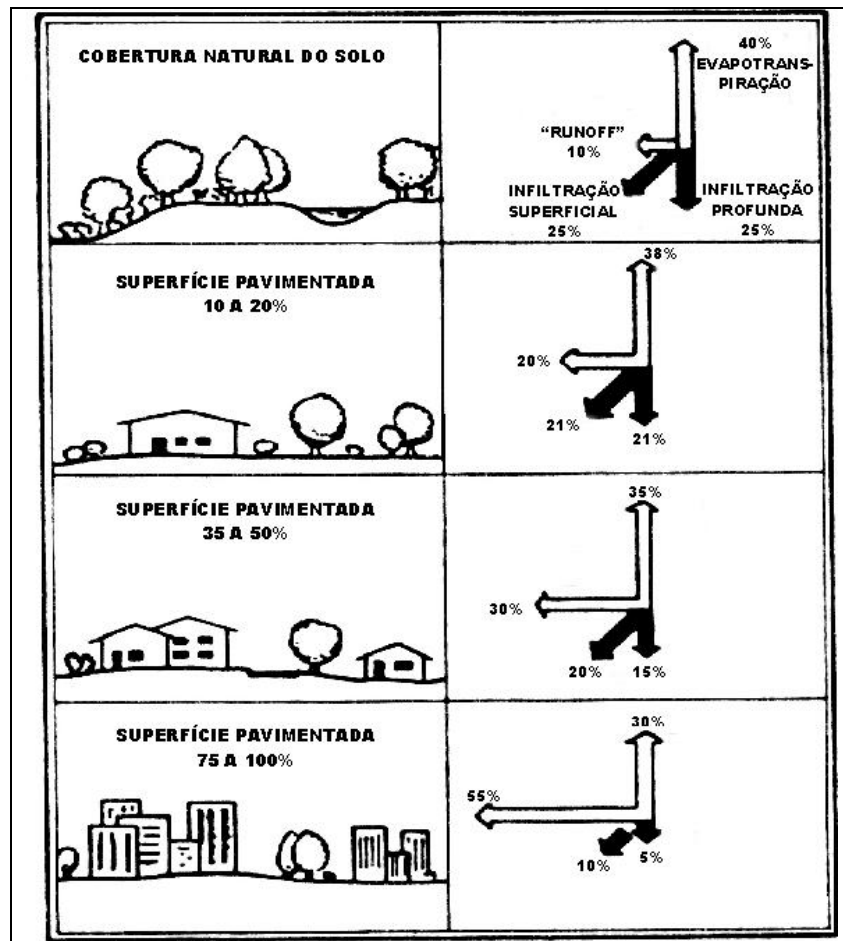


Figura 1.13 – Relação entre pavimentação, escoamento superficial e infiltração  
 Fonte: MOTA (1999)

Assim, faz-se necessário um sistema de drenagem urbana planejado juntamente com as outras benfeitorias de uma cidade, a organização de um sistema viário observando-se as condições do relevo natural existente e uma lei de uso e ocupação do solo onde sejam fixadas exigências fundamentais de ordenação do solo para evitar a degradação do meio ambiente e, assim, do solo existente (Figura 1.14).

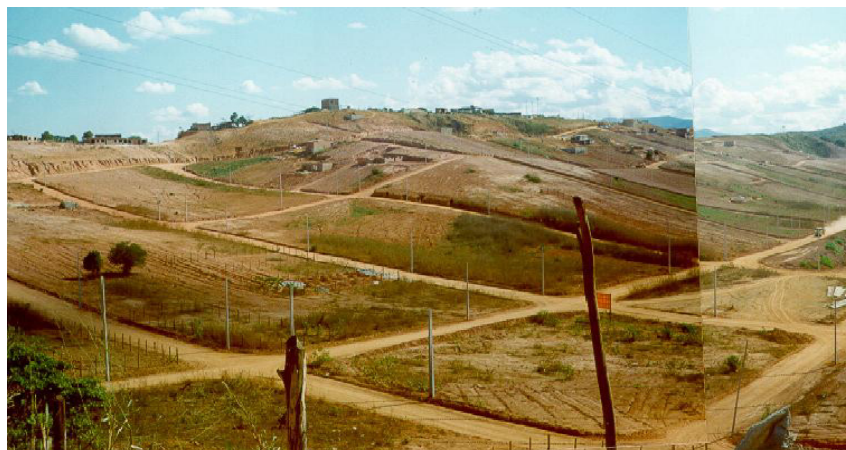


Figura 1.14 – Fatores antrópicos que influenciam a drenagem urbana - Loteamento na cidade de Ipatinga / MG

### 1.2.5. Processos erosivos relacionados ao fenômeno das inundações

Dentre as múltiplas funções da água, destaca-se seu papel como agente modelador e transformador do relevo da superfície terrestre no que tange ao controle e ao comportamento mecânico das camadas de solos e rochas.

Logo, o estudo do escoamento das águas (superficial e subterrâneo) torna-se de fundamental importância para a compreensão e determinação da erosão nos solos. Estes estudos apresentam-se particularmente importantes no planejamento do uso e ocupação do solo, pois possibilitam a percepção das áreas com maior risco de ocorrência de escoamentos superficiais rápidos ou dos sub-superficiais mais lentos. O estudo hidrológico de bacias hidrográficas caracterizadas por ambientes diversificados subscreve-se de fundamental aplicação para previsões relacionadas às inundações, tornando-se assim, uma ferramenta de planejamento e controle das mesmas.

O solo apresenta-se de grande importância para a subsistência de todas as espécies terrestres, mas, infelizmente, o homem aparenta não dar muita atenção à sua correta utilização e conservação. Segundo WILD (1993), o solo para o ser

humano caracteriza-se como um recurso inesgotável, pois ele (o homem) não se preocupa com o período necessário à sua recuperação, além do que, quando o maneja, o principal objetivo é o aumento de sua produtividade agrícola e raramente há uma preocupação com sua conservação.

Dessa forma, torna-se imperativo a compreensão do processo erosivo para o adequado manejo dos solos e planejamento de seu uso.

O processo erosivo caracteriza-se pela interação ou não de fatores controladores, os quais determinam as variações nas taxas de erosão. Conforme esses fatores se interajam, podem-se ter áreas com maior ou menor erosão. As atividades antrópicas existentes numa região podem alterar esses fatores e apressar ou retardar os processos erosivos. Os fatores intervenientes, segundo GUERRA & CUNHA (1998), podem ser subdivididos em *erosividade* (causada pela chuva), *erodibilidade* (proporcionada pela característica do solo), *características das encostas* e *natureza da cobertura vegetal*.

#### **1.2.5.1. Erosividade**

Segundo FAVIS-MORTLOCK & GUERRA (1999), uma consequência da mudança climática global será um incremento na probabilidade de ocorrência da erosão do solo pela água da chuva (erosividade). Isto pode ocasionar sérias consequências em áreas onde há risco potencial à erosão. Dependendo do tipo de solo existente e de seu uso, os processos erosivos podem ser cada vez mais agravados.

HUDSON (1961) define *erosividade* como a habilidade da chuva em causar erosão. Apesar de apresentar-se como uma definição muito simples, este fenômeno exprime-se com alta complexidade, pois depende não só dos parâmetros do

mesmo, mas das características das gotas das chuvas que variam com o tempo e o espaço.

Utilizam-se como parâmetros para investigar a erosividade: o total de chuva, a intensidade, o momento e a energia cinética.

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), sobre o total de chuva ou total pluviométrico (diário, mensal ou anual) que tem sido utilizado em vários trabalhos sobre erosão dos solos, tem-se que este parâmetro por si só não se apresenta suficiente para a predição dos processos erosivos. Entretanto, reconhece-se que há uma tendência de maior erosividade à medida que há aumentos nos totais de chuva.

A intensidade da chuva determina-se em estações meteorológicas e apresenta-se de grande importância em relação à energia da chuva. Segundo STOCKING & ELWELL (1976), a distribuição do tamanho das gotas da chuva e a energia cinética são características de cada intensidade. Esta tem grande importância quando relacionada à infiltração. Quando o solo atinge a saturação, ou seja, ultrapassa a capacidade de infiltração, há um aumento no escoamento superficial, o que pode ocasionar um processo erosivo. Isso depende das propriedades do solo, características da encosta, da cobertura vegetal e do tipo de chuva.

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), o momento define-se como o produto entre a massa e a velocidade da chuva, e o mesmo tem sido relacionado empiricamente à remoção de partículas do solo por caracterizar-se numa medida de força ou pressão por unidade de área, ou seja, uma força mecânica.

A energia cinética, segundo GOUDIE (1985), é definida como “a energia devida ao movimento translacional de um corpo”. Essa energia cinética resultante da chuva relaciona-se com sua intensidade, pois se refere ao número total de gotas de chuva. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), as maiores energias cinéticas são encontradas

nas intensidades entre 50 e 100 mm/h, devido a uma grande percentagem das gotas grandes ( $> 4,0\text{mm}$ ) presentes nas mesmas. Em trabalhos como os de HUDSON (1963), EMMETT (1970), entre outros, demonstra-se que o tamanho médio das gotas de chuva aumenta com a elevação da intensidade até 100 mm/h.

Observa-se que todos os parâmetros apresentados podem ser utilizados para estudar os processos erosivos, contudo estes devem ser relacionados a outras variáveis no intuito de compreender e descrever o processo erosivo.

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), "...estudos de REED (1979) demonstram que, dependendo das propriedades do solo, a erosão pode ocorrer até mesmo sob chuva com intensidade de apenas 1 mm/h, desde que o total pluviométrico seja de 10 mm. Isso evidencia a complexidade do estudo da erosão dos solos e, ao mesmo tempo, a necessidade de se levar em consideração uma multiplicidade de variáveis para compreender o processo".

#### **1.2.5.2. Erodibilidade**

Os estudos das propriedades do solo são de grande importância para os processos erosivos, visto que os mesmos aliados a outros fatores, definem a susceptibilidade ou não à erosão. Assim, define-se o grau de resistência do solo em ser levado e carregado como erodibilidade. As propriedades do solo apresentam-se de grande importância em relação a erodibilidade, podendo ser, muitas vezes, um fator preponderante.

A erodibilidade não se apresenta como uma característica estática perpetuando-se através do tempo; muito pelo contrário, ela mostra-se dinâmica e dependente do estado inicial dos sedimentos constituintes e do uso do solo através de práticas agrícolas e outras, as quais podem gerar mudanças no teor de matéria

orgânica, na estabilidade dos agregados, nas propriedades físico-química-biológicas do solo exposto e na taxa de remoção de sedimentos.

Nos processos erosivos, várias propriedades do solo são intervenientes. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), destacam-se como as mais importantes: textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e o pH do solo. Cabe salientar-se que essas propriedades não são estáticas através do tempo, sendo de fundamental importância o seu estudo relacionado a um determinado período de tempo, pois podem ocorrer alterações que provoquem transformações significativas em sua influência nos processos erosivos.

A textura interfere diretamente na erosão devido à granulometria apresentada no solo. Algumas frações granulométricas apresentam-se mais facilmente removidas do que outras. As areias apresentam-se com os maiores índices de erodibilidade. Segundo FARMER (1973), a remoção de sedimentos é maior na fração de areia média e diminui nas partículas menores e maiores. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), o teor de silte apresentado no solo também interfere na erodibilidade, sendo que, quanto maior o teor de silte, maior a susceptibilidade dos solos a serem erodidos. Ainda segundo os mesmos autores, as argilas, apesar de dificultarem o processo de infiltração das águas no solo, apresentam-se de difícil remoção, principalmente quando se encontram agregadas.

A formação da matéria orgânica e húmus no solo depende da fauna e da flora existente no ecossistema terrestre e suas interações, isto é, dos seres que vivem dentro e sobre o solo e que de uma forma ou de outra ajudam em sua constituição. A alteração do uso do solo através de atividades antrópicas provoca mudanças significativas na quantidade de matéria orgânica, principalmente as atividades agrícolas. O uso irracional do solo utilizando-se de técnicas de manejo e

conservação inadequadas usualmente leva à redução do teor de matéria orgânica no solo, e, conseqüentemente, à alterar outras propriedades do mesmo.

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), uma boa parte da matéria orgânica constitui-se de raízes e microrganismos, além de minerais que, por efeitos químicos do húmus, podem reagir e formar o complexo chamado húmus-argila. O decréscimo da matéria orgânica por atividades agrícolas está relacionado à ocorrência de processos mecânicos erosivos. VERHAEGEN (1984) encontrou uma correlação negativa entre estabilidade dos agregados e perda de solo, a qual se explica através de um aumento da capacidade de infiltração à medida que aumenta a matéria orgânica, resultando-se no aumento do teor de agregados e na resistência dos mesmos à dispersão.

A estabilidade dos agregados, como visto anteriormente, influencia-se pelo teor de matéria orgânica e, concomitantemente, apresenta-se atuante sobre a estrutura dos solos. De acordo com GUERRA & CUNHA (1998), “as taxas de erodibilidade vão depender do teor de matéria orgânica, da estabilidade dos agregados, que, por sua vez, influenciam a ruptura desses agregados, podendo ser formadas crostas no solo, dificultando a infiltração e aumentando o escoamento”. Observa-se, conforme trabalhos de pesquisadores (EPSTEIN & GRANT (1967), HARTMANN & DE BOODT (1974), FARRES (1978), GUERRA & ALEMIDA (1993), entre outros, citados em GUERRA & CUNHA (1998)), que a matéria orgânica incrementa mais estabilidade aos agregados do que a argila.

DE PLOEY & POESEN (1985) atestam que a estabilidade dos agregados é um dos fatores controladores mais importantes da hidrologia do topo do solo, na erodibilidade e em dificultar a formação de crostas na superfície do solo. Segundo FARRES (1978), “uma vez reduzida a resistência interna dos agregados, a

força aplicada pelas gotas da chuva quebra esses agregados, produzindo uma série de pequenas partículas, que cobre a superfície do solo formando uma crosta, que dificulta a infiltração”. A partir dessas afirmações, conclui-se que a estabilidade dos agregados no solo dificulta a sua erosão, pois inibe a formação de crostas, eleva o índice de porosidade, aumenta a infiltração e reduz o escoamento superficial.

Já a densidade aparente refere-se à maior ou menor compactação dos solos. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), a densidade aparente também se correlaciona com o teor de matéria orgânica, pois a redução gradual de matéria orgânica aumenta a ruptura dos agregados do solo, formando as crostas e aumentando a sua compactação. Ainda segundo os mesmos autores, TACKET & PEARSON (1965) demonstraram o efeito da chuva no solo, acarretando no incremento da densidade aparente.

A porosidade relaciona-se inversamente em relação à densidade aparente, ou seja, na medida em que a densidade aparente aumenta, a porosidade diminui acarretando em uma redução da infiltração de água no solo. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), em solos com alto teor de areia, alta permeabilidade e alta porosidade, apresentando, então, uma suposta capacidade de infiltração, a presença de sedimentos finos associados com baixo teor de matéria orgânica, pode acarretar na formação de crostas de baixa permeabilidade na superfície do solo, que provocam incremento das taxas de escoamento superficial. Já em solos ricos em argila, usualmente de baixa porosidade, podem apresentar-se facilitadores da infiltração de água no solo, no caso de, por exemplo, apresentarem um processo de formação de fendas.

O pH do solo relaciona-se a alcalinidade ou acidez do mesmo. As medidas de pH são encontradas em vários trabalhos sobre erosão de solos, usualmente



relacionados com outros índices. Trabalhos, como o de ALLISON (1973), demonstram que solos ácidos são deficientes em cálcio (elemento contribuinte para a retenção do carbono) através da formação de agregados que combinam húmus e cálcio. Cabe salientar que a determinação do pH de um solo deve considerar o uso e ocupação do mesmo. As atividades antrópicas interferindo no pH e em outras propriedades do solo revelam-se complexas, pois dificultam a compreensão do papel das propriedades do solo e do próprio pH nos processos erosivos.

Todas as propriedades do solo intervenientes nos processos erosivos e suas interações revestem-se de difícil generalização, indicando o extremo cuidado da análise dos fatores controladores em estudos relacionados aos processos erosivos.

### **1.2.5.3. Cobertura vegetal**

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), a cobertura vegetal se relaciona a fatores que podem influenciar os processos erosivos, quais sejam: através da retenção da água pela cobertura vegetal, dos efeitos na energia cinética da chuva e do seu papel na formação do húmus, o qual afeta a estabilidade e o teor de agregados no solo.

Observa-se que a densidade da cobertura vegetal é importante na redução da remoção de sedimentos, no processo de escoamento superficial e na perda de solo. Além do tipo e da percentagem de cobertura vegetal influenciarem na redução dos efeitos erosivos naturais, esta também pode reduzir a energia cinética da chuva, minimizando o seu impacto sobre o solo e diminuindo a formação de crostas sobre a sua superfície.

Segundo BRANDT (1986), em uma floresta, a cobertura vegetal apresenta-se atuante podendo reduzir o volume de água que chega ao solo através da

interceptação e/ou alterando a distribuição do tamanho das gotas alterando a energia cinética da chuva. Logicamente, o efeito da cobertura vegetal sobre os processos erosivos relaciona-se diretamente com a sua percentagem existente. Em áreas de floresta densa, os processos de escoamento superficiais e de erosão se dão em taxas muito baixas, enquanto que em áreas onde a vegetação apresenta-se parcialmente existente, esses processos podem se intensificar rapidamente.

A vegetação também se apresenta atuante diretamente na produção de matéria orgânica e, assim, por sua vez, na agregação das partículas constituintes do solo. Além disso, segundo GUERRA & CUNHA (1998), “as raízes podem ramificar-se no solo e, assim, ajudar na formação de agregados. Essas raízes atuam mecanicamente e, ao se decompor, fornecem humus, aumentando a estabilidade dos agregados do solo”. Logo, essa estabilidade insere-se na possível redução das taxas de erosão, já que as partículas do solo são agregadas e mais resistentes ao cisalhamento.

Quadro 1.5 – Efeitos de distintas coberturas vegetais e sistemas de uso da terra na erosão em Campinas, SP, Brasil. Fonte: LAL apud GUERRA, SILVA & BOTELHO (1999)

<b>Uso da Terra</b>	<b>Erosão (ton./ha./ano)</b>	<b>Escoamento Superficial (%)</b>
<b>Floresta</b>	<b>0,001</b>	<b>1,1</b>
<b>Pastagem</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>
<b>Café</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>
<b>Algodão</b>	<b>36,0</b>	<b>8,2</b>

#### **1.2.5.4. Características das encostas**

As características das encostas revestem-se de importante relação na erodibilidade dos solos. Elas podem afetar a erodibilidade através da declividade, do comprimento e da sua forma.

Segundo HADLEY et al. (1985), a perda de solo apresenta-se como uma combinação da erosão por ravinamento, causada pelo escoamento superficial, e da erosão das ravinas, causada pelo impacto das gotas da chuva (energia cinética). A

declividade das encostas (mais laminar) relaciona-se diretamente nesses processos por aumentar a velocidade do escoamento superficial. Entretanto, segundo MORGAN (1986), em encostas muito íngremes, a erosão reduz-se devido ao decréscimo do material disponível.

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), a declividade não deve ser levada em conta separadamente, mas sim em conjunto com as características da superfície do solo, que igualmente, afetam a remoção do solo e a quantidade de escoamento superficial. Embora se observe que o comprimento das encostas afeta a erosão dos solos, o mesmo apresenta-se de difícil avaliação, visto que outros fatores, dentre os quais a declividade, a forma da encosta e as propriedades do solo afetam o escoamento superficial.

Outro fator que influencia na erodibilidade dos solos é a sua forma. Segundo HADLEY et al. (1985), uma melhor atenção deve ser dada à forma da encosta, pois a mesma pode mostrar-se mais importante do que, talvez, a declividade em relação à erodibilidade dos solos.

Segundo GUERRA & CUNHA (1998), as características relativas à declividade, comprimento e forma das encostas agem conjuntamente e relacionadas a outros fatores relativos à erosividade da chuva e as propriedades do solo, favorecendo maior ou menor resistência à erosão.

A erosão do solo, em última análise, mostra-se responsável por uma série de impactos ambientais. Exige-se, além disso, o conhecimento dos processos erosivos provocados pela água para que se possa adotar técnicas de conservação do solo. Por exemplo, o solo carregado para os rios e reservatórios pode causar o assoreamento dos mesmos, como também partículas de áreas agrícolas que podem conter defensivos agrícolas e fertilizantes, podem causar a sua contaminação e a sua

eutrofização, respectivamente. Além disso, o desmatamento aliado à erosão pode provocar alteração nos cursos d'água e, também, incrementar o efeito do fenômeno das inundações.

#### 1.2.6. Qualidade da água

A água apresenta-se como um recurso fundamental para a vida do planeta. Ela representa um componente obrigatório para a geração e a manutenção da vida e é fonte de hidrogênio. Dessa maneira, a existência dos seres vivos na Terra se deve graças à presença da água em seu estado líquido na biosfera.

Sua abundância faz-se inquestionável, pois praticamente 2/3 da superfície da Terra são ocupados por água. Distinguem-se dois ambientes aquáticos bem definidos: o de água doce e o marinho. A presença de alta salinidade exige, dos seres que habitam o ambiente marinho, propriedades e aptidões fundamentalmente diferentes das que possuem os habitantes de águas doces. Segundo BRANCO (1978), pode-se, mesmo, afirmar que a única semelhança entre os ambientes reside no fato de ambos serem líquidos.

Sendo de grande importância para a manutenção da vida, torna-se necessário saber como a água se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para outro. Assim, a água disponível no planeta se distribui nas formas mostradas na Figura 1.15.

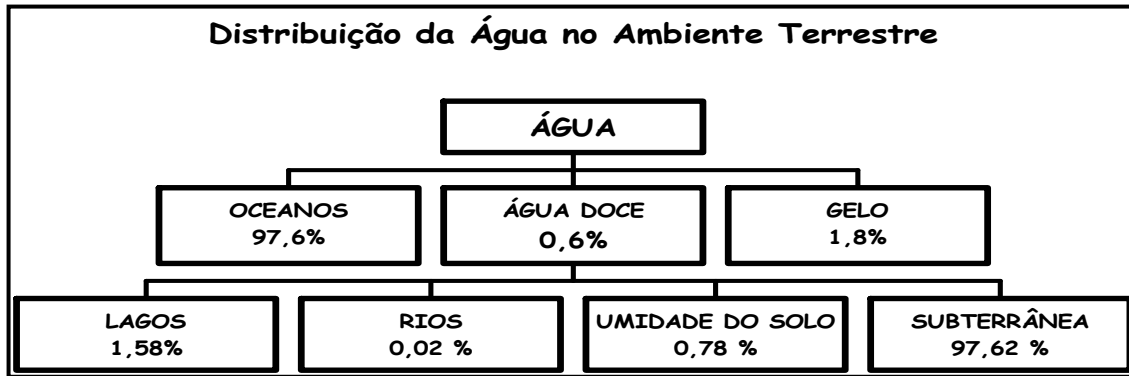


Figura 1.15 – Distribuição da Água no Ambiente Terrestre - Fonte: Adaptado de PEIXOTO & OORT (1990)

Pode-se ver claramente que, da água disponível, apenas 0,6% pode ser utilizada mais facilmente pelos seres vivos. Desta pequena fração de 0,6%, apenas 1,6% apresenta-se na forma superficial, de extração mais fácil. A análise desses valores ressalta a grande importância de preservar os recursos hídricos na terra.

O homem precisa respeitar as demais espécies, bem como impor a si mesmo uma estratégia racional de longo e médio prazo para a utilização dos recursos naturais de nosso planeta.

Entretanto, o mesmo homem que deveria respeitar e conservar os recursos naturais tem gerado uma contínua deterioração do meio físico e biológico. Esta situação é decorrente, essencialmente, da extensiva e extensa exploração dos recursos naturais, atitude essa que, em muitos casos, tem levado ao esgotamento desses recursos bem como à extinção de inúmeras espécies.

Devido a essa exploração abusiva dos recursos naturais e ao mau uso dos mesmos, observa-se a alteração em larga escala da composição natural da biosfera. Quando tais alterações de composição chegam a níveis suficientemente grandes para prejudicar a vida nesses ambientes ou a utilização normal dos mesmos, diz-se que houve *poluição*.

De acordo com a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- ✓ prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- ✓ criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- ✓ afetem desfavoravelmente a biota;
- ✓ afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- ✓ lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Dentro dessa visão, a poluição hídrica se caracteriza por qualquer alteração nas características naturais de um recurso hídrico de modo a torná-lo prejudicial para os seres que dele dependam ou que dificulte ou impeça um uso definido do mesmo. Quando a poluição de um determinado recurso hídrico prejudica a saúde da biota ou do homem, diz-se que há *contaminação*. Assim sendo, a contaminação pode ser vista como um caso particular da poluição, no qual a água está contaminada com substâncias químicas ou radioativas e microrganismos que podem causar malefícios à biota e ao homem. As principais fontes de poluição hídrica são:

- ✓ origem natural: decomposição de vegetais, erosão de margens, etc;
- ✓ esgotos sanitários;
- ✓ esgotos industriais;
- ✓ águas do escoamento superficial;
- ✓ origem agropastoril: excrementos de animais, pesticidas, fertilizantes;

✓ resíduos sólidos (lixo).

Enfocando-se a poluição hídrica relacionada ao fenômeno das inundações, destacam-se, dentre as listadas acima, as fontes naturais, águas de escoamento superficial e os resíduos sólidos (lixo).

#### **1.2.6.1. Fontes Naturais**

Esse tipo de poluição geralmente não causa danos de grande importância, a não ser quando ela (poluição) for intensificada pelo homem.

Entre as fontes naturais de poluição, citam-se a decomposição de vegetais e animais e a erosão das margens, as quais, em condições normais, são absorvidas pelos processos naturais de equilíbrio da natureza.

A ação do homem através de alterações no meio gera graves problemas, tais como: represamento de águas em áreas com abundante vegetação, resultando numa intensa decomposição dos vegetais e na produção de alto teor de matéria orgânica e outros problemas; retirada da mata ciliar causando maior erosão do solo com aumento do material carregado para as águas, provocando aumento na turbidez, assoreamento e outras conseqüências.

#### **1.2.6.2. Esgotos Sanitários**

Os esgotos domésticos são provenientes das habitações e prédios comerciais e de serviços, sendo gerados através de usos como lavagem de utensílios domésticos, pias, banheiros, roupas, instalações sanitárias, entre outros.

Dependendo do porte da cidade, os resíduos líquidos das atividades domésticas, comerciais e industriais variam em maior ou menor quantidade.

Os esgotos sanitários apresentam composição mais ou menos definida, variando em função da concentração (que depende do consumo de água), dos hábitos

da população, do tipo de sistema de esgotamento, da natureza e de outras contribuições, além das domiciliares.

Segundo MOTA (1995), a composição média dos esgotos sanitários apresenta as seguintes características:

Quadro 1.6 – Características da composição média dos esgotos sanitários – Fonte: Mota (1999)

Características	Concentração
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (5 dias, 20° C)	300 mg/l
Alcalinidade (em CaCO <sub>3</sub> ):	120 mg/l
Cloretos :	75 mg/l
Sólidos Totais:	500 mg/l
Número de coliformes:	10 <sup>5</sup> a 10 <sup>6</sup> por mililitro
Nitrogênio Total :	em torno de 10 mg/l
Sulfatos :	em torno de 20 mg/l
Sabões e gorduras :	em torno de 20 mg/l

### 1.2.6.3. Esgotos Industriais

Os resíduos industriais variam dependendo do tipo de processamento industrial utilizado, podendo apresentar:

- compostos químicos tóxicos;
- temperatura elevada;
- cor;
- turbidez;
- odor;
- nutrientes;
- sólidos dissolvidos;
- óleos e graxas;
- microrganismos patogênicos.

Segundo MOTA (1995), as indústrias mais poluidoras dos recursos hídricos são: fábricas de papel e celulose, açúcar e álcool (usinas), indústrias



químicas, aços e metais, têxteis, alimentícias (bebidas e laticínios), curtumes, matadouros e petroquímicas.

#### **1.2.6.4. Águas de Escoamento Superficial**

Quando escoam pelo solo, as águas pluviais podem carrear uma série de impurezas para os corpos d'água.

As águas pluviais urbanas (águas provenientes da drenagem urbana) caracterizam-se pela presença de sólidos, matéria orgânica, microrganismos patogênicos, defensivos agrícolas, fertilizantes, compostos químicos, etc., provenientes de poluentes atmosféricos, ligações clandestinas de esgoto em redes pluviais urbanas, lixo, poeira, drenagem, etc. Além disso, as águas de inundação podem entrar em contato com contaminantes, como fezes de ratos, etc.

Por outro lado, as águas de escoamento no meio rural transportam para os corpos d'água, basicamente, matéria orgânica (folhas e dejetos), pesticidas, fertilizantes, compostos químicos, entre outros.

Ressalta-se que a erosão do solo provocada pela falta de cobertura vegetal (mata ciliar), permite o transporte dos recursos hídricos, contribuindo para o aumento da turbidez e para o assoreamento do curso d'água (resultando na redução de sua seção útil).

Portanto, o escoamento superficial pode se constituir em uma importante fonte de poluição dos recursos hídricos, comparável em alguns casos, aos esgotos urbanos.

### 1.2.6.5. Resíduos Sólidos

É muito comum em áreas urbanas observar-se o lançamento do lixo no solo e nas coleções hídricas. Esse tipo de prática resulta, segundo FONSECA (1999), em quatro tipos de poluição das águas:

✓ poluição física: através do lançamento dos resíduos sólidos residenciais e industriais nos corpos d'água, ocasionando-se uma série de perturbações no meio aquático, dentre as quais citam-se: o aumento da temperatura da água, aumento da turbidez, formação de obstáculos inertes, lodo e alteração na cor.

✓ poluição química: o lançamento de resíduos sólidos industriais e tóxicos, onde citam-se: detergentes não biodegradáveis, substâncias tóxicas, herbicidas, fungicidas, etc., causam malefícios à saúde humana. Esses compostos, por exemplo, podem comprometer uma série de funções do corpo humano, como o sistema nervoso, no caso dos inseticidas.

✓ poluição biológica ou patogênica: causada especificamente, no caso do lixo, por resíduos que contenham organismos patogênicos.

✓ poluição bioquímica: esta poluição pode ocorrer devido à decomposição do lixo por microorganismos que formam um líquido chamado chorume . Esse líquido pode causar a redução de oxigênio nos corpos d'água e a contaminação dos mesmos, inclusive os lençóis subterrâneos de água. Usinas de açúcar e álcool produzem grande poluição bioquímica da água através dos subprodutos de sua produção (vinhoto – alta DBO). Considera-se também poluição bioquímica a presença no lixo e no chorume de nutrientes, podendo causar a eutrofização dos corpos d'água.

Como visto anteriormente, os resíduos sólidos, quando dispostos de maneira inadequada (basicamente em lixões), retornam para as áreas ocupadas por atividades antrópicas quando as mesmas são acometidas pelo fenômeno das inundações. Isto pode gerar uma contaminação da água e, conseqüentemente, a contaminação do ser humano.

Além disso, o lixo lançado diretamente nos corpos d'água pode ocasionar a formação de obstáculos inertes e, a partir dos mesmos, resultarem no aumento do nível da água, chegando a agravar o problema relativo a inundações. Observa-se, também, que os mesmos podem causar a contaminação das águas por patogênicos e substâncias tóxicas prejudicando-se assim a saúde das pessoas.

Logo, apresenta-se imperativo o controle das fontes de poluição hídrica relacionadas às inundações, visto que as mesmas geram grandes problemas sócio-econômico-ambientais para a comunidade afetada. O planejamento e a gestão de bacias hidrográficas devem levar em conta essas fontes de poluição, enfocando-se a sua sustentabilidade e o equilíbrio dos ecossistemas.

#### 1.2.7. A questão do consumo sustentável

A população mundial apresenta-se avaliada em cerca de 5,4 bilhões de habitantes e estima-se que a mesma atinja os 8,5 bilhões em 2025. Especificamente nos países em desenvolvimento, o crescimento populacional ainda apresenta taxas muito altas (0,5% ao ano nos países industrializados e 2,1% ao ano nas nações em desenvolvimento). Segundo HAMMOND et al. (1992), em cada 5 pessoas que vivem no mundo, 4 delas vivem em países em desenvolvimento. À medida que os padrões de vida nos países em desenvolvimento crescem, agravam-se os usos dos recursos naturais que se apresentam limitados e, em alguns casos, escassos. Segundo ASSIS & FROTA (1999), a maioria da população que vive nas cidades do terceiro mundo,

alicerçadas em um uso especulativo dos espaços urbanos e em um padrão de consumismo, sofre um incremento nos danos em ambientes naturais cada vez mais severos.

Assim, estes danos advindos dos usos exacerbados dos recursos naturais colocam-se cada vez mais presentes na vida dos seres humanos. Problemas como o efeito-estufa, a redução da camada de ozônio, a questão dos recursos hídricos (*qualidade, quantidade, gestão e planejamento de bacias hidrográficas*), poluição do ar, chuva ácida, ilhas de calor, entre outros, tornam-se rotineiros nos meios urbanos em todo o planeta.

A cada geração, os países do mundo vêm-se no desafio de encontrar meios para abrigar, alimentar, educar, dar empregos, assistência médica, serviços e bens de consumo para cada vez mais pessoas. Observa-se que apesar de todo o avanço tecnológico, as necessidades de grande parte da população mundial ainda não são satisfeitas (fome, escassez de água, inacessibilidade à educação, etc., são alguns exemplos comuns).

Segundo SÃO PAULO-SMA (1998), “o estoque de alimentos no mundo inteiro aumentou, de maneira geral, mais rápido do que a população nos anos 80, mas a fome ainda afeta um bilhão de pessoas. Em muitos países em desenvolvimento, altos índices de mortalidade, incluindo mortalidade infantil muito alta, decorrente de infecções evitáveis e doenças parasitárias, caminham lado a lado com a pobreza”. Logo, o crescimento populacional pode incrementar a tensão sobre a distribuição desigual de recursos devido a alta de sua demanda por pobres e ricos.

Por isso, coloca-se em voga um paradigma: as nações em desenvolvimento necessitam crescer para saírem da pobreza, mas torna-se cada vez mais óbvio que a capacidade limitada da atmosfera, dos oceanos, dos recursos de água

doce, do solo e dos recursos biológicos em absorver os danos causados pelo crescimento das atividades antrópicas impõem limites reais a esse crescimento.

Logo, o consumo se apresenta no alicerce de tantos problemas ambientais e, conseqüentemente, os consumidores terão um papel fundamental, liderando ou sendo liderados em direção às soluções para os mesmos. Define-se, segundo BRUNDTLAND (1989), *consumo sustentável*: satisfazer as necessidades e aspirações da geração atual sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Para tanto, o consumo sustentável como conceito torna-se facilmente assimilável. Porém, segundo SÃO PAULO-SMA *op cit.*, de um ponto de vista prático, alcançá-lo requer a transposição de obstáculos, quais sejam:

- ✓ a ignorância: não há informações precisas sobre como e quanto se utilizam de nossa riqueza natural, quanto elas podem suportar de impactos gerados em relação ao nosso consumo, etc; coloca-se imperativo saber quanto tempo temos para reverter os problemas ambientais antes que os mesmos sejam irreversíveis.

- ✓ as desigualdades: estas necessitam, em termos mundiais, ser equalizadas para a formação de uma agenda comum para alcançar-se a mudança no padrão de comportamento global.

- ✓ as instituições: em níveis mundiais estas não se encontram preparadas para enfrentar importantes problemas ambientais internacionais. Os líderes mundiais devem chamar a atenção dos melhores recursos intelectuais e morais para a criação de uma sociedade sustentável.

Dessa forma, apresenta-se, conclusivamente, que não se tem outra saída a não ser encontrar um caminho para o consumo sustentável. A educação centrada em bases sustentáveis, colocando o ser humano como parte do ambiente que o cerca, juntamente com sua sensibilização em relação à sua responsabilidade social-

ambiental, poderá levar o ser humano a compreender o seu papel dentro das complexas relações do mesmo com o ambiente que o cerca.

O planejamento e gestão de bacias hidrográficas, especificamente o controle de inundações, apresentam-se intimamente relacionados à questão do consumo, visto que o mesmo causa impactos ambientais diretos e indiretos importantes, dentre os quais citam-se: desmatamento, erosão do solo, assoreamento dos corpos d'água, alterações no micro e macro-clima, alterações hidrológicas, etc. Dessa maneira, a importância do crescimento populacional e, conseqüentemente, do consumo sustentável, torna-se essencial para a construção de uma consciência holística e comunitária em nossa sociedade, a partir da qual a gestão e o planejamento adequado de nossos recursos hídricos seja uma realidade.

### 1.3.A sustentabilidade no fenômeno das inundações

Relacionando-se os fatores abordados nos itens anteriores com o fenômeno das inundações, vê-se que todos estão interagindo sobre o meio ambiente de maneira direta e indireta. Fica evidente que em qualquer época, em qualquer lugar, os problemas gerados a partir das atividades antrópicas possuem uma profunda relação com a dimensão ambiental e suas soluções dependem de um uso racional e sustentável dos recursos naturais para que os mesmos sejam preservados.

O meio ecológico regula as ações a que o homem pode exercer, visto que a base física de matéria e energia apresenta-se como limitador da ação do indivíduo. A sociedade e o meio ambiente apresentam-se como órgãos naturais, independentes do propósito humano, pois o segundo possui uma existência autônoma que precede o aparecimento do primeiro. Visto desta maneira, observa-se que o sistema econômico, uma ferramenta de controle da sociedade, pertence a um subsistema implícito no ecossistema, do qual depende como fonte de recursos e como

receptor de rejeitos das atividades antrópicas. Assim, explicita-se a dependência do sistema econômico em relação ao ambiente, sendo que o primeiro deveria submeter-se aos princípios e leis de funcionamento da natureza, os quais não admitem exceção e supremacia.

No mundo atual, a realidade explícita demonstra o descaso com que a globalização e os sistemas econômicos mundiais têm tratado o meio ambiente, de tal maneira que os recursos naturais se apresentam como inesgotáveis. A cada aumento de produção e a cada nova tecnologia, ampliam-se os horizontes do consumo e não se suavizam as degradações por parte do homem em relação aos recursos naturais, mesmo no primeiro mundo. Cita-se, por exemplo, a redução das emissões de efluentes atmosféricos proposta em diversas reuniões globais sobre meio ambiente, nas quais os países do Grupo dos Sete Países Mais Ricos do Mundo - G-7, principalmente os Estados Unidos, se recusam a diminuir a sua produção de efluentes, mesmo através da adoção de medidas de uso de tecnologias limpas, pois o custo desta redução poderia ser negativo para sua economia.

O crescimento da economia consubstanciado por um aumento de produção e por um consumo exacerbado, aumenta a desordem observada nos processos de produção de bens e serviços, pois os mesmos transformam a matéria disponível na natureza em matéria não-disponível, reclusa e degradada, perfazendo-se, desta maneira, uma sobrecarga sobre o meio ambiente e seus processos naturais de recuperação. Estes processos são cada vez mais ignorados, apesar da conscientização da sociedade em relação aos problemas ambientais, visto que os condicionantes relativos aos mesmos não se apresentam consolidados na análise dos problemas sociais. A questão ambiental aqui retratada refere-se àquela relacionada à base

biofísica, na qual se sustentam todos os processos de vida do planeta, ou seja, matéria e energia, onde se localiza a base das necessidades humanas.

Assim, não se trata apenas de uma simples perda de paisagem, da poluição atmosférica, da poluição hídrica, da destruição de ecossistemas naturais e de santuários ecológicos, que representaria a perda da essência ambiental, mas a ambigüidade da sociedade atual, na qual se necessita de crescimento para o combate à pobreza e a conseqüente sobrecarga do meio ambiente, levando à escassez econômica. Insere-se, assim, o termo desenvolvimento sustentável, o qual se propõe a procedimentos orientados pelas regras da natureza e seus procedimentos de autorregulação dos ecossistemas. Desta forma, apresenta necessidade do abandono de algumas práticas econômicas convencionais em prol de um comportamento mais equilibrado em relação aos recursos naturais.

Logo, a natureza deve ser considerada como fator condicionante às atividades antrópicas, onde se deve buscar uma máxima eficiência em sua utilização e um mínimo de perdas em seu manuseio. Assim, a sustentabilidade deve buscar a prudência ecológica calcada em um uso racional e planejado dos recursos e consubstanciada na consciência global do que somos e do que precisamos, em todas as atividades antrópicas.

Enfocando-se especificamente o nosso país, desde os anos 60, os processos de industrialização e urbanização apresentam-se acelerados e não planejados, na maioria dos casos.



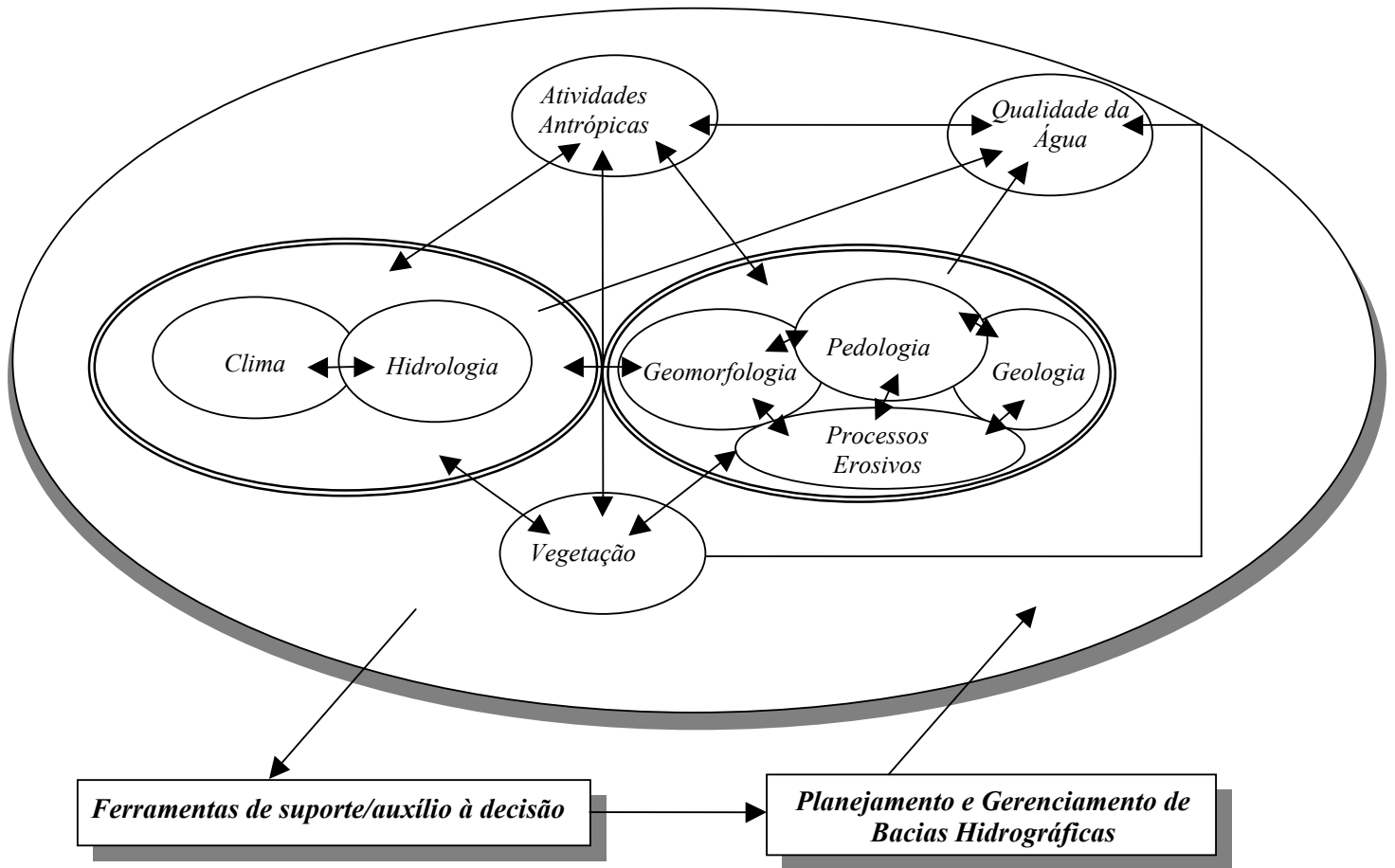


Figura 1.16 – Fatores relacionados ao Fenômeno das Inundações e o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos

Conforme se observa na figura anterior, as inter-relações existentes entre as diversas áreas do conhecimento se complementam para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, principalmente no que tange ao fenômeno das inundações.

As alterações observadas nos processos de industrialização e urbanização brasileiros têm provocado vários impactos nos fatores que regem o fenômeno das inundações.

Observa-se que estas alterações aliadas às inter-relações entre os diversos fatores relacionados ao fenômeno da inundação indicam a necessidade de

uma análise integrada dos mesmos, levando-se em conta o conceito de desenvolvimento sustentável e da interdisciplinaridade.

Analisando-se o processo de crescimento acelerado e desgovernado, no Estado de São Paulo, o mesmo contribuiu para o agravamento dos problemas ambientais. Os governos municipais apresentaram-se incapazes de acompanharem o crescimento acelerado, especialmente quando se analisa a questão do saneamento básico, pois a preocupação inicial era apenas de se prover o abastecimento de água à população.

O processo de expansão territorial, no Estado de São Paulo, se apresentou de forma dispersa e a baixas densidades. Os loteamentos mostraram-se descontínuos em relação à malha urbana, formando bolsões de especulação imobiliária entre os mesmos e a cidade, atendendo assim aos interesses do mercado imobiliário, pois os moradores de áreas loteadas pressionaram pela extensão de serviços urbanos, valorizando-se, assim, os vazios entre os loteamentos e a cidade e aumentando o custo dos serviços urbanos.

Assim, as questões relacionadas à drenagem urbana, ao uso racional do solo, à vegetação existente e sua importância e ao controle das atividades antrópicas (importantes para o fenômeno da inundação) se apresentaram relegadas a segundo plano, principalmente quando se analisa o descaso da administração pública relacionado à estes problemas e a corrupção vigente em praticamente todas as esferas do poder. Neste sentido, durante várias décadas, as palavras planejamento e gestão do ambiente nem sequer eram levadas em conta na definição das políticas públicas.

Recentemente, devido aos inúmeros problemas causados por este modelo, repensou-se a questão do ambiente e, especificamente, do fenômeno da inundação, como um problema complexo a ser enfrentado através da integração de

diversas áreas do conhecimento e de diversos profissionais, analisando suas várias interfaces, nas quais somente através do conceito de sustentabilidade pode-se alcançar o equilíbrio entre as atividades antrópicas e os fenômenos naturais.

Desta maneira, destacam-se as mais variadas conseqüências observadas deste modelo de crescimento em relação ao meio, sendo que as mesmas vão desde problemas e situações sem retorno às condições para as quais existem ações mitigadoras para a recuperação. No que tange às inundações, se apresentam os seguintes problemas, citados anteriormente direta ou indiretamente:

- Desmatamento: perda da biodiversidade, aumento da perda de solos (erosão), assoreamento dos rios e destruição das matas ciliares;
- Qualidade da água: aumento da poluição hídrica através de resíduos sólidos, resíduos industriais, nutrientes, entre outros, causando assoreamento de rios e diminuição de sua seção útil;
- Problemas sociais: aumento da pobreza, da favelização nas malhas urbanas e respectiva ocupação de áreas marginais aos cursos d'água;
- Drenagem: impermeabilização da superfície e a execução de sistemas inadequados de drenagem;
- Resíduos sólidos: deposição de resíduos em lixões e conseqüentemente nos corpos d'água;
- Clima: alterações no micro e macro-clima local e regional.

Conforme visto no início deste tópico, a sustentabilidade liga-se diretamente ao controle e planejamento dos processos antrópicos, dentre os quais a

questão econômica. Não fugindo deste escopo, o fenômeno das inundações mostra-se diretamente relacionado ao planejamento e uso dos recursos naturais de forma integrada e sustentável nos processos e atividades humanas realizadas hoje em dia.

Conclui-se, então, que a sustentabilidade ambiental quer seja no âmbito político, social e econômico, quer no ecológico, permeia pela exploração e gestão adequada dos recursos naturais, incluindo o gerenciamento das bacias hidrográficas. Enfatizando-se este escopo, o gerenciamento de bacias hidrográficas está diretamente relacionado ao planejamento e uso dos recursos naturais integrando os processos, os recursos humanos ligados à análise e solução dos problemas observados e as atividades humanas no cotidiano (Figura 1.16).

Em todo este capítulo, procurou-se explicitar os fatores relacionados às inundações e sua ocorrência, visando um maior conhecimento e aprofundamento de um fenômeno que se apresenta cada vez mais comum nas cidades. O viés econômico aliado a um modelo de crescimento não controlado e à falta de planejamento de nossas cidades se mostra como o fator preponderante da ocorrência das inundações, as quais têm exposto a pobreza de nossa população “excluída”, as doenças, à falta de preparo na manutenção e preservação de nossos recursos naturais (especialmente, os recursos hídricos) e à falta de uma prudência e consciência ecológica global, no sentido de garantir às próximas gerações um futuro melhor e equilibrado. Logo, se apresenta de fundamental importância, a visão integrada e sustentável deste fenômeno no intuito de salvaguardar o ambiente e as comunidades que dele dependem no sentido de construir a sustentabilidade neste e em outros fenômenos relacionados ao embate entre o ambiente e as atividades antrópicas.

## 2. Gestão dos Recursos Hídricos

### 2.1. Aspectos Legais e Institucionais

A Constituição Federal de 1988 previu a implantação de um Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. No intuito de atender à Constituição, promulgou-se a Lei Federal nº 9.433, de 09/01/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e, ainda, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem por objetivo assegurar a disponibilidade de água a todos, a utilização racional e integrada deste recurso e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos. Apresentam-se como seus princípios básicos: a água como bem público; a água como bem que agrega valor econômico; o uso prioritário da água: consumo humano e dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve promover o uso múltiplo da água; unidade de gestão dos recursos hídricos: bacia hidrográfica e a gestão dos recursos hídricos descentralizada com participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Para implantar a PNRH, definiram-se os seguintes instrumentos:

- Plano de Recursos Hídricos;
- Enquadramento dos corpos d'água;
- Outorga dos direitos de uso da água;
- Cobrança pelo uso da água;
- Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos.

Para coordenar a gestão das águas e assegurar a implantação da PNRH, criou-se o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o qual apresenta a seguinte estrutura (Figura 2.1):



Figura 2.1 – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

### 2.1.1. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)

Apresenta-se como o órgão máximo normativo e deliberativo com atribuições de: promover a articulação do planejamento dos recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; deliberar sobre projetos de aproveitamento de recursos; acompanhar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos; estabelecer critérios gerais para outorga de direitos de uso dos recursos e para a cobrança pelo uso da água.

O CNRH é composto por representantes dos ministérios e secretaria da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos

hídricos, por representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, por representantes dos usuários de recursos hídricos e por representantes de organizações civis de recursos hídricos. Cabe ressaltar que o número de representantes do Poder Público não poderá exceder à metade mais um do total dos membros do CNRH.

#### 2.1.2. Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos

À Secretaria Executiva do CNRH, a qual é exercida pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, compete: prestar apoio administrativo, técnico e financeiro ao CNRH.

#### 2.1.3. Agência Nacional das Águas (ANA)

Criada pela Lei nº 1617/99, a atuação da ANA obedece aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e é desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo suas principais funções:

I – supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;

II – disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;

III – coordenar a elaboração e supervisionar a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e prestar apoio, na esfera federal, à elaboração dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas;

IV – outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observado o disposto nos arts. 5º, 6º, 7º e 8º na Lei de criação da ANA;

V - fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;

VI - elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, na forma do inciso VI do art. 38 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997;

VII – estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica;

VIII – implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

IX – arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, na forma do disposto no art. 22 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997;

X – planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;

XI - promover a elaboração de estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água, de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica, em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos;



XII – definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

XIII - promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias;

XIV - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos;

XV - estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos;

XVI - prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos;

XVII - propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos o estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos.

#### 2.1.4. Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH)

Os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos são criados por legislação específica de cada Estado, sendo suas atribuições gerais:

I - discutir e aprovar propostas de projetos de lei referentes aos Planos Estaduais de Recursos Hídricos;

II - Exercer funções normativas e deliberativas relativas à formulação, implantação e acompanhamento da Política Estadual de Recursos Hídricos;

III - estabelecer critérios e normas relativas ao rateio, entre os beneficiados, dos custos das obras de uso múltiplo dos recursos hídricos ou de interesse comum ou coletivo;

IV - estabelecer diretrizes para a formulação de programas anuais e plurianuais de aplicação de recursos de Fundos de Recursos Hídricos;

V - efetuar o enquadramento de corpos d'água em classes de uso preponderante, com base nas propostas dos Comitês de Bacias Hidrográficas - CBH, compatibilizando-as em relação às repercussões interbacias e arbitrando os eventuais conflitos decorrentes;

VI - decidir, originariamente, os conflitos entre os Comitês de Bacias Hidrográficas.

Sua composição segue o mesmo padrão da Lei Federal sendo formados por:

- Secretários de Estado, ou seus representantes, cujas atividades se relacionem com o gerenciamento ou uso dos recursos hídricos, a proteção do meio ambiente, o planejamento estratégico e a gestão financeira do Estado;
- representantes dos municípios contidos nas bacias hidrográficas, eleitos entre seus pares;
- representantes de universidades, institutos de ensino superior e de pesquisa, do Ministério Público e da sociedade civil organizada.

#### 2.1.5. Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH)

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) são responsáveis por: promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia e articular a atuação das entidades intervenientes; arbitrar, em primeira instância, os conflitos

relacionados aos recursos hídricos; aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia; propor isenção de outorga para alguns casos; estabelecer os mecanismos para cobrança pelo uso da água e sugerir os valores a serem cobrados; estabelecer critérios e promover o rateio de custo de obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

O CBH é composto por representantes da União e/ou Estados (conforme o domínio do corpo d'água) e dos municípios que compõem a Bacia, por representantes de usuários de recursos hídricos e entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na Bacia. Limita-se a participação dos Poder Público (União, Estados e Municípios) à metade do total dos membros.

#### 2.1.6. Agência de Águas ou de Bacias (AA)

As Agências de Águas (AA) exercerão a função de secretaria executiva do(s) respectivo(s) Comitê(s) de Bacia(s) Hidrográfica(s), tendo a mesma área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

Sua criação deverá ser autorizada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), mediante solicitação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica das Agências de Água.

Sua criação condiciona-se ao atendimento dos seguintes requisitos:

- prévia existência do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.
- É competência das Agências das Águas, no âmbito de sua área de atuação:

- 
- manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;
  - manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;
  - efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
  - analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de recursos hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;
  - acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação;
  - gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;
  - celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;
  - elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Conselhos de Bacia Hidrográfica;
  - promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;
  - elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;
  - propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica:
    - o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes;
    - os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos;

- o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

#### 2.1.7. Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

##### **2.1.7.1. Plano de Recursos Hídricos**

Os Planos de Recursos hídricos têm por objetivo fundamentar e orientar, em longo prazo, a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Em seu conteúdo deve-se incluir: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, análises e estudos sobre a dinâmica sócio-econômica, identificação de conflitos potenciais, metas de racionalização de uso, projetos a serem implantados, diretrizes e critérios para cobrança pelo uso da água, entre outros.

Os Planos de Recursos Hídricos devem ser elaborados por bacia Hidrográfica, por Estados e para o País constituindo-se elementos da PNRH.

##### **2.1.7.2. Enquadramento dos corpos d'água**

O enquadramento dos corpos d'água tem por objetivo a qualidade dos recursos hídricos e visa: assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

As classes dos corpos d'água para enquadramento estão definidas pela Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/1986 (Quadro 2.1)

Quadro 2.1 - Resumo da Classificação das águas (segundo uso preponderante) adotada pela Resolução CONAMA nº 20

<b>Águas Doces</b>
<p><b>I – Classe Especial – Águas destinadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;</li> <li>ii. À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.</li> </ul>
<p><b>II – Classe 1 – Águas destinadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;</li> <li>ii. À proteção das comunidades aquáticas (natação, esqui aquático e mergulho);</li> <li>iii. À recreação de contato primário;</li> <li>iv. À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>v. À criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.</li> </ul>
<p><b>III – Classe 2 – Águas Destinadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ao abastecimento doméstico, após o tratamento convencional;</li> <li>ii. À proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>iii. À recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);</li> <li>iv. À irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;</li> <li>v. À criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana</li> </ul>
<p><b>IV – Classe 3 – Águas Destinadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;</li> <li>ii. à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>iii. à dessedentação de animais.</li> </ul>
<p><b>V – Classe 4 – Águas Destinadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. à navegação;</li> <li>ii. à harmonia paisagística;</li> <li>iii. aos usos menos exigentes.</li> </ul>

### 2.1.7.3. Outorga dos direitos de uso da água

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, define que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os seguintes usos de recursos hídricos:

- ✓ derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo d’água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo;
- ✓ extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- ✓ lançamento em corpos d’água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com objetivo de diluição, transporte ou disposição final;
- ✓ aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

✓ outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água.

A outorga se efetivará por ato de autoridade competente do Poder Público Federal, dos Estados ou Distrito Federal.

#### **2.1.7.4. Cobrança pelo uso da água**

Os objetivos para a cobrança pelo uso da água são:

- ✓ reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário a indicação de seu real valor;
- ✓ incentivar a racionalização do uso da água;
- ✓ obter recursos para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos.

Os usos cobrados estão pautados pelo instrumento anterior (outorga), sendo que os recursos arrecadados serão aplicados prioritariamente na Bacia Hidrográfica em que foram gerados.

#### **2.1.7.5. Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos**

Define-se como Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH), o sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão, com dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O SNIRH apresenta como objetivos:

- ✓ reunir, consistir e divulgar dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no País;
- ✓ atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;

- ✓ fornecer subsídios para os Planos de Recursos Hídricos.

## 2.2. Aspectos do Gerenciamento de Recursos Hídricos

No intuito de se implantar uma política de gestão de recursos hídricos, deve-se levar em conta um conjunto de ações que visem facilitar a análise, segundo SETTI et al (2001):

- ações de planejamento: procedimentos de escolha para a melhor alternativa que otimize a gestão desses hídricos;
- ações de inventário e de balanço dos recursos e necessidades de água: intimamente ligado ao planejamento, visam estabelecer comparação entre a água disponível e a água necessária;
- ações de elaboração, regulamentação e aplicação de leis: objetivam a criação de instrumentos legais para a adequada execução da política de gestão;
- ações de elaboração de projetos e de execução e exploração de obras: visam elencar as obras necessárias para a execução da política de gestão das águas;
- ações de incentivo econômico e de gestão financeira: visam a promoção de formas de utilização sustentável da água e assegurar sua repartição equitativa (custos e benefícios) entre os usuários;
- ações de formação de pessoal: visam a formação de técnicos necessários, nos vários níveis, para a realização de ações de gestão dos recursos hídricos;
- ações de investigação: visam promover e coordenar as investigações científicas e tecnológica para a resolução dos problemas específicos que condicionam a aplicação da gestão dos recursos hídricos;
- ações de informação: visam a coleta, sistematização e difusão de dados que interessam à gestão dos recursos hídricos, além da conscientização e participação da população envolvida.



No atual trabalho, visa-se à atuação em ações de planejamento e de investigação objetivando-se a criação de uma ferramenta de planejamento para o fenômeno das inundações, principalmente na determinação de áreas potencialmente problemáticas dando ênfase aos fatores do meio físico.

### 2.2.1. Planejamento dos Recursos Hídricos

Define-se o planejamento como um procedimento organizado que visa escolher a melhor alternativa para se alcançar um determinado objetivo ou finalidade. Assim sendo, o planejamento desenvolve-se através de uma seqüência de etapas, dentre as quais citam-se a formulação de objetivos, levantamento de dados, diagnóstico, elaboração de planos alternativos, comparação de alternativas, decisão, programação, implementação e controle.

Para o adequado cumprimento dessas etapas, faz-se necessária uma visão que integralize os níveis nacional, regional e local, além de uma visão temporal que considere o curto, o médio e o longo prazos. Cabe ressaltar que a visão nacional, regional e local deve considerar as respectivas escalas de planejamento, ou seja, o planejamento nacional deve abordar uma visão macro apresentando diretrizes gerais, o regional uma visão que contemple as necessidades de uma determinada região e o local uma visão mais centralizada nas necessidades da população local.

Assim sendo, para um planejamento eficaz, necessita-se da clara definição da política a ser aplicada em cada nível de decisão, garantindo ampla e livre troca de idéias entre todos os envolvidos nas ações de planejamento dos recursos hídricos.

Entretanto, o planejamento dos recursos hídricos (Figura 2.2) deve considerar, segundo SETTI et al.(2001), não apenas o âmbito da gestão dos recursos hídricos, mas também o planejamento do desenvolvimento econômico-social, visando

uma intervenção adequada em todos os níveis de planejamentos (global, setorial e regional), refletindo sobremaneira na política de ordenamento do território.

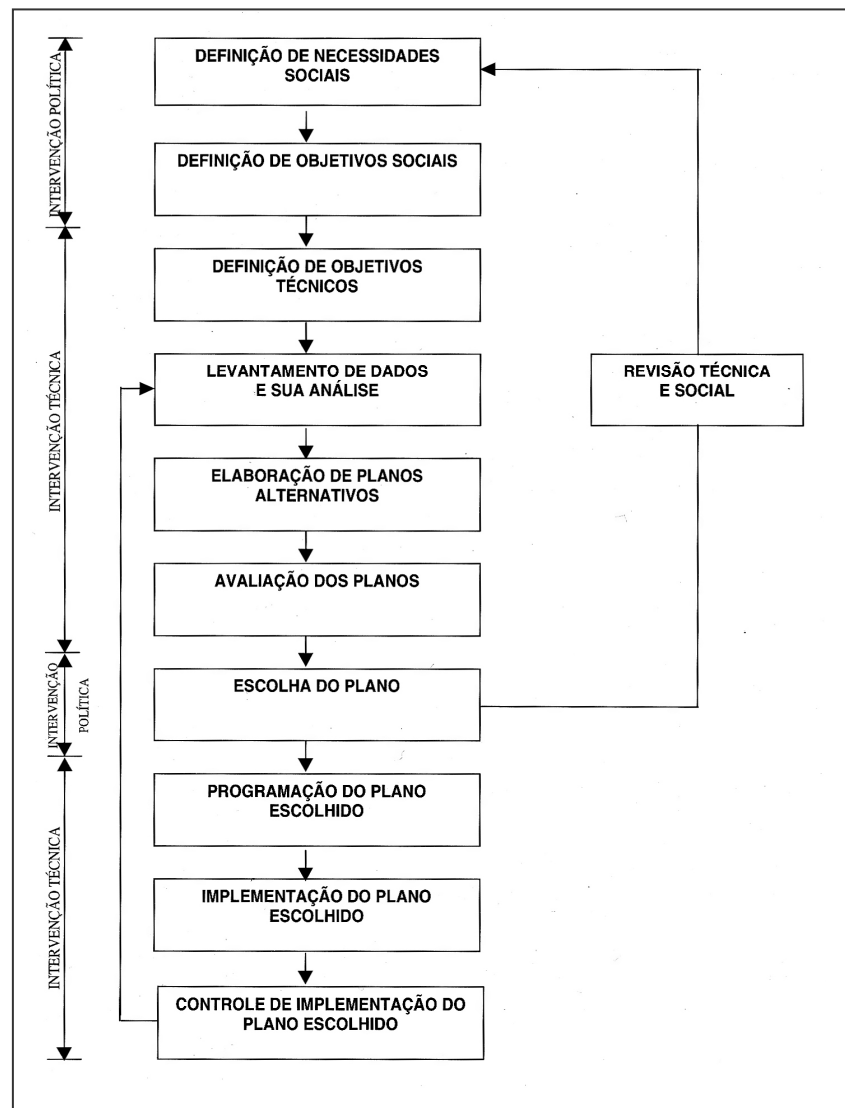


Figura 2.2 – Processo de planejamento dos recursos hídricos – Fonte: SETTI et al (2001)

Neste trabalho, foi realizado um levantamento de dados e sua análise, a qual se refere às características do meio físico, climáticas, hidrológicas, demográficas, econômicas, sociais, administrativas e outras da região, referidas no plano de recursos hídricos, segundo objetivos pré-definidos nas etapas anteriores.

Os problemas advindos da gestão dos recursos hídricos são inúmeros e se apresentam como desafios aos responsáveis por essa gestão. A devida sistematização desses problemas relacionando-os em temas e inter-relacionando-os

entre si mostra-se fundamental para assegurar a gestão racional dos recursos hídricos e, conseqüentemente, subsidiar soluções e a tomada de decisão para os mesmos. Os levantamentos de dados e análise dos mesmos devem ser multidisciplinares e coordenados por domínios científicos afins.

Para que as investigações dos problemas sejam proveitosas, faz-se necessário manter as instituições de pesquisa com atividades nos domínios científicos pertinentes aos assuntos a serem estudados. Além disso, torna-se fundamental a coordenação das diversas instituições envolvidas no sentido de repartir entre si os projetos e dados que interessam à gestão das águas, compondo, assim, uma equipe interdisciplinar e inter-instituições. O levantamento das pesquisas pertinentes realizadas nas diversas instituições apresenta-se de grande importância, pois pode representar uma economia de investimentos e de tempo na execução das investigações, visto que pode haver trabalhos relacionados ao tema já existentes nas mesmas.

Os temas de investigação podem ser classificados em pequeno, médio e longo prazo por áreas ou por ramos de conhecimento. Assim, o planejador pode realizar um direcionamento das investigações às áreas de direito, sendo facilitado a escolha adequada dos profissionais e, ao mesmo tempo, a integração entre as diversas áreas do conhecimento (condição fundamental para a gestão das águas).

### 2.3. Plano de Recursos Hídricos

Segundo Resolução nº17 de 29/05/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas, instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, deverão ser elaborados em conformidade com o disposto na Lei nº 9.433, de 1997, observados os critérios gerais estabelecidos na mesma:

- Artigo 2º – parágrafo único: “Os Planos de Recursos Hídricos deverão levar em consideração os planos, programas, projetos e demais estudos relacionados a recursos hídricos existentes na área de abrangência das respectivas bacias”.
- Artigo 6º: “Os diversos estudos elaborados, referentes ao Plano de Recursos Hídricos, serão amplamente divulgados e apresentados na forma de consultas públicas, convocadas com esta finalidade pelo Comitê de Bacia Hidrográfica ou, na inexistência deste, pela competente entidade ou órgão gestor de recursos hídricos”.
- Artigo 7º: “Os Planos de Recursos Hídricos devem estabelecer metas e indicar soluções de curto, médio e longo prazos, com horizonte de planejamento compatível com seus programas e projetos, devendo ser de caráter dinâmico, de modo a permitir a sua atualização, articulando-se com os planejamentos setoriais e regionais e definindo indicadores que permitam sua avaliação contínua, de acordo com o art. 7º da Lei 9.433, de 1997”.
- Artigo 8º: “Os Planos de Recursos Hídricos, no seu conteúdo mínimo, deverão ser constituídos por diagnósticos e prognósticos, alternativas de compatibilização, metas, estratégias, programas e projetos, contemplando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de acordo com o art. 7º da Lei 9.433, de 1997”.

Segundo a mesma resolução, na elaboração do diagnóstico e prognóstico, deverão ser observados os seguintes itens:

I - avaliação quantitativa e qualitativa da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, de forma a subsidiar o gerenciamento dos recursos hídricos, em especial

o enquadramento dos corpos de água, as prioridades para outorga de direito de uso e a definição de diretrizes e critérios para a cobrança;

II - avaliação do quadro atual e potencial de demanda hídrica da bacia, em função da análise das necessidades relativas aos diferentes usos setoriais e das perspectivas de evolução dessas demandas, estimadas com base na análise das políticas, planos ou intenções setoriais de uso, controle, conservação e proteção dos recursos hídricos;

III - avaliação ambiental e sócio-econômica da bacia, identificando e integrando os elementos básicos que permitirão a compreensão da estrutura de organização da sociedade e a identificação dos atores e segmentos setoriais estratégicos, os quais deverão ser envolvidos no processo de mobilização social para a elaboração do Plano e na gestão dos recursos hídricos.

Ainda segundo a mesma resolução, para o estabelecimento das metas, estratégias, programas e projetos, deverão ser incorporados um elenco de ações necessárias à sua implementação, visando minimizar os problemas relacionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, otimizando o seu uso múltiplo e integrado.

Segundo as diretrizes gerais apresentadas nos Termos de Referência para Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente para o item análise de processos associados à dinâmica fluvial, os estudos relacionados à quantidade dos recursos hídricos devem contemplar a análise e representação cartográfica da disponibilidade hídrica regional em termos de quantidade de água, indicando regiões de escassez hídrica ou de risco de inundações. Além disso, as áreas de risco de inundações devem ser identificadas por

meio da análise dos dados hidrológicos relativos às cheias, em conjunto com as análises de mapeamentos geomorfológicos, geológicos, pedológicos e de uso do solo.

No presente trabalho, busca-se um zoneamento conceitual da expansão das atividades antrópicas relacionado ao fenômeno da inundação com auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), levando-se em conta os mapeamentos geomorfológicos, geológicos, potencial de aporte de sedimentos, potencial de risco à erosão, potencial de escoamento superficial e de infiltração, declividade, hidrografia, os usos do solo através do tempo (1971 e 2002), legislação ambiental e o potencial de expansão urbana, visando uma comparação entre as áreas potenciais de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação relacionadas aos respectivos usos.

Acredita-se que esta ferramenta poderá auxiliar na identificação de áreas potencialmente sujeitas à inundações e direcionar os estudos específicos para as mesmas, propiciando uma redução no aporte de recursos e no tempo gasto nestes estudos.

#### 2.4. Geoprocessamento aplicado ao planejamento de recursos hídricos/ bacias hidrográficas

Introduzindo-se o assunto relacionado a este item, acredita-se de suma importância destacar a função do geoprocessamento e sua aplicabilidade nos dias atuais. O termo *geoprocessamento* denomina a disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. O uso desta tecnologia nos dias atuais apresenta-se crescente e atuante nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e

planejamento urbano e regional, incluindo o planejamento dos recursos hídricos/bacias hidrográficas.

Desta forma, as ferramentas computacionais aplicadas ao geoprocessamento, denominadas Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aplicam-se na realização de análises complexas relacionando-se dados de diversas fontes e criando bancos de dados geo-referenciados, tornando possível a automação da produção de documentos cartográficos diversos de fundamental importância para o planejamento e gestão de nossas cidades. Logo, torna-se visível o enorme potencial do geoprocessamento em um país de cunho continental como o Brasil, onde a carência e a falta de informações adequadas para o planejamento e tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, tem agravado a gestão de recursos naturais (água, solo, ar, etc.) e a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), no século atual, o desenvolvimento de mapas topográficos e temáticos apresentaram-se amplificados, devido ao uso da fotogrametria e do sensoriamento remoto em grandes áreas e ao seu elevado grau de exatidão. Além disso, o surgimento de ferramentas matemáticas e estatísticas específicas para o tratamento das informações geográficas apresentadas nos mapas em termos de análise espacial e não espacial foram de extrema importância. Estas técnicas de produção e análise aliadas ao desenvolvimento e evolução dos computadores digitais nas últimas décadas resultaram no grande impulso de sua utilização, o que possibilitou numa visão interdisciplinar relacionadas com a identificação, registro e apresentação dos fenômenos geográficos juntamente com análises de planejamento e gestão dos problemas urbanos, rurais e ambientais.

### 2.4.1. Relações espaciais entre fenômenos geográficos

Analisando-se a informação geográfica, esta se apresenta com uma natureza dual caracterizada por possuir uma localização geográfica (coordenadas) e atributos descritivos (tabelas de dados). Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), o espaço geográfico define-se em função de suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa, sendo, portanto, um espaço localizável e, conseqüentemente, passível de ser cartografado. Já a informação espacial relaciona-se a existência de objetos com propriedades, as quais incluem sua localização no espaço (espaço geográfico) e sua relação com outros objetos ou atributos caracterizados por conceitos topológicos (vizinhança, pertinência, etc.), métricos (distância) e direcionais (“ao norte de”, “acima de”, etc.).

Assim sendo, o espaço geográfico e a informação espacial relacionam-se entre si, complementando-se e resultando-se no objeto de estudo do geoprocessamento. Segundo WORBOYS (1995), estas formas de conceituação complementares resultam a uma dualidade conceitual da modelagem espacial, onde a noção absoluta de espaço geográfico acarreta na idéia de conjuntos de campos geográficos e a noção relativa de informação espacial nos leva a reconhecer o fato da existência de conjuntos de objetos geo-referenciados.

Desta feita, da distribuição dos diversos fenômenos geográficos sobre a superfície da Terra resultam-se padrões de ocupação, os quais, ao serem representados pelo geoprocessamento, consubstanciam-se pela procura da determinação e esquematização dos mecanismos implícitos e explícitos de inter-relação entre eles, assumindo assim, diferentes formas, segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996):

- *correlação espacial*: um fenômeno espacial (por exemplo, a topografia) relaciona-se com o entorno de forma tão mais intensa, quanto maior for a



proximidade de localização (informalmente, “coisas próximas são parecidas”.)

- *correlação temática*: características de uma região geográfica (por exemplo, uma bacia hidrográfica) são formadas por um conjunto de fatores. Assim, fatores como clima, vegetação, solo, relevo, formações geológicas, entre outras, podem formar uma totalidade inter-relacionada. Assim sendo, pode-se traçar pontos de correspondência entre o relevo e o solo e a vegetação e o solo de uma região;
- *correlação temporal*: a fisionomia da Terra apresenta-se em constante transformação, com ciclos variáveis para cada fenômeno. Segundo DOLFUS (1991), cada paisagem ostenta as marcas de seu passado mais ou menos remoto, apagado ou desigual, mas sempre presente;
- *correlação topológica*: apresentando-se de grande importância para a representação computacional, as relações topológicas como adjacência, pertinência e intersecção, permitem relacionar entre os objetos geográficos que são invariantes em relação à rotação, à translação e à escala.

#### 2.4.2. Descrição geral de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)

O termo SIG é utilizado para descrever sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geo-referenciados. Como mencionado anteriormente, a relação dual em relação a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos apresenta-se como uma função básica de um SIG. Assim, para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas a ele. O SIG possui três maneiras de utilização, quais sejam:

- como ferramenta para produção de mapas;

- como suporte para análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), as três visões acima apresentadas apresentam-se antes convergentes que conflitantes e demonstram a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Apresentam-se, a seguir, algumas definições de SIG feitas por vários autores:

- *“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados”.* (Aronoff, 1989)
- *“Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real”.*(Burrough, 1986)
- *“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas”.* (Cowen, 1988)
- *“Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais”* (SMITH *et al.*, 1993).

Como visto acima, as definições apresentadas demonstram claramente a multiplicidade de usos e visões possíveis para o SIG e refletem as suas perspectivas interdisciplinares de utilização. Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), as principais características de um SIG são:

1. Inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, além de imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
2. Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo de uma base de dados georreferenciados.

#### 2.4.3. Estrutura geral de um Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Analisando-se o SIG numa visão abrangente, pode-se afirmar que o mesmo possui os seguintes componentes,

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Como qualquer sistema computacional, os componentes de um SIG apresentam-se relacionados de maneira hierárquica. O nível mais próximo ao usuário denominado interface homem-máquina define a operação e o controle do sistema. Num nível intermediário, apresentam-se os mecanismos de dados especiais caracterizados por entrada, edição, análise, visualização e saída de informações. Já no nível mais interno do sistema, têm-se um sistema de gerenciamento de bancos de dados geográficos, o qual oferece o armazenamento e a recuperação dos dados espaciais e seus atributos. A ligação entre os dados geográficos, seus atributos e as

funções de processamento de um SIG faz-se através de mecanismos de seleção e consulta escolhidos pelo usuário que definem as restrições sobre o conjunto de dados. Pode-se ter seleções e consultas com restrições por definição de área de interesse (“recupere dados relativos à Bacia do Rio Pardo”), por atributos não-espaciais (“recupere as cidades com tratamento de esgoto na região da Bacia do Rio Mogi-Guaçu”) e com restrições espaciais (“mostre os pontos de amostragem de qualidade da água num raio de 15 km do município de Ribeirão Preto”). Na Figura 2.3, mostrada a seguir, demonstra-se a relação entre os principais componentes ou subsistemas de um SIG, sendo que cada sistema, com suas funções e necessidades específicas, implementa cada componente de maneira distinta, sem contudo não se apresentarem fundamentais para o funcionamento de um SIG.

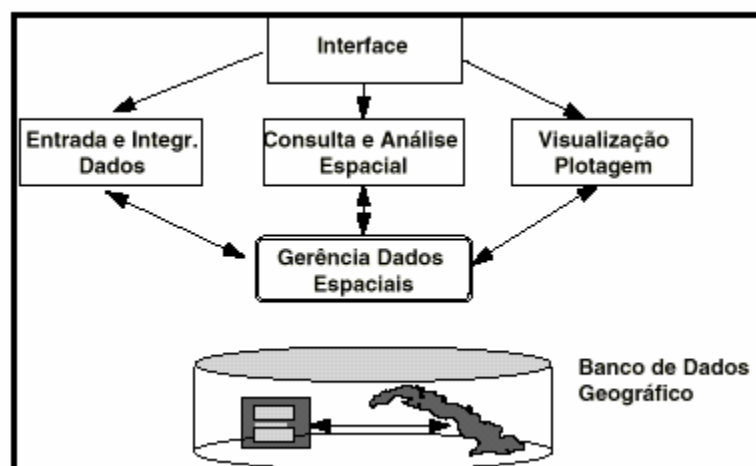


Figura 2.3 – Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

#### 2.4.4. Análise espacial em um SIG

Define-se um SIG como uma ferramenta computacional capaz de fornecer diferentes análises sobre as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e suas respectivas inter-relações associadas entre os diferentes fenômenos atuantes, observa-se que esta definição se apresenta como sua principal função em relação aos problemas urbanos, rurais e ambientais.

Tomando-se como exemplo uma bacia hidrográfica para fins de planejamento em relação aos seus recursos hídricos, especificamente o fenômeno das inundações, se coloca necessário escolher variáveis explicativas (por exemplo, o uso do solo, a vegetação, a geomorfologia, a hidrologia, a demografia, entre outros.) para delimitar qual a contribuição relativa a cada variável para a obtenção de uma carta resultante (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Exemplos de Análise Espacial

<i>Análise</i>	<i>Pergunta Geral</i>	<i>Exemplo</i>
Condição	“O que está..?”	“Qual a população desta cidade?”
Localização	“Onde está..?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20%?”
Tendência	“O que mudou..?”	“Esta terra era ocupada há 5 anos atrás?”
Roteamento	“Por onde ir..?”	“Qual o melhor caminho para se implantar ruas marginais levando-se em consideração a mancha inundável?”
Padrões	“Qual o padrão..?”	“Qual o uso do solo preponderante na Bacia Hidrográfica?”
Modelos	“O que acontece se..?”	“Qual o impacto do uso e ocupação do solo sobre o fenômeno das inundações?”

Fonte: Adaptado de MAGUIRE, 1991.

Como exemplo real para explicar os conceitos acima se cita: em 1854, Londres estava sendo assolada por uma grave epidemia de cólera, doença sobre a qual, na época, não se conhecia a sua epidemiologia e sua forma de contágio. Numa situação caótica onde já haviam ocorrido mais de 500 mortes, o Doutor John Snow teve uma idéia: colocar no mapa (Figura 2.4) da cidade a localização dos doentes de cólera e dos poços de água (naquele tempo, a fonte principal de água dos habitantes de Londres).

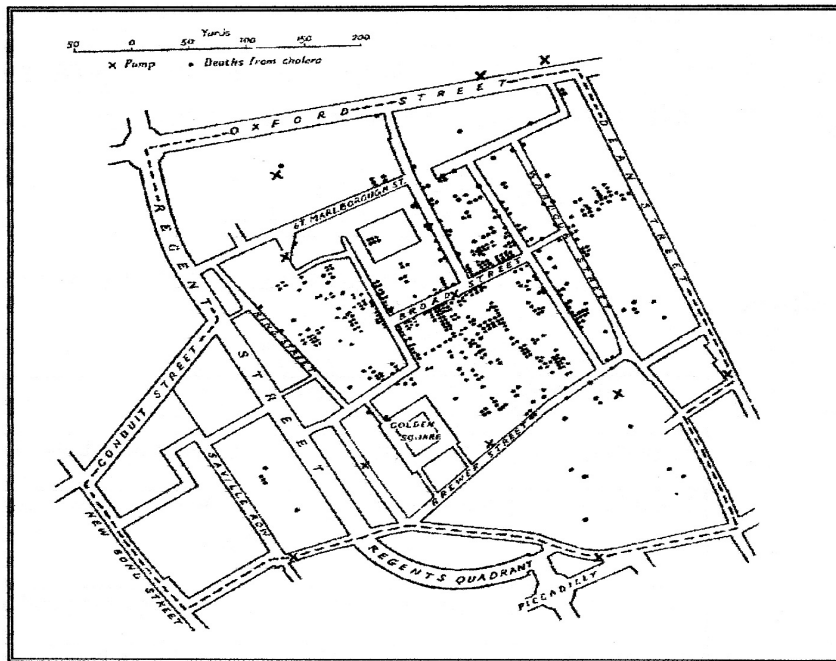


Figura 2.4 – Mapa de Londres com casos de cólera (pontos) e poços de água (cruzes)  
Fonte: adaptado de TUFTE (1983)

Com a espacialização dos dados, o Dr. Snow percebeu que a maioria dos casos estava concentrada em torno do poço da “Broad Street” e ordenou a sua lacração, o que contribuiu grandemente para dominar a epidemia. Assim, forneceu-se a evidência empírica para a hipótese, a qual foi comprovada posteriormente, de que o cólera está intimamente ligado à ingestão de água contaminada. Este exemplo serve para demonstrar que a relação espacial entre os dados dificilmente seria inferida pela simples listagem dos casos de cólera e dos poços, evidenciando-se o poder explicativo da análise espacial.

#### 2.4.5. Tipos de dados em Geoprocessamento

- *Mapas Temáticos:* descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geo-referenciada, expressa de forma qualitativa e quantitativa, como os mapas de pedologia, susceptibilidade à erosão, entre outros, de uma região ou bacia hidrográfica (Figura 2.5).

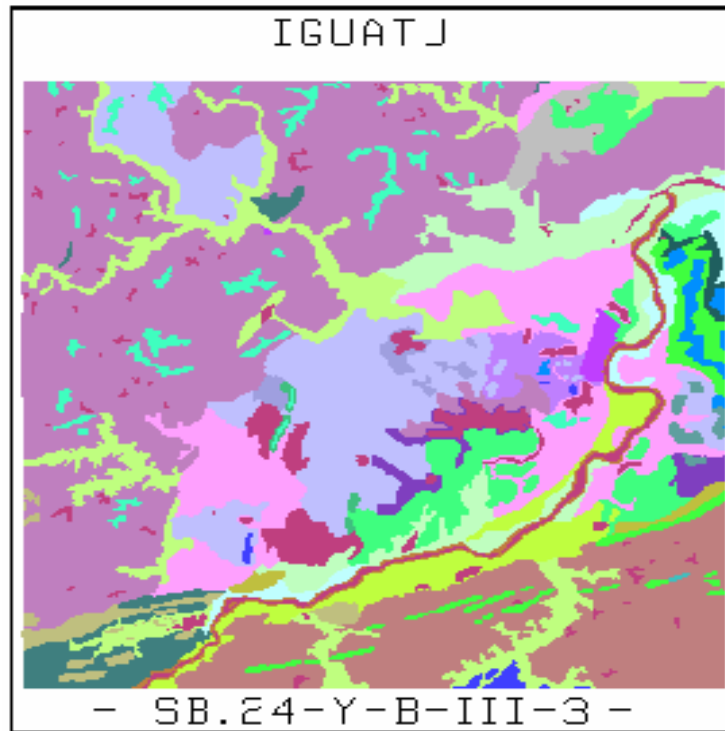


Figura 2.5 – Exemplo de um mapa de pedologia inserido em um SIG através de digitalização manual, a partir do mapa resultante do Reconhecimento Detalhado dos Solos da Região de Inhamuns-Salgado / CE - Fonte: SUDEC (1980)

- *Redes*: informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone, redes de drenagem (bacias hidrográficas) e rodovias. No caso de redes, cada objeto do mundo real (cabo telefônico, tubulação de água e esgoto, etc.) possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributos descritivos presentes em um banco de dados. Além disso, suas informações gráficas encontram-se armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó onde os atributos de arcos incluem um sentido de fluxo e os atributos de nós sua impedância (custo de percorrimento). A topologia de redes constitui num grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas (Figura 2.6). As redes se apresentam

distintas de outros tipos de dados, pois são o resultado direto da intervenção do homem sobre o meio ambiente, sendo de grande importância a sua relação com os banco de dados, visto que os mesmos possuem dados espaciais com formatos relativamente simples e de grande aplicação. Logo, um sistema de modelagem de redes só apresentará utilidade, caso o mesmo seja devidamente adaptado às necessidades, ou seja, os sistemas devem ser maleáveis e versáteis (CÂMARA & MEDEIROS; GOODCHILD, 1992).

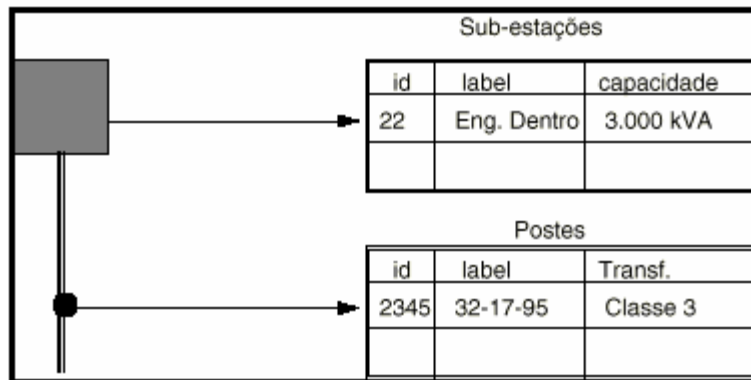


Figura 2.6 – Elementos de uma rede – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

- *Mapas Cadastrais:* distinguem-se dos mapas temáticos devido a cada um de seus elementos serem um objeto geográfico, o qual possui atributos que podem estar associados a várias representações gráficas (por exemplo, os lotes de uma cidade que possuem dono, localização, zonas, valor venal, IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) devido, etc., e podem ter representações gráficas distintas em mapas de escalas diferentes.) (Figura 2.7).



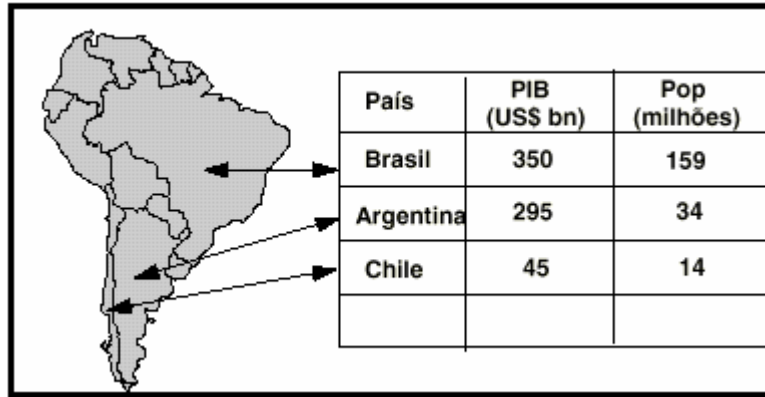


Figura 2.7 – Mapa cadastral da América do Sul com atributos não-gráficos (PIB e população) –  
Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

- *Imagens*: geralmente obtidas por satélites, fotografias aéreas, as imagens apresentam-se como formas indiretas de captura da informação espacial. São armazenadas como matrizes, onde cada elemento de imagem (pixel) tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área de superfície terrestre estudada (Figura 2.8). Devido ao seu processo de aquisição, necessita-se de técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizar cada objeto geográfico contido na imagem. Como características importantes de imagens de satélite têm-se: o número e a largura de bandas do espectro eletromagnético imageadas (resolução espectral), a menor área da superfície terrestre observada instantaneamente por cada sensor (resolução espacial), o nível de quantização registrado pelo sistema sensor (resolução radiométrica) e o intervalo entre duas passagens do satélite pelo mesmo ponto (resolução temporal) (Quadro 2.3).

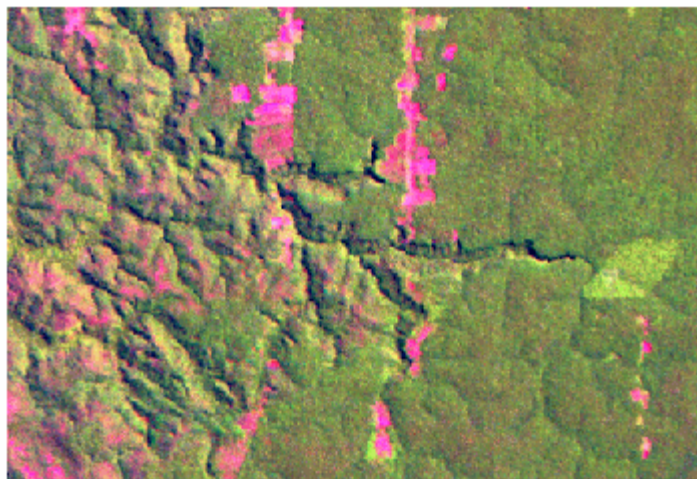


Figura 2.8 – Composição colorida falsa cor das bandas 3 (associada ao azul), 4 (associada ao verde) e 5 (associada ao vermelho) do satélite TM-Landsat – Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

Quadro 2.3 - características de satélites recebidos no Brasil

Satélite (família)	Instrumento	Resolução Espectral	Resolução espacial	Resolução radiométrica	Resolução temporal
LANDSAT	MSS	B1: 0,5-0,6 $\mu\text{m}$ B2: 0,6-0,7 $\mu\text{m}$ B3: 0,7-0,8 $\mu\text{m}$ B4: 0,8-1,1 $\mu\text{m}$	80 m	64 níveis (6 bits)	18 dias
	TM	TM1: 0,45-0,52 $\mu\text{m}$ TM2: 0,52-0,60 $\mu\text{m}$ TM3: 0,63-0,69 $\mu\text{m}$ TM4: 0,76-0,90 $\mu\text{m}$ TM5: 1,55-1,75 $\mu\text{m}$ TM6: 10,4-12,5 $\mu\text{m}$ TM7: 2,08-2,55 $\mu\text{m}$	30 m 120 m (TM6)	256 níveis (8 bits)	16 dias
SPOT	XS	XS1: 0,52-0,60 $\mu\text{m}$ XS2: 0,61-0,69 $\mu\text{m}$ XS3:	20 m	256 níveis (8 bits)	27 dias
	PAN	PAN:	10 m		

Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

- *Modelo Numérico de Terreno (MNT)*: representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. O MNT apresenta-se comumente associado à altimetria e a modelação de grandezas geoquímicas, como propriedades de solo, teor de minerais, etc. Segundo BURROUGH (1986), se aplica o MNT em: armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos; análises de corte e aterro para

projetos de estradas e barragens; cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análises de geomorfologia e erodibilidade; análise de variáveis geofísicas e geoquímicas; apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis). Segundo PETTINATI (1983), a criação de um modelo matemático de um terreno ou superfície compõe-se no agrupamento de amostras (x, y, z) que descrevam a superfície real, visando que todo o conjunto simule de maneira ideal o comportamento da superfície original.

#### 2.4.6. Representação computacional de mapas

Para apresentarem-se mapas em computadores, utilizam-se duas grandes classes de representações: vetoriais e matriciais. A representação vetorial caracteriza-se por tentar reproduzir um elemento ou objeto o mais próximo possível da realidade, parecendo a representação mais correta por se aproximar mais da linguagem convencional do desenho, baseado em linhas. Entretanto, Tomlin (1990) apud MOURA (2003) argumenta que essas linhas são generalizações cartográficas que têm sua correção geométrica limitada a diversos fatores, tais como escala, processos de interpolação, entre outras. Cada entidade ou elemento gráfico de um mapa reduz-se a três formas básicas: pontos, linhas e áreas ou polígonos. Já a representação matricial ou raster, caracteriza-se por trabalhar com uma superfície discretizada sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento a ser representado. TEIXEIRA *et al.* apud MOURA (2003) mostram que “... ocorre um processo de generalização onde os vários elementos podem constituir uma quadrícula deixam de ser individualizados”. Atribui-se a cada célula um diferente código referente ao atributo estudado, viabilizando-se a identificação de cada elemento ou objeto

precisamente. A aceitação de qual representação de pretende usar se apresenta intimamente ligada aos objetivos da utilização dos dados espaciais. A questão relevante sobre qual método se deve escolher para se estruturar os dados se encontra na capacidade de armazenamento das informações (MOURA, 2003).

Ressalta-se que as representações acima descritas se associam aos tipos de dados mencionados anteriormente (mapas temáticos, mapas cadastrais, imagens, etc.) da seguinte forma, segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996):

- Mapas temáticos: representam-se tanto da forma matricial como da forma vetorial;
- Mapas cadastrais: sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia arco-nó-polígono e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados;
- Redes: sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia arco-nó e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados;
- Imagens de sensoriamento remoto: armazenam-se em representação matricial ou reaster;
- Modelos numéricos do terreno: podem ser armazenados em grades regulares (representação matricial ou raster), grades triangulares (representação vetorial com topologia arco-nó) ou isolinhas (representação vetorial sem topologia).

#### **2.4.6.1. Representação matricial**

A representação matricial ou raster apresenta-se suposta na representação do espaço como uma superfície plana, na qual cada célula está

associada a uma porção do terreno. O espaço propõe-se através de uma matriz  $P(m,n)$ , onde  $m$  é o número de colunas e  $n$  o número de linhas, na qual cada célula possui um elemento de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado, sendo cada célula acessada por essas coordenadas  $(m, n)$ .

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), a resolução do sistema ou sua precisão é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno (Figura 2.9).

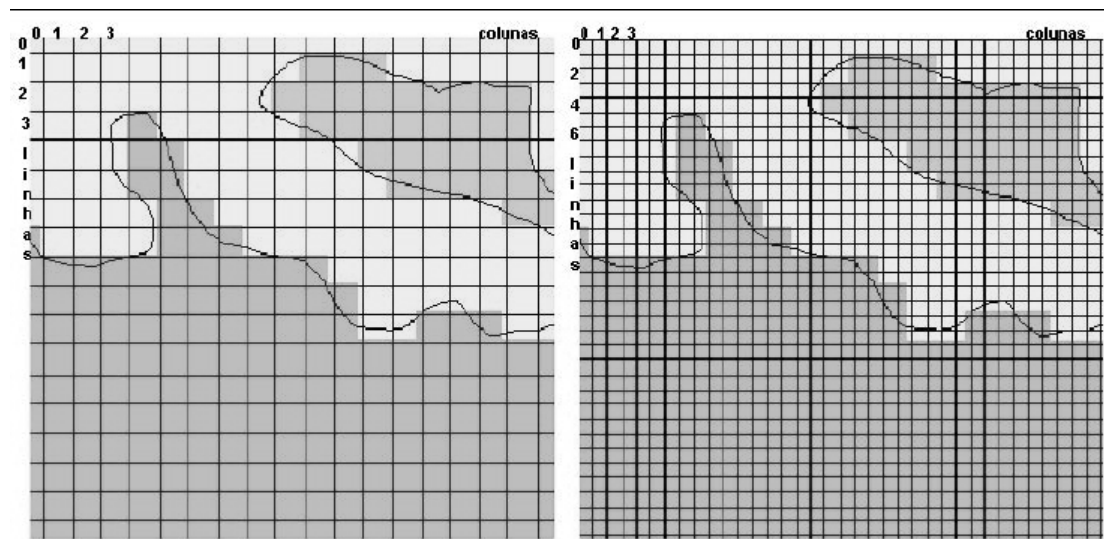


Figura 2.9 – Diferentes representações matriciais para um mapa: mapa da esquerda possui resolução quatro vezes menor que o da direita - Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

### 2.4.6.2. Representação vetorial

A representação vetorial apresenta-se consubstanciada em três elementos gráficos: ponto, linha e área (polígono), ressaltando-se a importância da topologia na concepção de um SIG, pois a topologia define as relações variantes a rotação, translação e escala entre as entidades gráficas existentes no mapa, como adjacência, proximidade e pertinência.

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), os pontos caracterizam-se por todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente localizadas por um único

par de coordenadas X e Y, sendo também possível, além das coordenadas, o arquivamento de outros dados não-espaciais (atributos) que indicam a qual tipo de ponto está se referenciando. As linhas, arcos ou elementos lineares caracterizam-se por um conjunto de pontos conectados, onde se deve armazenar a informação que indique qual tipo de linha se está fazendo referência, ou seja, o seu atributo associado. Por fim, as áreas ou polígonos representam-se pela lista de linhas que as compõem.

#### 2.4.6.2.1. Topologia Arco-Nó

Esta tipologia baseia-se na representação vetorial associada a uma rede linear conectada, sendo que um nó pode ser definido como o ponto de intersecção entre duas ou mais linhas, correspondente ao ponto inicial ou final de cada linha. Observa-se que nenhuma linha pode estar desconectada das demais para que a tipologia seja totalmente definida. Considera-se de grande importância o conhecimento das relações topológicas entre as linhas no caso das redes (Figura 2.10).

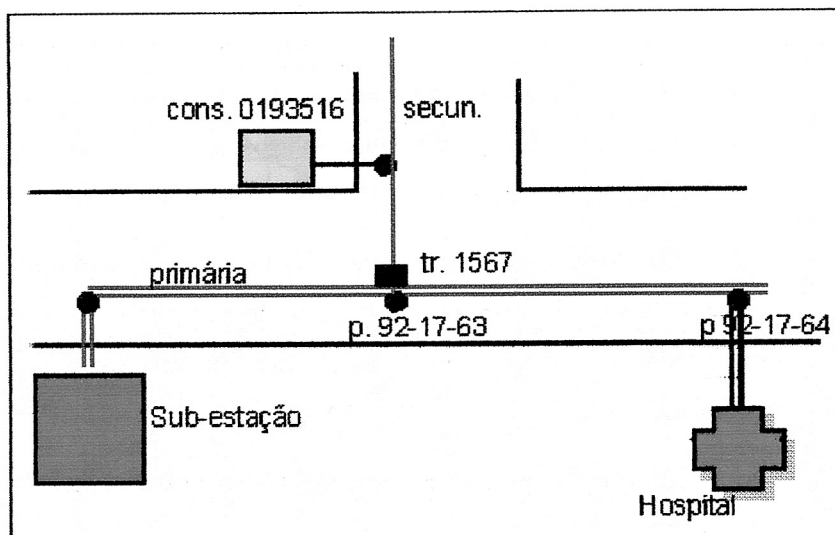
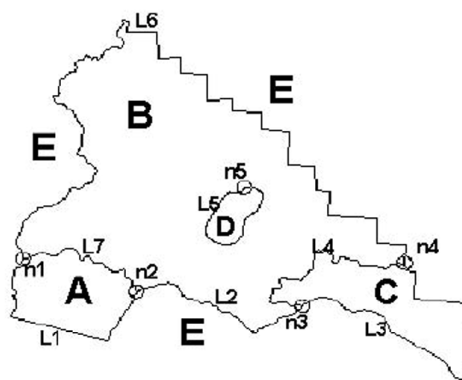


Figura 2.10 – Exemplo de topologia arco-nó: parte de rede de distribuição elétrica e seus diversos componentes (sub-estação, rede, poste, transformador e consumidor)

Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

### 2.4.6.2.2. Topologia Arco-Nó-Polígono

Utiliza-se esta topologia, quando se quer representar elementos gráficos do tipo áreas. Objetiva-se, utilizando esta topologia, descrever as propriedades topológicas de áreas de maneira tal que os atributos não-espaciais associados aos elementos ou entidades poligonais possam ser manipulados da mesma forma que os elementos correspondentes em um mapa temático analógico. Logo, faz-se necessário o armazenamento de informações referentes aos elementos vizinhos da mesma forma que na estrutura de redes deviam ser definidas as ligações entre linhas (CÂMARA & MEDEIROS) (Figura 2.11).



TOPOLOGIA DOS NÓS		TOPOLOGIA DAS LINHAS					TOPOLOGIA DOS POLÍGONOS	
NÓ	LINHAS	LINHAS	NÓ INICIAL	NÓ FINAL	POLÍGONO. ESQUERDO	POLÍGONO DIREITO	LINHAS	POLÍGONO
n1	L1, L7, L6	L1	n1	n2	E	B	L1, L7	A
n2	L1, L2, L7	L2	n2	n3	E	B	L2, L4, L6, L7	B
n3	L2, L3, L4	L3	n3	n4	E	C	L4, L3	C
n4	L3, L4, L6	L4	n3	n4	B	C	L5	D
n5	L5	L5	n5	n5	B	D		
		L6	n4	n1	B	E		
		L7	n1	n2	A	B		

Figura 2.11 – Estrutura topológica do tipo arco-nó-polígono  
 Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

### 2.4.6.3. Comparação entre mapas temáticos

Conforme mencionado anteriormente, os mapas temáticos admitem tanto a representação vetorial quanto a matricial, sendo necessário, dessa maneira, compará-los em relação às vantagens e desvantagens do armazenamento matricial e

vetorial. Para esta comparação consideraram-se vários aspectos: relacionamentos espaciais, análise e armazenamento (Figura 2.12 e Quadro 2.4).

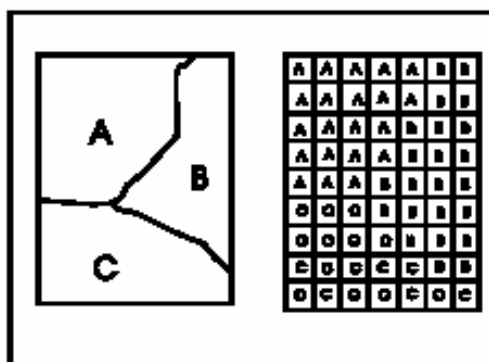


Figura 2.12 – Representação vetorial e matricial de um mapa temático  
 Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

Quadro 2.4 – Comparação entre representações para mapas temáticos

Aspecto	Representação Vetorial	Representação Matricial
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas a classes do mapa
Análise, Simulação e Modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos Álgebra de mapas é limitada	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para pequenas escalas (1:25.000 e menores)
Algoritmos	Problemas com erros geográficos	Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes

Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

#### 2.4.6.4. Representações de modelos numéricos de terreno

- *Grade regular*: apresenta-se como uma representação matricial ou vetorial onde cada elemento da matriz associa-se a um valor numérico. Para a geração da grade torna-se essencial estimar, através de processos matemáticos de interpolação, os valores para as células que não apresentam medidas de elevação, considerando-se a vizinhança das medidas de elevação conhecidas (Figura 2.13).



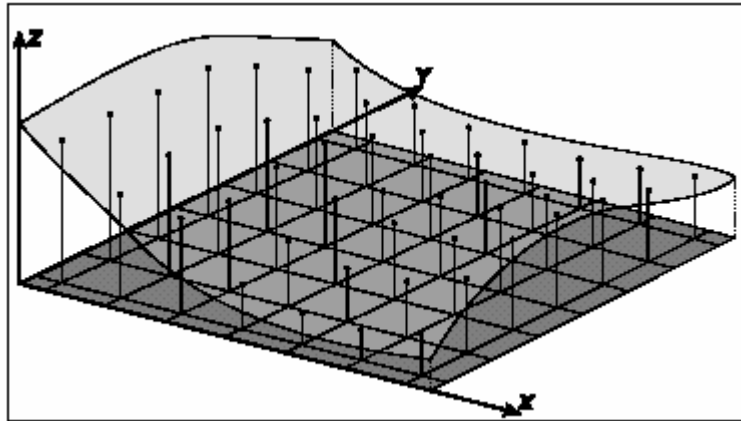


Figura 2.13 – Superfície e grade regular correspondente  
Fonte: NAMIKAWA (1995)

- *Grade triangular*: segundo CRUZ & PINA (1999) apud ROCHA (2000), são estruturas do tipo vetorial, compostas por arcos (arestas) e nós (vértices), que representam a superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Para cada um dos vértices dos triângulos são armazenadas as coordenadas de localização ( $x, y$ ) e o atributo ( $z$ ), representando um valor temático qualquer. Quanto mais equiláteras forem as faces triangulares, maior a exatidão com que se descreve a superfície. Utilizam-se interpoladores para determinar o valor de elevação em qualquer ponto da superfície (Figura 2.14).

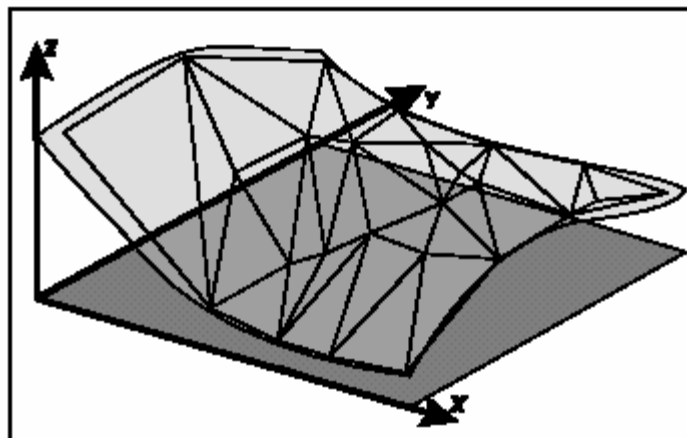


Figura 2.14 – Superfície e malha triangular correspondente

Fonte: NAMIKAWA (1995)

#### 2.4.6.5. Comparação entre representações de MNT

Segundo ROCHA (2000), as grades regulares se mostram mais indicadas para variáveis geofísicas, principalmente pela facilidade de manuseio computacional. Devido ao fato de serem discretizadas regularmente, representam melhor as superfícies para visualização em três dimensões.

Já as grades triangulares se mostram melhores para representação de variações no terreno, pois capturam as suas características através de suas linhas de estrutura (cumeadas, talvegues), linhas de quebra ou breaklines (estradas, muros) e áreas planas (superfícies de lagos, planícies). Os MNT's podem ser convertidos para mapas temáticos e para imagens, sendo que, em ambos os casos, a grandeza numérica é quantizada, seja para um pequeno número de valores (mapas temáticos), seja para a variação associada a imagens (valores discretos) (ROCHA, 2000) (Quadro 2.5).

Quadro 2.5 – Comparação entre grades regulares e triangulares para representar modelos numéricos de terreno

	<b>Grade Triangular</b>	<b>Grade Regular</b>
<i>Vantagens</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melhor representação de relevo complexo</li> <li>2. Incorporação de restrições como linhas de crista</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Facilita manuseio e conversão</li> <li>2. Adequada para geofísica e visualização 3D</li> </ol>
<i>Problemas</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Complexidade de manuseio</li> <li>2. Inadequada para visualização 3D</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Representação de relevo complexo</li> <li>2. Cálculo da declividade</li> </ol>

Fonte: CÂMARA & MEDEIROS (1996)

#### 2.4.7. Representações computacionais de atributos não-espaciais

Entende-se por atributo não-espacial é qualquer informação descritiva (nomes, números, Quadros e textos) que se relaciona a um único objeto, elemento, entidade gráfica ou um conjunto deles, a qual caracteriza um dado fenômeno geográfico (CÂMARA & MEDEIROS,1996).

Atualmente, os atributos não-espaciais relacionam-se com sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD), os quais apresentam um sistema de banco de dados independente do sistema aplicativo que armazenam dados em arquivos no disco rígido e carregando-os na memória para sua utilização. Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), o SGBD assegura três requisitos fundamentais na operação de dados: integridade (controle de acesso), eficiência (acesso e modificações de um grande volume de dados) e persistência (manutenção de dados por grande tempo).

Ainda segundo os mesmos autores, a organização de bancos de dados geográficos mais utilizada na prática atual chama-se estratégia dual. Um SIG que implementa-se com a referida estratégia, utiliza-se de um SGBD relacional para armazenar atributos de objetos geográficos (Quadros) e arquivos destinados a guardar as suas respectivas representações geométricas. No SGBD relacional, os dados são armazenados na forma de quadros onde as linhas correspondem aos dados e as colunas aos atributos. A cada entrada de um atributo não-espacial através de um

SGBD relacional, cada entidade gráfica inserida no sistema compõe-se de um único identificador ou rótulo, através do qual se faz uma ligação lógica com seus atributos não-espaciais armazenados no SGBD (Figura 2.15).

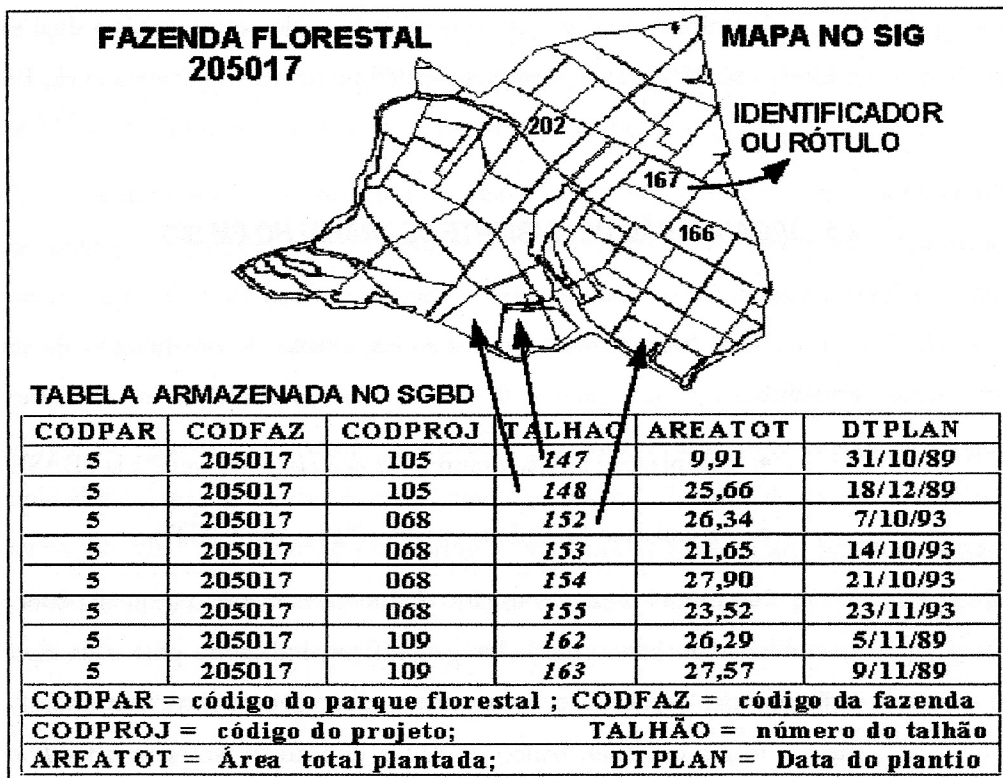


Figura 2.15 – Estratégia dual para bancos de dados geográficos  
 Fonte: CÂMARA E MEDEIROS (1996)

Apresenta-se como principal virtude da estratégia dual poder utilizar-se dos SGBD's relacionais encontrados no mercado, sendo que, não obstante, as representações geométricas apresentam-se fora do controle dos SBGD's, o que dificulta a solução de questões de otimização dos SIG's nos aspectos de consulta, gerência, integridade e concorrência. Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), tais problemas resolvem-se apenas com implementação sofisticada de camadas superiores da arquitetura genérica, as quais devem operar coordenadamente com o SGBD convencional. Citam-se como exemplos de SIG's comerciais baseados na estratégia dual: ARC/INFO, MGE e o SPRING.

#### 2.4.8. Sistemas de Informações Geográficas e suas aplicações ambientais

Os sistemas de informações geográficas apresentam-se, numa visão mais abrangente, aplicáveis em atividades metodológicas em questões ambientais de geoprocessamento, as quais são:

- Mapeamento;
- Zoneamento ou regionalização;
- Modelagem

##### 2.4.8.1. Mapeamento

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), entende-se por mapeamento a atividade primária de produção de dados em geoprocessamento, da qual se deriva mapas temáticos ou cadastrais advindos de levantamentos. Tais levantamentos podem caracterizar-se por técnicas de levantamento de campo, interpretação de imagens de sensoriamento remoto e reclassificação de informações existentes em um banco de dados geográficos (BDG). Objetiva-se com essas técnicas a obtenção de um único tema a ser gerado, sem a necessidade de uma análise integrada entre diferentes tipos de dados, ou seja, a metodologia restringe-se, num âmbito geral, a determinar quais valores da classe de dados temáticos estudadas são possíveis de realizar o levantamento de campo ou de interpretação de imagens e de inserir a informação em um BDG.

- *Levantamento de campo*: o levantamento de campo, para obter-se um mapa temático, deve consubstanciar-se de alguns procedimentos básicos: procedimentos de amostragem, mapeamento cartográfico básico, utilização de imagens de satélites (se possível, para apoiar a inferência direta ou indireta

da informação) e informações bibliográficas disponíveis.

- *Interpretação de imagens de sensoriamento remoto*: apresenta-se como fonte atualizada de informações para produção de novos mapas devido a sua temporalidade e baixo custo. Caracteriza-se por apresentar grande importância no auxílio da determinação do uso e ocupação do solo, consubstanciada pelos processos econômicos e sociais relacionados às atividades antrópicas. O processo de interpretação de uma imagem de satélite constitui-se em particionar o espaço de atributos em regiões (classificação), onde cada uma delas corresponde a uma parte desse espaço. Os classificadores dividem-se em duas categorias: quanto ao modo de classificação e quanto ao procedimento. O modo de classificação baseia-se em processamento ponto-a-ponto ou em processamento por regiões, na qual se faz necessário à execução preliminar de um procedimento que permite a geração de partições homogêneas na imagem (segmentação).

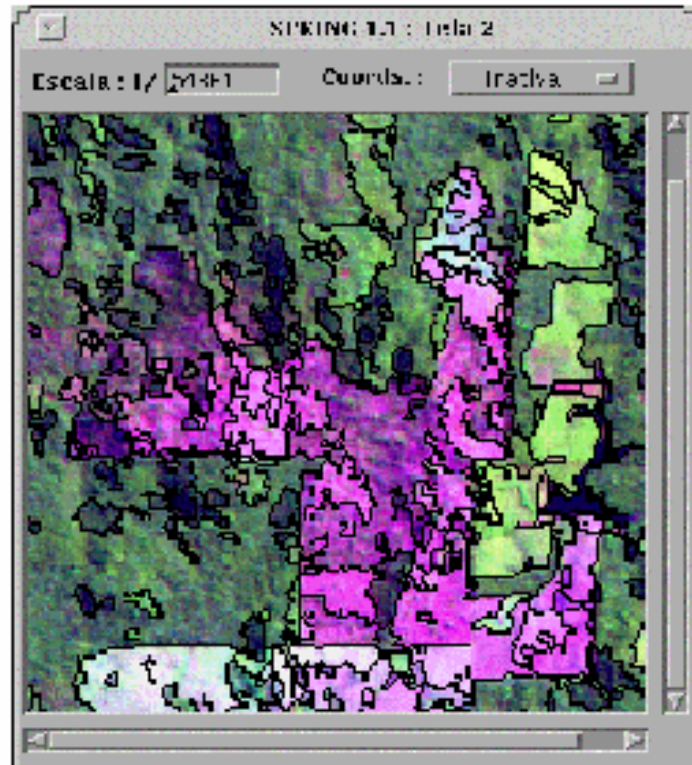


Figura 2.16 – Exemplo de segmentação de imagens do satélite TM / LANDSAT  
Fonte: CÂMARA E MEDEIROS (1996)

- *Reclassificação por atributos*: processo no qual se parte de um banco de dados geográficos constituídos por mapas cadastrais caracterizados por geo-objetos (dos quais são conhecidos os atributos descritivos e a representação espacial), no qual se escolhe um atributo para obter um mapa temático resultante. A operação de reclassificação por atributos apresenta-se como um importante ponto do geoprocessamento, caracterizado por informações cadastrais armazenadas de forma integrada e por atributos descritivos guardados em um banco de dados tradicional, resultando-se, assim, em uma grande quantidade de mapas distintos gerados a partir de uma mesma informação básica.

### 2.4.8.2. Regionalização

Denomina-se regionalização ou zoneamento, o processo de obtenção de unidades homogêneas ou territoriais básicas, baseadas em procedimentos analíticos disponíveis em um SIG. Através desse processo, produzem-se indicadores de planejamento ambiental necessários à gestão de áreas urbanas e rurais.

A região geográfica caracteriza-se por um particionamento do espaço geográfico em unidades com características homogêneas, a partir do ponto de vista do estudo a ser realizado.

O processo de zoneamento baseia-se em uma escala de trabalho, como por exemplo, uma bacia hidrográfica, e, a seguir, de uma definição de paisagem. Conforme ROSS (1993), através do levantamento de dados particulares a cada unidade de paisagem presente, levando-se em conta o ponto de vista biofísico (geologia, geomorfologia, cobertura vegetal e clima) e sócio-econômico (uso do solo), pode-se obter um único mapa cadastral. Os critérios necessários para realizar o zoneamento baseiam-se exclusivamente nas características do produto desejado. Para cada produto desejado necessita-se a identificação das variáveis explicativas, através das quais consegue-se distinguir com detalhe cada diferente unidade homogênea e localizá-la no espaço geográfico de maneira satisfatória.

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), liga-se a noção de variável explicativa ao procedimento de obtenção da carta final. Assim para utilizar-se de um SIG para o zoneamento, necessita-se de:

- Mapas temáticos básicos para a região de estudo;
- Procedimentos automatizados para obtenção, a partir de mapas temáticos, um mapa cadastral com as regiões de interesse.



Salienta-se que essa pesquisa se mostra multitemática, sendo necessário a manipulação simultânea de vários mapas gerando problemas de propagação de erros e de interpretação dos resultados finais. Para a minimização desses problemas, recomenda-se, segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), a seleção de variáveis mais relevantes para o estudo em questão e um levantamento minucioso para garantir a veracidade dos dados coletados.

### **2.4.8.3. Modelagem**

Define-se modelagem como uma representação da realidade usada para simular um processo, entender uma situação, prever um resultado ou analisar um problema através de modelos matemáticos. Esses métodos de análise utilizados em procedimentos de mapeamento e zoneamento caracterizam-se por operações que calculam os relacionamentos entre geo-objetos e geo-campos, enfocando-se as visões estáticas da realidade geográfica. Desta forma, observa-se que esses métodos apresentam-se mais adequados a descrever padrões estáticos do que representar processos de evolução dinâmica.

Para que se apresente possível à utilização do SIG como uma ferramenta de apoio à modelagem de processos, necessita-se de modelos de simulação numérica que descrevam os processos a serem estudados e a integração dos mesmos a ferramentas de manuseio, recuperação e apresentação de dados espaciais. Essa junção de modelos e de ferramentas de estatística espacial se mostra como uma necessidade fundamental no intuito de superar as dificuldades apresentadas pelos métodos de análise da atual geração de SIGs.

## 2.5. Ferramentas de Auxílio à Decisão

Os fatores que interferem no fenômeno das inundações abordados neste capítulo apresentam-se fundamentais para subsidiar modelos de suporte para tomada de decisões, principalmente para o planejamento e gerenciamento das bacias hidrográficas brasileiras.

Vários modelos de suporte à decisão vêm sendo criados para subsidiar o gerenciamento integrado de bacias hidrográficas. Cabe salientar que os modelos de suporte a decisão apresentam-se como ferramentas para auxiliar decisões e não como instrumentos para resolução de problemas.

A seguir apresenta-se um exemplo de delineamento de sistema de suporte à decisão em recursos hídricos/bacias hidrográficas:

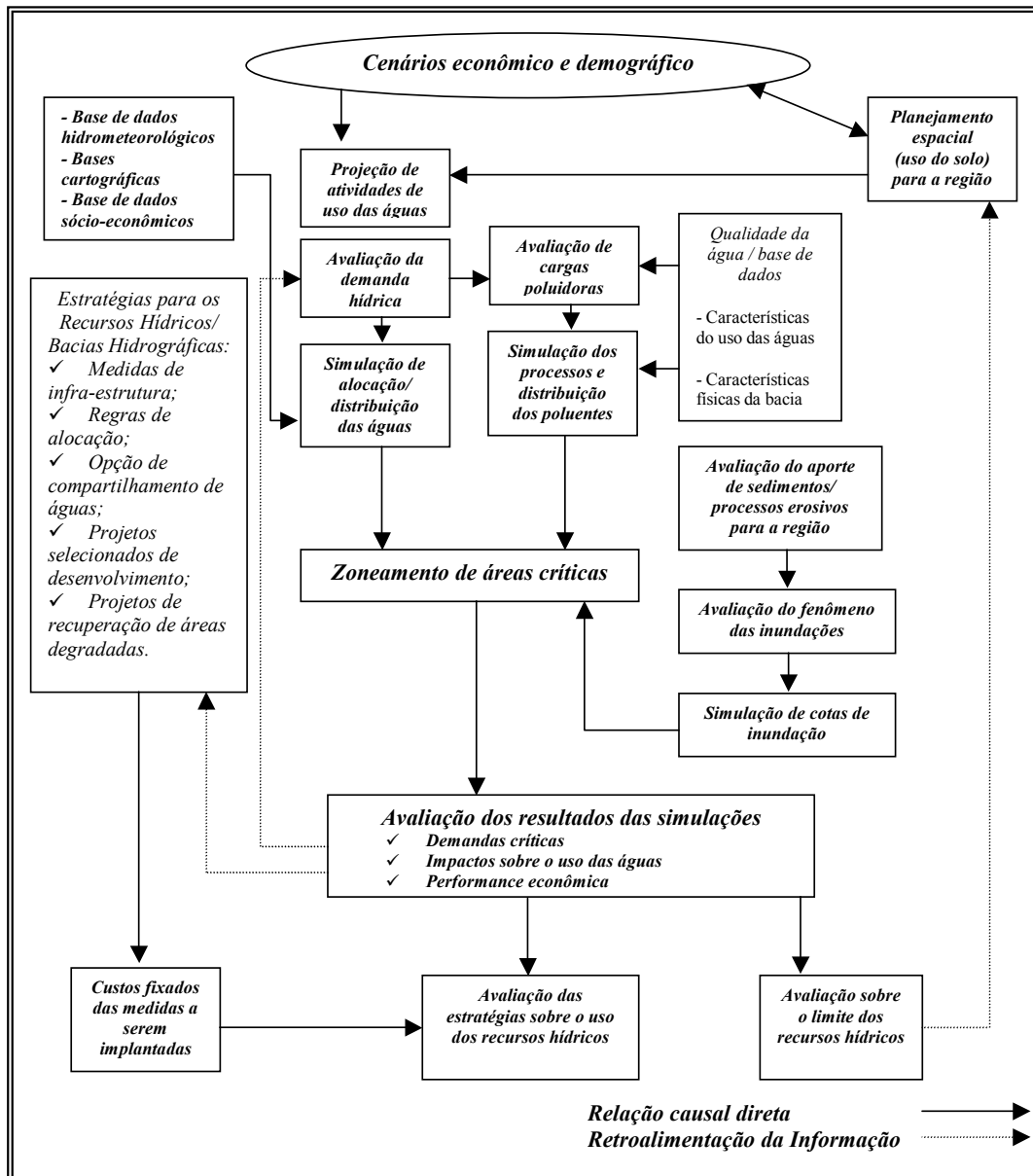


Figura 2.17 – Delineamento geral de sistema de suporte à decisão em recursos hídricos (adaptado de VERHAEGHE & KROGT, 1996, citados em CHRISTOFOLETTI, 1999)

Do diagrama observado acima, vê-se claramente que o zoneamento de áreas críticas relacionados a diversos fatores como erosão, inundações, entre outros, se apresentam importantíssimos para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Dessa forma, observa-se que estudos de caráter regional enfocando-se às atividades antrópicas envolvidas, os respectivos sistemas ambientais presentes e o

histórico da região podem ser de grande valia para auxiliar na resolução de problemas relacionados aos recursos hídricos.

Logo, especificamente no estudo do fenômeno das inundações, devido à sua complexidade, apresenta-se de fundamental importância a integração das informações, dados pertinentes e recursos humanos e econômicos buscando uma visão completa do fenômeno dentro de um sistema de suporte à decisão em recursos hídricos.

### 3. Caracterização da área

#### 3.1 Dados Gerais

##### 3.1.1 Localização

A área de estudo refere-se à bacia do Rio Bonito, a qual abrange uma área de 223 km<sup>2</sup>. A maior parte da área da bacia (200 km<sup>2</sup>) apresenta-se dentro dos limites do município de Descalvado (SP), além de uma pequena porção (23 km<sup>2</sup>) no município de Porto Ferreira (SP). A área de estudo (Figura 3.1) foi delimitada buscando-se a abrangência da bacia do Rio Bonito de forma integral. Assim, a área de estudo limita-se pelas coordenadas UTM, zona 23:  $x_{\min}=226200$ ;  $x_{\max}=244000$ ;  $y_{\min}=7558000$ ; e,  $y_{\max}=7584000$ . Essa bacia é uma sub-bacia do Rio Mogi Guaçu (Figura 3.2), localizada na Região econômica-ecológica do Médio Mogi Guaçu Superior (SÃO PAULO - SMA, 1995).

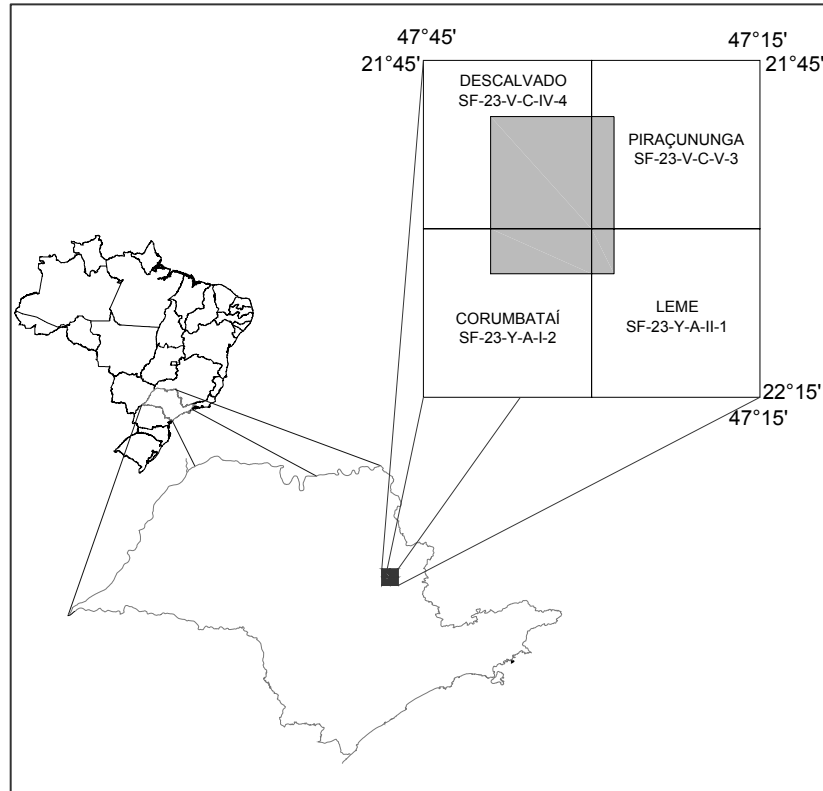


Figura 3.1 – Localização da área de estudo e articulação da base cartográfica.

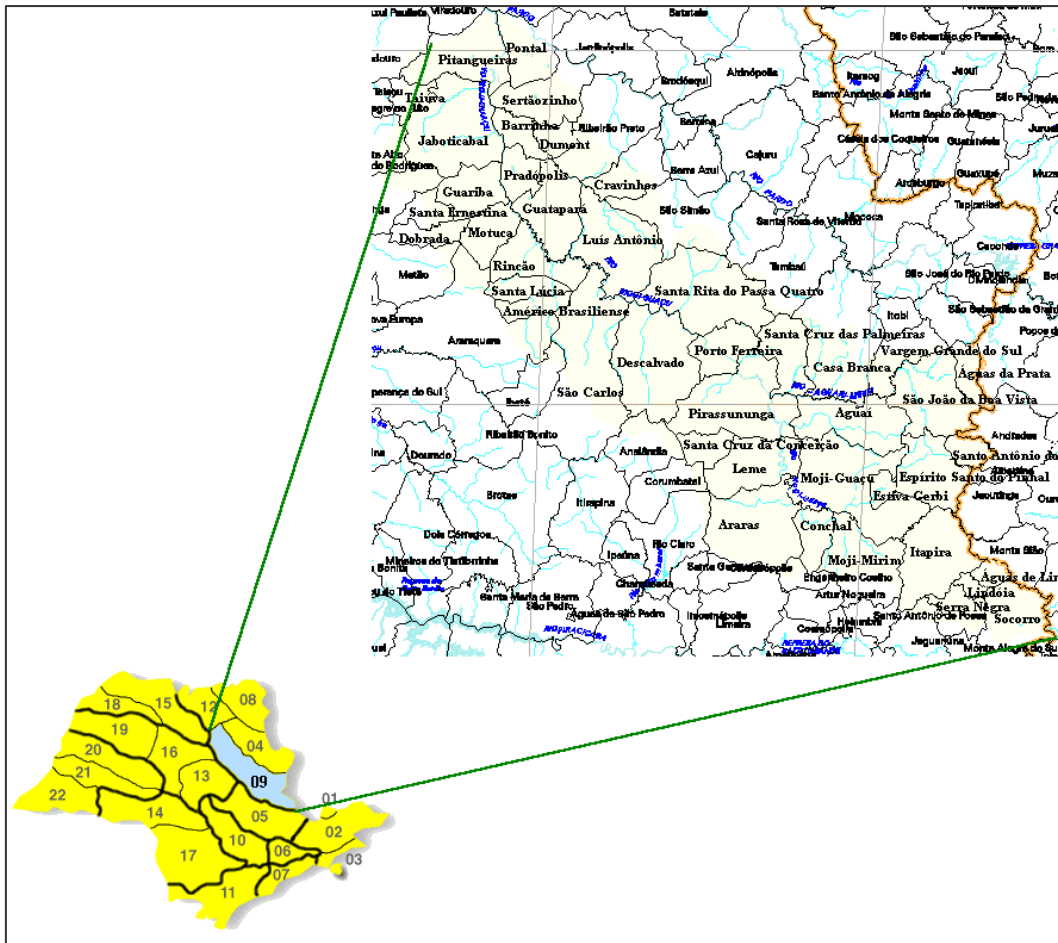


Figura 3.2 – Localização da bacia do Rio Mogi-Guaçu no Estado de São Paulo e respectivo detalhe.

A bacia do Rio Mogi-Guaçu foi compartimentada para fins de planejamento, conforme citado anteriormente, pelo estudo do SÃO PAULO - SMA (1995). A bacia do Rio Bonito encontra-se no Compartimento Econômico-Ecológico Médio Mogi Superior, o qual se compõe dos municípios de Américo Brasiliense, Descalvado, Guataporá, Luís Antônio, Motuca, Rincão, Santa Lúcia, Porto Ferreira e Santa Rita do Passa Quatro. As maiores cidades deste compartimento, segundo o mesmo estudo, são Descalvado (26.998 habitantes), Santa Rita do Passa Quatro (24.861 habitantes) e Américo Brasiliense (23.920 habitantes).

No Anexo I, apresenta-se o Mapa de Documentação contendo informações sobre altimetria (curvas de nível), hidrografia (cursos e corpos d'água), principais áreas urbanas (Descalvado e Porto Ferreira), limites intermunicipais, limite da bacia do Rio Bonito, rede viária (estradas pavimentadas e sem pavimentação), localização das áreas de mineração e pontos de coleta. Obteve-se a base cartográfica da área em estudo, composta pela articulação das Folhas Descalvado (BRASIL-IBGE, 1971a), Piraçununga (BRASIL-IBGE, 1971b), Corumbataí (BRASIL-IBGE, 1971c) e Leme (BRASIL-IBGE, 1971d) (Figura 3.1). Entretanto, segundo TOREZAN (2000), observou-se na feitura deste mapa que as informações contidas no material cartográfico analógico original estavam desatualizadas, já que o mesmo foi editado em 1971. Assim, optaram-se pela atualização de alguns componentes como a área urbana, áreas de mineração e algumas estradas através da interpretação de imagens de sensoriamento remoto.

### 3.1.2. Histórico Regional da Bacia do Rio Mogi-Guaçu

A base produtiva da região em estudo tem sido tradicionalmente agropecuária, desde o século XVIII, quando a economia regional apresentou-se estruturada na criação de gado e na produção açucareira. A exportação da cana-de-açúcar foi o fator preponderante da economia paulista da época, constituindo-se como principal fonte de dinamismo para a região.

Em meados do século XIX, o café tornou-se a grande fonte de renda tanto da região como do País, substituindo a cana-de-açúcar, até então, o principal item das exportações brasileiras.

O século XIX foi marcado pelo desenvolvimento da região, alavancado com a abertura das ferrovias para o escoamento da produção cafeeira. Em 1886, a

Companhia Mogiana foi ampliada, chegando a Minas Gerais, com a inauguração do ramal ferroviário de Poços de Caldas. Pouco depois, atingiu o extremo norte de São Paulo, por meio de um ramal entre Ribeirão Preto e Batatais, totalizando 494 quilômetros de ferrovia nas bacias dos rios Mogi-Guaçu e Pardo.

As três primeiras décadas do século XX foram marcadas por crises internas de superprodução de café, incrementadas por uma violenta retração de demanda externa, induzidas pela crise mundial de 1929. A crise do setor cafeeiro repercutiu nos municípios das bacias dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, atingindo vários outros setores. A região servida pela Companhia Mogiana já apresentava sinais de decadência na época da grande crise mundial de 29. Os centros urbanos locais foram bastante atingidos, como mostra o Censo de 1940, quando foi registrada perda demográfica na região da Mogiana. A região administrativa de Ribeirão Preto apresentou um decréscimo de 4,2 % entre 1920 e 1940, e de 2,4%, entre 1940 e 1950 (SÃO PAULO - SMA, 1995).

Com a crise do setor cafeeiro, a economia regional diversificou-se ampliando a área destinada à produção de culturas alimentícias, produção pecuária e, sobretudo, o cultivo do algodão e da cana-de-açúcar. No período de 1931 a 1945, a cana-de-açúcar teve sua produção aumentada de 570% (SÃO PAULO - SMA, 1995), tornando São Paulo o maior produtor brasileiro.

Nos anos 50, a região já havia se recuperado da estagnação provocada pela crise do café. O setor de produção voltado para o mercado interno foi favorecido pelo protecionismo alfandegário da indústria nacional. Acrescenta-se a este, outros fatores que contribuíram para a retomada do crescimento regional, tais como o estatuto do Trabalhador Rural, as diretrizes do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA e o incentivo às atividades ligadas à exportação que beneficiou a laranja, a soja e a



pecuária de corte e leiteira. A infra-estrutura de transportes herdada do ciclo anterior assumiria grande importância nesse processo. O asfaltamento da via Anhangüera (SSP-330), ligando Ribeirão Preto a Campinas e São Paulo, e as Rodovias Washington Luiz e SP 326 foram de suma importância para atender o setor industrial que se expandia e começava a buscar locais alternativos à região metropolitana.

Esses incentivos incrementaram ainda mais o processo de urbanização. Aumentou a migração proveniente de outros estados e de outros municípios do Estado de São Paulo para a região, atraída pelas melhorias das condições de vida (destacando-se as cidades de Ribeirão Preto e Campinas), e pela oferta de trabalho assalariado tanto em atividades urbanas quanto no setor primário. Cresceu o número de indústrias metalúrgicas e mecânicas com a crescente demanda por equipamentos e implementos voltados para a agricultura, que começou a se modernizar, gerando oportunidades de emprego no setor secundário. Essas indústrias localizavam-se nos centros urbanos, em evidência na região como Ribeirão Preto, São Carlos e Campinas. Segundo SEADE (1992), “o total de trabalhadores no setor secundário na região passou de 20.163 em 1950 para 41.803 em 1970”. Observando-se o mesmo período, a população urbana regional quase triplicou.

Ao longo das décadas de 60 e 70, principalmente na última, quando se verifica o chamado “milagre brasileiro”, ocorreu um investimento maciço na infraestrutura e nos equipamentos regionais de saúde e educação da região. Hospitais e universidades foram criados nos municípios de Ribeirão Preto, São Carlos, Jaboticabal e Campinas. As regiões de Campinas e Ribeirão Preto que já haviam consolidado sua polarização nos setores de serviços e comércio receberam grande impulso com estes investimentos, destacando-se a formação de importantes unidades de pesquisa e atendimento à saúde, de expressão nacional, com a implantação da

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

O incremento dos setores urbano e industrial estimulou ainda mais o desenvolvimento e a diversificação do setor terciário naquelas cidades. Em 1970, o terciário empregava mais de 40% da População Economicamente Ativa (PEA) da região.

O desenvolvimento da agroexportação na região deveu-se à modernização do setor agrário e aos incentivos à produção do açúcar praticados pelo IAA. O PLANALSUCAR, em 1971, e o Programa de Apoio a Agroindústria Canavieira, em 1973, entre outros, estimularam marcadamente a produção de açúcar, o que levou à duplicação das exportações daquela “commodity” entre 1960 e 1970.

Com a primeira crise do petróleo, em 1973, novas alternativas energéticas, especialmente para combustíveis líquidos, passaram a ocupar o primeiro plano na política econômica vigente na época. Surgiu o PROÁLCOOL, cujo objetivo principal era atender às diretrizes da política governamental de combustível automotivo, e com isso reduzir a pressão das importações sobre as contas externas brasileiras, frente à incerteza do mercado internacional do petróleo. Criaram-se subsídios, linhas de crédito com taxas de juros fixas, sem correção monetária, campanhas publicitárias e incentivos à produção de carros a álcool. Além dos preços atraentes, a comercialização do álcool, monopolizada pela Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRÁS, estava garantida através da compra de toda a produção privada de álcool pela estatal. Com isso, houve um aumento significativo na área plantada e no volume de produção de açúcar e cana, atraindo novos grupos empresariais, tornando Ribeirão Preto e Campinas os principais centros desta expansão sucroalcooleira.

Também neste período, outros segmentos agroindustriais expandiram-se na região, tais como óleos vegetais, soja, carne e derivados do leite, com destaque para o ramo de sucos cítricos. Além disso, embalado pela modernização das atividades agropecuárias e pela excelente rede viária regional, que induziu à expansão das instalações agroindustriais e insumos / implementos agrícolas e para usinas e destilarias, o processo de interiorização industrial do Estado de São Paulo foi intensificado na região na década de 80.

O processo de desconcentração relativa da produção em direção ao interior do Estado, que remonta à expansão do complexo cafeeiro e à capacidade deste de “produzir” uma rede urbana, assegurou vantagens comparativas no novo contexto mobilizado pelo capital industrial, resultado de uma conjugação dos seguintes fatores:

- a unificação do mercado e da base produtiva nacional, que permitiram ampliar o movimento de concorrência inter-empresarial para a ocupação do mercado nacional;
- as políticas públicas e incentivos fiscais regionais. Nesse caso, destaca-se a importância do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), na medida em que outras regiões além da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), inclusive a região da bacia do Rio Mogi-Guaçu, passaram a ser o principal destino da maior parte dos novos investimentos, inclusive dos investimentos diretos realizados por empresas estatais. Recentemente, a política de reestruturação de setores industriais implementada pelo BNDES, bem como os incentivos estaduais para atração de investimentos têm contribuído para a tendência;

- o aumento progressivo dos custos de concentração da atividade econômica ou a deseconomia de aglomeração, na área metropolitana de São Paulo: elevação do preço das terras, dos aluguéis e dos salários relativos; crescimento dos custos de congestão e de infra-estrutura, além da crescente pressão sindical. Junto a estes custos, cresceu o de controle da poluição, pela ação da Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, que pressionou as empresas a buscarem outras alternativas locais para ampliações e novos projetos.

Segundo o SÃO PAULO - SMA (1995), “a década de 80 marca, definitivamente, o perfil agroexportador da região, bem como sua nova característica de pólo de atividades comerciais e de serviços especializados”.

A cidade de Ribeirão Preto com sua vocação agrícola, e a de Campinas com sua vocação industrial bastante consolidada, vêm desenvolvendo cada vez mais os seus setores terciários, atendendo à demanda do comércio e serviços regionais.

### 3.1.3. Principais atividades econômicas da sub-bacia do Rio Bonito

Segundo OLIVEIRA (1995), a região do município de Descalvado é considerada uma das mais produtivas do Estado de São Paulo. Apresentando-se uma área total de 743 km<sup>2</sup> e tendo como base de sua economia a agropecuária, destacam-se os setores de avicultura, as culturas de laranja e cana-de-açúcar, e a pecuária.

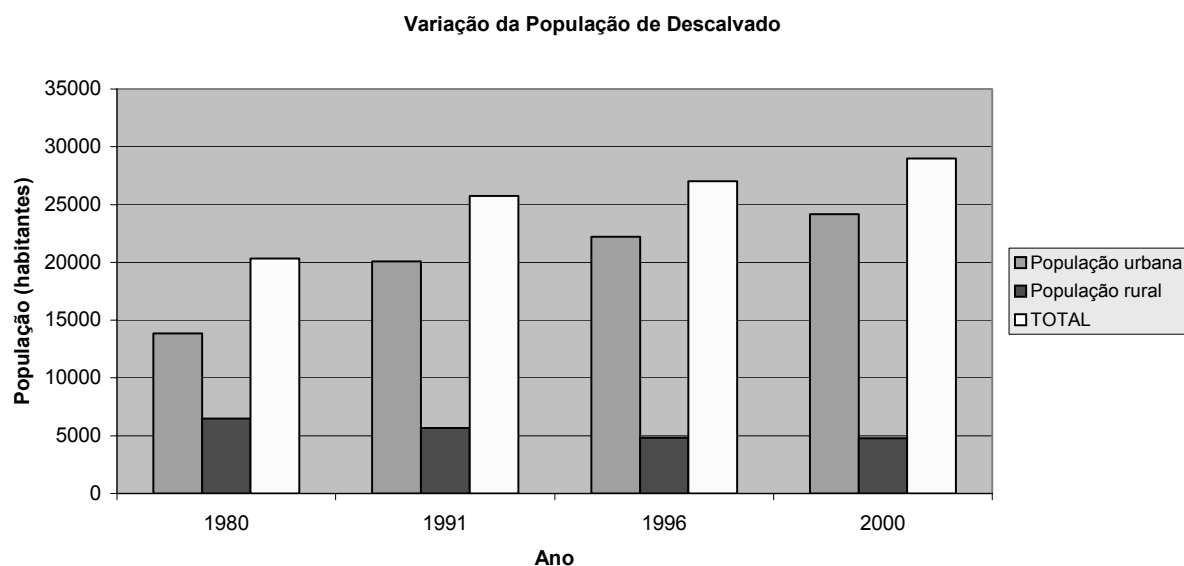
Analisando-se o setor secundário, este contribui significativamente para a geração de renda do município e compõe-se de um parque industrial considerado ainda jovem, com empresas instaladas a partir da década de 80, onde se destacam as atividades de extração de areia, produção de álcool e açúcar e de produtos alimentícios.

Já o setor terciário tem crescido nos últimos anos, através das micro e pequena empresas de administração familiar.

Com uma produção mensal de 3,5 milhões de aves, Descalvado é conhecida como a "Capital do Frango de Corte", cujo faturamento ultrapassa a soma das demais atividades agrícolas do município. A avicultura local domina todas as fases do seu processo produtivo, desde a postura de ovos férteis até o beneficiamento do frango abatido.

#### 3.1.4. Demografia

Observam-se nos dados de 2000 relativos à população, segundo SÃO PAULO - SEADE (2001), que o município de Descalvado apresenta população total de 28.972 habitantes. Na Figura 3.3, mostra-se o comportamento populacional de Descalvado, considerando-se a população urbana e rural, no período de 1980 a 2000. A taxa de crescimento da população urbana foi de 2,05% ao ano, de 1991 a 1996, e de 1,35% no período entre 1991 e 2000, enquanto que a taxa de crescimento da população rural foi de -3,19% ao ano no mesmo período. Com isso, observa-se uma diminuição na população rural e um aumento na população urbana, devido ao processo de urbanização observado nas últimas décadas.



Ano	População urbana (habitantes)	População rural (habitantes)	População Total (habitantes)
1980	13.690	6.572	20.262
1991	19.973	5.674	25.647
1996	22.324	5.246	27.570
2000	24.148	4.792	28.940

Fonte: SÃO PAULO - SEADE (2001)

Figura 3.3 – Variação da população de Descalvado, de 1980 a 2000  
Fonte: SÃO PAULO-SEADE (2001)

No Quadro 3.1, observam-se as taxas de natalidade, mortalidade geral e infantil, taxa de urbanização e densidade demográfica para o período de 1980 a 2000, para o município de Descalvado. Nota-se uma diminuição na taxa de natalidade e mortalidade infantil e um aumento na taxa de urbanização, conforme esperado pela diminuição da população rural, e na densidade demográfica.

Quadro 3.1 – Taxas de natalidade, mortalidade, urbanização e densidade demográfica.

Indicadores	1980	1991	1996	2000
Taxa de Natalidade (por mil habitantes)	24,97	19,18	18,04	14,89
Taxa de Mortalidade Geral (por mil habitantes)	6,96	6,47	6,85	6,60
Taxa de Mortalidade Infantil (por mil nascidos vivos)	24,97	19,18	18,04	14,89
Taxa de Urbanização (%)	67,56	77,80	80,97	83,44
Densidade demográfica (habitantes/km <sup>2</sup> )	27,37	34,64	36,34	38,95

Fonte: SÃO PAULO - SEADE (2001).

### 3.2. Clima e Vegetação Natural

De acordo com sistema de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C e a do mês mais quente superior a 22° C, sendo que, do ponto de vista de balanço hídrico, há uma nítida distinção entre as estações seca (maio à setembro) e chuvosa (outubro à abril).

Através da interpretação de imagens de satélite feita por OLIVEIRA (1995), identificou-se e classificou-se as formações vegetais remanescentes na área da proposta de APA de Descalvado sugerida pelo mesmo autor. Desta forma, se possibilitou a identificação das principais formações como cerrado (cerradão e cerrado “*sensu stricto*”), a mata mesófila (floresta estacional semidecidual) e a mata ciliar. Esses remanescentes se encontram dispersos em manchas relativamente isoladas no meio da matriz de ocupação agrícola, onde a maior reserva atinge cerca de 1000 hectares.

Através de levantamento de campo realizado na área da bacia do Rio Bonito por TOREZAN (2000), verificou-se que as formações vegetais correspondem àquelas indicadas por OLIVEIRA (1995), o que, segundo o autor, já era esperado por se tratar de duas áreas vizinhas.

Segundo OLIVEIRA (1995), “o cerrado é uma formação vegetal que apresenta árvores de galhos retorcidos e ramificações irregulares, córtex grosso e rígido, folhas coriáceas e largas, e outras adaptações relacionadas principalmente à presença de solos ácidos e de baixa fertilidade. O cerrado é considerado uma das formações vegetais mais ameaçadas no Brasil, devido à ocupação das terras para produção agrícola. Atualmente no Estado de São Paulo, poucas reservas podem ser

encontradas, restando apenas ilhas de pequenas extensões, o que reforça a importância em se proteger as áreas remanescentes”.

Segundo TOREZAN (2000), foi possível identificar, na área de estudo, as fisionomias de cerradão, que representam a forma florestal, com vegetação mais alta e densa, e o cerrado senso estrito, que reúne as porções de vegetação mais aberta e baixa.

Segundo IBGE (1991) citado em TOREZAN (2000), o conceito ecológico da Floresta Estacional Semidecidual se condiciona pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno. Neste tipo de vegetação a porcentagem das árvores caducifólias, no conjunto florestal e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se entre 20 e 50%. Esta floresta possui uma dominância de gêneros amazônicos de distribuição brasileira, como por exemplo: *Parapiptadenia*, *Peltophorum*, *Cariniana*, *Lecythis*, *Tabebuia*, *Astronium* e outros de menor importância fisionômica. Na área de estudo, a floresta estacional foi encontrada principalmente nos terrenos de declividade mais acentuada (Figura 3.4), onde, devido principalmente a dificuldade de desenvolvimento de práticas agrícolas, manteve-se historicamente algumas reservas, o que corrobora com as conclusões de OLIVEIRA (1995).

A mata ciliar apresenta-se como uma formação vegetal que se associa aos cursos d'água, cuja ocorrência é favorecida pelas condições físicas locais, principalmente relacionadas a maior umidade do solo. Essas áreas se mostram extremamente importantes para o equilíbrio ambiental, pois, além de contribuírem para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, funcionam como corredores



úmidos entre as áreas agrícolas, favorecendo a proteção da vida silvestre local (OLIVEIRA, 1995).



Figura 3.4 – Floresta Estacional Semidecidual recobrando as encostas da Serra Grande  
Fonte: TOREZAN (2000).

Através da interpretação de imagens de sensoriamento remoto (ver ANEXO VII e VIII: Carta de Uso e Ocupação do Solo), foi possível determinar as áreas remanescentes de vegetação natural, englobando cerrado, floresta estacional e mata ciliar.

Analisando-se os resultados obtidos, as áreas ocupadas por remanescentes de vegetação natural (cerrado, cerradão e mata) ocupam cerca de 20% (44 km<sup>2</sup>) da área da bacia em relação a outros usos. Mesmo se tratando de um valor bastante expressivo, a ocorrência dessas áreas de vegetação natural se mostra bastante fragmentadas (na forma de fragmentos florestais), ocupando principalmente áreas de declividade acentuada (como nas encostas da Serra Grande) e circundando alguns corpos d'água.

Segundo VIANA (1990), um fragmento florestal pode ser definido como qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas (estradas, culturas agrícolas, etc.) ou naturais (lagos, outras formações vegetais, etc.) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. Dentre as conseqüências mais importantes do processo de fragmentação das florestas, cita-se a diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, as mudanças climáticas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações tradicionais.

### 3.3. Geomorfologia

Analisando-se a geomorfologia, a bacia do Rio Bonito está inserida na Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, com a maior parte de sua área situada na Unidade Morfoescultural do Planalto Ocidental Paulista e uma menor porção abrangendo a Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista.

Quadro 3.2 – Síntese das unidades geomorfológicas ocorrentes na bacia do Rio Bonito.

Unidade Morfoestrutural	Unidades Morfoesculturais	
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ	PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA	<i>Planalto Residual de São Carlos</i>
		<i>Patamares Estruturais de Ribeirão Preto</i>
	DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA	<i>Depressão Mogi-Guaçu</i>

Segundo IPT (1981), o Planalto Ocidental Paulista “... situa-se essencialmente sobre rochas do Grupo Bauru, que é constituído por diversas formações predominantemente areníticas, em algumas regiões cimentadas por carbonato de cálcio. Basaltos expõem-se nos vales dos principais rios em ocorrências descontínuas, exceto ao longo do Paranapanema e do Pardo, onde afloram extensivamente”.

Dentro da unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, especificamente na sub-unidade Planalto Ocidental Paulista, distribui-se a maior parte da área da bacia do Rio Bonito sobre a unidade morfoescultural denominada Planalto Residual de São Carlos, tendo uma pequena porção inserida sobre a unidade morfoescultural denominada Patamares Estruturais de Ribeirão Preto.

Segundo ROSS & MOROZ (1997), o Planalto Residual de São Carlos “corresponde ao reverso da Cuesta no interflúvio Tietê/Mogi-Guaçu. Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente por colinas de topos convexos (Dc) e tabulares (Dt). Os tipos de Padrões de Formas Semelhantes são Dc22, Dc23, Dc33, Dc34 com vales de entalhamento variando de 20 a 80 m e dimensão interfluvial média variando de 250 a 3750 m e Dt11 com os vales com entalhamento inferior a 20m e dimensão interfluvial acima de 3750 m. Apresenta formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica, portanto em um nível de fragilidade potencial médio a baixo, para os terrenos pouco dissecados e alto a muito alto para os terrenos muito dissecados do tipo Dc23, Dc33 e Dc34.”

Já a unidade morfoescultural denominada Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, segundo os mesmos autores, apresenta formas de relevo denudacionais, cujo modelado constitui-se basicamente por colinas amplas e baixas com topos tabulares (Dt), tipos Dt11, Dt12 e Dt13, tendo os vales entalhamento médio com menos de 20m e a dimensão interfluvial varia de 750 m até mais de 3750 m. Por apresentar formas de relevo pouco dissecado com vales pouco entalhados, com vertentes de declividades baixas e solos argilosos e baixa densidade de drenagem esta unidade apresenta fragilidade potencial muito baixa, ou seja, com baixo potencial erosivo.

Na área correspondente à sub-unidade Depressão Periférica Paulista, a bacia do Rio Bonito situa-se sobre a unidade morfológica denominada Depressão de Moji-Guaçu. Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente por colinas de topos tabulares amplos (Dt12), onde os vales são entalhados até 20 m e a dimensão interfluvial oscila entre 1750 a 3750 m. A drenagem apresenta um padrão dendrítico com algum condicionamento estrutural. Por apresentar padrão de dissecação baixo com vales pouco entalhados e com densidade de drenagem baixa, esta unidade apresenta, em geral, um nível de fragilidade potencial muito baixo, com baixo potencial erosivo (*id. Ibid.*).

Apesar da bibliografia consultada citar que essas unidades têm baixo potencial erosivo, segundo TOREZAN (2000), os levantamentos de campo realizados na região demonstraram exatamente o oposto, visto que foram identificadas áreas em acelerado processo erosivo, com a ocorrência de voçorocas. Observou-se que nessas áreas, práticas de manejo do solo inadequadas contribuíram significativamente para a intensificação dos processos erosivos.

OLIVEIRA (1995) através de um diagnóstico morfopedológico da proposta Área de Proteção Ambiental de Descalvado, obteve como produto final o Mapa Morfopedológico, produzido com auxílio de imagem de satélite, levando-se em consideração a natureza e forma do material de superfície e uma análise integrada dos elementos de caráter biológico e antrópico. Através de uma abordagem analítica do meio foram identificou-se unidades homogêneas quanto à dinâmica funcional das paisagens, fornecendo, assim, um embasamento para análises sobre a aptidão de exploração agroeconômica e evidenciando-se para cada unidade os aspectos relevantes dentro da gestão ambiental. Desta feita, identificou-se 4 unidades morfopedológicas e suas subunidades correspondentes:

- **Frente de Cuesta** (Figura 3.5): cobertura de cimeira, topos mistos, vertentes íngremes, escarpas mistas, glaciais e morros basálticos;
- **Tabuleiros**: topos planos, patamares basálticos, escarpas ravinadas, glaciais e vertentes, vertentes inferiores;
- **Reverso de Cuesta**: topos superiores, topos abaulados, glaciais laterais e baixos glaciais; e,
- **Entalhes Fluviais**: fundo de vale superior, fundo de vale inferior e terraços laterais.

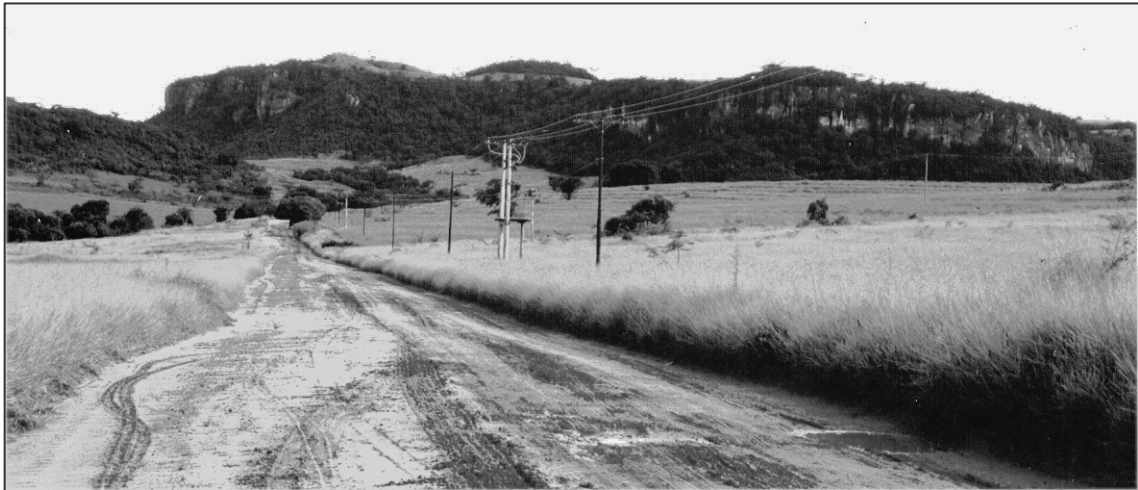
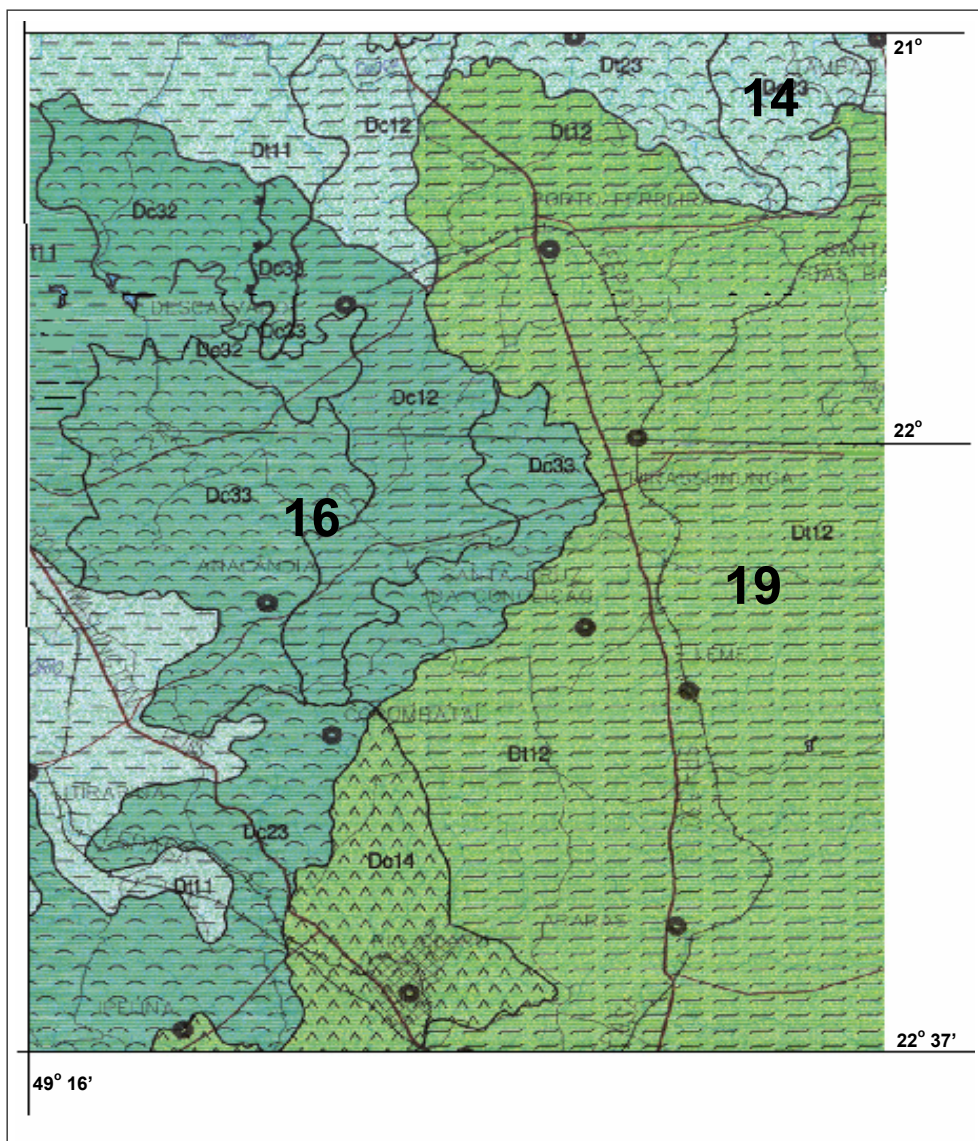





Figura 3.5 – Frente de Cuesta: Serrote de Descalvado – Fonte: TOREZAN (2000).



A seguir, apresenta-se o Mapa Geomorfológico da região estudada (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Mapa Geomorfológico da Região – Fonte: ROSS & MOROZ (1997).




PARÂMETROS DA FRAGILIDADE POTENCIAL		NÍVEIS DE FRAGILIDADE POTENCIAL
ÍNDICES CRESCENTES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO E FRAGILIDADE	ÍNDICES CRESCENTES DE FRAGILIDADE DO SOLO	
Dc11 / Dt11		<p><b>MUITO BAIXA</b></p> <p>Formas muito pouco dissecadas a planas, com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem.</p> <p>Potencial Erosivo muito baixo</p>
Da / Dc / Dt 12 21 22		<p><b>BAIXA</b></p> <p>Formas com dissecação baixa, vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa.</p> <p>Potencial Erosivo baixo</p>
Da / Dc / Dt 13 23 31 32 33		<p><b>MÉDIA</b></p> <p>Formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta.</p> <p>Áreas sujeitas a forte atividade erosiva.</p>

PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA	
	13 – Planalto Centro Ocidental
Altitude predominante 300 – 600 m	14 – Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto
	15 – Planaltos Residuais de Franca / Batatais
Altitude predominante 500 – 1.000 m	16 – Planalto Residual de São Carlos
	17 – Planalto Residual de Botucatu
	18 – Planalto Residual de Marília

DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA	
	19 – Depressão Moji-Guaçu
	20 – Depressão Médio Tietê
	21 – Depressão Paranapanema

### 3.3.1 Modelo Numérico do Terreno

Utiliza-se o termo Modelo Numérico do Terreno (ou MNT) para exprimir a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados a altimetria, também podem ser utilizados para modelar grandezas geoquímicas, como o teor de minerais, ou propriedades do solo, como o teor de matéria orgânica, a acidez ou a condutividade elétrica.

O MNT, para a caracterização da área de estudo, mostra-se associado a altimetria. A partir deste MNT, geraram-se as cartas de hipsometria, de declividades e um modelo ortogonal da área de estudo, os quais serão descritos a seguir. Na Figura 3.7, apresenta-se o Modelo Numérico de Terreno gerado, através do software SIG IDRISI e do software SURFER .

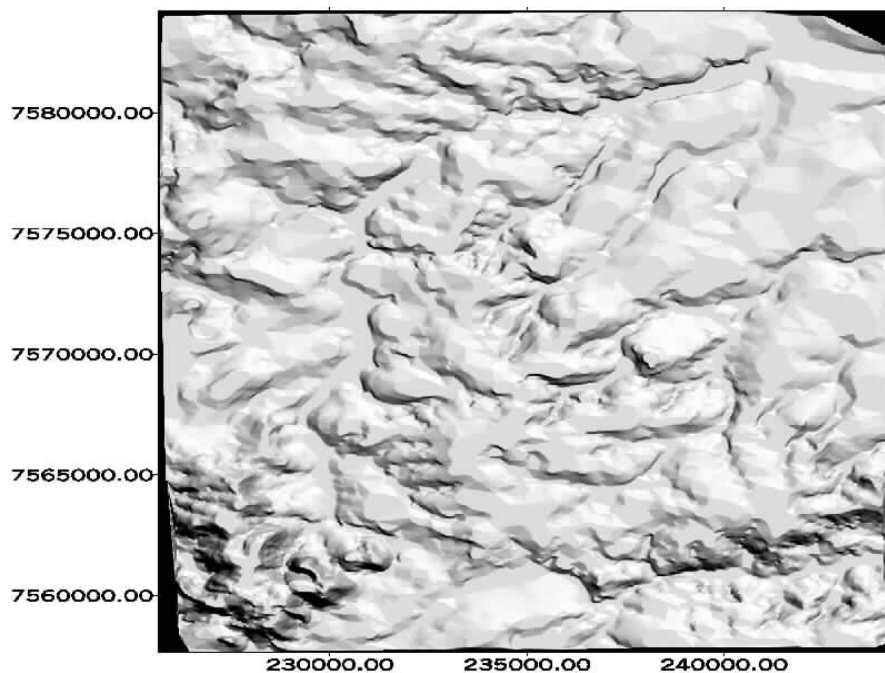


Figura 3.7 – Modelo Numérico do Terreno da Bacia do Rio Bonito (SP).

### 3.3.2. Hipsometria e Clinometria

#### **3.3.2.1. Carta Hipsométrica**

A carta hipsométrica (Figura 3.8) demonstra as variações altimétricas encontradas na área de estudo, as quais situam-se entre 540 e 1.040 m, com um desnível total de 500 m tendo como ponto mais alto o topo do Morro do Quadrão, com 1.042 m de altitude. Assim, os locais com altitudes mais elevadas localizam-se na porção sudoeste da área de estudo, regredindo em direção nordeste até atingir áreas de menores altitudes (540m) na várzea do Rio Mogi-Guaçu.



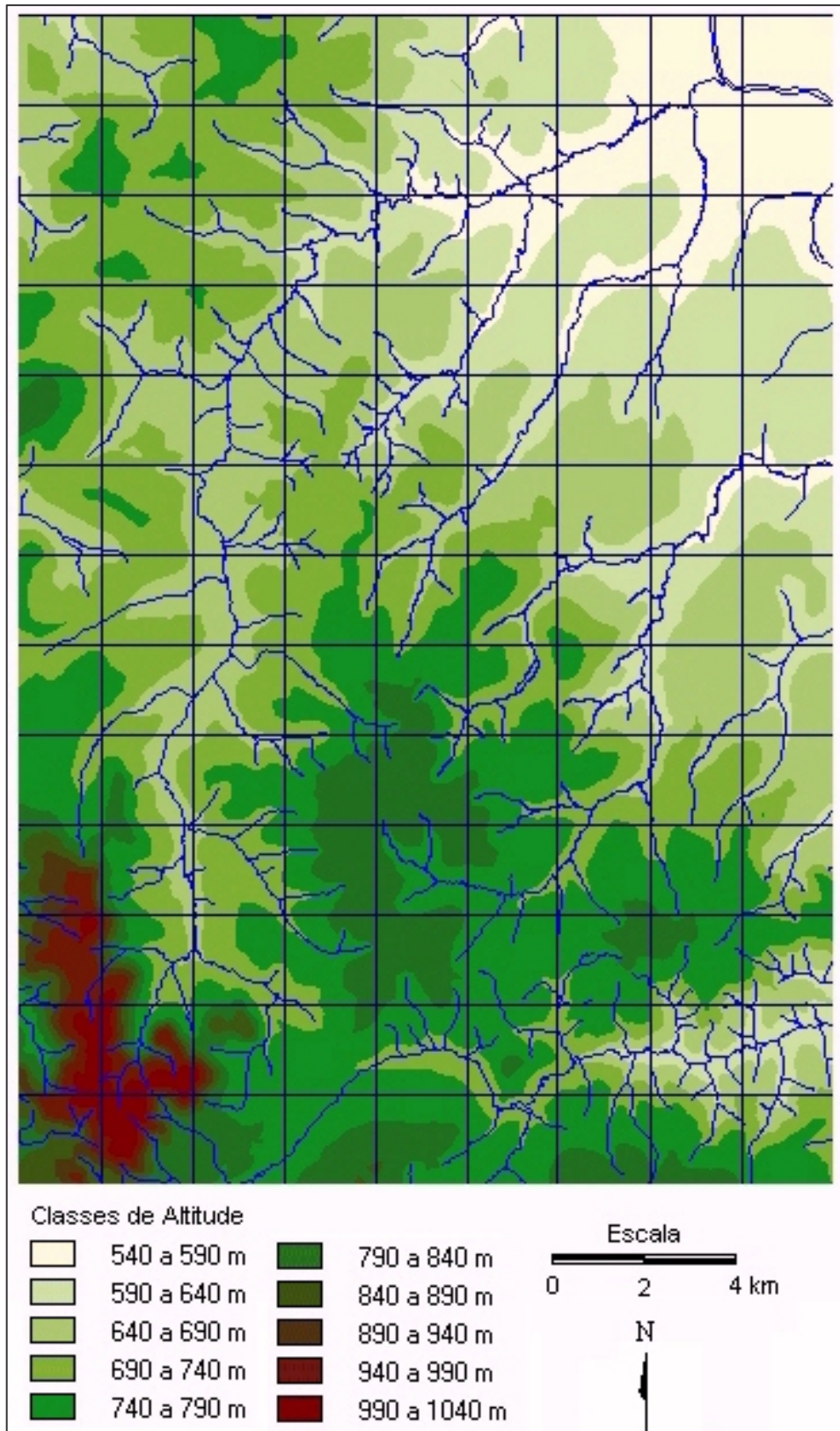


Figura 3.8 – Carta Hipsométrica – Fonte: TOREZAN (2000).

### 3.3.2.2. Carta de declividades

A partir do MNT, elaborou-se a carta de declividades (ver Anexo II) – ou clinométrica. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), as cartas de declividades mostram-se como uma ferramenta de grande importância por representarem espacialmente as variações topográficas da superfície do terreno.

Observa-se na referida carta, para a análise da declividade com outros atributos do meio físico-biótico, a adoção das seguintes classes: de 0 a 2%, de 2 a 5%, de 5 a 10%, de 10 a 15%, de 15 a 20%, de 20 a 30% e maior que 30%.

Nota-se que os resultados (Figura 3.9), indicam a predominância (aproximadamente 43% da área da bacia) de declividades suaves (0 a 5%). A classe de declividade mais acentuada (maior que 30%) limitou-se a aproximadamente 2,5 % da área da bacia e está localizada predominantemente nas nascentes do Rio Bonito (Serra Grande, Serrote de Descalvado).

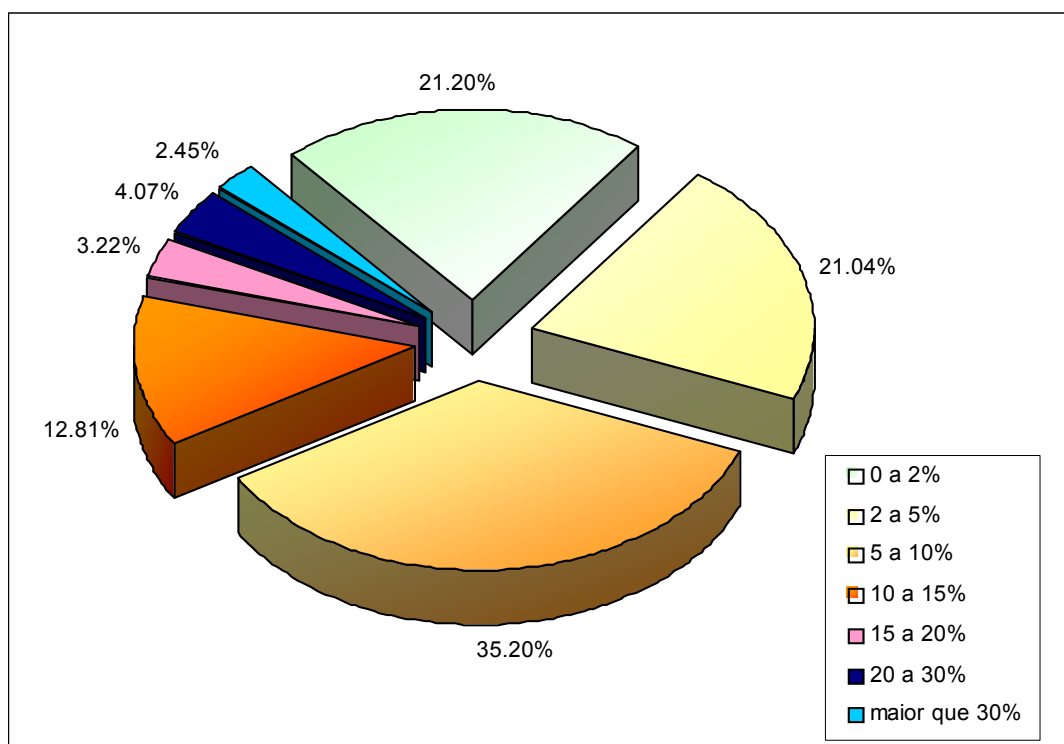


Figura 3.9 – Gráfico representando a área relativa de cada classe de declividade.

### 3.3.3. Modelo Ortogonal do Terreno

Para efeito de visualização da área em estudo, mostra-se uma imagem tridimensional (modelo ortogonal), representando o seu relevo (Figura 3.10). A composição desta imagem deu-se a partir da associação do Modelo Numérico do Terreno (representando a altimetria da área – Figura 3.7) com a banda 5 (Infravermelho médio) da imagem do satélite LANDSAT, dando uma visão geral da área de estudo, onde podem ser localizadas algumas feições como áreas de mineração, áreas urbanas e o Rio Mogi-Guaçu.

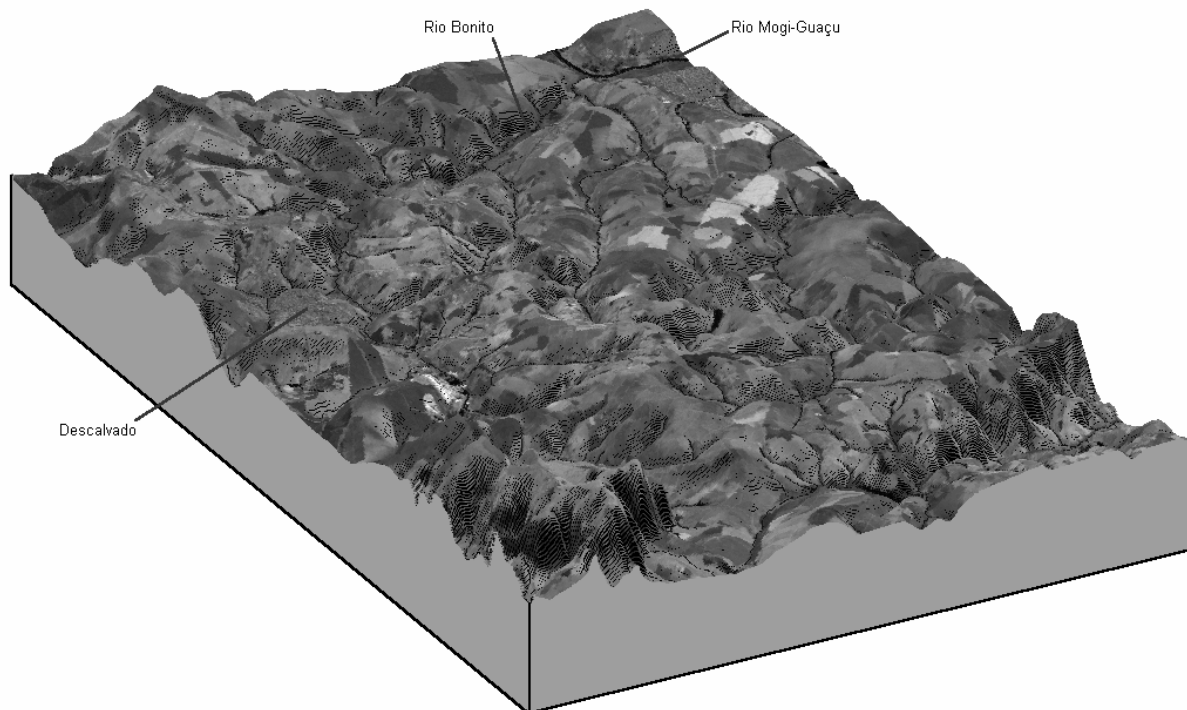


Figura 3.10 – Modelo Ortogonal do Terreno.

### 3.4. Geologia Local

Segundo BRASIL-DNPM (1979), SÃO PAULO-IG (1981) e MELLO (1995), a área estudada situa-se na Bacia Sedimentar do Paraná e apresenta as seguintes formações geológicas:

- **Formação Corumbataí** (Permiano): essa formação é constituída, na sua seção inferior, de um pacote de argilitos, folhelhos e siltitos, com fraturas concoidais e concreções calcíferas e ainda um conjunto de argilitos e folhelhos cinza escuros, de aspecto rítmico, com ocasionais leitos de calcário silicificado, oolítico, além de níveis coquinóides. Na seção superior da formação, ocorre uma seqüência de argilitos e arenitos finos, argilosos, regular a bem classificados, esverdeados, arroxeados e avermelhados. Apresenta uma espessura de cerca de 180 m. nas proximidades da cidade de Charqueada e distribui-se espacialmente numa direção aproximadamente norte-nordeste, que se prolonga desde o sudeste de Laras até nordeste de Santa Rosa do Viterbo.
- **Formação Pirambóia** (Triássico): constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grosseiros, regularmente classificados, siltico-argilosos, quartzosos, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, observam-se ainda arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa. Na seção inferior os arenitos tornam-se finos, predominando fácies bastante argilosa. Apresentam acamamento plano-paralelo e estratificação cruzada do tipo planar, menos comumente acanalada, de pequeno e médio porte. Segundo ANDRADE & SOARES (1971) *apud* BRASIL-DNPM *op.cit.*, essa formação atinge uma espessura máxima de 260m, próximo a cidade de São Pedro, tendendo a diminuir em direção ao norte e, apresenta amplo domínio distributivo na área do projeto.
- **Formação Botucatu** (Jura-Cretáceo): é constituída por arenitos róseos, avermelhados e esbranquiçados, finos a médios; e também muito finos,

regularmente a bem classificados, friáveis a bem silicificados, com grãos arredondados e foscos, apresentando na base corpos de arenitos conglomeráticos e conglomerados. De acordo com SOARES (1975) *apud* BRASIL-DNPM *op. cit.*, essa formação apresenta espessura bastante variável, mas raramente ultrapassa os 150m, sendo o valor médio da ordem de 50 a 70m.

- **Formação Serra Geral** (Jura-Cretáceo): essa formação compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas, toleíticas, de textura afanítica e de cor cinza escura a preta e intrusivas associadas (diques e soleiras) bastante comuns na área, contendo intercalações de lentes e camadas arenosas, de textura fina a média, com estratificação cruzada, que capeiam as formações gonduânicas da bacia do Paraná. A espessura máxima dos derrames inferiores é de aproximadamente 100 m medida a oeste de Descalvado, mas com um valor médio de 40 m e um máximo de 400 m na serra de Botucatu.
- **Formação Itaqueri** (Cretáceo/Terciário): essa formação, definida por ALMEIDA & BARBOSA (1953) *apud* SÃO PAULO-IPT (1981), ocorre em mancha irregular no reverso da cuesta basáltica, isolada de outras coberturas pós-trapianas, representando suas partes mais elevadas testemunhos da antiga extensão do Planalto Ocidental. Sua espessura máxima observada é de 125 metros e é litologicamente constituída por membros alternados de arenitos com cimento argiloso, folhelhos e conglomerados ferríferos ou não. Ocorre predominância dos arenitos, sendo que os demais depósitos de extensão limitada, geralmente na forma lenticular alongada.

- **Formação Santa Rita do Passa-Quatro** (Terciário ?): areias e cascalhos. Depósitos arenosos de idade terci-quaternária, com origens extremamente diversas (marinhos, fluviais ou elúvio-coluvionares).
- **Formação Piraçununga** (Terciário ?): constituída por sedimentos arenosos inconsolidados, não estratificados e sem estrutura, verticalmente homogêneos, sobrepostos indiferentemente às formações mais antigas, em cuja base têm sido encontradas, por vezes, linhas de seixos subangulares e arredondados, de formas variadas, ou cascalheiras de espessura centimétrica, ambas compostas por seixos de quartzo, quartzito e limonitas (concreções). Sua espessura não ultrapassa vinte metros e dispõe-se de modo descontínuo na folha de Leme. A coloração predominante desses sedimentos é marrom-avermelhada, com baixo grau de seleção, contendo minerais argilosos, grãos de quartzo com vários índices de arredondamento, às vezes com película de óxido de ferro secundário e minerais máficos.
- **Depósitos recentes** (Quaternário): composta de planícies aluvionares bem desenvolvidas e que ocorrem ao longo dos rios Mogi-Guaçu, Bonito e Claro e em parte dos cursos d'água de menor expressão da Quadrícula de Descalvado (SP). Esses depósitos, de várzeas e terraços, são constituídos de areias, argilas e cascalhos.

No Anexo III, observa-se o Mapa de Formações Geológicas de Superfície – TOREZAN (2000) que abrange parte das folhas Descalvado (SÃO PAULO – IG, 1984), Corumbataí (SÃO PAULO – IG, 1984b), Piraçununga (SÃO PAULO – IG, 1981) e Leme (SÃO PAULO – IG, 1980), apresentando escala 1:50.000.

Observando-se este mapa, vê-se que o mesmo se reveste de grande importância na identificação dos usos e ocupações corretas e incorretas do solo pelas atividades antrópicas, devido aos riscos geológicos e ambientais. Analisando-se o mapa a partir do SIG IDRISI, chegou-se à contribuição de cada unidade em percentagem de área que se mostra apresentada na Figura 3.11.

Área Relativa das Unidades Estratigráficas - Bacia do Rio Bonito (SP)

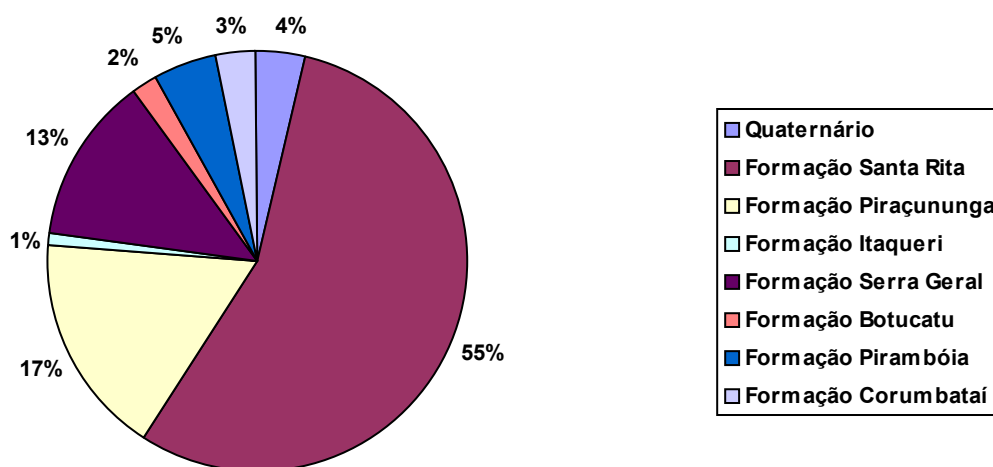


Figura 3.11 – Gráfico representando a área relativa de cada unidade estratigráfica em percentagem – Fonte: TOREZAN (2000)

Analisando-se o gráfico exposto acima, observa-se a predominância da Formação Santa Rita do Passa Quatro, a qual pode ser designada de forma genérica como Cobertura Cenozóica, onde se agrupam depósitos arenosos de idade terci-quaternária com origens extremamente diversas (marinhos, fluviais ou elúvio-coluvionares). Segundo FERREIRA (1995), estes depósitos ocorrem recobrando os sedimentos das Formações Pirambóia e Botucatu, o que resultou a sua consideração como simples produtos de alteração dessas unidades.

Segundo MASSOLI (1981), a Formação Santa Rita do Passa Quatro se representa por um capeamento terciário com poucos metros de espessura e com grande distribuição horizontal. Sua constituição se baseia em areias sem qualquer tipo de estrutura sedimentar, tendo em sua base, uma linha de seixos ou cascalheira formada por seixos predominantemente de quartzo e fragmentos de limonita. Os sedimentos se apresentam com granulação correspondente à fração areia fina (diâmetro médio = 0,1 mm). Por sua vez, os grãos, essencialmente de quartzo, são pobremente selecionados. Observa-se que sua distribuição granulométrica constitui-se de 74 a 94% de areia, com matriz argilosa apresentando variação entre 6 e 19%. Ocorre em depósitos de espigões, ocupando altitudes que vão de 700 a 940m.

### 3.5. Material Inconsolidado e Pedologia

O mapa de materiais inconsolidados se reveste de grande importância para a análise de diversos processos que interferem diretamente sobre o fenômeno das inundações, como por exemplo, os processos erosivos e assoreamento, e, sendo assim, essencial para a atual pesquisa.

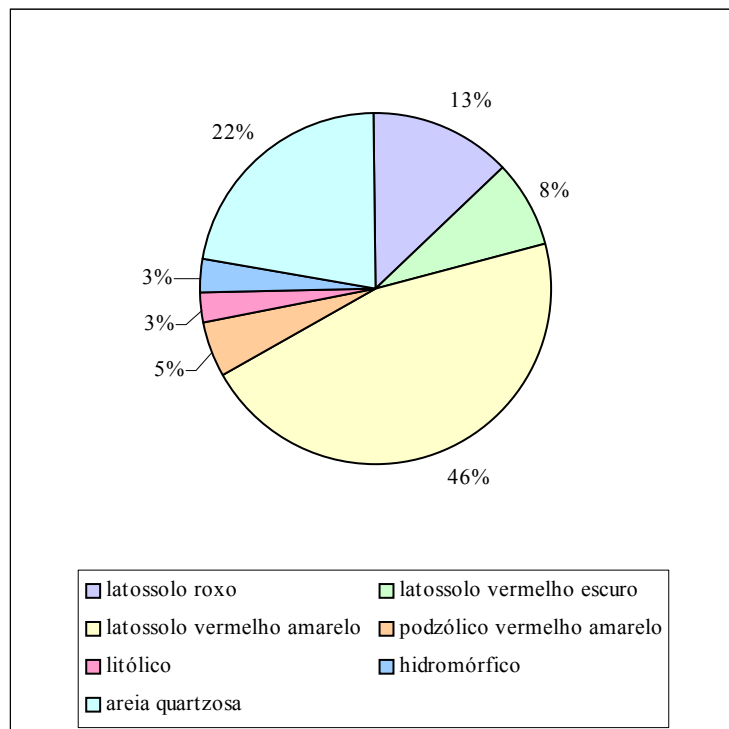
Esse documento cartográfico elaborado por FERES (2002), a partir dos dados de TOREZAN (2000), tendo como base os ensaios de laboratório citados no item 4.3.2, apresenta-se no Anexo IV.

Segundo MORAES (2003), em relação à pedologia, a formação dos solos depende de fatores como as condições climáticas, o material de origem, os organismos vivos, o relevo e o tempo de exposição dos materiais aos processos de intemperismo. A combinação desses fatores condicionou, para a maior parte da Região dos Cerrados, a formação de solos bastante intemperizados, nos quais os minerais primários foram completamente alterados e lixiviados do perfil (ADÁMOLI et al., 1985).

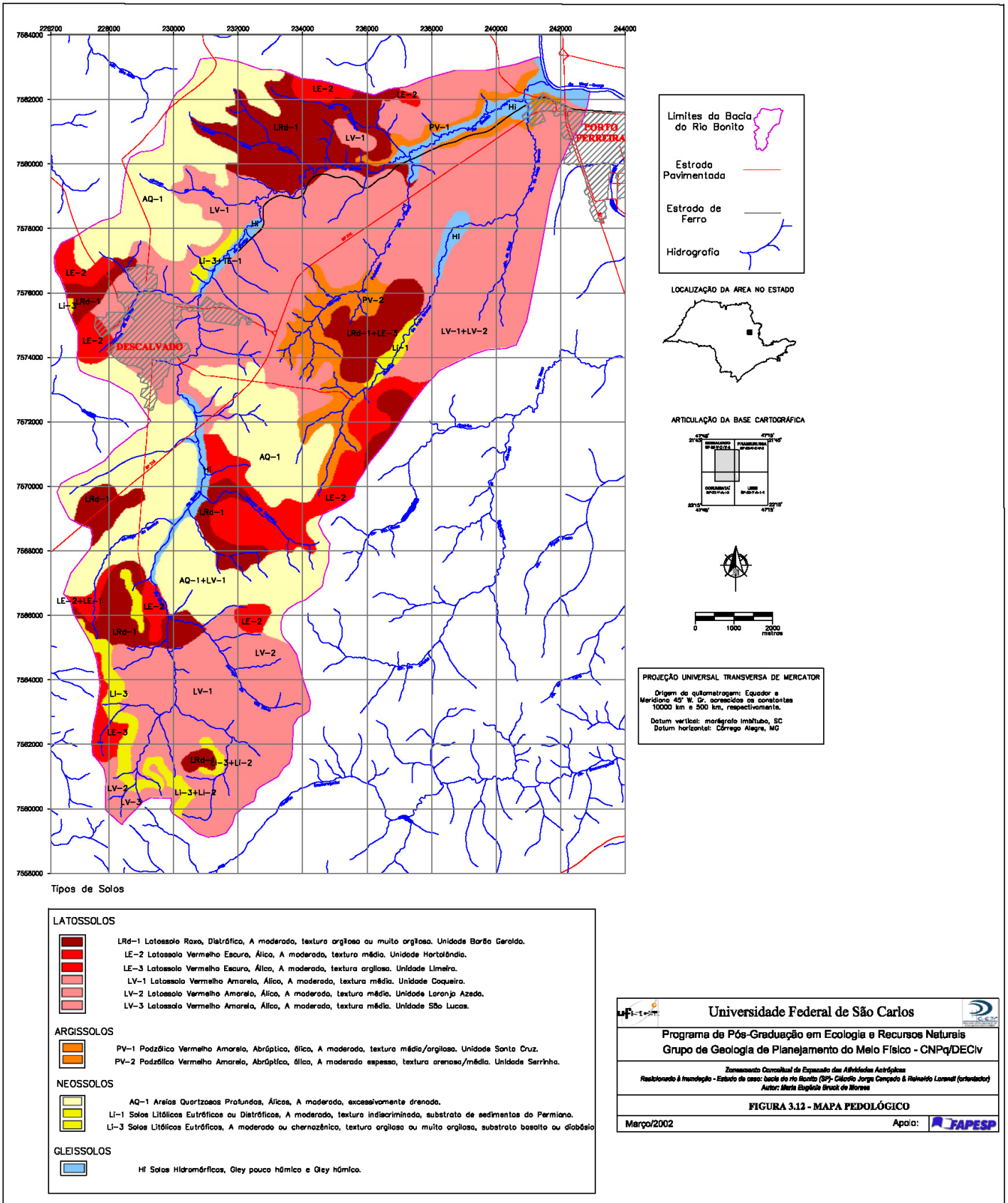


Os tipos de solo encontrados na bacia do rio bonito são LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, NEOSSOLOS e GLEISSOLOS (Figura 3.12).

Figura 3.13 – Área relativa dos tipos de solo encontrados na bacia do rio Bonito – Fonte: MORAES (2003)



Segundo MORAES (2003), os Latossolos correspondem a 67% dos solos da bacia e se subdividem de acordo com o teor e tipo de óxido de ferro predominante em: Latossolo Roxo (13%), Latossolo Vermelho Escuro (8%) e Latossolo Vermelho Amarelo (46%) (Figura 3.13). São solos bem drenados, com profundidade do manto de intemperismo de até 14m e teor de argila entre 15 e 90% (Pereira, 1994). Esses solos se distribuem na bacia do rio Bonito conforme as classes de declividade apresentadas na Quadro 3.3.



O Latossolo Roxo é originado de rochas basálticas ou diabásios, associado à Formação Serra Geral, e se concentra principalmente em terrenos com declive entre 2 e 15%.

O Latossolo Vermelho Escuro constitui, segundo OLIVEIRA et al. (1992), uma das mais importantes classes de solos do ponto de vista agrônômico, porque responde bem à aplicação de fertilizantes e corretivos, além da boa drenagem interna. Concentra-se em terrenos com 0 a 45% de declive.

O Latossolo Vermelho Amarelo tem na baixa fertilidade sua principal limitação ao aproveitamento agrônômico. Quando de textura média, se aproxima das Areias Quartzosas, e, devido à grande concentração de areia, se torna muito suscetível à erosão, além da elevada taxa de infiltração. Necessita, portanto, de adequado manejo conservacionista (OLIVEIRA et al., 1992). O Latossolo Vermelho Amarelo se concentra principalmente entre os declives de 2 a 10%.

Quadro 3.3 - Distribuição em hectares dos tipos de solo da BHRB sobre as classes de declividade apresentadas em porcentagem – Fonte: MORAES (2003)

Tipos de Solo	Classes de Declividade					
	0-2%	2-5%	5-10%	10-15%	15-45%	> 45%
Latossolo Roxo	312,44	529,56	1186,41	627,23	268,07	
Latossolo Vermelho-Escuro	116,93	437,65	819,95	300,74	90,46	
Latossolo Vermelho-Amarelo	1664,57	3001,94	3800,65	1205,40	496,17	3,33
Podzólico Vermelho-Amarelo	89,11	117,56	367,71	328,74	200,19	
Litólico (basalto)	5,40	4,50	13,23	42,21	379,32	98,03
Litólico (arenito)	27,63	26,19	40,24	6,39	1,08	
Hidromórfico	545,58	76,06	46,36	17,19	10,62	
Areia Quartzosa	734,08	1731,09	2010,14	433,96	83,89	

Os ARGISSOLOS correspondem a 5% da área e se subdividem em Podzólico Vermelho Amarelo de textura argilosa e Podzólico Vermelho Amarelo de textura arenosa. Apresentam, em geral, erosão moderada à forte, conforme o relevo e posição na paisagem (PEREIRA, 1994), e ocupam na bacia, áreas com declives entre

5 e 45%, ou até mais. Por isso, suas principais limitações para o uso agrícola se relacionam, além da baixa fertilidade, à suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Os NEOSSOLOS correspondem a 25% da área e são representados pelos Solos Litólicos (3%) e as Areias Quartzosas Profundas (22%). Os Solos Litólicos são originados do substrato arenítico da Formação Botucatu, de Rochas Intrusivas Básicas e do substrato diabásico da Formação Serra Geral, e se concentram, no geral, em faixas estreitas por toda a bacia, nas áreas de relevo mais acidentado. De modo geral, são mais indicados para preservação da fauna e flora, devido a sua pequena espessura e presença de cascalhos e pedras, que normalmente restringem o uso de implementos agrícolas.

Diferentemente, as Areias Quartzosas Profundas dominam grandes extensões de terra contínua. Este tipo de solo se forma a partir da decomposição da Formação Santa Rita do Passa Quatro e, devido à grande quantidade de areia, apresenta séria limitação à capacidade de armazenamento de água disponível. Assim, é mais recomendado ao reflorestamento, apesar de OLIVEIRA et al. (1992) ressaltar que extensas áreas de Areias Quartzosas no Estado de São Paulo têm sido ocupadas para a cultura da cana-de-açúcar.

E por último, os GLEISSOLOS (Solos Hidromórficos), que se encontram em menores extensões (3%) e constituem o substrato dos principais cursos d'água. São solos pouco desenvolvidos, relativamente rasos, de textura predominantemente argilosa e de permeabilidade lenta, e estão diretamente associados aos terrenos recentes do quaternário (Figura 3.12), com declives que não ultrapassam 2%. De acordo com PEREIRA (1994), sua fertilidade depende da natureza do

material de origem, mas, no geral, são solos muito pobres em nutrientes para plantas cultivadas.

### 3.6. Hidrografia

No Mapa de Documentação (Anexo I) apresentam-se todos os cursos e corpos d'água presentes na área de estudo. A bacia do Rio Bonito abrange uma área de 223 km<sup>2</sup> e suas nascentes estão situadas na Serra Grande, especificamente no Serrote de Descalvado (apresentado na Figura 3.5). Possui como principais tributários o córrego da Vila Nova, córrego da Bomba, córrego da Serrinha, córrego do Rosário, córrego do Cateto, córrego Santo Antônio, córrego da Capetinga, córrego do Paiolzinho ou da Olaria, e ribeirão da Areia Branca. Observa-se que os cursos d'água formadores da bacia do Rio Bonito apresentam uma extensão total de 205 km e a bacia apresenta uma densidade de drenagem de 918 m/km<sup>2</sup>.

Na Figura 3.14, vê-se um dos aspectos do Rio Bonito, próximo ao local de encontro com o Rio Mogi-Guaçu. Neste ponto, observa-se que o Rio Bonito forma várzeas, e na época das cheias, há possibilidade de ocorrências de transbordamentos de seu leito. Na referida figura, mostra-se esta situação, onde o Rio transbordou e passou a correr sobre a estrada (o que é indicado por uma seta).



Figura 3.14 – Transbordamento do Rio Bonito – Fonte: TOREZAN (2000).

### 3.7. Carta de distância da Hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico

A análise da distância da hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico apresenta-se de fundamental importância.

Utilizando-se a metodologia descrita no item 4.3.8, através da atualização da hidrografia existente na carta topográfica de 1971, utilizando-se as imagens de satélite de 1999 e 2002 e a carta de uso e ocupação do solo de 2002, fez-se à determinação de distâncias em relação aos corpos d'água visando analisar a importância dos parâmetros do meio físico em relação aos mesmos.

A carta de distância da Hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico encontra-se apresentada no Anexo V.

### 3.8. Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada

Conforme metodologia proposta no item 4.3.3, a Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada da Folha de Descalvado (Anexo VI), em escala 1:50.000, foi elaborada por TOREZAN (2000), utilizando-se complementação de dados levantados por LORANDI *et al.* (1999).

Segundo CASTRO (1998), a carta de risco potencial à erosão acelerada se caracteriza por organizar áreas que apresentam características do meio físico com o mesmo grau de desenvolvimento dos processos erosivos e que se apresentam susceptíveis à aceleração devido às ações antrópicas.

Segundo TOREZAN (2000), a obtenção dos atributos da carta se deu através da seleção de 9 pontos de coleta de material inconsolidado (marcados no mapa de documentação através de pontos vermelhos e identificados pelas letras F) e utilização de pontos para complementação de dados coletados por LORANDI *et al.*

(1999) (identificados pela letra P). Esses 9 pontos foram escolhidos objetivando-se a representação de todas as formações geológicas de superfície e também se considerando a facilidade de coleta.

Os resultados obtidos dos ensaios experimentais para a obtenção da carta se apresentam nos Quadros 3.4, 3.5 e 3.6.

Quadro 3.4 – Dados geológicos e geográficos dos pontos de amostragem

Ponto	Espes-sura(m)	Rocha	Formação Geológica	UTM X (m)	UTM Y (m)	Altitude (m)
P <sub>2</sub>	4,20	Diabásio	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	229186	7572337	695.00
P <sub>3</sub>	3,50	Argilitos e Siltitos	Fm. Corumbataí (Pc)	240607	7582213	520.00
P <sub>5</sub>	5,40	Arenitos	Fm. Pirambóia (TRp)	229960	7575435	629.00
P <sub>8</sub>	1,40	Areias e conglomerados	Fm. Piraçununga (Tp)	237139	7574004	592.00
P <sub>9</sub>	5,30	Argilitos e Siltitos	Fm. Corumbataí (Pc)	236881	7574389	573.00
P <sub>10</sub>	3,30	Diabásio	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	229015	7576115	623.00
P <sub>13</sub>	2,30	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	229346	7565111	641.00
P <sub>14</sub>	3,70	Diabásio	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	226876	7582851	650.00
P <sub>16</sub>	4,50	Diabásio	Fm. Serra Geral (V)	227754	7569238	699.00
P <sub>17</sub>	4,50	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	228859	7580451	698.00
P <sub>18</sub>	1,50	Areias e conglomerados	Fm. Piraçununga (Tp)	239607	7571127	578.00
P <sub>20</sub>	1,70	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	227858	7574662	672.00
P <sub>22</sub>	2,70	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	233956	7576670	601.00
P <sub>23</sub>	2,20	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	231057	7571295	628.00
P <sub>24</sub>	1,50	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	230347	7577634	694.00
P <sub>25</sub>	1,20	Areias e Cascalhos	Fm. Santa Rita do Passa-Quatro (Tsr)	227721	7575771	688.00
P <sub>26</sub>	2,60	Arenitos	Fm. Pirambóia (TRp)	231101	7576104	590.00
P <sub>27</sub>	2,00	Areias e conglomerados	Fm. Piraçununga (Tp)	238116	7580259	524.00
P <sub>28</sub>	0,60	Areias, Argilas	Quaternário (Q)	237544	7580075	512.00
F <sub>1</sub>	8,20	Arenitos	Fm. Pirambóia (TRp)	229789	7563019	670.00
F <sub>2</sub>	7	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	230105	7561432	750.00
F <sub>3</sub>	1,60	Arenitos, arenitos conglomeráticos	Fm. Itaqueri (Kti)	227600	7563453	939.00
F <sub>4</sub>	4,70	Areias e conglomerados	Fm. Piraçununga (Tp)	240247	757860	568.00
F <sub>5</sub>	5,50	Areias e conglomerados	Fm. Piraçununga (Tp)	242099	7581520	563.00
F <sub>6</sub>	7,40	Argilitos e Siltitos	Fm. Corumbataí (Pc)	242840	7583213	552.00
F <sub>7</sub>	4,20	Areias e conglomerados	Fm. Piraçununga (Tp)	243450	7577406	593.00
F <sub>8</sub>	2,50	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	236604	7562882	746.00
F <sub>9</sub>	2,40	Arenitos	Fm. Botucatu (JKb)	226450	7573819	688.00



Quadro 3.5 – Resultados dos ensaios de erodibilidade e permeabilidade  
(Fonte: TOREZAN, 2000)

Amostra	Profundidade (m)	Ensaio de Erodibilidade (%)			Ensaio de Permeabilidade			
		S	P	E	$\rho_{dc}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$K_{20}$ [cm/Seg <sup>-1</sup> ]	
Formação Serra Geral	P <sub>16</sub> A	0,5-2,0	1,01	2,61	20,26	1,3098	1,3098	$9,70 \times 10^{-3}$
	P <sub>16</sub> B	2,5-3,0	2,66	13,83	10,00	1,4557	1,4556	$9,08 \times 10^{-3}$
	P <sub>16</sub> C	3,2-3,7	1,73	3,45	26,10	1,3263	1,3263	$1,03 \times 10^{-2}$
	P <sub>16</sub> D	4,0-4,5	0,96	27,11	1,84	1,5473	1,5472	$2,16 \times 10^{-3}$
Formação Corumbataí	P <sub>3</sub> A	1,5-1,7	0,70	1,02	35,6	1,4359	1,4360	$1,59 \times 10^{-3}$
	P <sub>3</sub> B	3,0-3,5	0,42	43,70	0,50	1,7800	1,7799	$1,90 \times 10^{-3}$
	P <sub>9</sub> A	0,5-0,8	0,69	0,23	153,0	1,5368	1,5370	$1,18 \times 10^{-3}$
	P <sub>9</sub> B	2,0-2,3	0,82	4,47	9,58	1,6092	1,6092	$5,01 \times 10^{-4}$
	P <sub>9</sub> C	5,0-5,3	0,23	71,40	0,17	1,6431	1,6431	$7,35 \times 10^{-7}$
	F <sub>6</sub> A	0,2-0,4	0,26	0,45	29,85	1,43	1,30	$6,54 \times 10^{-3}$
	F <sub>6</sub> B	4,0-4,2	1,15	33,03	1,82	1,62	1,08	$9,29 \times 10^{-4}$
F <sub>6</sub> C	7,2-7,4	0,10	2,12	2,47	1,79	1,44	$1,98 \times 10^{-7}$	
Formação Pirambóia	P <sub>5</sub> A	0,4-0,6				1,3970	1,5220	$1,85 \times 10^{-3}$
	P <sub>5</sub> B	3,4-3,6	0,59	34,55	0,68	1,7320	1,8480	$2,08 \times 10^{-4}$
	P <sub>26</sub> A	0,5-0,7	0,60	0,36	66,67	1,357	1,357	$3,40 \times 10^{-3}$
	P <sub>26</sub> B	1,8-2,0	0,95	0,87	43,68	1,442	1,442	$2,63 \times 10^{-3}$
	P <sub>26</sub> C	2,4-2,6	1,76	5,38	13,09	1,422	1,422	$1,10 \times 10^{-3}$
	F <sub>1</sub> A	0,2-0,4	0,09	0,11	40,96	1,64	1,53	$2,31 \times 10^{-3}$
	F <sub>1</sub> B	3,5-3,7	0,11	0,30	19,10	1,96	1,86	$1,03 \times 10^{-5}$
Formação Piraçununga	P <sub>8</sub> A	0,2-0,4	0,42	6,60	3,30	1,7747	1,7746	$2,23 \times 10^{-4}$
	P <sub>8</sub> B	1,2-1,4	1,06	46,99	1,18	1,5324	1,5324	$2,32 \times 10^{-3}$
	P <sub>18</sub> A	0,2-0,5						$1,24 \times 10^{-4}$
	P <sub>18</sub> B	0,8-1,0	0,46	27,08	0,88	1,6838	1,6837	$1,52 \times 10^{-4}$
	P <sub>18</sub> C	1,2-1,5	0,18	11,50	0,82	1,6936	1,6935	$2,57 \times 10^{-3}$
	P <sub>27</sub> A	0,4-0,6	0,36	0,20	94,62	1,57	1,57	$2,95 \times 10^{-3}$
	P <sub>27</sub> B	1,6-1,8	1,41	4,60	15,95	1,35	1,35	$7,79 \times 10^{-3}$
	F <sub>4</sub> A	0,4-0,6	0,14	0,14	52,39	1,52	1,48	$2,57 \times 10^{-3}$
	F <sub>4</sub> B	4,5-4,7	0,37	79,62	0,24	1,41	1,36	$1,76 \times 10^{-3}$
	F <sub>5</sub> A	0,4-0,6	0,22	0,76	15,15	1,41	1,37	$2,30 \times 10^{-2}$
	F <sub>5</sub> B	3,4-3,6	0,28	17,68	0,34	1,56	1,43	$1,93 \times 10^{-2}$
	F <sub>5</sub> C	5,3-5,5	0,28	32,67	0,44	1,58	1,47	$1,69 \times 10^{-2}$
	F <sub>7</sub> A	0,2-0,4	0,50	3,75	6,90	1,44	1,33	$1,10 \times 10^{-2}$
	F <sub>7</sub> B	4,0-4,2	0,53	2,98	9,20	1,44	1,31	$4,10 \times 10^{-3}$

S: índice de absorção de água

E: índice de erodibilidade

 $\rho_d$ : massa específica seca máxima

P: perda de peso por imersão

 $\rho_{dc}$ : massa específica seca de campo $K_{20}$ : coeficiente de permeabilidade

Quadro 3.5 – Resultados dos ensaios de erodibilidade e permeabilidade (continuação)

Amostra	Profundidade (m)	Ensaio de Erodibilidade (%)			Ensaio de Permeabilidade			
		S	P	E	$\rho_{dc}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	K [cm/Seg <sup>-1</sup> ]	
Formação Santa Rita do Passa-Quatro	P <sub>2</sub> A	1,5-1,7	0,74	7,35	4,00	1,414	1,521	1,71 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>2</sub> B	4,0-4,2	0,49	89,19	0,22	1,488	1,641	6,73 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>10</sub> A	0,2-0,5	0,22	0,07	125,7	1,5240	1,5910	1,72 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>10</sub> B	1,4-1,7	1,43	65,03	0,88	1,3020	1,4010	2,10 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>10</sub> C	3,0-3,3	0,22	16,14	0,55	1,6650	1,8660	1,59 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>14</sub> A	0,2-0,5	0,03	14,15	0,12	1,4712	1,4711	3,24 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>14</sub> B	2,5-2,7	0,38	48,62	0,41	1,9109	1,9110	1,36 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>14</sub> C	3,5-3,7						2,30 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>13</sub> A	0,4-0,6	1,96	28,34	3,60	1,7604	1,7603	1,17 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>13</sub> B	1,4-1,7	1,53	18,05	4,41	1,3767	1,3766	1,36 x 10 <sup>-2</sup>
	P <sub>13</sub> C	2-2,3	1,66	73,04	1,18	1,5132	1,5131	1,58 x 10 <sup>-2</sup>
	P <sub>17</sub> A	1-1,2	0,47	4,65	5,31	1,6576	1,6575	2,38 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>17</sub> B	3-4,5	1,49	81,40	0,95	1,5445	1,5445	1,47 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>20</sub> A	0,8-1,5	0,37	2,12	6,98	1,4240	1,4238	3,00 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>20</sub> B	2,2-3,8				1,3380	1,3378	1,75 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>22</sub> A	0,1-0,3	0,02	43,70	0,02	1,5372	1,4637	5,06 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>22</sub> B	1,6-1,8	0,13	0,10	65,4	1,3401	1,2670	2,39 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>22</sub> C	2,5-2,7	0,20	0,14	75,8	1,6749	1,5258	1,26 x 10 <sup>-6</sup>
	P <sub>23</sub> A	0,8-1,0	1,60	1,10	58,18	1,433	1,433	1,14 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>23</sub> B	2-2,2	1,04	1,67	24,91	1,440	1,440	9,70 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>24</sub> A	0,6-0,8	1,25	80,00	0,63	1,534	1,534	9,30 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>24</sub> B	1,3-1,5	0,07	81,89	0,03	1,169	1,169	9,20 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>25</sub> A	0,2-0,4	1,44	1,98	29,09	1,452	1,452	5,50 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>25</sub> B	1,0-1,2	0,94	1,85	20,32	1,679	1,679	6,50 x 10 <sup>-4</sup>
	F <sub>2</sub> A	0,2-0,4	0,22	0,58	20,08	1,57	1,47	2,29 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>2</sub> B	3,5-3,7	0,34	95,55	0,19	1,59	1,51	6,08 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>2</sub> C	6,8-7	0,33	94,97	0,18	1,73	1,62	3,74 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>8</sub> A	0,5-0,7	0,39	2,09	9,67	1,52	1,44	1,34 x 10 <sup>-2</sup>
F <sub>8</sub> B	2,3-2,5	0,95	80,04	0,62	1,49	1,43	1,13 x 10 <sup>-2</sup>	
Quaternário	P <sub>28</sub> A	0,4-0,6	0,46	0,65	37,24	1,61	1,61	4,33 x 10 <sup>-4</sup>
Fm. Itaqueri	F <sub>3</sub> A	0,4-0,6	0,43	1,33	16,73	1,56	1,56	1,73 x 10 <sup>-6</sup>
	F <sub>3</sub> B	1,4-1,6	1,38	5,35	13,42	1,38	1,38	1,10 x 10 <sup>-6</sup>
Fm. Botucatu	F <sub>9</sub> A	0,2-0,4	0,32	2,00	8,14	1,43	1,40	3,10 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>9</sub> B	2,2-2,4	0,64	32,90	1,00	1,53	1,47	9,79 x 10 <sup>-3</sup>

S: índice de absorção de água

E: índice de erodibilidade

 $\rho_d$ : massa específica seca máxima

P: perda de peso por imersão

 $\rho_{dc}$ : massa específica seca de campoK<sub>20</sub>: coeficiente de permeabilidade

Quadro 3.6 – Resultados dos ensaios de granulometria e classificação MCT  
(Fonte:TOREZAN,2000)

	Amostra	Ar (%)	Si (%)	Ag (%)	$\rho_s$ G/cm <sup>3</sup>	Classificação MCT				$\eta$ (%)
						c'	e'	Pi %	Sb	
Formação Serra Geral	P <sub>16</sub> A	46	19	35	2,928	1,60	0,77	91,0	LG'	55,265
	P <sub>16</sub> B	45	18	37	2,927	1,03	1,75	88,0	LG'	50,266
	P <sub>16</sub> C	34	26	40	2,971	1,70	0,80	37,2	LG'	55,358
	P <sub>16</sub> D	35	29	36	2,987	1,57	1,04	75,8	LG'	48,200
Formação Corumbataí	P <sub>3</sub> A	50	15	35	2,714	1,45	1,08	82,0	LG'	47,094
	P <sub>3</sub> B	41	13	46	2,756	1,71	1,34	189,5	NG'	35,415
	P <sub>9</sub> A	75	07	18	2,511	0,28	1,44	293,3	NA	38,796
	P <sub>9</sub> B	73	07	22	2,425	0,58	1,12	123,6	LA	33,639
	P <sub>9</sub> C	28	20	52	2,824	1,89	1,20	116,43	NG'	41,815
	F6A	60	5	35	2,651	1,68	1,54	111,85	NG'	51,03
	F6B	52	16	32	2,700	1,69	0,98	30,55	LG'	29,90
F6C	10	26	54	2,695	1,81	1,41	190,45	NG'	46,51	
Formação Pirambóia	P <sub>5</sub> A	75	09	16	2,578	0,61	1,41	238	NA	40,953
	P <sub>5</sub> B	75	07	18	2,721	0,58	1,18	114	LA	32,087
	P <sub>26</sub> A	82	10	08	2,642	0,66	1,44	218	NA'	49,000
	P <sub>26</sub> B	83	10	07	2,654	0,60	1,43	221	NA'	46,000
	P <sub>26</sub> C	79	09	11	2,628	1,00	1,20	144	NA'	46,000
	F1A	95	7	8	2,663	0,29	1,48	259,7	NA	42,37
	F1B	79	10	11	2,628	0,57	1,41	139,93	LA	29,38
Formação Piraçununga	P <sub>8</sub> A	64	12	24	2,712	0,60	1,39	211,97	LA	34,562
	P <sub>8</sub> B	74	10	16	2,731	0,46	1,08	117,60	LA	43,888
	P <sub>18</sub> A				2,539	1,33	1,10	101,9	LA'	
	P <sub>18</sub> B	21	24	55	2,774	2,07	1,13	76,76	LG'	39,301
	P <sub>18</sub> C	11	47	42	2,766	2,25	1,86	106,5	NG'	38,771
	P <sub>27</sub> A	78	09	13	2,636	0,50	1,63	142,3	NA'	40,440
	P <sub>27</sub> B	70	17	13	2,654	0,70	1,09	105,8	LA	49,070
	F4A	87	3	10	2,664	0,40	1,47	288,30	NA	44,24
	F4B	81	5	14	2,671	0,37	1,33	193,57	LA	49,24
	F5A	86	4	10	2,662	0,54	1,53	259,75	NA	48,53
	F5B	83	5	12	2,675	0,30	1,60	226,65	NA	46,55
	F5C	84	4	12	2,671	0,47	1,37	217,50	LA	45,05
	F7A	62	10	28	2,720	1,61	1,24	82,75	NG'	51,24
F7B	58	10	32	2,712	1,47	1,48	124,15	NS'	51,66	

Ag: argila (partículas com  $\theta < 0,002\text{mm}$ )

Ar: areia ( $0,02 < \theta < 2,0\text{mm}$ )

$\eta$ : porosidade

Pi: perda de peso por imersão do material compactado

LA: areias lateríticas;

LG': argilas lateríticas;

NA': solos arenosos não lateríticos;

NG': solos argilosos não lateríticos.

Si: silte ( $0,002 < \theta < 0,02\text{mm}$ )

$\rho_s$ : massa específica dos sólidos

c', e': coeficientes utilizados na classificação MCT

Sb: Símbolo da Classificação MCT

LA': solos areno-argilosos lateríticos;

NA: areias não lateríticas;

NS': solos siltosos não lateríticos;

Quadro 3.6 – Resultados dos ensaios de granulometria e classificação MCT (continuação).

	Amostra	Ar (%)	Si (%)	Ag (%)	$\rho_s$ G/cm <sup>3</sup>	Classificação MCT				$\eta$ (%)
						c'	e'	Pi %	Sb	
Formação Santa Rita do Passa-Quatro	P <sub>2</sub> A	79	04	17	2,731	0,67	1,19	166	LA	44,299
	P <sub>2</sub> B	74	06	20	2,744	1,00	1,24	168	NA'	40,195
	P <sub>10</sub> A	73	10	17	2,732	0,49	1,30	182	LA	41,769
	P <sub>10</sub> B	70	09	21	2,820	0,86	1,20	124	NA'	50,313
	P <sub>10</sub> C	72	06	22	2,742	1,31	1,20	101	NA'	31,962
	P <sub>14</sub> A	76	08	16	2,728	0,28	1,16	110,6	LA'	46,072
	P <sub>14</sub> B	74	09	17	2,707	0,92	1,15	104,5	LA'	29,408
	P <sub>14</sub> C	27	55	18	2,893	1,90	1,51	254,5	NG'	
	P <sub>13</sub> A	51	29	20	2,904	1,49	1,02	98,5	LA'	39,382
	P <sub>13</sub> B	70	07	23	2,760	1,37	1,17	109,0	LA'	50,121
	P <sub>13</sub> C	73	13	14	2,682	1,11	0,93	104,70	LA'	43,580
	P <sub>17</sub> A	83	06	11	2,664	0,63	1,37	188,2	NA'	37,778
	P <sub>17</sub> B	75	11	14	2,654	0,36	1,15	109,9	LA	41,804
	P <sub>20</sub> A	59	08	33	2,768	1,09	1,41	150	NA'	41,256
	P <sub>20</sub> B	60	07	33	2,778	1,66	1,06	106	LG'	45,228
	P <sub>22</sub> A	70	19	11	2,679	1,26	1,23	113,9	NA'	45,301
	P <sub>22</sub> B	72	15	13	2,681	0,48	1,27	154,5	LA	52,653
	P <sub>22</sub> C	56	28	16	2,688	1,36	1,31	138,1	NS'	43,301
	P <sub>23</sub> A	80	03	17	2,652	0,44	1,56	298	NA	46,000
	P <sub>23</sub> B	90	04	06	2,672	0,30	1,34	305	LA	46,000
	P <sub>24</sub> A	93	02	05	2,693	0,40	1,55	294	NA	43,000
	P <sub>24</sub> B	91	04	05	2,686	0,32	1,56	314	NA	56,000
	P <sub>25</sub> A	82	05	13	2,708	0,87	1,14	120	LA'	47,000
	P <sub>25</sub> B	80	07	13	2,666	0,96	1,11	117	LA'	37,000
	F2A	80	5	15	2,689	0,26	1,57	257,70	NA	45,27
	F2B	80	4	16	2,698	0,28	1,37	187,93	LA	43,99
	F2C	82	5	13	2,705	0,36	1,37	137,43	LA	40,13
	F8A	86	4	10	2,663	0,34	2,00	303,27	NA	45,98
F8B	84	4	12	2,693	0,39	1,68	276,17	NA	46,91	
Quaternário	P28A	60	29	11	2,662	0,50	1,35	276,5	LA	39,440
Formação Itaqueri	F3A	41	16	43	2,661	1,51	0,92	56,75	LG	14,05
	F3B	32	14	54	2,734	1,88	1,48	88	NG'	19,65
Formação Botucatu	F9A	81	5	14	2,679	0,29	1,30	168,00	LA	47,71
	F9B	79	3	18	2,675	0,52	1,44	163,07	NA	44,89

Ag: argila (partículas com  $\theta < 0,002\text{mm}$ )Ar: areia ( $0,02 < \theta < 2,0\text{mm}$ ) $\eta$ : porosidade

Pi: perda de peso por imersão do material compactado

LA: areias lateríticas;

LG': argilas lateríticas;

NA': solos arenosos não lateríticos;

NG': solos argilosos não lateríticos.

Si: silte ( $0,002 < \theta < 0,02\text{mm}$ ) $\rho_s$ : massa específica dos sólidos

c', e': coeficientes utilizados na classificação MCT

Sb: Símbolo da Classificação MCT

LA': solos areno-argilosos lateríticos;

NA: areias não lateríticas;

NS': solos siltosos não lateríticos;

Analisando-se os resultados obtidos por TOREZAN (2000), observa-se a predominância de materiais inconsolidados de textura arenosa na região, excetuando-se os materiais oriundos das Formações Corumbataí e Itaqueri.

Referindo-se aos resultados do índice de erodibilidade, observou-se que das 67 amostras analisadas e classificadas, 20 foram classificadas como possuidoras de alta erodibilidade (índice E menor que 1), conforme NOGAMI & VILLIBOR (1979). Já os resultados relacionados às Formações Geológicas, as Formações Botucatu, Itaqueri e o Quaternário não apresentaram nenhuma amostra classificada como erodível. A Formação Pirambóia apresentou apenas uma amostra erodível.

No que tange aos resultados relativos à permeabilidade, a maioria das amostras da formação Serra Geral, Piraçununga, Botucatu e Santa Rita do Passa Quatro se apresentaram com média permeabilidade (valores de K entre  $10^{-1}$  e  $10^{-3}$ ).

Já as amostras da Formação Corumbataí se apresentaram como média permeabilidade nos horizontes superficiais e baixa permeabilidade (K entre  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$ ) a muito baixa (K entre  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$ ) nos horizontes mais profundos, destacando-se, segundo TOREZAN (2000), a amostra F<sub>6</sub>C (Figura 3.15), que corresponde ao saprolito da Formação Corumbataí e classificada como praticamente impermeável (K menor que  $10^{-7}$ ).

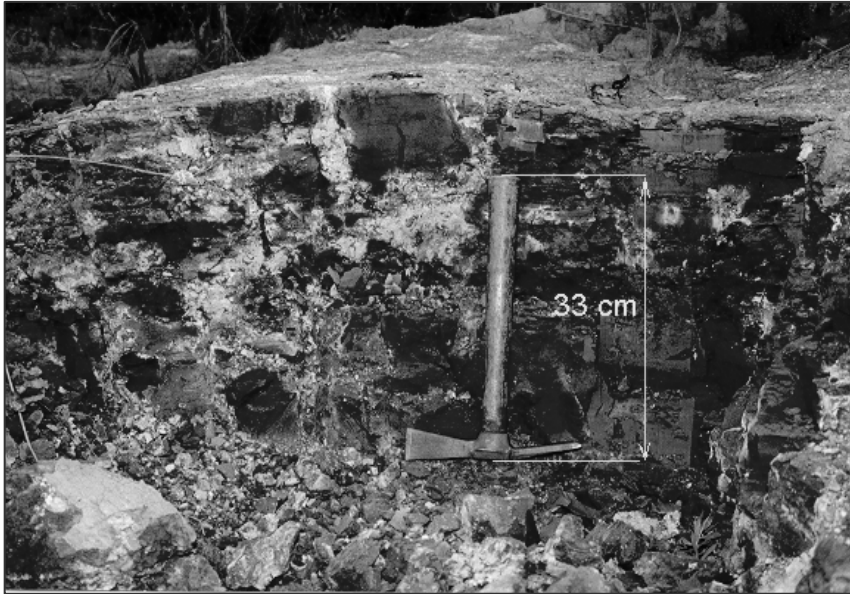


Figura 3.15 – Saprolito da Formação Corumbataí, amostra F<sub>6</sub>C – Fonte: TOREZAN (2000).

Quanto à Formação Itaqueri, as amostras foram classificadas como permeabilidade muito baixa, devido, provavelmente, à predominância da fração argilosa. A amostra do Quaternário foi classificada como de baixa permeabilidade, apesar de apresentar cerca de 60% de fração arenosa.

A amostras da Formação Pirambóia se apresentaram como de média permeabilidade, excetuando-se a amostra F<sub>1</sub>B (Figura 3.16) que corresponde ao saprolito desta Formação, sendo a mesma classificada como de baixa permeabilidade.

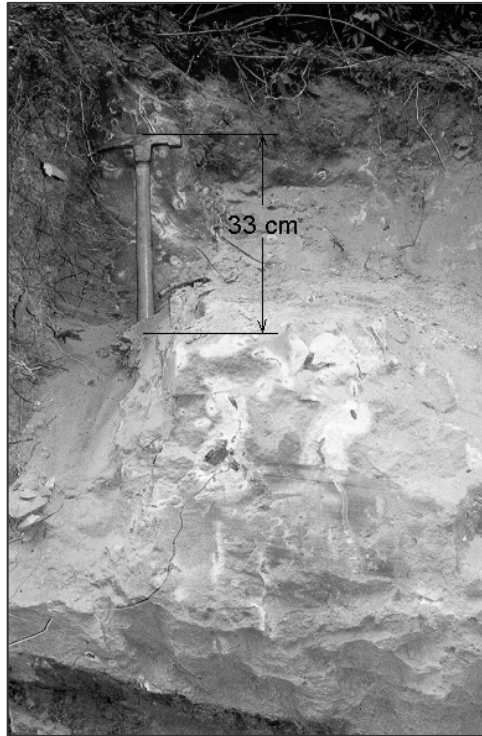


Figura 3.16 – Saprolito da Formação Pirambóia, amostra F1B – Fonte: TOREZAN (2000).

Segundo TOREZAN (2000), os resultados obtidos em relação à classificação MCT se mostraram com distribuição não uniforme, o que pode acarretar na distorção das interpretações. Não obstante a isso, observou-se a predominância de amostras classificadas como LA (areias lateríticas), seguidas de amostras classificadas como NA (areias não lateríticas). Segundo VILLIBOR, NOGAMI & FABBRI (1986), as areias lateríticas geralmente se comportam com grau elevado de erodibilidade e as areias não lateríticas são muito erodíveis pela ação da água corrente, possuindo, entretanto, elevada capacidade de infiltração.

Na carta de risco potencial à erosão (Anexo VI), observa-se, segundo TOREZAN (2000), a predominância de áreas correspondentes à classe 5 (49% da área total da bacia), à classe 6 (37%) e da classe 7 (7%), indicando a tendência a alta potencialidade à erosão da bacia do Rio Bonito (Figura 3.17 e 3.18). Analisando-se genericamente, as classes 6 e 7 situam-se em áreas correspondentes às Formações

Piraçununga e Pirambóia, e nas áreas de declividades acentuadas, como nas escarpas do Serrote de Descalvado. A classe 1 relativa à de pequeno risco à erosão se apresenta de forma localizada nas várzeas do Rio Mogi-Guaçu e também de outros rios como o Bonito, ribeirão da Areia Branca e ribeirão Descaroçador.

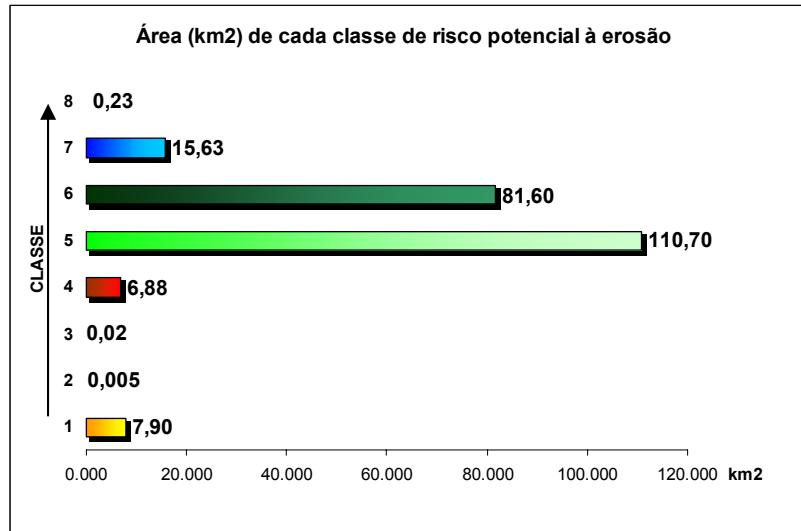


Figura 3.17 – Área (km<sup>2</sup>) abrangida por cada classe de risco potencial à erosão – Fonte: TOREZAN (2000).



Figura 3.18 – Aspecto de erosão acelerada observada na bacia do Rio Bonito (SP) – Fonte: TOREZAN (2000).



### 3.9. Carta de Uso e Ocupação do Solo

O mapeamento de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Bonito nos anos de 1971 e 2002 se baseou na interpretação de imagens de sensoriamento remoto do satélite LANDSAT – 7, sensor Thematic Mapper e fotos aéreas, objetivando-se avaliar a dinâmica de ocupação atual do solo através de sua identificação, espacialização e quantificação das classes de uso econômico e das classes remanescentes de vegetação natural ocorrentes na bacia do Rio Bonito (TOREZAN, 2000). Segundo TURNER *et al.* (1995), o termo *uso do solo* pode ser compreendido tanto como a maneira de manipulação das características biofísicas da terra como o objetivo preponderante desta manipulação.

Desta forma, o mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Bonito (ANEXO VII) foi gerado, utilizando-se uma imagem combinada das 3 bandas (3, 4 e 5) do LANDSAT – 7. Valendo-se de um trabalho de campo no qual se percorreu toda a área da bacia do Rio Bonito, identificou-se os diversos tipos de uso do solo, relacionando-os com as imagens obtidas do satélite via computador portátil, software GPS Trackmaker e um receptor GPS.

Assim, baseando-se nestes resultados de campo, determinou-se as seguintes classes de uso do solo: solo exposto (áreas onde o solo se apresenta desprovido de vegetação ou algum tipo de ocupação, incluindo áreas de preparo do solo para cultivos, loteamentos sem cobertura vegetal, etc.); Cultivo de cana-de-açúcar; Cultivo de laranja; Outras culturas (incluindo cultivos de milho, sorgo, mandioca, mamona, café, algodão, dentre outros que ocorrem com menor representatividade); Reflorestamento (áreas de cultivo de espécie de reflorestamento predominando variedades de *Eucalyptus* e em uma proporção bastante reduzida variedades de *Pinus*); Pastagens; Cerrado (englobando também o Cerradão); Mata

correspondendo a: Floresta Estacional Semidecidual (caracterizada por dupla estacionalidade climática) e Mata ciliar; Corpos d'água (incluindo lagos, represas e rios); Mineração; Área urbana (núcleo de Descalvado e Porto Ferreira).

Depois de identificadas as áreas, chegou-se a porcentagem de área coberta por cada tipo de uso, conforme descrito na Figura 3.19.

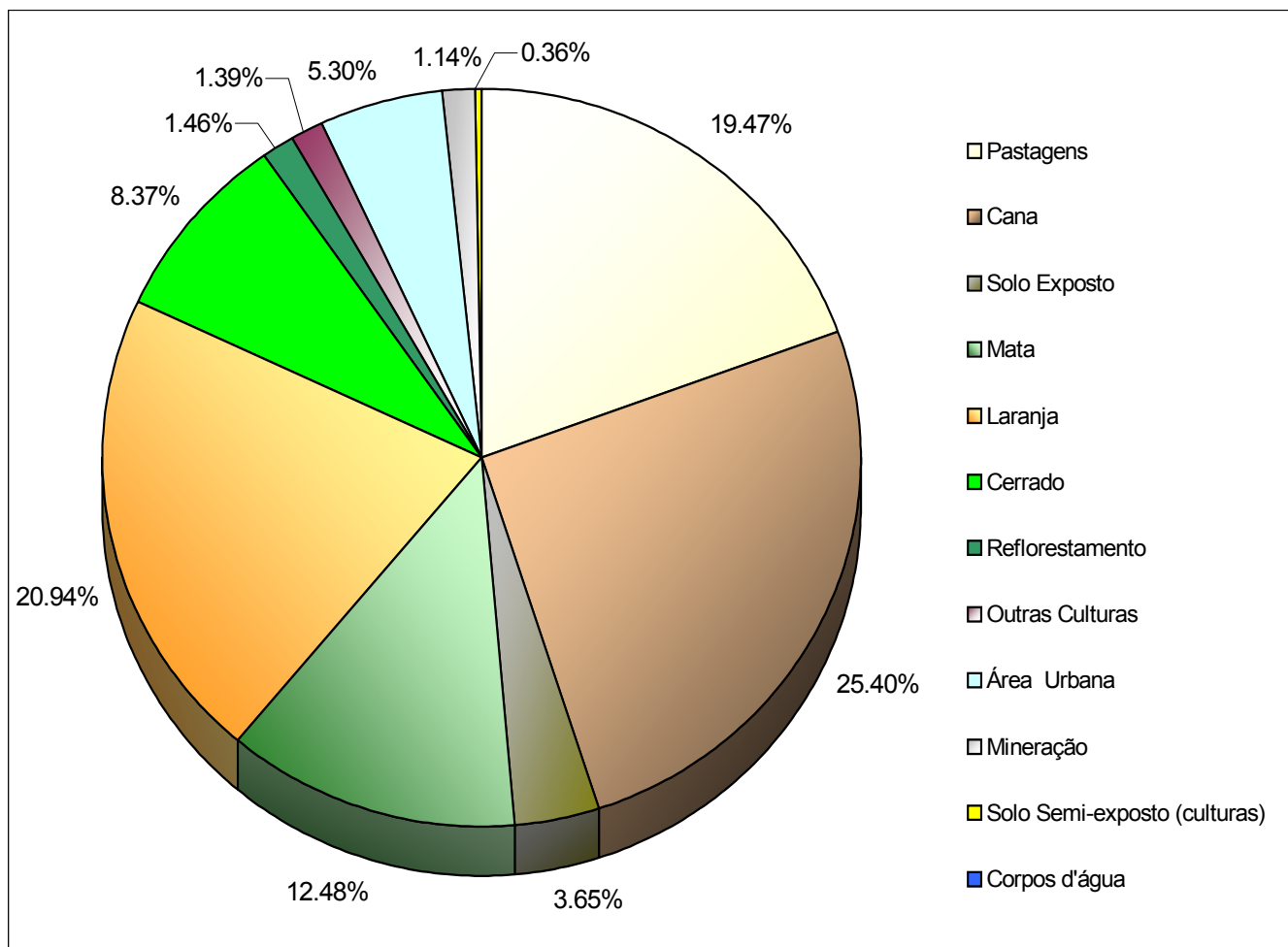


Figura 3.19 – Representação da área ocupada por cada classe de uso do solo na bacia do Rio Bonito (SP).

A análise dos dados obtidos mostrou a predominância das culturas de cana-de-açúcar, laranja e pastagens como usos preponderantes na bacia, ocupando aproximadamente 65% da área da bacia.

Com o intuito de se analisar a tendência de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Bonito, de posse dos dados do mapeamento de uso e ocupação do solo para 1971, elaborado a partir da interpretação visual de fotografias aéreas e da análise da carta obtida por TOREZAN (2000), feito por CANÇADO *et al* (2001), permitiu a identificação de 11 classes temáticas:

- Solo exposto – áreas onde o solo aparece desprovido de vegetação ou algum outro tipo de ocupação;
- Café – cultura perene, provavelmente utilizada para consumo interno, dada a pequena extensão da plantação;
- Laranja – áreas que apresentam o cultivo de laranja;
- Pastagem – corresponde às áreas de pastagem natural e cultivada;
- Reflorestamento – áreas de cultivo de espécies de reflorestamento (*Eucalyptus* e *Pinus*);
- Outras culturas – áreas que apresentam culturas temporárias de curta ou média duração;
- Cerrado – refere-se aos remanescentes de cerrado “*senso estrito*” e cerradão;
- Mata – nesta classe foram agrupadas as áreas cobertas pela Mata Mesófila Estacional Semidecídua e pela mata ciliar que acompanha os rios;
- Corpos d’água – representa a área de uma pequena represa localizada em um afluente do córrego Olaria;
- Área urbana – núcleo urbano de Descalvado e pequena parte do núcleo urbano de Porto Ferreira;
- Mineração – refere-se a uma área de exploração de areia quartzosa e a uma pedreira.

Para o ano de 1971, apresenta-se, na Figura 3.20, a superfície ocupada por cada uma das classes citadas anteriormente.

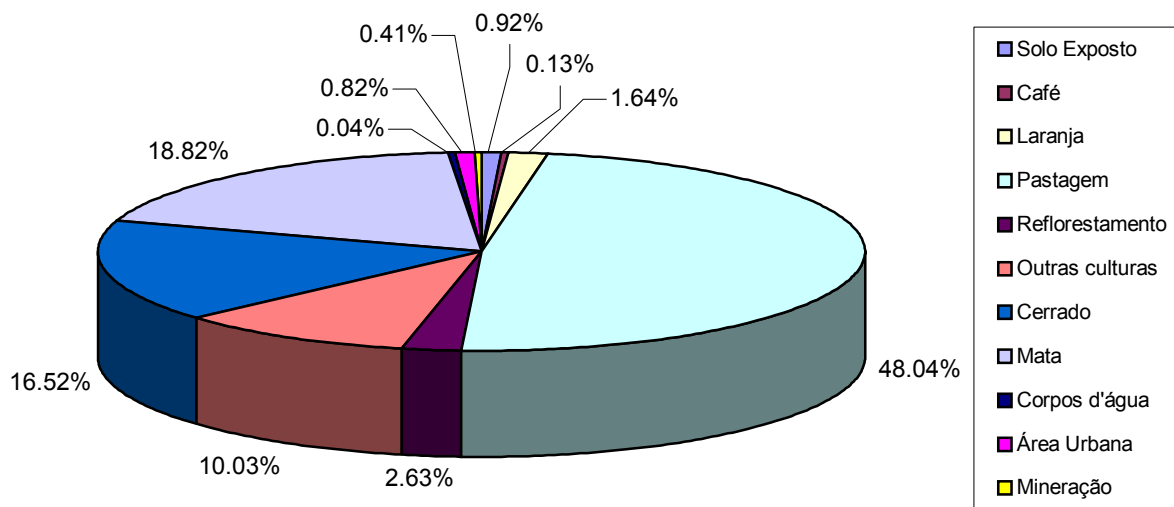


Figura 3.20 – Superfície ocupada pelas classes de uso do solo na bacia do Rio Bonito em 1971 com base em fotografias aéreas de agosto de 1971 e 1972 e na carta de 1999 obtida por TOREZAN (2000) – Fonte: CANÇADO et al (2001).

Analisando-se os resultados obtidos por CANÇADO *et al* (2001), em 1971, a bacia do Rio Bonito apresentava 35,3% de vegetação nativa (áreas de cerrado, mata mesófila e mata ciliar), sendo que, em 2002, apenas 20,85% de vegetação natural foram mapeados na região, representando, assim, uma redução de aproximadamente 15% em sua área total. Segundo salientado por OLIVEIRA (1995) citado em CANÇADO *et al* (2001), observa-se, em diversas áreas, a ausência de mata ciliar, o que coloca em risco a qualidade da água dos rios na bacia. A redução das áreas de cerrado observada no período estudado ocorreu principalmente na porção norte da bacia do Rio Bonito.

Enfocando-se as áreas de pastagem que corresponderam a 19,47% da bacia, identificou-se uma redução de seu percentual em 28%, visto que, em 1971, elas correspondiam a 48,04%. Fazendo-se a comparação entre os dois mapeamentos,

percebe-se que as antigas áreas de pastagem cederam lugar para o cultivo de cana-de-açúcar.

Verifica-se que a cultura de cana-de-açúcar, inexistente em 1971, atualmente ocupa em torno de 26%, distribuída por toda a bacia. Analisando-se os mapeamentos elaborados, percebe-se que o cultivo de cana ocupa áreas anteriormente cobertas por pastagem e vegetação nativa, em sua maioria. Segundo SÃO PAULO – SMA (1995), a partir do processo de evolução da cana-de-açúcar no interior do Estado de São Paulo intensificado, principalmente pelo Pró-álcool, intensas transformações na paisagem rural foram desencadeadas, a partir da segunda metade da década de 70, com o plantio da cana em grandes extensões de terra.

Outro aspecto identificado na paisagem rural se refere às áreas de reflorestamento de *Pinus* e *Eucalyptus* que sofreram um decréscimo de 1,17%, visto que, em 1971, elas perfaziam um total de 5,86 km<sup>2</sup> e, em 2002, correspondiam a 3,25 km<sup>2</sup>.

Já as áreas de cultivo de laranja, que antes ocupavam 3,65 km<sup>2</sup> (1,6%), em 2002, correspondem a 46,69 km<sup>2</sup> (20,94%) da área da bacia.

As superfícies das áreas urbanas mapeadas, para os anos de 1971 e 2002 são respectivamente 1,81 e 11,82 km<sup>2</sup>, indicando uma expansão de 10,00 km<sup>2</sup> no período estudado e um correspondente crescimento médio anual de aproximadamente 0,30 km<sup>2</sup>, demonstraram um crescimento urbano lento das cidades de Porto Ferreira e Descalvado.

No que tange à classe de mineração, pode-se considerar que a atividade minerária apresentou um aumento significativo, passando de 0,93 km<sup>2</sup> para 2,55 km<sup>2</sup>, representando 1,14% da área total da bacia em 2002.

Logo, analisando-se o exposto através de dados de TOREZAN (2000) e CANÇADO *et al* (2001) e nos mapeamentos correspondentes aos anos de 1971 e 2002, se constatou uma modificação substancial na distribuição espacial da bacia do Rio Bonito, claramente advinda de ações antrópicas, sendo que a redução observada nas áreas de mata, cerrado e pastagens se mostra relacionada ao incremento das atividades sucroalcooleiras e de plantações de laranja na região.

Segundo CANÇADO *et al* (2001), a redução das áreas de mata e cerrado, restando atualmente apenas pequenos fragmentos, também merece destaque na alteração do espaço na bacia do Rio Bonito.

Apresentam-se, nos Anexos VII e VIII, as cartas de uso e ocupação do solo dos anos de 1971 e 2002, respectivamente.

### 3.10. Carta de Formas de Relevo

Apresenta-se no Anexo IX, a carta de formas do relevo, na qual utilizou-se o módulo TOPOSHAPE do software IDRISI 32, que usa o modelo digital do terreno para classificar as formas do relevo encontradas na região. Além disso, fez-se uma verificação sobre um mosaico de fotos aéreas da região de estudo. O software classifica as formas de relevo da seguinte forma: serra, planície, ravina, sela, convexo, côncavo, inflectiva, desconhecido e linear.

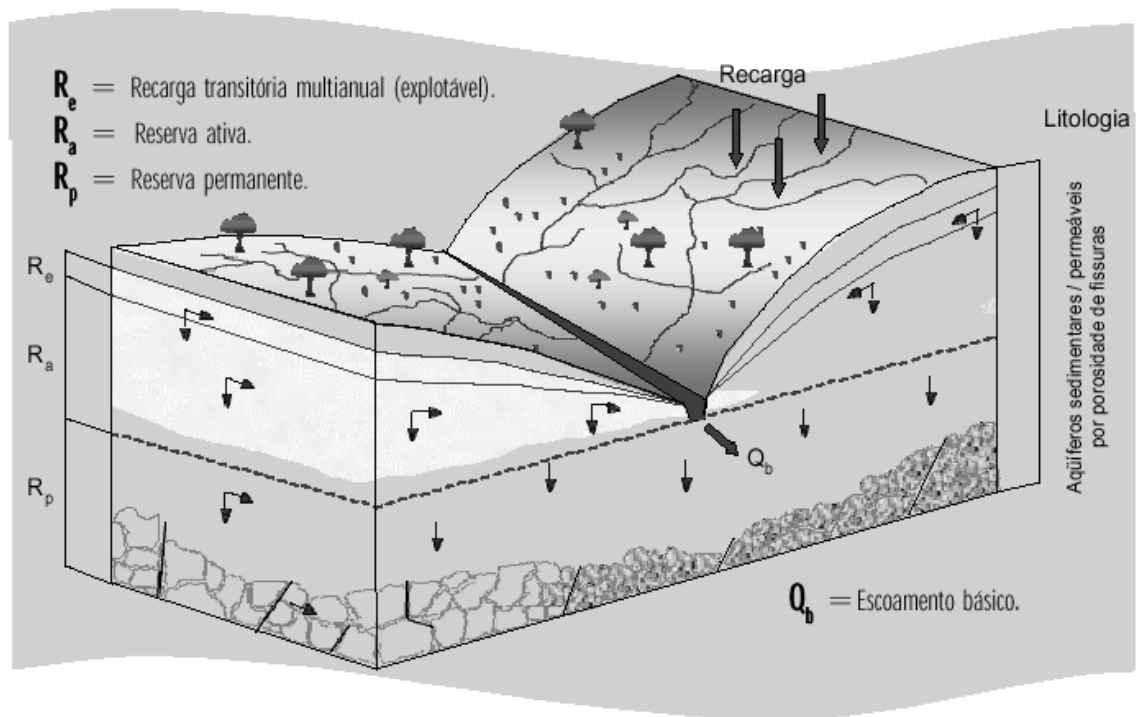
Depois de finalizada a confecção da carta e verificação por fotos, fez-se um cotejo com a realidade dos resultados obtidos e a respectiva correção de eventuais problemas encontrados, chegando-se a seguinte classificação do relevo: serra, planície de topo, planície de base, ravina, convexa, sela, linear, côncava e inflectiva.

### 3.11. Hidrogeologia

Através da Carta de Unidades Hidrogeológicas do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2000) – Anexo X observa-se, na região de estudo, a predominância do sistema aquífero Guarani. Ele se caracteriza como um aquífero sedimentar permeável por porosidade granular, cujas características se encontram no Quadro 3.7.

Segundo SÃO PAULO (2000), o sistema aquífero Guarani, o maior de todos os sistemas do Estado de São Paulo, ocupa aproximadamente 60% da área do Estado e se apresenta como principal reserva de água subterrânea de São Paulo. Em toda a sua área aflorante e na região onde se mostra confinado pelos derrames de basalto (90%), o sistema se constitui por arenitos eólicos bem selecionados da Formação Botucatu e sedimentos arenosos e argilosos de ambientes flúvio-lacustre a desértico da Formação Pirambóia, com espessura média de 300 metros, que mergulha para noroeste sob os basaltos e atinge a profundidade de até 1.500 metros. Observa-se que o confinamento do aquífero caracteriza-se como condição de artesianismo em 80% da área. A maioria de seus poços localiza-se na área aflorante e em sua porção adjacente, onde se apresentam espessuras dos basaltos confinantes menores.

Na Figura 3.21, ilustra-se o esquema conceitual sobre as reservas de água subterrâneas e, na Figura 3.22, o aquífero Guarani.



Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

Figura 3.21 – Esquema conceitual das reservas de águas subterrâneas.

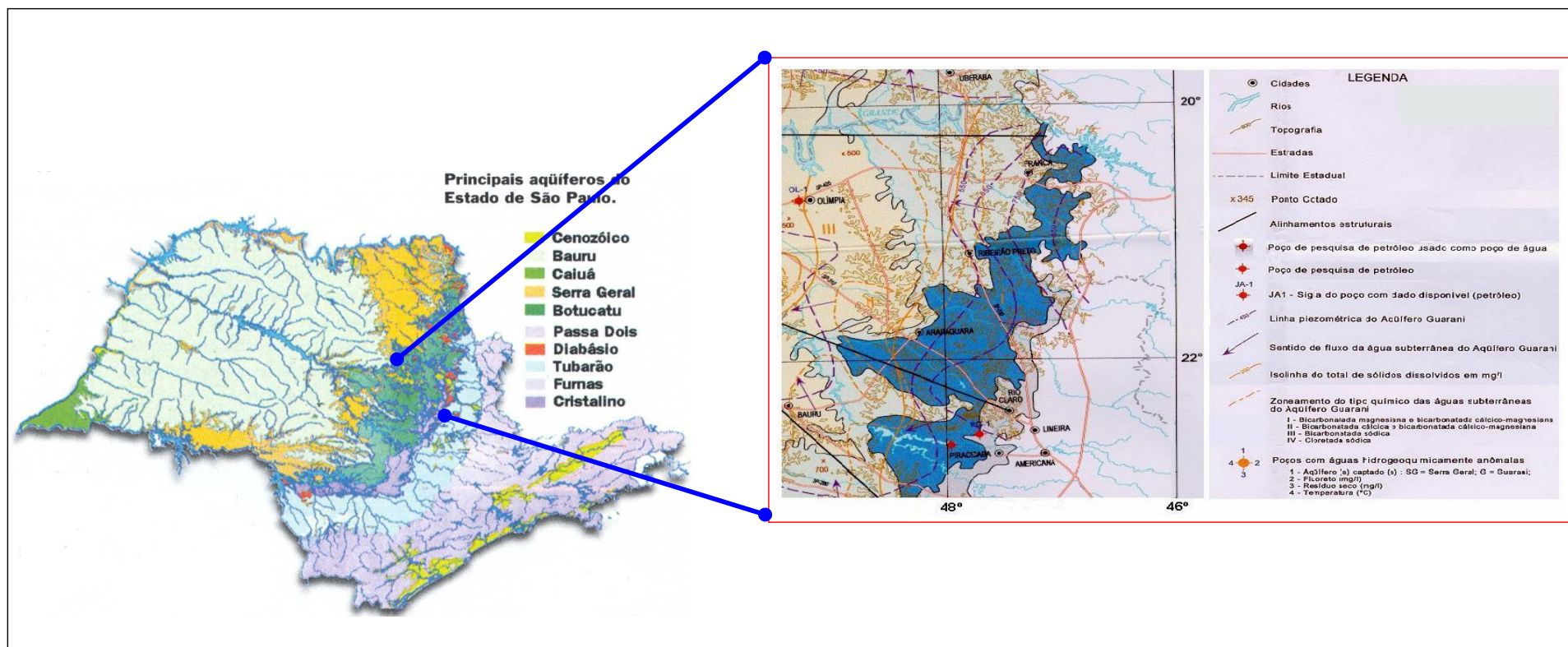


Quadro 3.7– Síntese das características gerais dos sistema aquífero Guarani.

SISTEMA AQUIFERO	UNIDADE AQUIFERA	CARCATERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	UNIDADE GEOLÓGICA	GEOMETRIA DO AQUIFERO				HIDRÁULICA DO AQUIFERO					
				ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Em (m)	ExSub (Km <sup>2</sup> )	Ec (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Prof. (m)	CE (m <sup>3</sup> /h/m)	T (m <sup>2</sup> /d)	K (m/d)	S (adm)
GUARANI	Botucatu (Porção Livre)	Extensão regional, granular, livre a confinado, homogêneo, contínuo, isotrópico	Formação Botucatu (JKb) - Arenitos eólicos avermelhados de granulação fina a média com estratificações cruzadas de médio a grande porte; depósitos fluviais restritos de natureza areno-conglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres.  Formação Pirambóia (TrJp) - Depósitos fluviais e de planícies de inundação incluindo arenitos finos a médios, avermelhados, siltico-argiloso, de estratificação cruzada ou plano-paralela; níveis de folhelhos a arenitos argilosos de cores variadas a raras intercalações de natureza areno-conglomeráticas.	16.000	250 (Livre)	---	---	10 a 100	50 a 250	0,03 a 17,0	---	0,2 a 4,0	0,001 a 0,2
	Botucatu (Porção Confinado)			500 (confinado)	136.800	500	50 a 600	300 a 1700	0,01 a 26,0	70,0 a 1300,0	0,5 a 4,6	0,000001 a 0,0001	

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

Figura 3.22 – Aquífero Guarani – Fonte: COSTA (1995) & CAMPOS (2000)



LEGENDA	CLASSE		PRINCIPAIS LITOLOGIAS
	Sistema aquífero sedimentar, permeável por porosidade granular	Bauru (grupos Bauru e Caiuá-Cretáceo Superior)	Arenitos mal selecionados, muito finos a conglomeráticos, bancos lamíticos, siltitos e finas camadas calcárias (Grupo Bauru); Arenitos finos com matriz siltico-argilosa variável; cimento limonítico (Grupo Caiuá)
	Sistema aquífero fraturado, permeável por fraturamento nas rochas	<b>Serra Geral</b> (Formação Serra Geral-Cretáceo Inferior)	Derrames sucessivos de lavas superpostos
	Sistema aquífero sedimentar, permeável por porosidade granular	Guarani (U1, U2 U3 U4) (Brasil - formações Botucatu, Guará, Santa Maria, Sanga do Cabral, <b>Pirambóia</b> , Rio do Rasto/Mb Morro Pelado; <b>Uruguai</b> - formações Tacuarembó, Buena Vista-Yaguari; <b>Paraguai</b> – formações Misiones, Independência; <b>Argentina</b> - formações San Cristobal, Buena Vista; Permo-Cretáceo)	Arenitos finos a médios; arenitos lamíticos e lamitos arenosos
	Aquitardo	Passa Dois (Grupo Passa Dois indiviso - Permiano)	Lamitos, siltitos arenosos, ritmitos, folhelhos e calcários

### 3.12. Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos

Utilizando-se a metodologia proposta no item 4.3.7, chegou-se ao resultado, gerado pelo software SAGA, onde se agruparam os dados fornecidos para o potencial de aporte de sedimentos para os anos de 1971 e 2002 em cinco classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. No Quadro 3.8, apresentam-se os pesos e notas utilizados na confecção das cartas de potencial de aporte de sedimentos nos anos de 1971 e 2002.

De posse dos resultados, fizeram-se as correções e a elaboração das cartas finais de potencial de aporte de sedimentos (1971 e 2002), visando à análise crítica dos resultados, utilizando-se os Softwares SAGA e SIG IDRISI 32.

Quadro 3.8 – Notas e pesos utilizados para a confecção das Cartas de Potencial de Aporte de Sedimentos na bacia do rio Bonito – anos 1971 e 2002.

Cartas	Parâmetros	Notas	Peso
Declividade	0 – 5%	10	40
	5 – 15%	7	
	15 – 20%	5	
	20 – 30%	3	
	> 30 %	0	
Uso e Ocupação do Solo - 1971	Área Urbana	-*	25
	Café	5	
	Cerrado	8	
	Laranja	6	
	Mata	10	
	Mineração	0	
	Outras Culturas	5	
	Pastagem	5	
	Reflorestamento	7	
	Solo Exposto	0	
Uso e Ocupação do Solo - 2002	Área Urbana	-*	25
	Cana-de-açúcar	4	
	Cerrado	8	
	Corpos d'água	-*	
	Laranja	6	
	Mata	10	
	Mineração	0	
	Outras Culturas	5	
	Pastagem	5	
	Reflorestamento	7	
Solo Exposto	0		
Solo Semi-exposto (culturas)	3		
Potencial de Escoamento Superficial	1 ( menor)	10	20
	2	7	
	3	5	
	4	3	
	5 (maior)	0	
Formas de Relevo	Côncavo	6	15
	Convexo	5	
	Inflectiva	3	
	Linear	0	
	Planície de Base	10	
	Planície de Topo	10	
	Sela (Saddle)	6	
	Serra	0	
Vale	8		

- \* Parâmetro não considerado

Os dados do Quadro 3.9, obtidos dos resultados das cartas, mostram um incremento no aporte de sedimentos nas classes intermediárias (baixo, médio e

alto) variando entre 0,06 a 9,42% e apresentam uma redução nas classes, muito baixo e muito alto, de 36,34 e 32,37%, respectivamente. Isso indica uma forte alteração no uso e ocupação do solo na região, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar e a diminuição da vegetação nativa existente.

Além disso, o incremento das áreas “não considerado” refere-se ao incremento das áreas urbanas de Descalvado e Porto Ferreira, mostrando uma expansão de 10 km<sup>2</sup> de 1971 a 2002.

Quadro 3.9 – Análise do potencial de aporte de sedimentos da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

Potencial de Aporte	Área 1971 (km <sup>2</sup> )	%	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	%	Variação em % 1971 – 2002
Muito baixo	35,114	15,75	22,352	10,02	-36,34
Baixo	89,198	40,00	89,253	40,03	0,06
Médio	76,895	34,49	78,923	35,39	2,64
Alto	12,356	5,54	13,520	6,06	9,42
Muito alto	1,180	0,53	0,798	0,36	-32,37*
Não considerado	8,238	3,69	18,135	8,13	120,14
Total	222,981	100,00	222,981	100,00	

\*diminuiu no período.

Quadro 3.10 – Análise do potencial de aporte de sedimentos por uso do solo da bacia do rio Bonito – ano de 1971.

Uso do solo	Classes de Aporte de Sedimentos					
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Não considerado
Área Urbana	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79
Café	0.00	0.10	0.19	0.01	0.00	0.00
Cana-de-açúcar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerrado	11.10	21.65	6.94	0.76	0.00	0.00
Laranja	0.54	1.64	1.14	0.02	0.00	0.00
Mata	14.88	13.08	2.44	1.21	0.02	0.00
Mineração	0.00	0.25	0.42	0.12	0.03	0.00
Outras Culturas	1.76	10.72	19.07	2.34	0.19	0.00
Pastagem	6.37	38.64	43.77	7.05	0.74	0.00
Reflorestamento	0.47	0.98	0.48	0.03	0.00	0.00
Solo Exposto	0.00	2.14	2.44	0.82	0.19	0.00
Corpos D'água	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
Total	35.11	89.20	76.90	12.36	1.18	2.01

Quadro 3.11 – Análise do potencial de aporte de sedimentos por uso do solo da bacia do rio Bonito - ano de 2002.

Uso do solo	Classes de Aporte de Sedimentos					
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Não considerado
Área Urbana	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.82
Café	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cana-de-açúcar	0.00	22.83	29.37	3.21	0.51	0.00
Cerrado	4.74	7.88	3.22	1.68	0.01	0.00
Laranja	5.34	23.61	15.24	1.34	0.05	0.00
Mata	8.40	11.39	3.87	2.18	0.02	0.00
Mineração	0.00	1.26	0.83	0.34	0.00	0.00
Outras Culturas	0.18	0.99	1.76	0.13	0.00	0.00
Pastagem	3.29	17.51	18.76	2.79	0.16	0.00
Reflorestamento	0.41	1.29	0.98	0.34	0.03	0.00
Solo Exposto	0.00	1.94	4.65	1.50	0.01	0.00
Solo Semi-exposto (culturas)	0.00	0.54	0.24	0.02	0.00	0.00
Corpos D'água	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Total	22.35	89.25	78.92	13.52	0.80	11.91

Analisando-se os dados dos Quadros 3.10 e 3.11, percebe-se que a predominância do potencial de aporte de sedimentos nos anos de 1971 e 2002 está nas classes “baixo e médio”. Entretanto, a classe “muito baixo” apresentou um decréscimo de 36% e a classe “muito alto” um decréscimo de 32%, o que pode refletir uma certa conscientização em relação a um uso e ocupação mais adequados do solo.

Observando-se a introdução da cultura de cana-de-açúcar, vê-se que a mesma incrementou o potencial de aporte de sedimentos, elevando os valores das classes, além de apresentar a maior área na classe “muito alto”.

Analisando-se os dados de 1971 e 2002, levando-se em conta a vegetação nativa (mata e cerrado), observa-se uma redução de cerca de 40% em sua área e um respectivo incremento no potencial de aporte de sedimentos em 2002 pela substituição da vegetação nativa por outros tipos de uso (cana-de-açúcar, laranja, pastagem, etc.).

Em relação às pastagens, percebe-se uma redução de 56% (de 96,57 km<sup>2</sup> para 42,51 km<sup>2</sup>) em sua área e uma diminuição nas classes dos potenciais de

aporte de sedimentos, principalmente devido à possível substituição da cultura de pastagem pelas culturas de cana-de-açúcar e de laranja.

Apresentam-se, nos Anexos XI e XII, as cartas de potencial de aporte de sedimentos dos anos de 1971 e 2002.

### 3.13. Carta de Potencial de Escoamento Superficial

A carta de potencial de escoamento superficial, apresentada no Anexo XIII, se reveste grande importância para o estudo do fenômeno das inundações, visto que a mesma apresenta as áreas de maior ou menor possibilidade ao escoamento superficial, de acordo com a metodologia descrita no item 4.3.4.

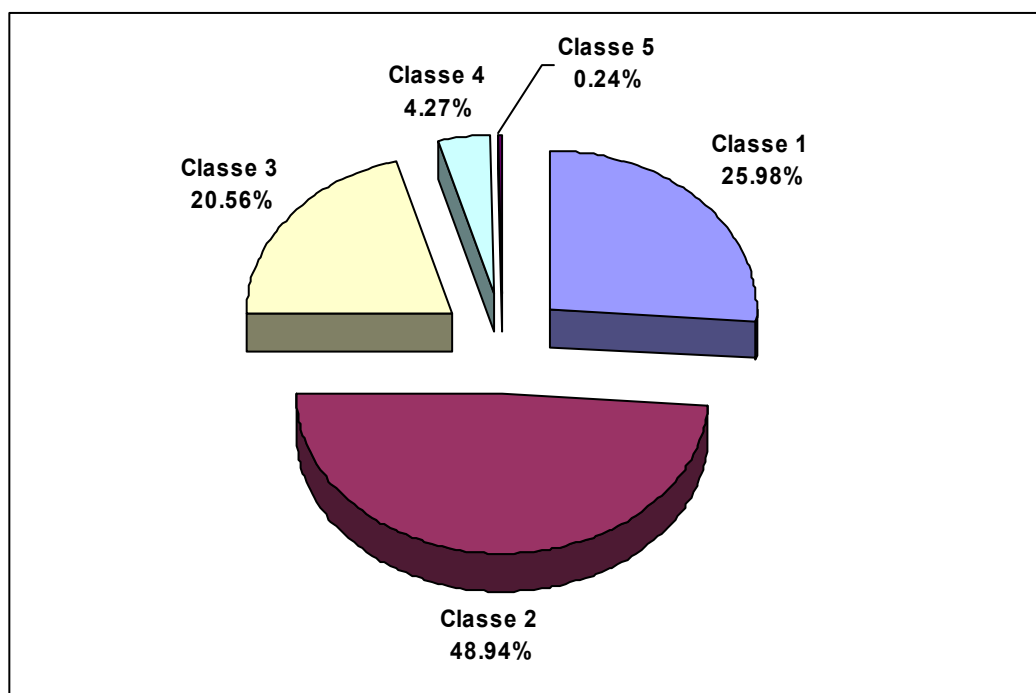


Figura 3.23 – Gráfico de Classes de Potencial de Escoamento Superficial por Área da bacia do Rio Bonito.

Conforme observado na Figura 3.23, a bacia do rio Bonito apresenta, em sua maioria, um potencial de escoamento superficial baixo – classes 1 e 2  $\cong$  75% da área, o que representa baixa declividade (0 a 5%), solos arenosos (< 30% de finos) espessos formados por arenitos das formações Pirambóia, Santa Rita do Passa Quatro, Pirassununga, Botucatu e Quaternário, alta permeabilidade, baixa densidade

de drenagem, profundidade do nível de água maior que 5 metros e apresentando feições favoráveis ao escoamento superficial.

Entretanto, observa-se que os 25% restantes da área de estudo encontra-se nas classes 3, 4 e 5, onde o solo varia entre argiloso poroso formado por arenitos da formação Itaqueri a silto argilosos formados pela formação Corumbataí, com baixa permeabilidade, alta densidade de drenagem, profundidade do nível d'água entre 3 a 5 metros e não apresentando feições favoráveis ao escoamento superficial. Isto implica, nestas áreas, a necessidade de um uso do solo mais controlado visando respeitar os caminhos preferenciais das águas e evitar o aparecimento de erosões a médio e longo prazo, com práticas agrícolas sustentáveis.

### 3.14. Carta de Potencial à Expansão Urbana

Apresenta-se, no Anexo XIV, a carta de potencial à expansão urbana, desenvolvida por MORAES (2003), através da interação das cartas de aptidão física ao assentamento urbano e de expansão urbana 1972 – 2002. A carta se classifica em quatro níveis: muito baixo, baixo, médio e alto.

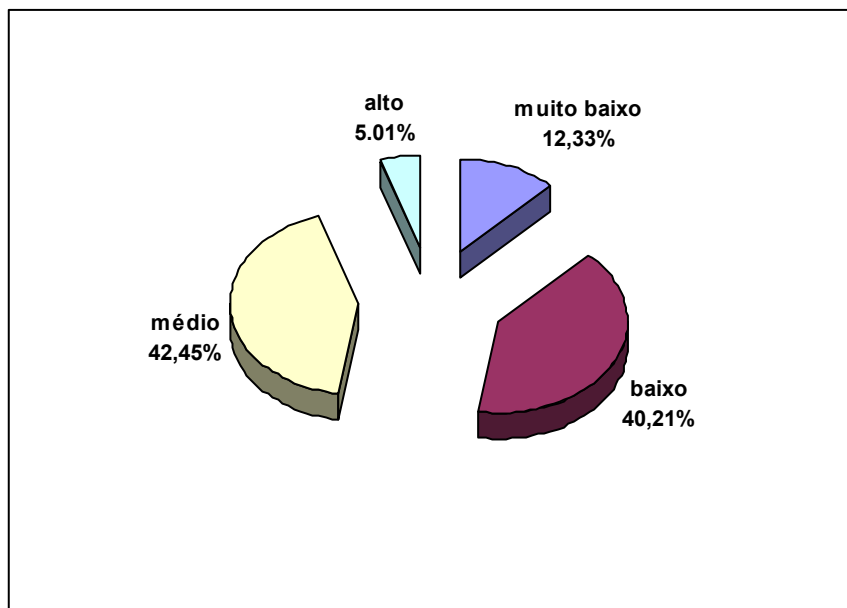


Figura 3.24 – Gráfico de Classes de Potencial à Expansão Urbana por Área da bacia do Rio Bonito.



Analisando-se o gráfico acima, observa-se que as áreas com maior potencial à expansão urbana se resumem a 5%, estando as mesmas em áreas próximas ou contíguas às áreas urbanas atuais, o que indica a necessidade de um planejamento em relação ao crescimento das áreas urbanas na bacia. As áreas que apresentam médio potencial podem ser utilizadas ressaltando a necessidade de estudos geo-ambientais para uma ocupação planejada e que preserve a sustentabilidade do meio.

Vê-se claramente que mais de 50% da área da bacia possui de muito baixo a baixo potencial de expansão, abrangendo áreas de mata ciliar e vegetação nativa, as quais devem ser preservadas visando o equilíbrio dos ecossistemas, visto que houve perda significativa das mesmas entre o intervalo de tempo estudado (1971 – 2002). Além disso, a bacia do rio Bonito se apresenta como uma bacia agrícola, voltada à produção de cana-de-açúcar e de laranja, o que dificulta a cessão dessas áreas para a expansão urbana, pois estas culturas se revestem de grande importância para a economia da região.

### 3.15. Recursos Hídricos

#### 3.15.1. Águas Superficiais

Conforme citado anteriormente, a bacia do Rio Bonito insere-se como sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu. Segundo dados de SÃO PAULO (2000), a bacia do Rio Mogi-Guaçu possui uma área de drenagem no Estado de São Paulo de 15.218 km<sup>2</sup>, com uma vazão média de longo período, dentro do Estado, de 202 m<sup>3</sup>/s. No Quadro 3.12, apresenta-se o balanço hídrico da bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Quadro 3.12 – Balanço hídrico da bacia do Rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo.

UGHRI	Área (km <sup>2</sup> ) (1)	Precipitação Média (mm) (2)	Escoamento Total (m <sup>3</sup> /s) (3)	Evapotranspiração (mm/ano) (4)	Escoamento Básico (m <sup>3</sup> /s) (5)	Vazão Mínima (7 dias, 10 anos) (m <sup>3</sup> /s) (6)	Rendimento (%) (7)	Básico/ Total (%) (8)	Vazão Mínima / Total (%) (9)
09 Mogi-Guaçu	15.218	1.420	202	1.002	71	49	29	35	24
<b>Estado de São Paulo</b>	<b>248.809</b>	<b>1.376</b>	<b>3.120</b>	<b>981</b>	<b>1.285</b>	<b>892</b>	<b>29</b>	<b>41</b>	<b>29</b>

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

- (1) Área de drenagem da bacia hidrográfica no Estado de São Paulo, sem áreas interestaduais.
- (2) Precipitação média de longo período.
- (3) Escoamento total estimado para os cursos d'água em termos de vazão média de longo período.
- (4) Evapotranspiração média de longo período calculada pela diferença entre a precipitação e a vazão.
- (5) Escoamento básico que aflui aos corpos d'água após percolar pelos aquíferos subterrâneos, estimado a partir da média das vazões mínimas anuais de 7 dias consecutivos.
- (6) Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.
- (7) Relação entre a vazão e a precipitação. Aponta a parte da chuva que é transformada em escoamento.
- (8) Relação entre os escoamentos básico e total.
- (9) Relação entre a vazão mínima e o escoamento total.

Observa-se, segundo SÃO PAULO – CERH (2000), que a bacia do Rio Mogi-Guaçu corresponde a 6,12% da área no Estado e 6,47% do escoamento. No que tange ao escoamento básico e à vazão mínima, os percentuais da bacia correspondem, respectivamente, a 5,55 e a 5,49% em relação ao Estado.

Com base em estudo de regionalização hidrológica desenvolvido por SÃO PAULO - DAEE (1999) e citados em SÃO PAULO - CERH (2000), a disponibilidade hídrica das bacias do Estado de São Paulo pode ser estimada. Segundo os autores, torna-se possível estimar-se as variáveis: vazão média de longo período, vazão mínima de duração variável de um a seis meses associada à probabilidade de ocorrência, curva de permanência de vazões, volume de armazenamento intra-anual necessário para atender dada demanda, sujeito a um risco conhecido e vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência. Este estudo baseia-se nos totais anuais precipitados em 444 postos pluviométricos, o que permite a elaboração de uma carta de isoietas médias anuais (Anexo XV), nas séries de descargas mensais observadas em 219 estações fluviométricas e nas séries históricas de vazões diárias de 88 postos fluviométricos. Dessa forma, baseando-se neste estudo, o Quadro 3.13 apresenta valores estimados da disponibilidade hídrica da bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Quadro 3.13 – Disponibilidade Hídrica na bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Unidade Hidrográfica	Área no Estado (km <sup>2</sup> ) (1)	Escoamento Total (m <sup>3</sup> /s) (2)	Vazão Mínima (m <sup>3</sup> /s)		Q <sub>95%</sub> (m <sup>3</sup> /s) (5)	Vazão de Referência (m <sup>3</sup> /s)	
			1 mês, 10 anos (3)	7 dias, 10 anos (4)		Total (6)	No Estado (7)
09 - Mogi-Guaçu	15.218	202	61	49	73	76	64
Estado de São Paulo	248.809	3.120	1.087	892	1.258	6.403	2.020

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

**NOTA:** As vazões regularizadas utilizadas para o cálculo das vazões de referência foram obtidas dos relatórios Caracterização dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo (Abril/84-DAEE) e do Plano Nacional de Recursos Hídricos (Janeiro/1985-MME/DNAEE/DCRH).

- (1) Área de drenagem da subzona ou bacia hidrográfica no Estado de São Paulo.
- (2) Escoamento total estimado para os cursos d'água, em termos de vazão média de longo período.
- (3) Vazão mínima anual de 1 mês e 10 anos de período de retorno, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.
- (4) Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com 10 anos de período de retorno.
- (5) Vazão para 95% de permanência no tempo.
- (6) Vazão de referência para as bacias estaduais e interestaduais, estimada a partir de dados de vazões regularizadas por reservatórios e contribuições mínimas de bacias não controladas.
- (7) Vazão de referência considerando somente a parcela dentro do Estado de São Paulo.

O máximo potencial teoricamente factível de ser explorado se expressa pela vazão média de longo período, isto é, o escoamento total. Entretanto, segundo SÃO PAULO - CERH (2000), por razões de ordem econômica, esse potencial mostra-se reduzido, na prática, a cerca de 70% da vazão média. Logo, a vazão mínima mensal com período de retorno de 10 anos é de 61 m<sup>3</sup>/s (aproximadamente 30% do escoamento total), a vazão mínima de 7 dias consecutivos com o mesmo período de retorno é de 49 m<sup>3</sup>/s (aproximadamente 24% do escoamento total) e a vazão para 95% de permanência do tempo é de 73 m<sup>3</sup>/s (aproximadamente 36% do escoamento total).

Já a vazão de referência que considera a regularização assegurada por reservatórios mais as contribuições mínimas das áreas das bacias não controladas se mostra estimada em 64 m<sup>3</sup>/s, no Estado, o que corresponde à 31% do escoamento total.

Na bacia do Rio Bonito, segundo observações feitas no trabalho de SÃO PAULO - CERH (2000), não há aproveitamento hidráulico do ponto de vista hidrelétrico ou de reservatórios.

### 3.15.2. *Águas Subterrâneas*

Os recursos hídricos subterrâneos se mostram extremamente importantes, pois se constituem na origem do escoamento básico dos rios e representam ricas reservas de água, geralmente com excelente qualidade. Entretanto, observa-se que nem todas as formações geológicas possuem características hidroquímicas e hidrodinâmicas que permitam a exploração econômica de águas subterrâneas através de poços tubulares profundos, para médias e grandes vazões.

Segundo SÃO PAULO (2000) - CERH, em pelo menos dois terços do Estado, o potencial explotável pode ser considerado muito bom, mesmo nas áreas hidrogeologicamente menos favoráveis. O abastecimento de pequenas comunidades, indústrias e propriedades rurais pode ser considerado interessante, quando as demandas são compatíveis com as vazões menores apresentadas.

No Balanço Hídrico apresentado pelo DAEE (1999), dos 100 bilhões de m<sup>3</sup>/ano correspondentes ao escoamento total, 41 bilhões, ou 1.285 m<sup>3</sup>/s, são devidos ao escoamento básico, parcela responsável pela regularização dos rios. A recarga transitória média multi-anual que circula pelos aquíferos livres representa a quantidade média de água que infiltra no subsolo, atingindo o lençol freático, formando o escoamento básico dos corpos d'água.

Segundo SÃO PAULO - DAEE (1974) citado em SÃO PAULO - CERH (2000), a recarga profunda se caracteriza pela alimentação dos aquíferos confinados, ou seja, representa a quantidade média de água que circula pelo aquífero, não retornando ao rio dentro dos limites da bacia hidrográfica em questão.

Segundo LOPES (1994), por razões hidrogeológicas, como o tipo de porosidade, a hidráulica dos aquíferos e as técnicas convencionais disponíveis para a captação de águas subterrâneas, se estabeleceu índices de utilização dos volumes estocados, correspondentes à recarga transitória média multi-anual, para diferentes tipos de aquíferos e adaptados por SÃO PAULO - CERH (2000) às diferentes regiões do Estado de São Paulo, apresentados a seguir:

Quadro 3.14 – Índices de utilização dos volumes estocados.

Sistema aquífero	Índice de utilização (%)
Cenozóico, Bauru, Paraná-Furnas e Tubarão	25 a 27
Guaraní, Bauru-Caiuá, Litorâneo e Quaternário	30
Cristalino e Serra Geral	20
Passa-Dois*	15

**Fonte:** SÃO PAULO - CERH (2000)

\*Regionalmente é considerado um Aquicludo, isto é, exerce papel passivo em relação à circulação das águas subterrâneas.

A disponibilidade potencial de águas subterrâneas para a bacia do Rio Mogi-Guaçu calculada por SÃO PAULO - CERH (2000), a partir do escoamento básico de cada bacia, multiplicado pela fração da área do aquífero na bacia e pelo índice de utilização definido anteriormente, foi de 16,8 m<sup>3</sup>/s. Segundo SÃO PAULO - CERH *op.cit.*, este resultado deve ser encarado com cautela, visto que o mesmo serve apenas para estabelecer comparações entre a disponibilidade natural e as extrações, no intuito de auxiliar no planejamento dos recursos hídricos.

Com relação à aptidão das águas subterrâneas, as mesmas, em geral, para o Estado de São Paulo, se apresentam com boa qualidade química natural, sem restrição ao seu uso geral. Especificamente na região de estudo, observando-se o mapa de aptidão das águas subterrâneas (Anexo XVI), a água subterrânea se apresenta, em sua maioria, sem restrições ao seu uso.

### 3.15.3. Demanda x Disponibilidade

A partir dos resultados levantados por SÃO PAULO - CERH (2000), a demanda hídrica superficial da bacia do Rio Mogi-Guaçu foi estimada em 39,65 m<sup>3</sup>/s (Figura 3.25). No Quadro 3.15, o balanço demanda x disponibilidade superficial na bacia do Rio Mogi-Guaçu demonstra a utilização de 80,91% da vazão mínima disponível, sendo que apenas 38,92% é consumida. Isso explicita a falta de controle e gerenciamento dos recursos hídricos superficiais em seu uso e aproveitamento, além de indicar grande perda da água captada.

Quadro 3.15 – Balanço disponibilidade x demanda de água superficial na bacia do Rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo.

UGRHI	DEMANDA (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /s)	BALANÇO (m <sup>3</sup> /s)	LANÇAMENTO (m <sup>3</sup> /s)	% DA VAZÃO MÍNIMA	
						CAPTADA	CONSUMIDA
09 Mogi-Guaçu	39,65	49	202	9,35	20,58	80,91	38,92
Estado de São Paulo	352,29	892	3120	539,71	124,17	39,50	25,60

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

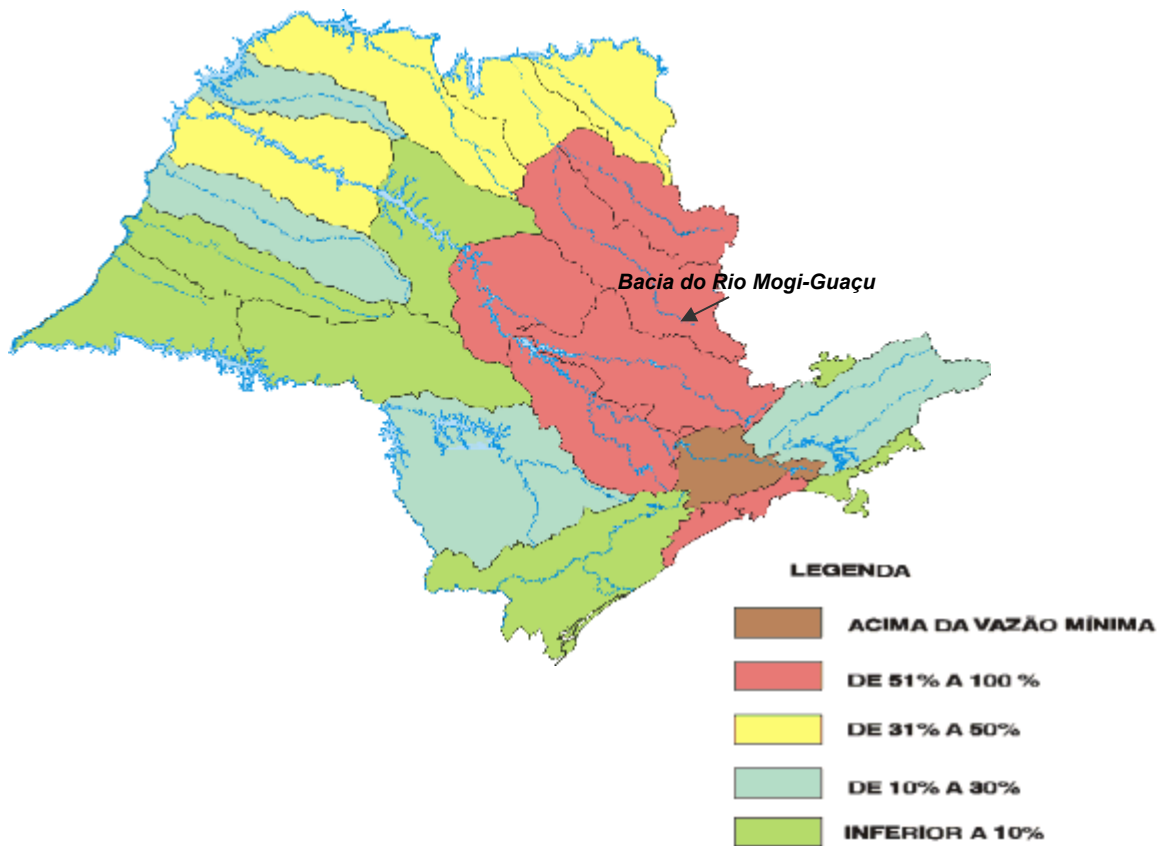


Figura 3.25 – Balanço disponibilidade x demanda de água superficial no Estado de São Paulo  
Fonte: SÃO PAULO – CERH (2000)

Em relação à demanda e utilização das águas subterrâneas na bacia do Rio Mogi-Guaçu (Quadro 3.16), em que a extração de água por poços é estimada em  $1,95 \text{ m}^3/\text{s}$ , conclui-se que o uso dos recursos hídricos subterrâneos na bacia do Rio Mogi-Guaçu se mostra ainda incipiente, visto o total estimado disponível de  $16,80 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vale ressaltar que apenas 27,44% da água explorada se apresenta utilizada para abastecimento público.

Quadro 3.16 – Demanda de águas subterrâneas na bacia do Rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo.

UGRHI	Nº POÇOS TOTAL (1)	PÚBLICO (m³/s) (3)	TOTAL (m³/s) (2)	DISPONÍVEL (m³/s)	ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO (%)	PUBLICO/TOTAL (%)
09 - Mogi-Guaçu	465	0,54	1,95	16,80	11,63	27,44
Estado de São Paulo	33.570	20,22	59,75	336,10	17,63	34,13

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000).

(1) e (2) Estimativas com base nos Relatórios Zero.

(3) Estimativas com base nos Relatórios Zero, SABESP, DAEE e CETESB.

#### 3.15.4. *Condição atual da qualidade dos corpos d'água*

Na sua rede de monitoramento, a CETESB analisa 35 parâmetros de qualidade das águas bimestralmente. Para tal estudo, segundo SÃO PAULO – SMA (1995), foram usados 12 parâmetros que têm variações importantes nos seus valores, coletados nos quatro pontos de monitoramento instalados no Rio Mogi-Guaçu. As campanhas de coleta de amostras nos principais corpos d'água da Bacia são realizadas duas vezes por ano, no período de chuvas e estiagem. Os parâmetros mais analisados são a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, o Oxigênio Dissolvido – OD, os coliformes fecais e, em algumas vezes, o fósforo total e a série nitrogenada. Selecionaram-se 20 pontos com maior número de informações no Rio Mogi-Guaçu.

Segundo SÃO PAULO – SMA (1995), devido a dificuldades da utilização desses dados, como a grande variação do número de amostras por parâmetro e poucos registros de vazões, foram acrescentados os dados de qualidade aos de vazão para a análise das condições do Rio Mogi-Guaçu. Para tanto, verificou-se o percentual de valores de cada parâmetro que ultrapassou os níveis estabelecidos para a classe 2 da Resolução CONAMA nº 20/ 86 e o percentual próximo ou coincidente com os valores limites da mesma classe.



Quanto à condição atual dos parâmetros OD, DBO, coliformes fecais, fósforo total e fenol, além de metais, tem-se, segundo o SÃO PAULO – SMA (1995), o seguinte (Quadros 3.17 a 3.21):

- ❑ desconformidade com os padrões de qualidade , em alguns períodos, nos pontos de 3 a 7, e de 11 a 20 do Rio Mogi-Guaçu, compartimentos Alto Mogi e Médio Mogi Superior e Inferior;
- ❑ proximidade dos limites da classe 2, em alguns períodos, nos pontos 1 e 2 e de 8 a 10 do Rio Mogi-Guaçu, compartimento Alto Mogi;
- ❑ o manganês é o metal mais freqüente do Rio Mogi-Guaçu, aparecendo acima dos padrões, seguido pelo cádmio;
- ❑ os parâmetros coliformes fecais e fósforo total raramente atendem aos limites permitidos pela legislação em todas as amostras;
- ❑ os pontos de 3 a 5, 9 a 11, 13 a 15, 17 a 18 e 20 do Rio Mogi-Guaçu demonstram que os efluentes urbanos são os principais responsáveis pelas desconformidades;
- ❑ A maior parte dos ribeirões que drenam as zonas urbanas está fora dos padrões da legislação.

Quadro 3.17 – Perfil Sanitário do Rio Mogi-Guaçu - Parâmetros / Proximidade do Padrão (em porcentagem)

Descrição do Ponto	Compartimento Ambiental	Fenol		O D		DBO		Coliformes Fecais		Fósforo Total	
		PL	UL	PL	UL	PL	UL	PL	UL	PL	UL
1. Represa Eloy Chaves (Espírito Santo do Pinhal)	Alto Mogi	-	-	7	-	-	-	7	7	-	-
2. Fazenda Ouro Verde (Mogi-Guaçu)	Alto Mogi	-	-	-	-	7	7	23	7	-	-
3. Captação de Água de Mogi Mirim	Alto Mogi	-	-	15	23	7	-	-	23	-	-
4. Junto a Champion (Mogi-Guaçu)	Alto Mogi						-	23	61		
5. Fazenda Mombaça (Ponte Pensil)	Alto Mogi	-	-	30	15	7	7	-	38	-	-
6. Pádua Sales (Conchal) MG2070	Alto Mogi	17	24	21	-	4	2	-	74	-	79
7. Captação de Aguas de Araras	Alto Mogi	-	-	15	23	-	-	7	31	-	-
8. Ponte Ibicatu (Leme)	Alto Mogi	-	-	54	7	7	-	31	31	-	-
9. Ponte Taquari (Leme)	Alto Mogi	-	-	22	7	23	-	7	23	-	-
10. Jusante do Ribeirão do Meio (Leme)	Alto Mogi	-	-	38	-	-	-	7	23	-	-
11. Rodovia Pirassununga / Aguai	Alto Mogi	-	-	7	-	-	-	7	23	-	-
12. Captação da Academia da Força Aérea (Pirassununga) MG2150	Alto Mogi	10	24	9	-	2	-	2	64	-	96
13. Cachoeira de Emas, a montante da Represa	Alto Mogi	-	-	7	-	-	-	7	46	-	-
14. Jusante da Foz do Rio Bonito	Médio Mogi Superior	-	-	16	-	-	-	-	50	-	-
15. Jusante do Rio Claro	Médio Mogi Superior	-	-	-	-	-	10	-	80	-	-
16. Porto Pulador (Santa Eudóxia / Luís Antônio) MG 2190	Médio Mogi Superior	-	27	2	-	-	-	-	90	-	93
17. Ponte Rodovia Jaboticabal / Pradópolis	Médio Mogi Inferior	-	-	-	10	-	-	-	60	-	-
18. Montante do Rio da Onça (4C7 < Q < 5C-25)	Médio Mogi Inferior	-	-	11	22	11	-	-	89	-	-
19. Ponte Rodovia Sertãozinho / Pitangueiras MG2280	Médio Mogi Inferior	3	23	14	17	-	2	-	70	-	97
20. 2 km antes da Foz com o Rio Pardo (5C-25)	Médio Mogi Inferior	-	-	30	30	-	-	-	90	-	-

Fonte: SÃO PAULO – SMA (1995)

UL : Ultrapassou o limite

PL: Próximo do limite

Quadro 3.18 – Perfil Sanitário para Metais do Rio Mogi-Guaçu - Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2070 – Leme / Conchal (Pádua Sales)

Mês / Ano	Parâmetros (mg / l)						
	CÁDMIO	COBRE	CHUMBO	MANGANÊS	MERCÚRIO	NÍQUEL	ZINCO
	0,01 (1)	1,0 (1)	0,1 (1)	--- (1)	0,002 (1)	--- (1)	5,0 (1)
	0,0010 (2)	0,02 (2)	0,03 (2)	0,1 (2)	0,0002 (2)	0,0250 (2)	0,18 (2)
FEV / 87				0,1300			
ABR / 87				0,1800			
OUT / 87				0,1100			
DEZ / 87				0,1700			
FEV / 88				0,1700			
ABR / 88				0,1600			
AGO / 88		0,1000		0,2900			
OUT / 88				0,1300			
DEZ / 88		0,0400		0,3100			
FEV / 89				0,1400			
ABR / 89				0,1500			
JUN / 89				0,1400			0,2200
AGO / 89	0,0100			0,1400			
OUT / 89	0,0040			0,1100		0,1000	
DEZ / 89			0,0100				
JAN / 90				0,1900			0,3800
MAR / 90	0,0100			0,8400			
JUL / 90	0,0100		0,1000	0,1100			0,2600
SET / 90		0,1600					
MAR / 91							0,4900
MAI / 91		0,0600	0,2000				0,2500
JUL / 91	0,0100	0,0400		0,1100			0,2100
SET / 91				0,1100			
NOV / 91							
JAN / 92					0,0003		
MAR / 92	0,0200	0,0300	0,2000	0,1700		0,0500	0,7900
MAI / 92	0,0200			0,1300			
JUL / 92	0,0100		0,5000	0,2200		0,0300	0,2600
SET / 92			0,3000	0,1400			

Fonte: SÃO PAULO – SMA (1995)

(1) Decreto Estadual nº 8.468 / 76

(2) Resolução CONAMA nº 20 / 86

Quadro 3.19 – Perfil Sanitário para Metais do Rio Mogi-Guaçu - Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2150 – Academia da Força Aérea (Pirassununga)

Mês / Ano	Parâmetros (mg / l)						
	CÁDMIO	COBRE	CHUMBO	MANGANÊS	MERCÚRIO	NÍQUEL	ZINCO
	0,01 (1)	1,0 (1)	0,1 (1)	--- (1)	0,002 (1)	--- (1)	5,0 (1)
	0,0010 (2)	0,02 (2)	0,03 (2)	0,1 (2)	0,0002 (2)	0,0250 (2)	0,18 (2)
FEV / 87				0,2500			
ABR / 87				0,2400	0,0003		
OUT / 87				0,1100			
DEZ / 87				0,1400			
FEV / 88				0,1400			
ABR / 88				0,1100			
AGO / 88		0,2300		0,1200			
OUT / 88				0,6600			
DEZ / 88				0,1100			
FEV / 89				0,1400			
ABR / 89				0,1700			
JUN / 89				0,1300			
AGO / 89	0,0100			0,1600			
OUT / 89	0,0020			2,0000		0,1000	
DEZ / 89			0,1000	0,1900			
JAN / 90		0,0500	0,1200				0,5400
MAR / 90	0,0100	0,0500		0,5400			
JUL / 90	0,0100		0,1000				0,2700
SET / 90				0,1100			
MAR / 91				0,1300			0,5200
MAI / 91			0,1000				0,2400
JUL / 91	0,0100	0,0400		0,1400	0,0005		0,2000
SET / 91	0,0100	0,0400					
NOV / 91		0,0400	0,1000	0,1100			
JAN / 92				0,1200			
MAR / 92	0,0100	0,0300	0,1000			0,0400	0,9200
MAI / 92	0,0100			0,1300			
JUL / 92			0,4000				0,1900
SET / 92	0,0100		0,3000				
NOV / 92				0,1200			

Fonte: SÃO PAULO-SMA (1995)

(1) Decreto Estadual nº 8.468 / 76

(2) Resolução CONAMA nº 20 / 86

Quadro 3.20 – Perfil Sanitário para Metais do Rio Mogi-Guaçu - Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2190 – Porto Pulador

Mês / Ano	Parâmetros (mg / l)						
	CÁDMIO	COBRE	CHUMBO	MANGANÊS	MERCÚRIO	NÍQUEL	ZINCO
	0,01 (1)	1,0 (1)	0,1 (1)	--- (1)	0,002 (1)	--- (1)	5,0 (1)
	0,0010 (2)	0,02 (2)	0,03 (2)	0,1 (2)	0,0002 (2)	0,0250 (2)	0,18 (2)
FEV / 87				0,1200		0,0600	
ABR / 87				0,1300			
OUT / 87				0,1100			
DEZ / 87				0,2100			
FEV / 88				0,1300			
OUT / 88				0,1900			
DEZ / 88				0,1400			
ABR / 89				0,1600			
JUN / 89				0,1300			
OUT / 89	0,0020					0,0300	
DEZ / 89			0,1000	0,2700			
JAN / 90	0,0200	0,0300	0,0300	0,1300			0,8000
MAR / 90						0,1100	
MAI / 90	0,0100					0,0500	
JUL / 90		0,0300	0,0300				0,2400
NOV / 90		0,0400	0,0100			0,0500	
JAN / 91	0,0200			0,1700			
JUL / 91	0,0100						
SET / 91	0,0100						
NOV / 91	0,0300			0,1100		0,0500	
MAR / 92		0,1000	0,1000	0,1300			0,2600
MAI / 92	0,0100						
JUL / 92	0,0100					0,0400	0,3100
SET / 92	0,0100						
NOV / 92		0,0300		0,3700		0,0300	

Fonte: SÃO PAULO-SMA (1995)  
 (1) Decreto Estadual nº 8.468 / 76  
 (2) Resolução CONAMA nº 20 / 86

Quadro 3.21 – Perfil Sanitário para Metais do Rio Mogi-Guaçu - Rede Básica de Monitoramento 1987 / 1992 – Ponto MG 2280 – Sertãozinho / Pitangueiras

<i>Mês / Ano</i>	<i>Parâmetros (mg / l)</i>						
	<i>CÁDMIO</i>	<i>COBRE</i>	<i>CHUMBO</i>	<i>MANGANÊS</i>	<i>MERCÚRIO</i>	<i>NÍQUEL</i>	<i>ZINCO</i>
	<i>0,01 (1)</i>	<i>1,0 (1)</i>	<i>0,1 (1)</i>	<i>--- (1)</i>	<i>0,002 (1)</i>	<i>--- (1)</i>	<i>5,0 (1)</i>
	<i>0,0010 (2)</i>	<i>0,02 (2)</i>	<i>0,03 (2)</i>	<i>0,1 (2)</i>	<i>0,0002 (2)</i>	<i>0,0250 (2)</i>	<i>0,18 (2)</i>
<i>FEV / 87</i>		0,0500					
<i>ABR / 87</i>			0,1100				
<i>OUT / 87</i>			0,1100				
<i>AGO / 88</i>							1,2500
<i>OUT / 88</i>			0,1600				
<i>DEZ / 88</i>			0,1100				
<i>ABR / 89</i>			0,1200			0,0700	
<i>JUN / 89</i>			0,1600				
<i>OUT / 89</i>	0,0020		0,1600			0,0300	
<i>DEZ / 89</i>			0,1900				
<i>JAN / 90</i>	0,0020	0,0300					0,8300
<i>MAR / 90</i>	0,0100	0,0400				0,0400	
<i>MAI / 90</i>	0,0100					0,0500	
<i>JUL / 90</i>		0,0600					0,3700
<i>SET / 90</i>							0,1900
<i>NOV / 90</i>		0,0400				0,0300	
<i>JAN / 91</i>	0,0100						
<i>MAR / 91</i>	0,0100	0,0300					
<i>MAI / 91</i>	0,0100						
<i>NOV / 91</i>	0,0300						
<i>MAI / 92</i>	0,0100						
<i>JUL / 92</i>	0,0100						0,3000
<i>SET / 92</i>	0,0100						
<i>NOV / 92</i>		0,0300		0,1200		0,0300	

Fonte: SÃO PAULO-SMA (1995)

(1) Decreto Estadual nº 8.468 / 76

(2) Resolução CONAMA nº 20 / 86

Segundo SÃO PAULO – SMA (1995), as vazões encontradas na bacia do Rio Mogi-Guaçu, na fase de coleta, foram geralmente superiores às vazões de estiagem utilizadas para verificação das conformidades de enquadramento. Quando os dados não eram confiáveis, a comparação foi feita com as médias das mínimas para o

respectivo mês, ainda assim, mostrando níveis superiores às de estiagem, o que indica que nesta situação, a qualidade das águas tende a se ainda pior.

A declividade acentuada nos 10 km iniciais do Rio Mogi-Guaçu e as barragens de Eloy Chaves e Emas regularizam a vazão e influem na reaeração do Rio, contribuindo para sua autodepuração. Entretanto não evitam as desconformidades temporárias de OD, DBO, coliformes fecais, fósforo total e fenol, em alguns pontos a jusante das barragens.

Os afluentes que estão em piores condições, segundo SÃO PAULO – SMA (1995), no Rio Mogi-Guaçu são o Ribeirão Santa Rosa, em Porto Ferreira; Ribeirão da Onça em Sertãozinho; Ribeirão da Laranja Azeda em Pirassununga; Ribeirão do Rancho Queimado, em Rincão; Córrego do Rico, em Jaboticabal e o Rio Mogi Mirim, em Mogi Mirim.

O Mapa de IQA e os pontos de monitoramento – Anexo XVII, segundo SÃO PAULO - CERH (2000), apresenta as informações dos níveis atuais e tendências da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, tendo por base os valores do IQA 20% (limite inferior da qualidade de um corpo d'água obtidos durante 1997). Os trechos dos corpos d'água representados com a cor azul designam qualidade Ótima; verde, qualidade Boa; amarelo, qualidade Aceitável; vermelho, qualidade Ruim e preto, qualidade Péssima.

Neste mapa, ainda segundo SÃO PAULO - CERH (2000), as tendências melhora, piora e indefinida, representadas pelos círculos, que também localizam os pontos de amostragem, são avaliadas estatisticamente. Os círculos coloridos em azul indicam tendência de melhora; em cinza, indefinida e em vermelho, piora. Os resultados das análises efetuadas sistematicamente nos 124 pontos de monitoramento são reflexos das diversas atividades desenvolvidas nas UGRHIs.

3.15.5. *Esgotamento e Tratamento de Efluentes Urbanos*

A bacia do Rio Mogi-Guaçu, como a maioria das Bacias hidrográficas brasileiras, padece pelo excessivo dano ambiental formado pelos efluentes gerados nas áreas urbanas, despreparadas para o gerenciamento de seus recursos hídricos e fruto do descaso das gestões públicas. A bacia do Rio Mogi-Guaçu apresentava uma remoção de apenas 11,7% das cargas poluidoras urbanas, em 1992. Apenas 6 municípios apresentaram algum tipo de tratamento do esgoto urbano, ou seja, das 48,9 toneladas de carga poluidora orgânica geradas, apenas 11,7% foram removidas dos esgotos urbanos, no mesmo período.

O compartimento que apresentou maior cobertura de rede de esgotos, em 1992, foi o Alto Mogi, seguido do Jaguari Mirim e do Médio Mogi Inferior. Além disso, o compartimento Alto Mogi apresentou a maior carga remanescente orgânica (20,45 toneladas por dia) com a remoção de apenas 12,3%. Destacou-se o compartimento Peixe com uma remoção de cargas poluidoras da ordem de 41,7% e o compartimento Médio Mogi Inferior com apenas 3,1% de remoção e uma carga remanescente orgânica de 11,6 toneladas por dia (Quadro 3.22).

Quadro 3.22 – Esgotamento Sanitário – bacia do Rio Mogi-Guaçu

<b>Compartimento</b>	<b>Cobertura Rede</b>	<b>População Urbana(1)</b>	<b>População Atendida</b>	<b>Potencial (2)</b>	<b>Real (3)</b>	<b>Remanescente (4)</b>	<b>Índice de Remoção</b>
<b>Alto Mogi</b>	96%	450.900	431.705	24.349	23.312	20.445	12,3%
<b>Peixe</b>	94%	100.952	94.817	5.451	5.120	2.985	41,7%
<b>Jaguari Mirim</b>	95%	89.495	85.212	4.833	4.601	4.436	3,6%
<b>Médio Mogi Superior</b>	95%	75.280	71.321	4.065	3.851	3.701	3,9%
<b>Médio Mogi Inferior</b>	92%	240.899	221.918	13.009	11.984	11.612	3,1%
<b>Bacia do Rio Mogi-Guaçu</b>	95%	957.526	904.973	51.706	48.869	43.179	11,7%

Fonte: SÃO PAULO-SMA (1995)

Obs: (1) Cálculo Secretaria do Meio Ambiente \ CPLA, com base no Censo de 1991

(2) Carga Potencial = População Urbana x Carga Orgânica (0,054 kg DBO<sup>5</sup> / habitante.dia) em Kg DBO<sup>5</sup> / hab. x dia

(3) Carga Real = população atendida por rede de esgoto x Carga Orgânica (0,054 kg DBO<sup>5</sup> / habitante.dia) em Kg DBO<sup>5</sup> / hab. x dia

(4) Carga Remanescente = (População atendida por rede de esgoto x Carga Orgânica (0,054 kg DBO<sup>5</sup> / habitante.dia)) x (1 - Índice de remoção de cargas poluidoras por tratamento dos esgotos urbanos) em Kg DBO<sup>5</sup> / hab. x dia



### 3.15.5.1. Compartimento Médio Mogi Superior

O compartimento apresentou 8,57% da carga remanescente orgânica da Bacia, em 1992. O município de Luís Antônio foi o único com tratamento de efluentes urbanos com um processo de tratamento baseado em lagoas facultativas (remoção de carga poluidora orgânica urbana de 79,5%, em 1992). Destacou-se o município de Américo Brasiliense por ter apresentado uma cobertura de rede de esgoto de 100%, seguido de Descalvado com 97% e que apresentou uma média de remoção de 3,9% de suas cargas poluidoras orgânicas remanescentes.

### 3.15.6. Esgotamento e Tratamento de Efluentes Industriais

As maiores cargas industriais da Bacia do Rio Mogi-Guaçu encontravam-se nos compartimentos ambientais Médio Mogi Inferior e Alto Mogi, que concentravam 48,26% das cargas industriais lançadas nos corpos d'água das Bacias dos Rios Mogi-Guaçu, Pardo e Médio Grande, em 1992. Segundo SÃO PAULO – SMA (1995), as usinas e destilarias foram responsáveis por cerca de 64% do total da carga orgânica remanescente na bacia do Rio Mogi-Guaçu (24,4 t DBO<sub>5</sub>/dia) gerada pelo setor industrial na região, no mesmo período.

O setor industrial respondeu, em 1992, por cerca de 98% da carga orgânica potencial, contra 2% do setor urbano, revelando os riscos desse setor ao meio ambiente e à saúde pública. Quanto à carga orgânica remanescente, no mesmo período, o setor urbano respondeu por cerca de 64% e o setor industrial por cerca de 36%, o que revela a falta de tratamento dos efluentes orgânicos urbanos na Bacia do Rio Mogi-Guaçu. A Bacia apresentou remoção de 99% das cargas orgânicas industriais e apenas 12% das cargas orgânicas urbanas. Cabe ressaltar que este dado considera a fertirrigação como processo de remoção de efluentes das usinas de cana-de-açúcar, o que deve ser encarado com ressalvas.

O compartimento Alto Mogi apresentou a maior carga orgânica remanescente da Bacia com 29,7 t DBO<sub>5</sub>/dia seguido pelo compartimento Médio Mogi Inferior com 21,8 t DBO<sub>5</sub>/dia, em 1992. O compartimento Peixe revelou o maior índice de remoção de cargas orgânicas urbanas, com 42% , e o compartimento Médio Mogi Inferior, o maior índice de remoção de cargas orgânicas industriais com 99% (Quadro 3.23).

Quadro 3.23 – Carga poluidora urbana e industrial – 1992 – bacia do Rio Mogi-Guaçu (em KgDBO<sub>5</sub>/dia)

Compartimento	Setor Industrial				Setor Urbano				Total dos Setores	
	Potencial	R	(A)	(B)	Potencial (C)	R	(A)	(B)	Potencial	R
<b>Alto Mogi</b>	124.742	9.271	93,0	31,2	23.311	20.441	12,0	68,8	148.053	29.712
<b>Peixe</b>	256	180	30,0	5,7	5.120	2.983	42,0	94,3	5.376	3.163
<b>Jaguari Mirim</b>	-	-	-	-	4.601	4.435	4,0	100,0	4.601	443
<b>Médio Mogi Superior</b>	226.191	4.800	98,0	56,5	3.850	3.700	4,0	43,5	230.041	8.500
<b>Médio Mogi Inferior</b>	1.698.825	10.210	99,0	46,8	11.984	11.615	3,0	53,2	1.710.809	21.825
<b>Total da Bacia</b>	2.050.014	24.461	99,0	36,2	48.866	43.174	12,0	63,8	2.098.880	67.635

Fonte: Adaptado de SÃO PAULO-SMA (1995)

Obs: (A) Índice de remoção de carga poluidora (%); (B) Carga remanescente do setor sobre a carga remanescente total dos setores (%), em cada compartimento; (C) Para as cargas urbanas totais foram consideradas somente as cargas geradas pelas populações atendidas pelas redes de esgoto; R = Remanescente.

O Quadro 3.24 apresenta as cargas poluidoras orgânicas (doméstica e industrial), os equivalentes populacionais e a carga inorgânica para a bacia do Rio Mogi-Guaçu e para o Estado de São Paulo.

Quadro 3.24 – Cargas Poluidoras na bacia do Rio Mogi-Guaçu e no Estado de São Paulo

UGRHI	Carga Orgânica Biodegradável (kg DBO <sub>5</sub> /dia)								Redução (%)			Carga Orgânica (t/ano)		Redução Inorgânica (%)
	Potencial				Remanescente				Total	Urbana	Indust.	Potencial	Remanescente	
	Urbana (1)	Indust. (2)	Total	Pop. Equiv.	Urbana	Indust.	Total	Pop. Equiv.						
09 Mogi-Guaçu	48.866	2.050.014	2.098.880	34.904.500	43.174	24.461	67.635	1.221.722	96	12	99	360	308	14
Estado de São Paulo	<b>1.713.190</b>	<b>9.310.491</b>	<b>11.023.681</b>	<b>204.142.241</b>	<b>1.290.582</b>	<b>394.187</b>	<b>1.684.769</b>	<b>31.199.426</b>	<b>85</b>	<b>25</b>	<b>96</b>	-	-	-

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

Indust. = Industrial

Pop. Equiv. = População Equivalente

(1) Carga poluidora urbana estimada para a população urbana (São Paulo – SMA -1995 e Seade /96); índices de coleta e tratamento de esgoto SRHSO/CSAN/98.

(2) Carga poluidora industrial CETESB/97 e São Paulo – SMA (1995).

### 3.15.7. *Enquadramento dos corpos d'água*

No Anexo XVIII, observa-se o enquadramento dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Bonito, de acordo com o estabelecido pelo Decreto Estadual nº 10.755 de novembro de 1977. Neste decreto, define-se como classe 2 todos os corpos d'água da bacia, exceto o rio Bonito, no trecho que vai da confluência com o Córrego do Rosário até a confluência com o rio Mogi-Guaçu no município de Porto Ferreira, o qual se enquadra dentro da classe 3; e o Córrego do Rosário, a jusante da captação de água para abastecimento até a confluência com o rio Bonito no município de Descalvado, enquadrado como classe 4.

Uma das principais fontes de matéria orgânica que se apresenta na bacia é a descarga de esgotos domésticos da cidade de Descalvado. A análise de sólidos, principalmente sólidos suspensos totais, realizada por FONSECA (2002), demonstra que a ação das mineradoras se relaciona diretamente com a degradação do ambiente, e o impacto da erosão do solo observado na bacia tem provocado o assoreamento dos rios, diminuindo consideravelmente a altura da lâmina d'água.

O Quadro 3.25 apresenta uma comparação entre a qualidade da água de 6 pontos do Rio Bonito realizado pelo governo estadual na década de 70 e os valores-padrão da Resolução CONAMA 20/86. De acordo com os parâmetros indicadores de qualidade das águas apresentados por essa resolução, a qualidade das águas dos pontos PC1, PC2 e PC3 são compatíveis com a classe 3 e não com a classe 2. Da mesma forma, a qualidade das águas dos pontos PC4, PC5 e PC6 estão mais compatíveis com a classe 4 do que com a classe 3. Assim, pode-se considerar que houve uma queda na qualidade da água do Rio Bonito e que, possivelmente, o mesmo esteja ocorrendo com os demais rios e córregos da bacia.

Quadro 3.25 – Qualidade de água de 6 pontos do Rio Bonito (São Paulo) comparada com os padrões da Resolução CONAMA 20/86 – Fonte: FONSECA (2002).

PARÂMETROS	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5	PC-6	Padrão p/ classe 2	Padrão p/ classe 3
Cor aparente (uC)	169	149	310	443	380	336	75	75
Sólido dissolvidos (mg/l)	150	230	160	210	180	160	500	500
Turbidez (uT)	43	25	101	126	147	127	100	100
DBO (mg/l)	5	8.8	8.5	9.5	8.9	6.9	5	10
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4.4	4.1	3.6	2	7.4	6.8	> ou = 5.0	> ou = 4.0
Potencial hidrogeniônico	7.3	7.4	7	6.1	7	7.2	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0
Coliformes totais (NMP)	4000	4000	900000	5000000	400000	400000	5000	20000
Coliformes fecais (NMP)	900	400	900	210000	40000	40000	1000	4000
Enquadramento Decreto 10755/77	2	2	2	3	3	3		

Segundo MORAES (2003), esse fato traz sérias implicações quanto ao uso preponderante que se faz dessas águas, visto que aquelas enquadradas na classe 2 se destinam, além do abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e frutíferas e à aquicultura; diferentemente das águas de classe 3 que, apesar do abastecimento doméstico ser permitido, deve exigir um tratamento mais severo. Essas águas também podem ser destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessedentação de animais, enquanto aquelas enquadradas na classe 4 se destinam apenas à navegação e outros usos menos exigentes.

### 3.15.8. Inundação

Segundo SÃO PAULO - CERH (2000), enfoca-se o fenômeno das inundações no Estado através de duas áreas distintas: a região metropolitana situada na bacia do Alto Tietê, na qual se concentra metade da população do território paulista em 3,2% de sua área (8.053 km<sup>2</sup>), e o restante do Estado com menor densidade populacional.

No caso da região metropolitana, a grande concentração acarreta em uma ocupação desordenada e conflitiva do solo, principalmente em áreas baixas, ocasionando em consequência, graves problemas de inundações. Já no segundo caso, com algumas exceções, observam-se problemas bem menos frequentes. Destaca-se,

também, a inundação de áreas rurais, como ocorre na bacia do Rio Ribeira de Iguape e em algumas áreas situadas a jusante de reservatórios.

Segundo SÃO PAULO - CERH (2000), “a crescente preocupação com os problemas gerados pelas inundações e as dificuldades de obtenção de recursos para o desenvolvimento de medidas estruturais têm evidenciado, cada vez mais, a necessidade de adoção de medidas não-estruturais no combate às inundações. Dentre as que dispensam a alocação de recursos de grande vulto, destacam-se: o disciplinamento do uso e ocupação do solo, o seguro contra inundações, a previsão de enchentes e os sistemas de alerta”.

O Mapa de inundações (Anexo XIX) apresenta a localização das principais áreas críticas em relação às inundações para todo o Estado de São Paulo.

Observando-se genericamente a região em estudo, com base no mapa de inundações, vê-se que há média susceptibilidade a inundações pluviais com planícies de inundação delimitadas na bacia do rio Bonito.

### 3.16. Considerações Finais

Nos Quadros 3.26 e 3.27 a seguir, apresentam-se o diagnóstico e recomendações feitas por SÃO PAULO - CERH (2000), no que tange a bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Em relação à bacia do Rio Bonito, de posse dos dados levantados, observam-se problemas relacionados ao não disciplinamento do uso e ocupação do solo em toda a sua extensão, caracterizados por atividades antrópicas impactantes, no caso das minerações e no caso do setor sucroalcooleiro. A mudança na configuração espacial observada entre os anos de 1970 e 2002 demonstra claramente a falta de um controle mais adequado no que tange à relação entre o desenvolvimento econômico e o ambiente.

O uso inadequado do solo observado pode estar acarretando problemas ambientais significantes no que tange à erosão e ao fenômeno das inundações. Observou-se um processo de urbanização acelerado, evidenciado pelo incremento das taxas de urbanização, e um êxodo rural muito significativo na região.

A existência de áreas susceptíveis à inundação na região da bacia do Rio Bonito e a configuração do uso do solo na bacia evidenciam um possível agravamento deste fenômeno, visto que algumas atividades observadas na mesma, como a mineração, aliadas a um processo de urbanização acelerado e à falta de planejamento do uso do solo, podem conduzir a bacia a uma situação cada vez mais preocupante.

Quanto à erosão, observa-se que a maioria da área (86%) classifica-se como de médio risco potencial à erosão, conforme dados de TOREZAN (2000). Desta maneira, torna-se fundamental um maior controle sobre o a utilização do espaço com práticas adequadas de manejo do solo e com um disciplinamento e controle de sua ocupação.

As informações contidas neste capítulo corroboram a necessidade de um controle mais efetivo do uso e ocupação dos solos através de zoneamentos que considerem todos os parâmetros envolvidos e o seu relacionamento direto e indireto com o ambiente que o compõe.

Quadro 3.26 – Diagnóstico-síntese da bacia do Rio Mogi-Guaçu

UGRHI	Abastecimento de Água (1998) Atendimento (%)	Perdas no Abastecimento de Água (%)	Atendimento de Esgoto Doméstico (1998) (%)	Cargas Orgânicas Domésticas e Industriais	Disposição dos resíduos sólidos residenciais (1998)	Águas Subterrâneas	Irrigação	Mortalidade infantil por doenças de veiculação hídrica (1997)	Inundação	Erosão	Disponibilidade Hídrica	Navegação
Mogi-Guaçu	96	39	90	Índice muito baixo de remoção das cargas domésticas (10%). Alto potencial de carga orgânica industrial.	43% dos municípios em condições inadequadas.	Crítica com relação ao risco de poluição na área de recarga do sistema aquífero Guarani	Demanda elevada, 47% do total, conflitando com a industrial.	0,82/1.000, acima da média do Estado.	Média suscetibilidade ao longo do Rio Mogi-Guaçu e alta em trechos urbanos de alguns afluentes.	Média a baixa suscetibilidade, com problemas em Descalvado e Pirassununga.	Crítica, com uso consuntivo elevado notadamente na irrigação.	Potencial no Rio Mogi-Guaçu.

Fonte: SÃO PAULO - CERH (2000)

Quadro 3.27 – Síntese das recomendações feitas para a bacia do Rio Mogi-Guaçu

UGRHI	Abastecimento de Água Atendimento	Perdas no Abastecimento de Água	Esgoto Doméstico Atendimento	Cargas Orgânicas Domésticas e Industriais	Resíduos sólidos residenciais	Águas Subterrâneas	Irrigação	Mortalidade infantil	Inundação	Erosão	Disponibilidade Hídrica	Geral
Mogi-Guaçu	Aumentar	Reduzir	-	Implantação e melhoria no tratamento de esgoto doméstico de forma acentuada. Melhorar tratamento de esgoto industrial.	Implantar, recuperar e melhorar as condições de disposição e tratamento.	Monitorar e controlar as fontes de poluição na área de recarga do aquífero Guarani.	Racionalização do uso da água e estabelecimento de parâmetros hídricos.	Melhorar as condições de saneamento básico.	Definir ações para contenção em áreas urbanas.	Medidas corretivas nas áreas identificadas.	Racionalização do uso e monitorar a alta demanda no setor sucroalcooleiro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudo de viabilidade para navegação;</li> <li>- Incentivar o uso recreacional e turístico dos reservatórios e outros corpos d' água;</li> <li>- implementar macrozoneamento para gerenciamento do uso do solo.</li> </ul>

Fonte: SÃO PAULO – CERH (2000)

## **4. Metodologia Aplicada**

### **4.1. Levantamento de dados da Bacia em Estudo**

Através de pesquisas em órgãos relacionados aos recursos hídricos em âmbito nacional, estadual ou local, aos dados do meio físico (IAC, IGC, IBGE, etc.), entidades de gerenciamento de recursos hídricos (Comitês de Bacias Hidrográficas ou Agência de Bacias), Órgão fiscalizador ambiental estadual (CETESB/SP), Universidades Estaduais e/ou Federais, Prefeituras locais, Concessionárias de Energia Elétrica e de Abastecimento de Água, entre outros, fez-se o levantamento de dados pertinentes à bacia de estudo para a sistematização e análise dos dados relacionados ao meio físico.

### **4.2. Confecção de bases de cartas digitais georreferenciadas**

Através da digitalização de cartas disponíveis dos diversos órgãos (IAC, IBGE, IGC, etc.), elaborou-se um banco de dados digitais da área em estudo, utilizando-se de softwares de Digitalização e de um Sistema de Informações Geográficas IDRISI, visando o seu devido georreferenciamento e manipulação.

### **4.3. Confecção de cartas e mapas relacionados aos parâmetros do meio físico que interferem no fenômeno das inundações**

De posse das bases de dados digitais, fez-se a confecção de cartas relacionadas aos parâmetros do meio físico que interferem no fenômeno das inundações.

As cartas dos parâmetros físicos que interferem no fenômeno das inundações apresentam-se descritas a seguir.



#### 4.3.1. Carta de Declividades

Gerou-se o MNT através da digitalização das curvas de nível dos mapas topográficos na escala 1:50.000 e da utilização de um Sistema de Informações Geográficas. No caso do presente estudo, utilizou-se o software de digitalização CARTALINX e o SIG IDRISI 32. O MNT, para a caracterização da área em estudo, mostra-se associado a altimetria. A partir do MNT, elaborou-se a carta de classes de declives (ver Anexo II) – ou clinométrica. Segundo GUERRA & CUNHA (1998), as cartas de declividades mostram-se como uma ferramenta de grande importância por representarem espacialmente as variações topográficas da superfície do terreno.

As classes da referida carta, para a análise da declividade com outros atributos do meio físico-biótico, visando o fenômeno das inundações, foram assim definidas: 0 a 2% (classe 1), de 2 a 5% (classe 2), de 5 a 10% (classe 3), de 10 a 15% (classe 4), de 15 a 20% (classe 5), de 20 a 30% (classe 6) e > 30% (classe 7).

Após a confecção da carta fez-se necessário uma classificação qualitativa das classes de declividade, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), dando notas que variam de 0 a 10 (Software SAGA)<sup>2</sup>.

#### 4.3.2. Mapa de Materiais Inconsolidados

O mapa de materiais inconsolidados se reveste de grande importância para a análise de diversos processos que interferem diretamente sobre o fenômeno das inundações, como por exemplo, os processos erosivos e assoreamento, e, sendo assim, essencial para a atual pesquisa.

Na elaboração desse documento cartográfico, utilizaram-se como atributos, os seguintes ensaios de laboratório:

---

<sup>2</sup> Ver página 139.

#### a) Análise Granulométrica Conjunta

Os solos podem ser classificados de acordo com sua composição textural através da representação dos pares de valores, tamanho dos grãos e porcentagem de ocorrência distribuídos numa curva granulométrica (BUENO & VILAR, 1995 citado em TOREZAN, 2000).

Este ensaio consiste de duas etapas: peneiramento para a fração grossa e sedimentação para a fração fina do solo. Esse ensaio, conhecido como “método do densímetro”, é executado conforme ABNT (NBR – 7181/1984), utilizando-se hexametáfosfato de sódio como defloculante.

#### b) Massa específica dos sólidos ( $r_s$ )

A massa específica dos sólidos é função da composição mineralógica do solo e da porcentagem relativa entre os diferentes minerais que ocorrem nesse solo. O valor obtido é utilizado para cálculos do ensaio de granulometria conjunta, bem como fórmulas de correlação (BACHION, 1997 citado em TOREZAN, 2000). Este ensaio foi realizado segundo ABNT (NBR – 6508/84).

#### c) Massa específica seca de campo ( $r_d$ ) e índice de vazios natural ( $e_o$ )

Obtém-se a massa específica seca de campo pela relação entre o peso seco do solo e o volume conhecido de uma amostra indeformada. O índice de vazios natural é a relação entre a massa específica dos sólidos e a massa específica seca de campo menos uma unidade, e por correlação obtém-se a porosidade dos materiais.

#### d) Permeabilidade

A permeabilidade de um solo, segundo ESPANHA-CEOTMA (1981), apresenta-se como a capacidade de permitir a passagem de água ou ar através dele. A permeabilidade de um solo se condiciona por sua textura, estrutura, grau de compactação, teor de matéria orgânica, porosidade, etc, características estas que determinam o tamanho dos poros e sua capilaridade.

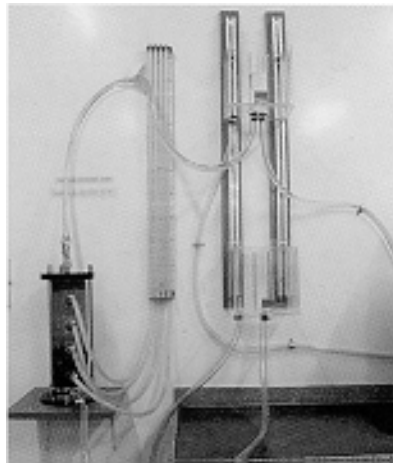


Figura 4.1 – Permeômetro

Faz-se a medida da permeabilidade pela determinação do coeficiente de permeabilidade (K), expresso pelo volume de fluxo por área da seção, por unidade de tempo. Existem dois métodos para determinação do coeficiente de permeabilidade: método direto, através de permeômetros em laboratório (Figura 4.1) e bombeamento realizado “in situ” e método indireto, através de fórmulas matemáticas que relacionam o diâmetro efetivo do solo e parâmetros de percolação.

Neste trabalho foi utilizado o método direto, com permeômetro, sendo que os corpos de prova de diâmetro igual a 5 cm e altura de aproximadamente 10 cm foram submetidos à uma carga de altura H e a água percolada foi recolhida numa proveta graduada, tomando-se medida do tempo. O coeficiente de permeabilidade (K) foi determinado pela seguinte fórmula:

$$K = \frac{v.l}{A.h.t} \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{/seg), onde:}$$

v = volume de água percolada                      l = altura do corpo de prova  
 A = área da seção do corpo de prova            H = carga hidráulica  
 t = tempo necessário até a saturação do corpo de prova.

e) Classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical)

O ensaio MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) apresentado por NOGAMI & VILLIBOR (1979) permite classificar solos tropicais de comportamento laterítico e não laterítico, no último caso em expansivos e resilientes. Baseia-se na determinação de propriedades mecânicas e hidráulicas em corpos de prova compactados de dimensões reduzidas (diâmetro = 50 mm e altura = 100 mm). Os corpos de prova são compactados com o procedimento MCV (Moisture Condition Value), permitindo classificar os solos tropicais em solos de comportamento laterítico (L) e solos de comportamento não laterítico (N).

Os solos de comportamento laterítico apresentam 3 grupos de designação textural:

- LA: areias lateríticas;
- LA': solos areno-argilosos lateríticos – são solos que podem apresentar comportamentos excepcionais de suporte e resiliência, podendo então ser mais utilizados mesmo como base de pavimentos (NOGAMI & VILLIBOR, 1979).
- LG': argilas lateríticas – são texturalmente argilas e argilas arenosas que também, em certas circunstâncias podem ser aproveitadas como base de pavimentos.

Dentre os solos de comportamento não laterítico, têm-se 4 grupos:

- NA: areias não lateríticas;

- NA': solos arenosos não lateríticos;
- NS': solos siltosos não lateríticos – caracterizam-se por possuir elevada porcentagem de siltes micáceos e ou caulíneos, muitos deles possuem baixo módulo de resiliência mesmo possuindo capacidade de suporte satisfatória, sendo designados resilientes;
- NG': solos argilosos não lateríticos – argilas e solos argilosos de comportamento tradicional, possuem  $c'$  e  $e'$  elevados, podem ser expansivos.

#### f) Índice de erodibilidade

A determinação da erodibilidade dos materiais inconsolidados se apresenta muito complexa, pois envolve características físicas, químicas e condições “in situ” (PEJON 1992). Porém, para muitos autores, os fatores de desagregabilidade e de absorção de água são bastante representativos na análise da erodibilidade.

PEJON (1992) indica, para fins de mapeamento geotécnico, o critério proposto por NOGAMI & VILLIBOR (1979) como sendo bastante vantajoso pela simplicidade do equipamento e de operação e apresentar índice de acerto acima de 80% na classificação de materiais com problemas de erosão.

Determina-se o índice de erodibilidade através de parâmetros obtidos em dois ensaios consecutivos: o de absorção de água e o de perda de peso por imersão. Para o ensaio de absorção de água foi montado um equipamento conforme apresentado por PEJON (1992), que permitisse tomar medidas de volume de água absorvida por tempo. O índice de absorção (S) é o coeficiente angular da reta que relaciona o volume de água absorvido por unidade de área da base do corpo de prova (q) e a raiz quadrada do tempo (ver Figura 4.2).

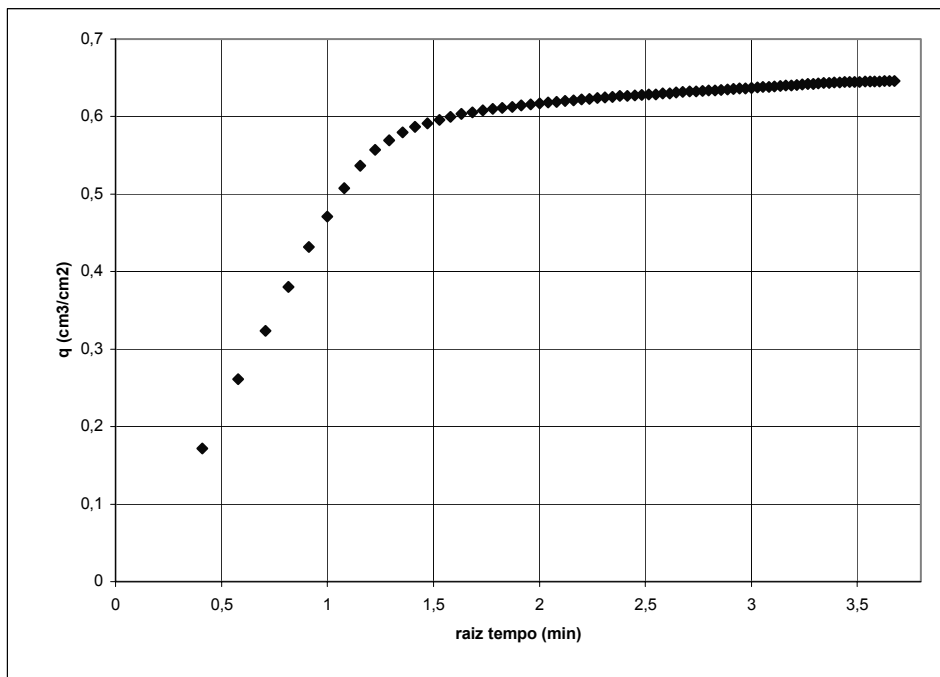


Figura 4.2 – Exemplo de gráfico resultante do ensaio de absorção de água – Fonte: TOREZAN(2000)

Realiza-se o ensaio de perda de peso por imersão após o ensaio de absorção de água, adaptando-se um material poroso à base do anel que contém a amostra (ver Figura 4.3) e imergindo o conjunto em um recipiente com água, de modo que o topo da amostra fique a 2 mm do nível d'água até que não se observe nenhuma modificação de umidade perceptível na superfície livre da amostra. Então se gira o conjunto em  $90^\circ$ , acomodando-o sobre um suporte que o permita ficar a 30 mm do nível d'água e sobre um recipiente para coletar o material desprendido, deixando-o repousar por 24 horas. Seca-se esse material em estufa a  $105^\circ \text{C}$  e, após, pesa-se o mesmo para determinação da perda de peso em porcentagem do peso seco inicial da amostra.

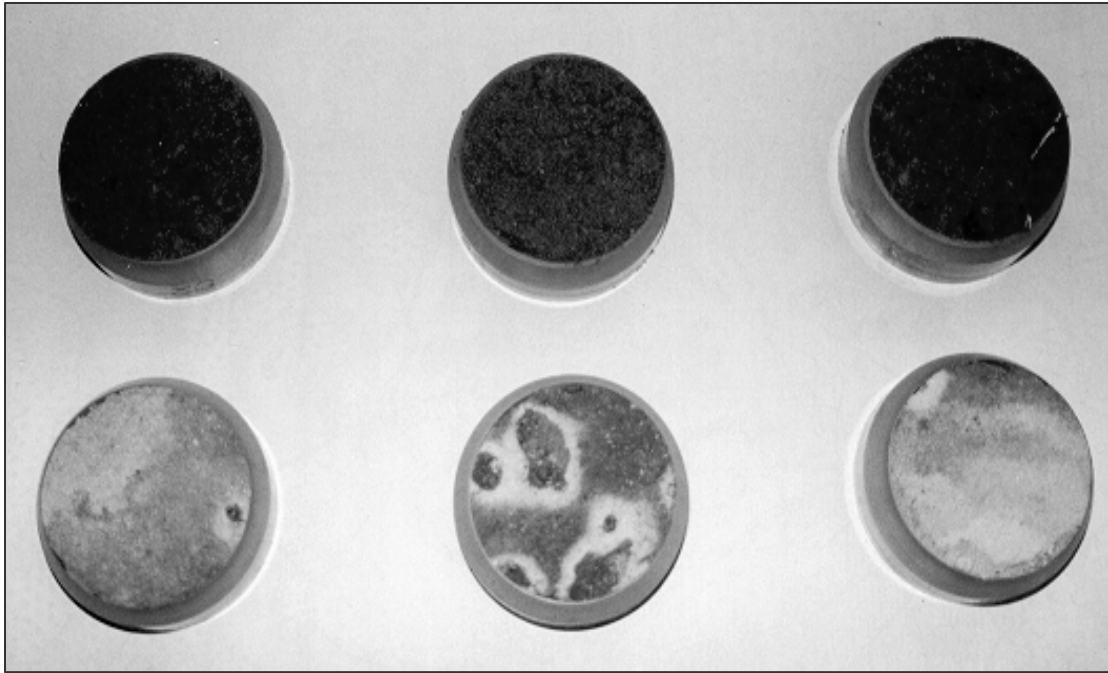


Figura 4.3 – Corpos de prova para o ensaio de erodibilidade – Fonte: TOREZAN (2000)

Após a realização desses dois ensaios, o índice de erodibilidade (E) é calculado pela expressão proposta por NOGAMI & VILLIBOR (1979) adaptada por PEJON (1992):

$$E = \frac{40.S}{P}, \text{ onde}$$

S= inclinação da reta do ensaio de absorção de água;

P= perda de peso em porcentagem do ensaio de perda de peso por imersão;

40= coeficiente angular determinado por PEJON (1992) que separa os solos erodíveis dos não erodíveis da reta que relaciona o índice de absorção de água (S) e a porcentagem de perda de peso por imersão (P);

$E > 1$ : baixa erodibilidade;

$E < 1$ : alta erodibilidade.

Cabe ressaltar que o mapa de materiais inconsolidados foi utilizado como subsídio para a confecção de outras cartas (potencial de escoamento superficial, potencial de risco à erosão acelerada, etc.).

Após a confecção da carta fez-se necessário uma classificação qualitativa dos Materiais Inconsolidados, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), classificando-se em notas de 0 a 10 (Software SAGA).

#### 4.3.3. Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada

Para a confecção da Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada foi utilizada a metodologia proposta por PEJON (1992), utilizando a função de atribuição de valores do SIG IDRISI, e complementada com dados levantados por LORANDI et al. (1999).

Segundo CASTRO (1998), a carta de risco potencial à erosão organiza áreas que apresentam características do meio físico com o mesmo grau de desenvolvimento dos processos erosivos e que podem ser acelerados pela ação antrópica. A metodologia utilizada na elaboração desta carta consistiu basicamente na hierarquização e atribuição de pontos aos diversos fatores intervenientes no processo erosivo (Quadro 4.1), incluindo características do material inconsolidado (textura, profundidade, erodibilidade, permeabilidade) bem como características ambientais, como o potencial ao escoamento superficial, que por sua vez considera atributos como a litologia, declividade, densidade de drenagem e feições favoráveis ao armazenamento superficial.



Quadro 4.1 – Pontuação dos atributos considerados na elaboração da carta de risco potencial à erosão (PEJON, 1992).

Material Inconsolidado	Textura	Argilo-siltosa (5)			Silto-argilosa (10)			Arenosa (<30% finos) (20)			Arenosa (<20% finos) (30)	
	Profundidade (m)	<0,5 (5)			0,5-3 (10)			3 a 5 (20)			>5 (30)	
	Índice de Erodibilidade	Não Erodível (5)						Erodível (20)				
Potencial ao escoamento superficial	1 (5)	2 (8)	3 (10)	4 (13)	5 (15)	6 (20)	7 (25)	8 (30)	9 (35)	10 (40)		
Total de pontos de cada classe	20-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120		
Classes de risco potencial à erosão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	<p>Risco potencial à erosão aumenta</p>											

Para a obtenção dos atributos da carta foi feita uma seleção de pontos de coleta de material inconsolidado. Fez-se a escolha desses pontos objetivando-se a representação de todas as formações geológicas de superfície e também se considerando a facilidade de coleta.

Conforme descrito anteriormente, fez-se necessário uma classificação qualitativa, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), dando notas que variam de 0 a 10 (Software SAGA).

#### 4.3.4. Carta de Potencial de Escoamento Superficial e Infiltração

Segundo TOREZAN et al (2002), a metodologia empregada, na elaboração dessa carta, é baseada em PEJON (1992), LIPORACI, ZUQUETTE & SOUZA (1999) e ZUQUETTE et al. (1991), na qual se podem propor modificações para ajustá-la às peculiaridades específicas da área de estudo. Ela baseia-se no Processo Analítico Hierárquico (PAH) dos atributos do meio físico mais relevantes nos processos de escoamento superficial e infiltração. No estudo em questão, foram considerados os seguintes atributos: declividade, características dos materiais inconsolidados (textura, permeabilidade, espessura, tipo litológico, profundidade do

lençol freático), feições de armazenamento superficial (barragens, diques) e densidade de drenagem (número de canais/ km<sup>2</sup>). Uma vez identificados esses atributos, eles foram hierarquizados através da atribuição de pesos de acordo com o seu maior ou menor grau de importância no processo de escoamento superficial específico da área em estudo.

Desse modo, o sucesso dos resultados está diretamente ligado ao grau de conhecimento e compreensão do modelo ambiental que governa a área. Adotou-se a escala de trabalho de 1:50.000 e as informações foram armazenadas e analisadas no Sistema de Informações Geográficas IDRISI 32.

A metodologia empregada modificada de LIPORACI et al. (1999) e ZUQUETTE et al. (1991) envolveu as seguintes etapas (Quadro 4.2):

- a) análise e quantificação dos atributos considerados;
- b) estabelecimento de classes de comportamento semelhante quanto à influência no escoamento superficial, para cada atributo considerado;
- c) estabelecimento de pesos para cada atributo considerado isoladamente, de acordo com a sua influência no escoamento superficial;
- d) atribuição de pontos para cada classe estabelecida no item a, de acordo com sua influência no escoamento superficial;
- e) cada atributo considerado resultará em um mapa representando a variação espacial da sua pontuação e através de um Sistema de Informações Geográficas realiza-se a somatória de cada mapa resultando em um mapa final que posteriormente é reclassificado para facilitar a sua interpretação.

Quadro 4.2 – Pontuação dos atributos do meio físico utilizados na classificação do potencial ao escoamento superficial e infiltração (PEJON, 1992)

Atributos	← Potencial de escoamento aumenta					Peso
	Potencial de infiltração aumenta →					
Classes de escoamento superficial e infiltração	199-242 (5)	160-199 (4)	121-160 (3)	82 -121 (2)	>82 (1)	
Declividade (%)	>20 (25)	10 a 20 (20)	5 a 10 (12)	2 a 5 (8)	<2 (5)	3
Textura	Silto argiloso residual (ITAQUERI) (20)	Argiloso-siltoso residual (SERRA GERAL, QUATERN.) (15)	Argiloso poroso retrabalhado (CORUMBATAÍ) (10)	Arenoso <30% finos (SANTA RITA) (6)	Arenoso <20% finos (PIRAÇUN, PIRAMB, BOTUC.) (5)	2
Espessura (m)	< 0,5 afloramentos rochosos (15)	< 2 (12)	2 a 5 (8)	5 a 10 (6)	>10 (5)	2
Permeabilidade	$10^{-6}$ (12)			$10^{-4}$ (7)		1
Profundidade Nível d'água (m)	<0,5 (15)	0,5 a 3 (10)	3 a 5 (8)	>5 (5)		1
Litologia	Argilitos/Siltitos (CORUMBATAÍ) (10)	Magmatitos básicos (SERRA GERAL) (8)	Arenitos (ITAQUERI) (6)	Arenitos (STA. RITA, BOTUCATU, PIRAMBÓIA, PIRASSUN., QUATERN.) (5)		1
Feições favoráveis ao armazenamento superficial	Não apresenta (17)			Apresenta (6)		2
Densidade de drenagem (canais/km2)	2 a 5 (15)			Menos que 2 (8)		2

O resultado obtido se caracteriza por cinco classes de pontuação: classe 1 (menor potencial) à classe 5 (maior potencial).

Conforme descrito anteriormente, fez-se necessário uma classificação qualitativa, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), dando notas que variam de 0 a 10 (Software SAGA).

#### 4.3.5. Carta de Formas de Relevo

Para a confecção da carta de formas do relevo utilizou-se o módulo TOPOSHAPE do software IDRISI 32, que utiliza o modelo digital do terreno para

classificar as formas do relevo encontradas na região, além de verificação sobre um mosaico de fotos aéreas da região de estudo. O software classifica as formas de relevo da seguinte forma: serra, planície, ravina, sela, convexo, côncavo, inflectiva, desconhecido e linear.

Depois de finalizada a etapa de confecção da carta e verificação por fotos, fez-se um cotejo com a realidade dos resultados obtidos e a respectiva correção de eventuais problemas encontrados.

Conforme descrito anteriormente, fez-se necessário uma classificação qualitativa, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), dando notas que variam de 0 a 10 (Software SAGA).

#### 4.3.6. Carta de Uso e Ocupação do Solo

Realizou-se o mapeamento do uso e ocupação do solo de 1971 e 2002, através da interpretação de imagens de sensoriamento remoto do satélite LANDSAT – 5 ou 7, sensor Thematic Mapper e de fotos aéreas, tendo como objetivo principal avaliar a dinâmica de ocupação atual do solo através da identificação, espacialização e quantificação das classes de uso econômico e das classes de remanescentes de vegetação natural ocorrentes na área de estudo. O termo uso do solo pode ser entendido tanto como a maneira como as características biofísicas da terra são manipuladas como o objetivo desta manipulação (TURNER et al., 1995).

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1996), o uso de imagens de sensoriamento remoto como fonte atualizada de informação para produção de novos mapas apresenta-se como um dos grandes impulsionadores de inovação na área do geoprocessamento e o grande interesse por sua utilização advém da temporalidade da informação e de seu custo relativamente baixo.

Os dados advindos do Sensoriamento Remoto mostram-se como uma das melhores fontes para auxiliar a determinação do uso e cobertura do solo. Como a cobertura atual do solo transforma-se principalmente pela ação do homem, a interpretação de imagens de satélite torna-se uma forma indireta de inserir, em um ambiente de geoprocessamento, a espacialização temporal dos processos econômicos e sociais.

Através da combinação de três bandas, gerou-se uma composição colorida atribuindo as cores vermelho, verde e azul respectivamente às bandas 5, 4 e 3. Utilizou-se para tal feito um Sistema de Informações Geográficas, através de módulos de análise e processamento de imagens, obtendo-se assim uma quarta imagem com características visuais semelhantes a uma fotografia colorida convencional. Após esta etapa, fez-se o georreferenciamento das imagens no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) – zona 23, utilizando-se de pontos de controle identificáveis em cartas topográficas e na imagem, mantendo-se os mesmos limites geográficos previamente definidos para a área de estudo.

Antes de se proceder à classificação da imagem tornou-se necessário estabelecer as classes de usos a serem consideradas. Deve-se estabelecê-las através do cotejo com a realidade em toda a área de estudo e observando-se os diversos tipos de uso do solo. O cotejo com a realidade pode ser auxiliado com o uso de um receptor GPS acoplado a um computador portátil, utilizando-se uma imagem de fundo georreferenciada, para identificar os diversos tipos de uso do solo da região.

Utilizando-se o método de digitalização através de GPS (metodologia descrita em HAGAN, EASTMAN, & AUBLE, 1998), tornou-se possível identificar na imagem georreferenciada a posição exata das feições em campo. Este método revelou-se bastante eficiente e prático, possibilitando relacionar com exatidão a

realidade em campo com o observado na imagem. Além disso, o armazenamento das informações em formato digital mostrou-se bastante prático, reduzindo significativamente o tempo gasto na localização de feições em produtos cartográficos analógicos.

Segundo EASTMAN (1997), para a classificação definitiva da imagem utiliza-se o método de classificação supervisionada, onde o usuário desenvolve assinaturas espectrais de categorias de uso conhecidas e, então, o software atribui a cada “pixel” da imagem a categoria à qual sua assinatura é mais semelhante. Segundo TOREZAN (2000), esta classificação supervisionada envolve as seguintes etapas:

- Localizar exemplos representativos de cada tipo de cobertura do solo que podem ser identificados na imagem, estes exemplos são chamados de “locais de treinamentos” (“training sites”);
- Digitalizar polígonos cobrindo cada local de treinamento e atribuindo um único identificador para cada classe de uso.;
- Analisar os “pixels” associados aos locais de treinamento e criar assinaturas espectrais para cada classe de uso. As assinaturas espectrais contêm informações estatísticas sobre os valores de reflectância dos “pixels” associados a cada local de treinamento;
- Classificação propriamente dita da imagem, considerando cada “pixel”, um a um, e comparando sua assinatura particular a cada um dos conjuntos de assinaturas determinados na etapa anterior.

Conforme descrito anteriormente, fez-se necessário uma classificação qualitativa, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), dando notas que variam de 0 a 10 (Software SAGA).

#### 4.3.7. Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos

Para a execução desta carta, utilizou-se uma composição dos seguintes documentos cartográficos: carta de classes de declive; carta de uso e ocupação do solo (anos de 1971 e 2002 – obtidas através de fotos aéreas e imagens do satélite LANDSAT 7); carta de formas do relevo; e carta de escoamento superficial (a qual já considera o mapa de materiais inconsolidados).

Para se estimar o aporte de sedimentos nos diferentes usos do solo e seus impactos ambientais, considerando as suas diversas intensidades e prevendo a ocorrência, intensidade, extensão e localização do mesmo, utilizou-se o método de avaliação ambiental do Software Sistema de Avaliação Geoambiental (SAGA) – LAGEOP/UFRJ.

Para que o método fosse aplicável, fez-se necessário o prévio reconhecimento da área em estudo, confrontando os dados existentes e os de campo. Em uma análise complementar, utilizaram-se os parâmetros do meio físico obtidos nas cartas citadas anteriormente, certificando-se o resultado final com um cotejo com a realidade.

Assim, o método se baseou na atribuição de notas (variando de 0 a 10) e pesos (variando de 0 a 100) levando-se em conta os parâmetros existentes em cada carta (notas) e a sua importância no cálculo geral (pesos) para o fenômeno estudado (aporte de sedimentos). Esses valores foram estabelecidos através de consulta a profissionais especialistas ponderando os pesos e notas adequados para cada carta. Considera-se que o desejável (nota 10) é não ter aporte de sedimentos. Por exemplo, atribuiu-se ao parâmetro declividade a nota 10 quando de 0 a 5% (desejável), e nota 0 quando a declividade for > 30% (indesejável).

Para os pesos, por exemplo, a carta de potencial de escoamento superficial pode ter um valor de 20, enquanto a carta de declividade, de 40, e assim sucessivamente até se obter o valor total equivalente a 100.

Segundo XAVIER-DA-SILVA (1999), a atribuição das notas deve considerar a seguinte questão: “Em relação às cartas e mapas digitais selecionados, qual a importância relativa, em pontos percentuais do tipo de características ambientais contidas em cada uma, para a ocorrência da alteração ambiental (aporte de sedimentos) em estudo?”.

Desta forma, o software cria um valor máximo de contribuição de cada classe de uma carta ou mapa digital que mais contribui para a ocorrência da alteração ambiental em estudo (aporte de sedimentos). A partir desta contribuição, todas as outras classes, ao serem avaliadas, estarão automaticamente aferidas em relação a este valor máximo.

De posse de cartas intermediárias de potencial de aporte de sedimentos, fez-se a verificação da veracidade das informações em trabalhos de campo e suas devidas correções.

Com o resultado final (depois de realizadas as verificações) gerado pelo software SAGA, agruparam-se os dados fornecidos para o potencial de aporte de sedimentos, em cinco classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Para tanto, transportou-se os resultados para o software IDRISI 32 e utilizou-se o módulo RECLASS.



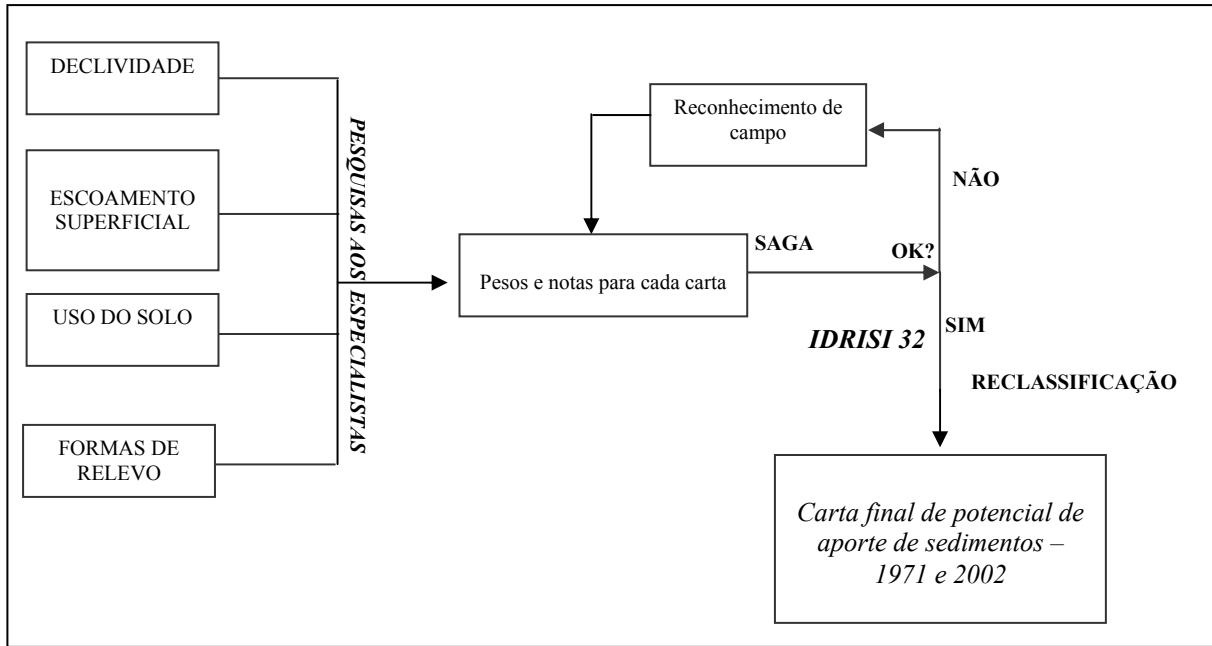


Figura 4.4 – Fluxograma da Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos

#### 4.3.8. Carta de distância da Hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico

Em relação aos aspectos analisados nos itens anteriores, a análise da distância da hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico apresenta-se de fundamental importância.

Através da atualização da hidrografia existente na carta topográfica de 1971, utilizando-se as imagens de satélite de 1999 e 2002 e a carta de uso e ocupação do solo de 2002, fez-se à determinação de distâncias em relação aos corpos d’água visando analisar a importância dos parâmetros do meio físico em relação aos mesmos. Quanto maior à distância dos parâmetros analisados, menor será sua influência no que tange às suas consequências em relação ao fenômeno das inundações.

Desta forma, pretenderam-se estipular, levando-se em conta a hidrografia, faixas de análise nas quais serão definidas suas influências em relação aos outros parâmetros.

A carta foi confeccionada a partir da hidrografia observada na carta topográfica de 1971 e do observado nas fotos de satélite de 1999 e 2002 no intuito de

chegar à hidrografia atual. Tendo a base hidrográfica atualizada, fez-se a utilização do módulo DISTANCE do software IDRISI 32 onde serão calculadas as distâncias lineares relativas aos corpos d'água.

A partir do arquivo com as distâncias, fez-se uma reclassificação do resultado obtido, utilizando-se o módulo RECLASS do software IDRISI 32 e a relação explicitada no Quadro 4.3.

Para a distância inicial (maior impacto sobre o fenômeno das inundações) adotou-se duas vezes a área máxima exigida por lei (50m – Código Florestal – área máxima), ou seja, 50 metros por tombamento e 50 metros como uma faixa de transição. Para o limite superior, adotou-se a maior distância de áreas com alto risco à erosão acelerada observada no mapa de mesmo nome com valor igual a sete (erosões com valor igual a oito estão dentro da faixa inicial) de aproximadamente 700 m.

Esta escolha se deveu ao fato de a carta de risco potencial à erosão acelerada representar a associação de vários componentes do meio físico (declividade, densidade de drenagem, características do material inconsolidado e características das formações geológicas), cujos atributos podem indicar níveis de risco ambiental, caracterizados pela potencialidade de processos erosivos e seus impactos associados, como o assoreamento de cursos d'água, perda de solos e áreas úteis para uso e ocupação, indicando assim um parâmetro de referência para o fenômeno das inundações.

A seguir, apresenta-se o quadro de distância adotada da hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico e ao fenômeno das inundações com os valores adotados.

Quadro 4.3 – Relação de distância da hidrografia em relação aos parâmetros do meio físico e ao fenômeno das inundações

<b>Classe relacionada ao potencial de risco de inundação</b>	<b>Distância dos Corpos d'água</b>
Muito baixo	A partir de 700 m
Baixo	500 – 700 m
Médio	300 – 500 m
Alto	100 – 300 m
Muito alto	0 – 100m

Conforme descrito anteriormente, fez-se necessário uma classificação qualitativa, visando sua adequação ao fenômeno estudado (inundações), dando notas que variam de 0 a 10 (Software SAGA).

#### 4.3.9. Carta de Potencial de Expansão Urbana<sup>3</sup>

MORAES (2003), a partir do cruzamento, em ambiente *Idrisi*, dos mapeamentos da ocupação urbana na bacia do rio Bonito em 1971 e 2002, extraídos das Cartas de Uso e Ocupação do Solo, elaborou a Carta de Expansão Urbana 1971-2002, um produto cartográfico indicativo da expansão urbana ocorrida num período de 30 anos.

A Carta de Expansão Urbana 1971 – 2002, classificada em área urbana construída e área não urbana, conforme metodologia sugerida por PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989) e FORESTI & HAMBURGUER (1991), foi integrada à Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano, resultando na Carta de Potencial à Expansão Urbana, classificada em quatro níveis: muito baixo, baixo, médio e alto.

<sup>3</sup> Carta elaborada por MORAES (2003).

Para a Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano, fez-se uso da sobreposição da Carta de Formas de Relevo com a Carta de Formações Geológicas de Superfície (TOREZAN, 2000), de acordo com metodologia proposta pelo IPT (1986) citada em TOREZAN, 2000. Desta maneira, a partir da junção, no software IDRISI 32, dos dados referentes ao relevo e a litologia identificam-se e delimitam-se as áreas com comportamento semelhante no que tange à dinâmica do meio físico e às práticas de urbanização.

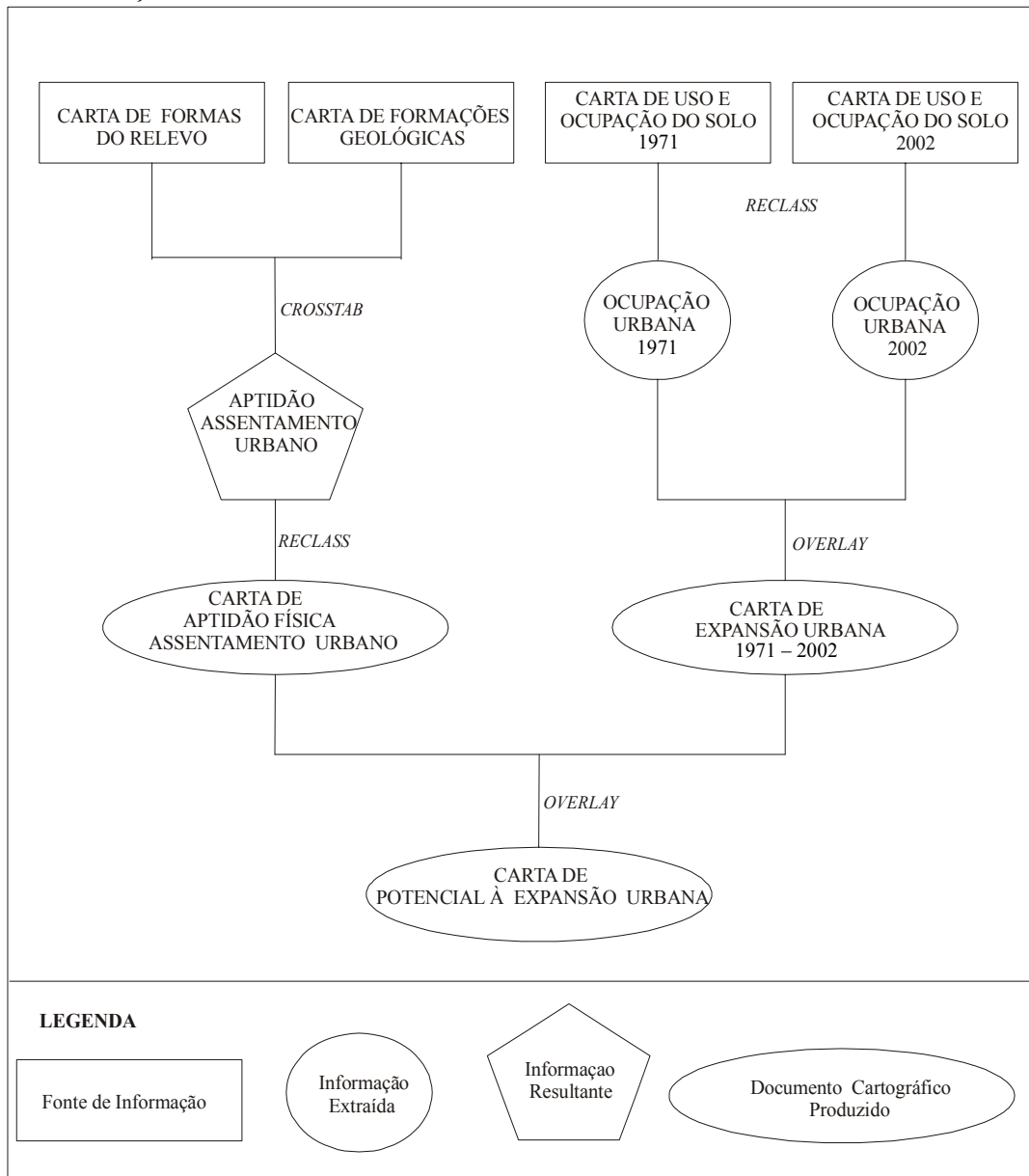


Figura 4.5 – Esquema metodológico adotado no processo de elaboração da Carta de Potencial à Expansão Urbana – Fonte: MORAES (2003)

#### 4.3.10. Carta de Legislação Ambiental

Para a delimitação espacial das Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do rio Bonito, segundo MORAES (2003), utilizaram-se os critérios mais restritivos aplicáveis à área de estudo em relação à preservação, segundo o Código Florestal (Brasil. Lei nº 4711/65) e pela Resolução CONAMA nº 04 (Brasil. Resolução CONAMA nº 004/86), de acordo com o proposto por MELLO (1998) citado em MORAES (2003).

Segundo MORAES (2003), para a determinação do grau de antropização da cobertura vegetal, as classes de uso do solo foram enquadradas em 4 categorias: alto (uso do solo associado à atividade antrópica), médio (vegetação arbustiva), baixo (vegetação arbórea) e outros (campos naturais e/ou antrópicos e corpos d'água), pela dúvida quanto ao tipo de ocupação que representam. Essas categorias indicam o grau de alteração da cobertura do solo encontrado em 1999 em relação a 1971.

Para a delimitação espacial das Áreas de Proteção Permanente (APPs), segundo MORAES (2003), foram adotados os critérios mais restritivos quanto ao nível de preservação apresentados pelo Código Florestal e pelas Resoluções 302/02 e 303/02.

Para a espacialização das Reservas Legais, de acordo com MORAES (2003), foram consideradas as áreas averbadas no Cartório de Registro de Imóveis de Descalvado até dezembro de 1999, informações essas levantadas por MONTEIRO (2000) junto à equipe técnica de São Carlos do DEPRN. Tais áreas foram identificadas em trabalho de campo, com base no nome dos respectivos imóveis, com o uso do programa de navegação Track Maker Pro-3.3.5, sendo plotadas sobre os

fragmentos de vegetação nativa extraídos da Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1999.

Já para a delimitação da área da APA foi extraída do Mapa de Limites da Área de Proteção Ambiental Municipal de Descalvado, elaborado por OLIVEIRA (1995).

As APMs (áreas com potencialidade de recarga do Aquífero Botucatu-Pirambóia) foram delimitadas com base nas informações da Carta de Formações Geológicas de Superfície em escala 1:50.000 (TOREZAN, 2000). A análise dos resultados foi feita no software SIG Idrisi 32 através dos módulos overlay, crosstab, reclass e area e apresentada na forma de tabelas, gráficos e mapas.

Apresentam-se, no Quadro 4.4, os critérios considerados na elaboração desta carta.

Quadro 4.4 – Critérios adotados para a confecção da Carta de Legislação Ambiental – Fonte: MORAES (2003).

Áreas Protegidas	Referência	Critério
Áreas marginais ao rio Mogi-Guaçu	Código Florestal	Faixa de 100m
Áreas marginais aos demais rios	Código Florestal	Faixa de 30m
Áreas marginais aos reservatórios na zona urbana	Resolução CONAMA	Faixa de 30m
Áreas marginais aos reservatórios na zona rural	Resolução CONAMA	Faixa de 50m
Áreas marginais às nascentes	Resolução CONAMA	Faixa de 50m
Áreas de topo	Código Florestal	Topo de morros
Áreas marginais à linha de cumeada	Resolução CONAMA	Faixa de 700m
Áreas em declive acentuado	Código Florestal	Declive > 45°
Áreas marginais às bordas da cuesta	Código Florestal	Faixa de 100m
Áreas de Reserva Legal	Código Florestal	20% da vegetação
APA de Descalvado	Lei Municipal	APA na BHRB
Áreas com potencialidade de recarga de aquífero profundo	Decreto Estadual	Área de Proteção Máxima

A Carta de Legislação Ambiental, elaborada por MORAES (2003), utilizou o Mapa de Documentação (composta pela hidrografia, curvas de nível e a delimitação da BHRB, entre outras informações) e a Carta de Declividades - ambas elaboradas em escala 1:50.000 por TOREZAN (2000). Os dados foram trabalhados

no Sistema de Informação Geográfica (SIG) IDRISI for Windows 32 através de técnicas básicas de geoprocessamento, conforme o esquema metodológico apresentado na figura a seguir.

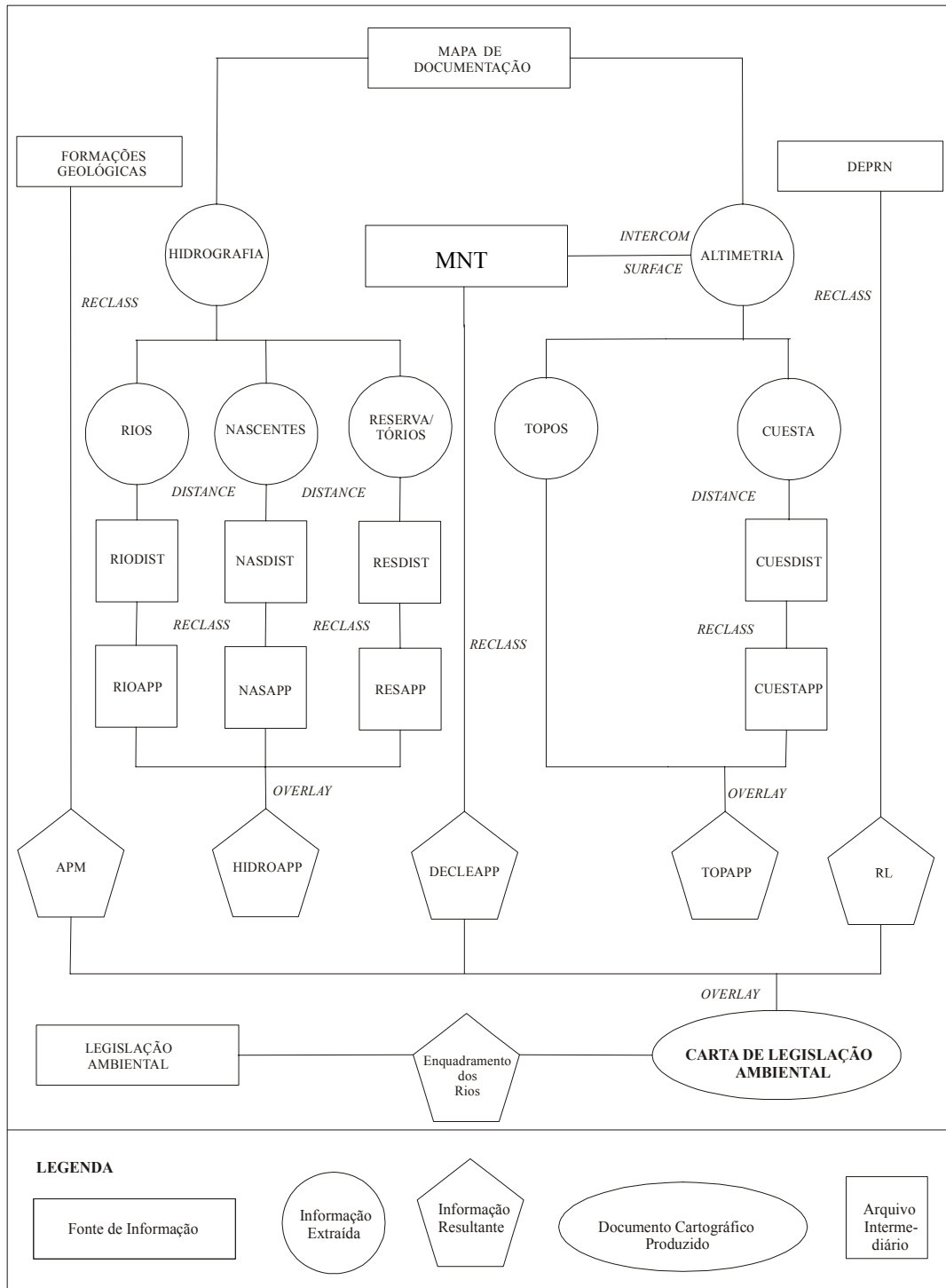


Figura 4.6 – Esquema do processo de elaboração da Carta de Legislação Ambiental – Fonte: MORAES(2003).

## 4.4. Métodos de Avaliação Ambiental

### 4.4.1. Árvore de Decisão – Software SAGA

O método de árvore de decisão, descrito por XAVIER-DA-SILVA (1999), caracteriza-se por permitir estimativas sobre possíveis ocorrências ambientais, segundo diversas intensidades, resultando em uma previsão sobre a ocorrência, intensidade, extensão e localização.

Para que o método fosse aplicável, faz-se necessário o prévio reconhecimento da área em estudo, através de levantamento de dados existentes e de campo. Para o fenômeno estudado, fez-se a utilização dos parâmetros do meio físico definidos através das cartas descritas no item anterior, comparando-se o resultado final com um cotejo com a realidade e entrevistas com moradores ou profissionais da área de estudo.

Para tanto, o método se baseia na atribuição de pesos para cada plano de informação (variando de 0 a 100), os quais serão definidos através de consulta a profissionais especialistas.

Definem-se as notas, como os valores dados aos componentes de legenda de cada carta a ser utilizada, levando-se em conta o valor de cada legenda de acordo com o fenômeno estudado (fenômeno das inundações).

Por exemplo, a carta de declividades apresenta as seguintes legendas:

- |            |                |
|------------|----------------|
| ✓ 0 a 10%  | ✓ 15 a 20%     |
| ✓ 10 a 15% | ✓ acima de 20% |

As notas atribuídas para esta carta (0 a 10) são:

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| ✓ 0 a 10% : 6 | ✓ 15 a 20%: 8      |
| ✓ 10 a 15%: 7 | ✓ acima de 20%: 10 |



Os pesos definem-se como os valores relativos de cada plano de informação em relação ao fenômeno estudado. Por exemplo, a carta de potencial de escoamento superficial pode ter um peso relativo ou global de 20, enquanto a carta de declividades, por exemplo, de 15, e assim por diante até se completar 100.

Segundo XAVIER-DA-SILVA (1999), a atribuição das notas deve levar em conta a seguinte questão: “Em relação às cartas e mapas digitais selecionados, qual a importância relativa, em pontos percentuais do tipo de características ambientais contidas em cada uma, para a ocorrência da alteração ambiental (inundações, expansão urbana, etc.) em estudo?”.

Desta forma, cria-se um valor máximo de contribuição de cada classe de uma carta ou mapa digital (peso ou nota local) que mais contribui para a ocorrência da alteração ambiental em estudo. A partir desta contribuição, todas as outras classes, ao serem avaliadas, estarão automaticamente aferidas em relação a este valor máximo. Assim sendo, cria-se um algoritmo para a avaliação:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k), \text{ onde:}$$

$A_{ij}$  = pixel da base georreferenciada em estudo;

$n$  = número de cartas ou mapas digitais utilizados

$P_k$  = peso global de cada carta

$N_k$  = nota de cada classe em cada carta, ou seja, possibilidade de ocorrência do fenômeno estudado em relação à classe “k”.

Segundo XAVIER-DA-SILVA (1999), para cada classe encontrada em cada carta ou mapa digital atribui-se uma nota relacionada a uma das seguintes escalas: 0 a 10. Estas notas apresentam-se como coordenadas definidoras da posição de cada pixel no espaço de classificação criado pelo algoritmo, devendo-se, com isso, responder à seguinte pergunta: “Quais as possibilidades, nas escalas definidas, de que

ocorram, num mesmo local, a alteração ambiental analisada e a classe a qual se está dando uma nota?”.

Para o presente método, utilizou-se o software SAGA (Sistema de Avaliação Geo-ambiental) desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento (LAGEOP) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Figura 4.7).



Figura 4.7 – Módulo de avaliação do SAGA.

#### 4.4.2. Tabulação Cruzada – IDRISI 32

A utilização de um Sistema de Informações Geográficas como sistema de apoio à decisão baseia-se na utilização de ferramentas que realçam o processo de decisão, visto que essas decisões podem ser representadas por planos de dados geográficos.

Segundo EASTMAN (1997), a avaliação por módulos de apoio à decisão apresenta-se como um método muito utilizado para avaliar e agregar muitos critérios ou atributos, tendo, recentemente, todo o seu potencial constatado.

Entretanto, nem sempre os resultados são satisfatórios, quer por sua má utilização, quer por suas limitações. Assim sendo, no presente estudo, efetuou-se uma

comparação entre o resultado apresentado na utilização do conjunto Sistemas de Informações Geográficas e Sistemas de Avaliação Geo-ambiental (SAGA) cujo resultado é dado pelo software (automático), e através do módulo de tabulação cruzada (CROSSTAB) do SIG IDRISI32, no qual a decisão do resultado é avaliada pelo usuário.

Para a utilização dos critérios ou atributos na tabulação cruzada, faz-se necessário a junção dos atributos um a um e sua respectiva avaliação pelo usuário em um processo de reclassificação, visando os resultados finais da carta de risco potencial de inundação. No caso do atual estudo, padronizou-se os valores dos resultados finais das junções em 5 classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. (muito baixo – valor = 1, baixo – valor = 2, médio – valor = 3, alto – valor = 4 e muito alto – valor = 5).

Para tanto, elaborou-se uma tabela na qual todos os atributos utilizados na carta final serão elencados e classificados de acordo com as 5 classes finais, resultando em um resultado final definido pelo usuário.

Assim sendo, a valoração dos resultados estará diretamente ligada com parâmetros definidos em bibliografia e na experiência do pesquisador.

O módulo CROSSTAB do software IDRISI32 gera uma saída que agrega as classes de cada atributo relacionando-as par a par, fazendo com que o usuário tenha todas as combinações possíveis entre os dois atributos investigados. Desta forma, faz-se o acréscimo de cada carta e a análise das combinações advindas do mesmo, chegando-se ao final, na carta desejada.

Assim sendo, faz-se necessária que a tabela onde se relacionam todos os atributos seja feita de forma minuciosa e precisa para que o resultado final seja coerente e consistente.

A seguir apresenta-se a saída do módulo CROSSTAB, um exemplo de tabulação cruzada, de tabela de decisão – cruzamento duas a duas e o fluxograma do método (Figura 4.8, 4.9 e Quadro 4.5).

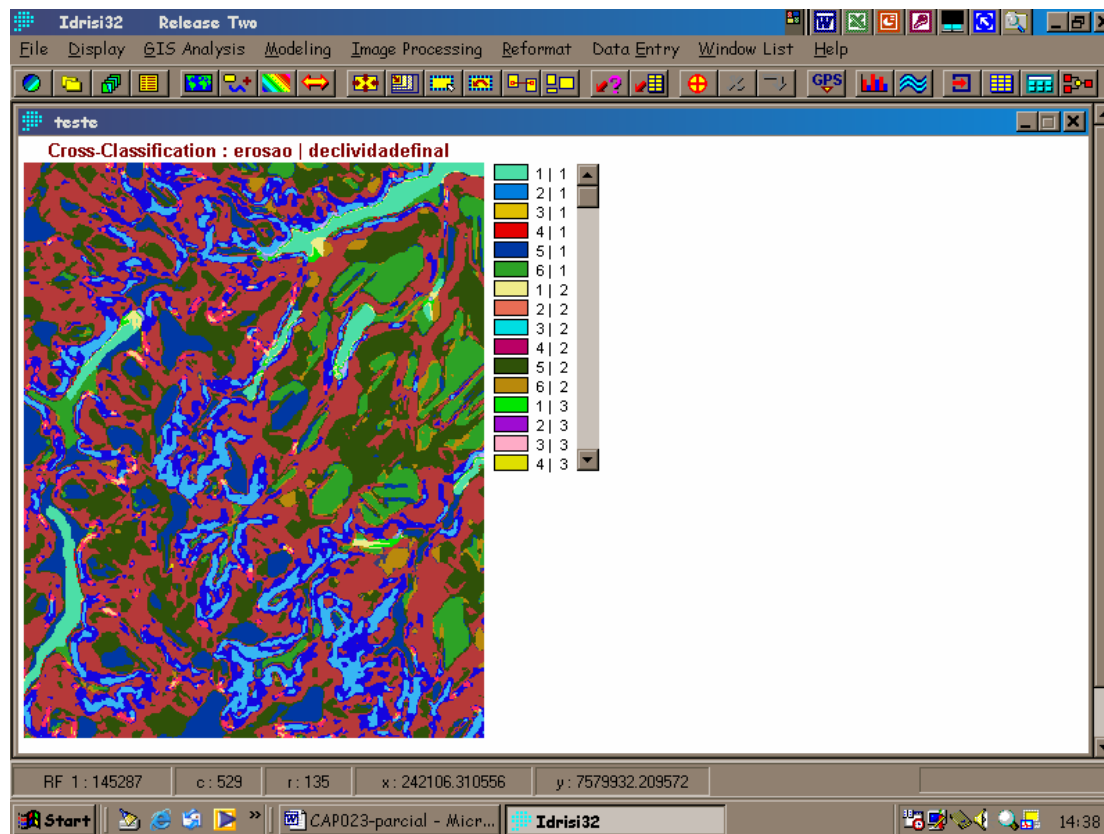


Figura 4.8 – Saída do Módulo CROSSTAB

Quadro 4.5 – Exemplo de Tabela de Decisão – Cruzamento duas a duas

Hidrografia Distância	Uso e Ocupação do Solo											
	Cana-de- açúcar	Cerrado	Laranja	Mata	Corpos D'água	Pastagem	Outras Culturas	Refloresta- mento	Solo Semi- exposto	Solo Exposto	Área Urbana	Mineração
A partir de 700 m	mb	mb	mb	mb	-	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
500 a 700 m	b	mb	b	mb	-	b	b	mb	B	b	b	b
300 a 500 m	m	mb	m	mb	-	m	m	mb	M	m	m	m
100 a 300 m	a	mb	a	mb	-	a	a	b	a	a	a	a
0 a 100 m	ma	mb	ma	mb	-	ma	ma	b	ma	ma	ma	ma

Legenda da tabela de decisão relacionando hidrografia (distância) com uso e ocupação do solo em função de maior ou menor propensão à inundação:

- ✓ Muito baixo: mb
- ✓ Baixo: b
- ✓ Médio: m
- ✓ Alto: a
- ✓ Muito Alto: ma

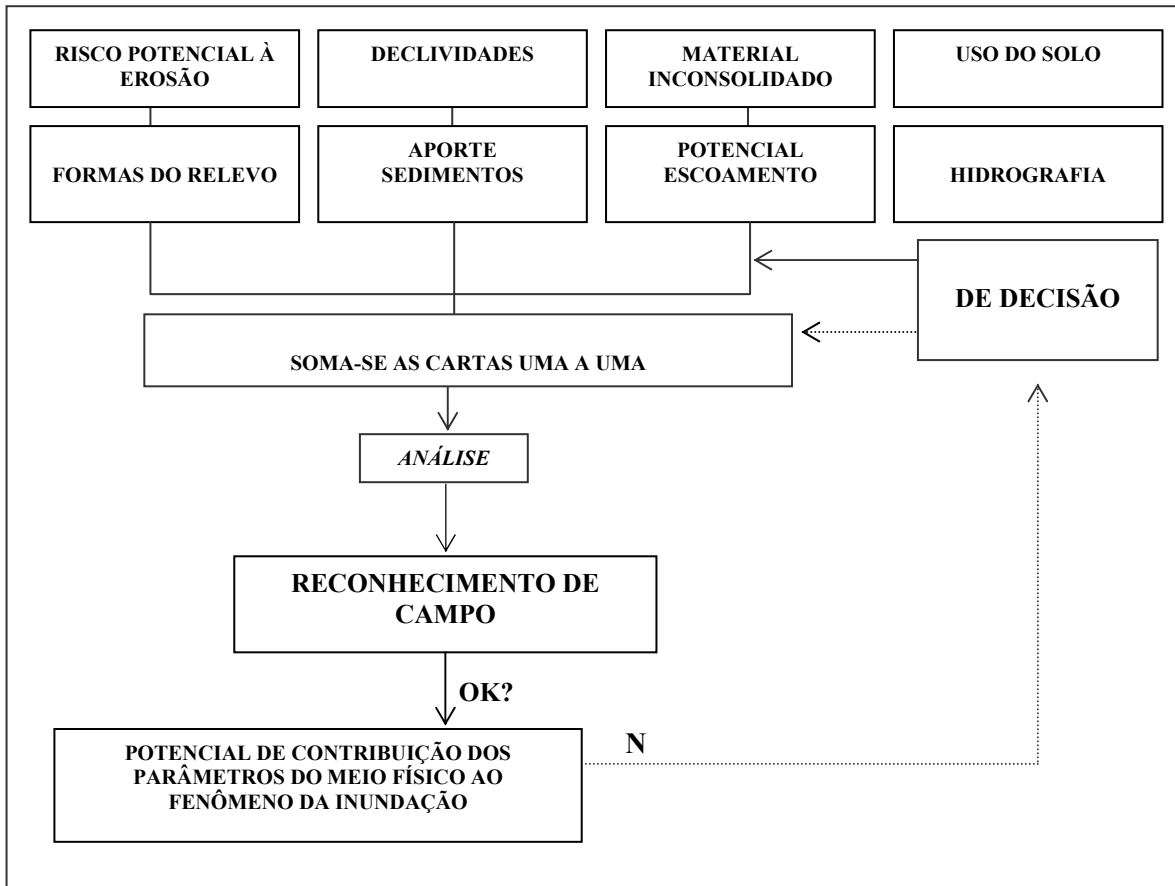


Figura 4.9 – Fluxograma do Processo de Tabulação Cruzada

#### 4.5. Pesquisa junto a Especialistas (Método “Ad Hoc”)

Para a determinação das notas e pesos utilizados na confecção da Carta de Potencial à Inundação, fez-se uma consulta a especialistas de diversas áreas que possuam conhecimento acerca do fenômeno estudado, e, se possível, alguma experiência em estudos relacionados ao tema.

Para tanto, utilizou-se um questionário semi-estruturado aplicado a cada especialista em uma entrevista. Cabe ressaltar que foi esclarecido aos respondentes a necessidade de possuir conhecimentos aprofundados sobre o assunto estudado.

A seguir, apresenta-se o questionário que foi aplicado aos respondentes (Figura 4.10).

***Estudo sobre o Fenômeno das Inundações e sua Interação com Parâmetros do Meio Físico***

Nome: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Área de Atuação: \_\_\_\_\_

Conhecimento sobre o tema: \_\_\_\_\_

O questionário visa levantar junto a especialistas a importância de parâmetros do meio físico no fenômeno das inundações. Esta importância será dada em pesos e notas para cada um dos parâmetros elencados neste questionário.

O Objetivo do mesmo é definir, através de estudos estatísticos, faixas de importância para cada parâmetro do meio físico em relação ao fenômeno das inundações, visando sua aplicação em modelos de suporte à decisão com uso de Sistemas de Informações Geográficas.

Agradecemos sua colaboração!

Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico – UFSCar

1) Numere, em ordem de importância (de 1 [maior] a 8 [menor]) em relação ao fenômeno das inundações, os seguintes parâmetros do meio físico:

- ( ) Declividade
- ( ) Materiais Inconsolidados
- ( ) Uso e Ocupação do Solo
- ( ) Aporte de Sedimentos
- ( ) Escoamento Superficial
- ( ) Erosão
- ( ) Formas do Relevo
- ( ) Hidrografia – área de influência

2) Atribua, seguindo a ordem do item 1, pesos para cada um dos parâmetros do meio físico (a soma dos pesos deve ser igual a 100).

Declividade: \_\_\_\_\_

Materiais Inconsolidados: \_\_\_\_\_

Uso e Ocupação do Solo: \_\_\_\_\_

Aporte de Sedimentos: \_\_\_\_\_

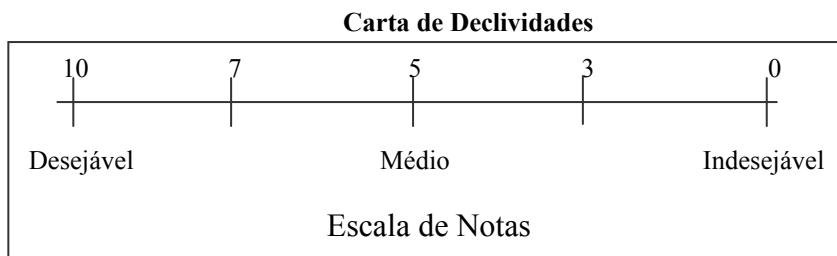
Escoamento Superficial: \_\_\_\_\_

Erosão: \_\_\_\_\_

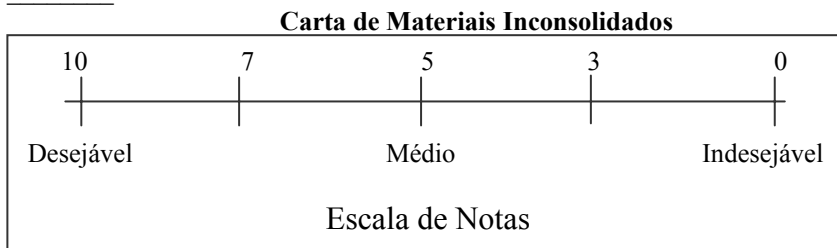
Formas do Relevo: \_\_\_\_\_

Hidrografia: \_\_\_\_\_

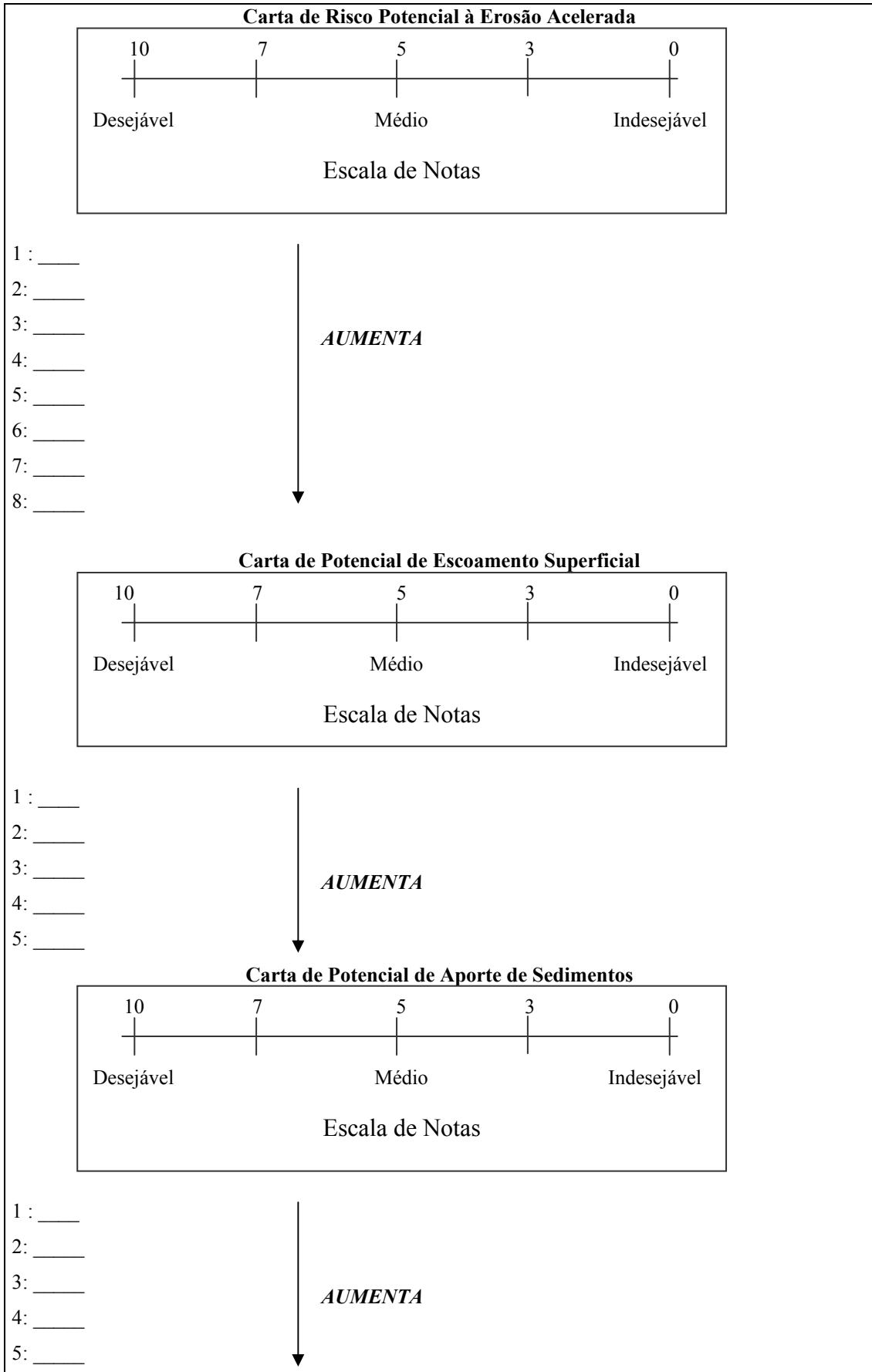
3) Para cada parâmetro analisado será feito um produto cartográfico. Tomando-se a classificação de cada produto cartográfico em suas classes, qual seria a nota (possibilidade) de cada uma dessas classes ocorrer (nos produtos cartográficos) em relação ao fenômeno das inundações? As notas podem variar de 0 a 10, conforme escala abaixo.



- 0 a 2% : \_\_\_\_\_
- 2 a 5%: \_\_\_\_\_
- 5 a 10%: \_\_\_\_\_
- 10 a 15%: \_\_\_\_\_
- 15 a 20%: \_\_\_\_\_
- 20 a 30%: \_\_\_\_\_
- > 30%: \_\_\_\_\_

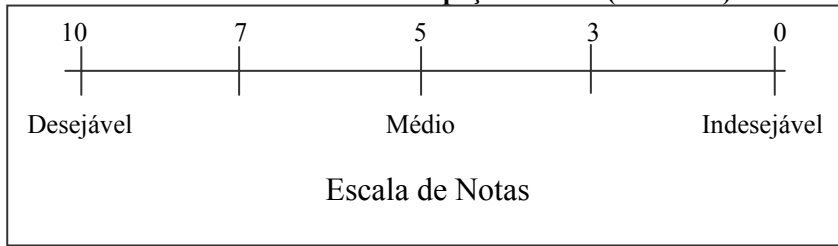


- Corpos D'água: \_\_\_\_\_
- Quaternário: \_\_\_\_\_
- Formação Serra Geral – Solos residuais espessos: \_\_\_\_\_
- Formação Serra Geral – Solos residuais rasos: \_\_\_\_\_
- Formação Serra Geral – Solos retrabalhados: \_\_\_\_\_
- Formação Corumbataí – Solos retrabalhados: \_\_\_\_\_
- Formação Corumbataí – Solos residuais: \_\_\_\_\_
- Formação Pirambóia – Solos residuais: \_\_\_\_\_
- Formação Pirambóia – Solos retrabalhados: \_\_\_\_\_
- Formação Pirassununga – Solos retrabalhados: \_\_\_\_\_
- Formação Pirassununga – Solos resisuais: \_\_\_\_\_
- Formação Santa Rita do Passa Quatro – Solos retrabalhados: \_\_\_\_\_
- Formação Santa Rita do Passa Quatro – Solos residuais: \_\_\_\_\_
- Formação Itaqueri: \_\_\_\_\_
- Formação Botucatu – Solos residuais rasos: \_\_\_\_\_
- Formação Botucatu – Solos residuais espessos: \_\_\_\_\_



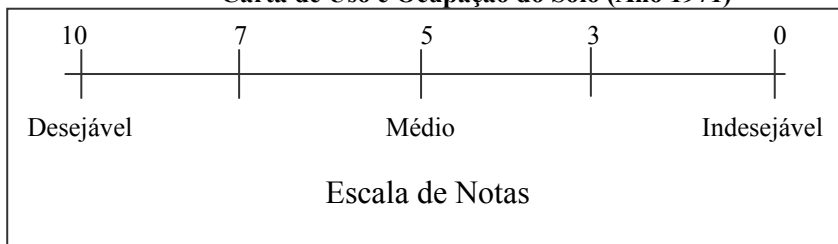


**Carta de Uso e Ocupação do Solo (Ano 2002)**



- Solo Exposto: \_\_\_\_\_
- Solo Semi-exposto: \_\_\_\_\_
- Cana-de-açúcar: \_\_\_\_\_
- Laranja: \_\_\_\_\_
- Pastagem: \_\_\_\_\_
- Reflorestamento: \_\_\_\_\_
- Outras culturas: \_\_\_\_\_
- Cerrado e Cerradão: \_\_\_\_\_
- Mata Mesófila e Ciliar: \_\_\_\_\_
- Corpos D'água: \_\_\_\_\_
- Área Urbana: \_\_\_\_\_
- Mineração: \_\_\_\_\_

**Carta de Uso e Ocupação do Solo (Ano 1971)**



- Solo Exposto: \_\_\_\_\_
- Cafê: \_\_\_\_\_
- Laranja: \_\_\_\_\_
- Pastagem: \_\_\_\_\_
- Reflorestamento: \_\_\_\_\_
- Outras culturas: \_\_\_\_\_
- Cerrado e Cerradão: \_\_\_\_\_
- Mata Mesófila e Ciliar: \_\_\_\_\_
- Área Urbana: \_\_\_\_\_
- Mineração: \_\_\_\_\_

**Carta de Influência dos Parâmetros do Meio Físico em relação à Hidrografia**

10
7
5
3
0

Desejável
Médio
Indesejável

**Escala de Notas**

> 700 m : \_\_\_\_\_

500 a 700 m: \_\_\_\_\_

300 a 500 m: \_\_\_\_\_

100 a 300 m: \_\_\_\_\_

0 a 100m: \_\_\_\_\_

*AUMENTA*

**Carta de Formas de Relevo**

10
7
5
3
0

Desejável
Médio
Indesejável

**Escala de Notas**

Serra: \_\_\_\_\_

Planície de Topo: \_\_\_\_\_

Planície de Base: \_\_\_\_\_

Ravina: \_\_\_\_\_

Convexo: \_\_\_\_\_

Sela: \_\_\_\_\_

Linear: \_\_\_\_\_

Côncavo: \_\_\_\_\_

Inflectiva (tobogã): \_\_\_\_\_

Figura 4.10 – Questionário a ser aplicado

#### 4.6. Confeção da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação

De posse dos questionários, partiu-se para a primeira etapa da confecção da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação, na qual se fez uma análise estatística da ordem de importância ou dos pesos para a concepção de faixas de trabalho para cada carta

utilizada visando à utilização dos softwares SAGA e IDRISI 32. A partir da ordem ou dos pesos estabelecidos estatisticamente, calculou-se a ordem ou os pesos relativos de cada carta em função do fenômeno estudado (inundação). No caso específico das notas, utilizou-se os resultados das consultas a especialistas, individualmente em sua área de conhecimento, por haver a necessidade de um maior conhecimento dos dados das cartas e mapas, e da região de estudo.

De posse da ordem, dos pesos (calculados estatisticamente) e das notas específicas de cada carta dadas por especialistas, chegaram-se-se à proposta inicial de pesos, notas e da ordem de cruzamento das cartas. A partir daí, fez-se o cruzamento inicial no módulo CROSSTAB do software IDRISI 32 e a primeira versão da carta final no software SAGA\UFRJ.

A segunda etapa corresponde ao cotejo das cartas iniciais com a realidade no campo visando corrigir eventuais problemas existentes através do uso de um GPS, o programa GPS TRACKMAKER e um notebook, verificando os resultados em tempo real.

Por fim, voltou-se do processo de cotejo com a realidade e fez-se um debate chamado de tempestade de idéias ou “brainstorming” com técnicos e especialistas conhecedores da região de estudo, o qual visou a criação de um máximo de idéias em um pequeno espaço de tempo. A partir da análise das idéias geradas, chegou-se a uma decisão fundamentada sobre a revisão dos passos seguidos na etapa de consulta a especialistas no intuito de um resultado mais próximo da realidade observada no campo.

A chamada “tempestade de idéias ou brainstorming”, segundo SILVA (1994), tem como características principais:

- ✓ Participação de todos;

- ✓ O entusiasmo e igualdade entre os participantes;
- ✓ O comprometimento de todos com o resultado;
- ✓ O exercício do raciocínio na pesquisa de todos os aspectos do assunto abordado.

Para tanto, devem-se seguir os passos enumerados a seguir, adaptados de SILVA (1994):

- ✓ Apresentação do problema: tem por objetivo expor o problema;
- ✓ Definição do problema: definir o problema em questão e destacá-lo para o grupo;
- ✓ Tempo de silêncio: necessário para a reflexão sobre o problema;
- ✓ Apresentação e anotação das idéias: exposição de idéias e anotação das mesmas;
- ✓ Análise das mesmas: analisam-se e comparam-se as idéias, eliminando as que são iguais ou que tenham o mesmo sentido, até se chegar a um consenso.

Entretanto, como qualquer metodologia de grupo, algumas regras, adaptadas de SILVA (1994), devem ser seguidas:

- ✓ Não criticar as idéias: a participação de todos apresenta-se necessária;
- ✓ Não interpretar as idéias dos participantes: elas deverão ser comentadas no final;
- ✓ Não deve haver discussões durante a fase de geração de idéias: debates paralelos não contribuem para a geração de idéias;
- ✓ Incentivar a liberdade: deve-se incentivar o sentimento de liberdade para se gerar o máximo de idéias, ou seja, todos devem ser iguais.

- ✓ Aproveitar as idéias apresentadas: se o sentido for de acrescentar algum detalhe;
- ✓ Tempo de duração: vincula-se à capacidade de geração de novas idéias. Em geral, de 15 a 20 minutos são suficientes.

A partir da análise feita pelo “brainstorming”, fez-se à correção das cartas geradas pelos softwares e repete-se o cotejo até se chegar à carta final.

#### 4.7. Análise dos resultados e correção dos modelos

De posse dos resultados obtidos pelos dois métodos de avaliação ambiental (carta de potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação), fez-se a análise dos resultados obtidos comparando os resultados dos dois métodos através de cotejo com a realidade. A partir daí, escolheu-se o melhor método de avaliação entre os dois utilizados – Tabulação Cruzada e árvore de decisão – SAGA (o que apresentar menor erro em relação à realidade).

#### 4.8. Análise temporal pela bacia e por sub-bacias do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação em função do uso do solo.

Após a etapa de avaliação ambiental e análise dos resultados, fez-se uma comparação entre as cartas potenciais (utilizando-se o resultado mais próximo da realidade) levando-se em conta os usos do solo nos anos de 1971<sup>4</sup> e 2002, no intuito de visualizar as alterações no uso do solo da bacia de estudo e suas implicações sobre um zoneamento a ser proposto.

Além disso, fez-se uma subdivisão da bacia do rio Bonito em sub-bacias utilizando-se de um módulo do software IDRISI 32 chamado WATERSHED.

---

<sup>4</sup> Livro Planejamento e Gestão Ambiental: “Instrumentos para avaliação do meio físico para

Este módulo utiliza-se do modelo digital do terreno (MNT ou MDT) para subdividir a bacia selecionada em sub-bacias representativas dependendo do estudo a ser realizado. De posse das sub-bacias, pode ser necessário um ajuste das sub-bacias, levando-se em conta o relevo da região, através de um software de digitalização. Após as correções que se fizeram necessárias, fez-se a verificação das sub-bacias de acordo com o fenômeno a ser estudado (inundação).

A partir destas subdivisões, foram feitas análises temporais levando-se em conta a bacia como um todo e cada sub-bacia, objetivando-se mostrar a influência do uso e ocupação do solo sobre o fenômeno estudado.

#### 4.9. Zoneamento conceitual da expansão das atividades antrópicas relacionado à inundação.

De posse dos resultados obtidos nos itens anteriores e da carta de potencial de expansão urbana, foi proposto um zoneamento conceitual visando uma estruturação mais adequada do uso do solo da região em relação ao fenômeno estudado e à expansão das atividades antrópicas. Utilizou-se o termo conceitual porque se acredita que o zoneamento final deve conter a área de influência da inundação (cotas de inundação) definida através de estudos hidrológicos de precisão e que o mesmo deve ser amplamente testado em outras situações.

Também se buscou apoio em reconhecimento de campo e em entrevistas com profissionais e moradores da região na busca de um zoneamento mais próximo da realidade, além de se levar em conta a análise temporal pela bacia e pelas sub-bacias definidas para a região.

Esperou-se com isso, atingir um instrumento de gestão e planejamento do uso do solo vislumbrando o evitar impactos sócio-econômico-ambientais sobre as comunidades existentes na região no que tange ao fenômeno das inundações (Figura 4.11).

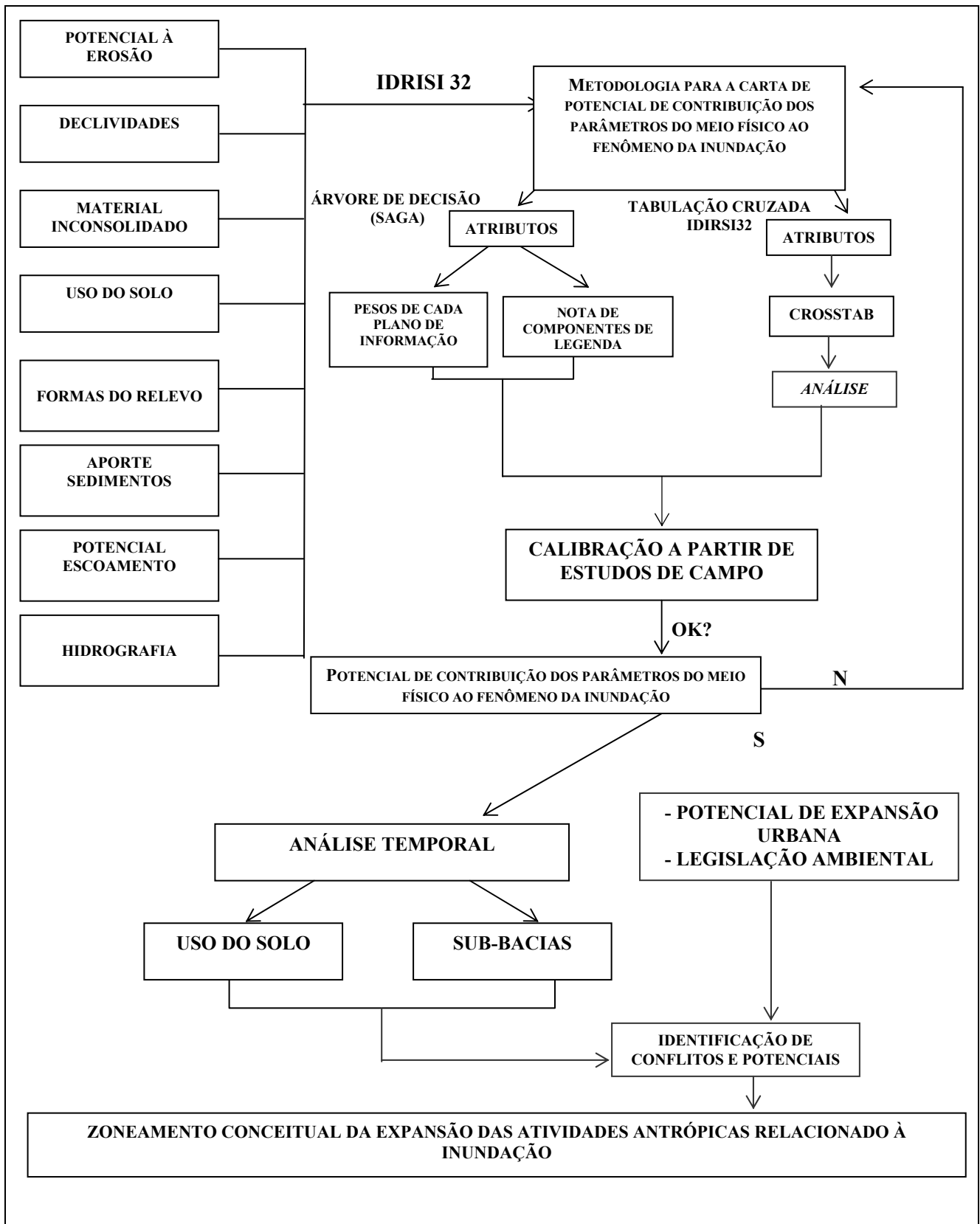


Figura 4.11 – Fluxograma do Processo de Zoneamento Conceitual



## **5. Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação**

Para a concepção da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação buscou-se utilizar dois processos diferentes: um software de árvore de decisão e um processo de superposição de cartas dentro de um Sistema de Informações Geográficas. O primeiro processo se baseia na definição de ordem, pesos e notas das cartas utilizadas através de consulta a especialistas por meio de questionários semi-estruturados, onde o resultado se define no próprio processo. Já o segundo processo baseia-se na ordem estabelecida no primeiro processo e um cruzamento de cartas duas a duas, onde o pesquisador define a importância de cada parâmetro inserido em cada carta utilizada através de uma matriz de correlação das cartas.

De posse dos questionários obtidos, utilizou-se uma análise estatística não paramétrica, da qual resulta uma ordem de superposição de cartas e, a partir desta, os pesos equivalentes de cada carta utilizada. No caso específico das notas, foram utilizados os resultados das consultas a especialistas, individualmente em sua área de conhecimento, por haver a necessidade de um maior conhecimento dos dados das cartas e mapas e da região de estudo.

### **5.1. Definição da ordem e dos pesos relativos às cartas utilizadas para a utilização do software SAGA**

Para a definição da ordem de importância das cartas utilizadas na confecção da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação, utilizou-se dos questionários semi-estruturados aplicados em sete pesquisadores de diferentes formações (Geólogos, Biólogos, Engenheiros Civis e

Engenheiros Agrimensores) que possuem experiência e, em alguns casos, grande conhecimento da área de estudo.

O número de respondentes, aparentemente baixo, se deveu exclusivamente ao fato na demora de resposta, que após insistentes apelos pessoais, foram respondidas e na falta de recursos para remunerar os mesmos (sendo mais fácil para se obter a resposta), tendo assim, um retorno abaixo da expectativa.

No caso do presente trabalho, as respostas obtidas apresentam caráter qualitativo. Quando uma resposta recebe subjetivamente uma avaliação qualitativa, na realidade os graus impostos definem uma resposta qualitativa, pois a diferença entre as respostas não traduz necessariamente a mesma magnitude da diferença entre elas, por exemplo, a ordem 5 da 6 não pode ser medida diretamente como se a diferença fosse apenas 1. Esta falta de coerência com a distância matemática entre os níveis caracteriza a resposta como qualitativa.

Logo, os testes não paramétricos, descomprometidos com a distribuição da resposta estudada, analisam as posições relativas dos resultados quando observados em conjunto. Uma ordenação do resultado mais baixo ao mais alto é feita, e esta ordenação, identificados os tratamentos (quesitos), vai ser utilizada na análise. Com este procedimento, a subjetividade do pesquisador ou especialista em atribuir ou definir graus de avaliação, bem como a enorme variação das respostas não distribuídas normalmente se mostram controladas por um procedimento que relativiza e restringe a amplitude dessas variáveis.

Segundo SAMPAIO (2002), pode-se perceber que a ordenação em si uniformiza matematicamente diferenças que na realidade são muito distintas. Por exemplo, em quatro diferentes respostas ( $1/8$ ,  $1/16$ ,  $1/64$ ,  $1/512$ ), os valores analisados seriam 1, 2, 3 e 4, mas de 1 para 2, a diferença de valores é bem maior que de 3 para

4. A perda deste detalhamento faz com que os métodos não paramétricos sejam teoricamente menos eficientes que os paramétricos. Entretanto, se uma resposta não pode ser normalizada, a estratégia não paramétrica será sempre mais eficiente.

No caso do presente estudo, utilizou-se um teste não paramétrico para avaliar a melhor ordem de cruzamento das cartas obtidas através dos questionários aplicados para a concepção da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação. O teste escolhido chama-se Teste de Kruskal-Wallis.

Utiliza-se o Teste de Kruskal-Wallis quando se têm mais de dois tipos de tratamentos (quesitos) diferentes aplicados a grupos diferentes de respondentes. No caso do presente trabalho, foram colhidas respostas de profissionais de várias formações para oito quesitos diferentes (cartas utilizadas), apresentando-se avaliações distintas em relação ao mesmo problema.

Para tal situação, KRUSKAL & WALLIS (1952) citados em SAMPAIO (2002), sugeriram um procedimento, descrito a seguir, para  $k$  variáveis ( $k > 2$ ).

- ✓ Ordenar todas as observações da menor para maior. Havendo valores observados empatados, a ordenação média deverá substituir as ordenações correspondentes;
- ✓ Calcular a soma das ordenações ( $R_i$ ) para cada grupo experimental;
- ✓ Calcular o valor de  $T$  (definição de  $T$ ):

$$T = \frac{1}{S^2} \left[ \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right]$$

Onde  $n_i$  = número de observações para o grupo  $i$

$$N = \sum_{i=1}^k n_i \text{ (total de observações)}$$

$R_i$  = soma das ordenações para cada grupo  $i$

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \left[ \sum X_{ij}^2 - \frac{N(N+1)^2}{4} \right], \text{ sendo}$$

$X_{ij}^2$  = ordenação de cada observação  $j$  de cada variável  $i$

Logo, segundo SAMPAIO (2002), a estimativa de  $T$  apresentada considera a possibilidade de empates de ordenação, que ocorrem frequentemente na avaliação de respostas por meio de graus que denotam intensidade.

A estimativa  $T$  se apresenta distribuída como o índice  $\chi^2$  com  $k-1$  graus de liberdade. Se o valor de  $T$  for superior ou igual àquele correspondente na tabela de valores críticos de  $\chi^2$ , segundo os graus de liberdade do estudo e nível de significância desejado (probabilidade de erro tipo I), existirão diferenças significativas entre os respondentes estudados.

Em muitos casos, o exame das ordenações médias não deixa dúvidas sobre onde essas diferenças ocorrem. Entretanto, CONOVER (1980) citado em Sampaio (2002), apresentou um expediente pelo qual diversas médias poderão ser comparadas entre si, no caso destas percepções ficarem dificultadas pelo número e proximidade das ordenações médias. Essas diferenças poderão ser testadas pelo teste  $t$ , com  $N-k$  graus de liberdade, calculando-se para cada diferença de ordenações médias o valor:

$$t = \frac{\bar{R}_i - \bar{R}_j}{\sqrt{S^2 \left( \frac{N-1-T}{N-k} \right) \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}} \text{ onde,}$$

$\bar{R}_i = R_i/n_i$  (ordenação média do grupo  $i$ ).

Se o valor de t for maior ou igual ao tabelado com N – K graus de liberdade, os grupos comparados diferem estatisticamente.

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos para o Teste de Kuskal-Wallis:

TESTE NÃO PARAMÉTRICO DE KRUSKAL-WALLIS COM 8 GRUPOS

TAMANHOS DOS GRUPOS:

7 7 7 7 7 7 7 7

VALOR DE  $S^2 = 261.9273$

VALOR DE H = 19.3489

NOTA: O VALOR DE H DEVERÁ SER COMPARADO AO DA TABELA DE QUI-QUADRADO COM 7 GRAUS DE LIBERDADE.

$$\chi^2(7;0,05) = 14,07 < H \text{ Observado}$$

VALOR DA ORDENAÇÃO MÉDIA POR GRUPO

GRUPO	ORDEM MÉDIA	
8	40.00	(Hidrografia)
3	38.00	(Uso e Ocupação do Solo)
7	37.00	(Formas de Relevo)
1	32.00	(Declividade)
5	30.00	(Potencial de Escoamento Superficial)
4	20.00	(Aporte de Sedimentos)
2	17.00	(Materiais Inconsolidados)
6	14.00	(Risco potencial à Erosão)

VALORES DO TESTE T DE STUDENT OBTIDOS NAS COMPARAÇÕES DAS ORDENAÇÕES MÉDIAS ENTRE OS GRUPOS

NOTA: PARA SER SIGNIFICATIVO, O VALOR DEVERA SER MAIOR OU IGUAL QUE AQUELE TABELADO COM 48 GRAUS DE LIBERDADE,  $P < 0.05$ .

Sendo o valor  $T(48; 0,05) = 2,0106$

T ( 1 X 2 ) IGUAL A	2.01	
T ( 1 X 3 ) IGUAL A	.80	
T ( 1 X 4 ) IGUAL A	1.61	
T ( 1 X 5 ) IGUAL A	.27	Valores significativos de 1 x 2 e 1 x 6
T ( 1 X 6 ) IGUAL A	2.41	
T ( 1 X 7 ) IGUAL A	.67	
T ( 1 X 8 ) IGUAL A	1.07	
T ( 2 X 3 ) IGUAL A	2.82	
T ( 2 X 4 ) IGUAL A	.40	
T ( 2 X 5 ) IGUAL A	1.74	
T ( 2 X 6 ) IGUAL A	.40	Valores significativos 2 x 3, 2 x 7 e 2 x 8
T ( 2 X 7 ) IGUAL A	2.68	
T ( 2 X 8 ) IGUAL A	3.09	

T ( 3 X 4 ) IGUAL A	2.41	
T ( 3 X 5 ) IGUAL A	1.07	
T ( 3 X 6 ) IGUAL A	3.22	Valores Significativos 3 x 4, 3 x 6
T ( 3 X 7 ) IGUAL A	.13	
T ( 3 X 8 ) IGUAL A	.27	
T ( 4 X 5 ) IGUAL A	1.34	
T ( 4 X 6 ) IGUAL A	.80	
T ( 4 X 7 ) IGUAL A	2.28	Valores Significativos 4 x 7 e 4 x 8
T ( 4 X 8 ) IGUAL A	2.68	
T ( 5 X 6 ) IGUAL A	2.15	
T ( 5 X 7 ) IGUAL A	.94	Valor significativo 5 x 6
T ( 5 X 8 ) IGUAL A	1.34	
T ( 6 X 7 ) IGUAL A	3.09	
T ( 6 X 8 ) IGUAL A	3.49	Ambos os valores significativos
T ( 7 X 8 ) IGUAL A	.40	

Logo, temos:

- ✓ Os grupos 8, 3, 7, 1 e 5, chamados de A, não possuem diferença estatística significativa entre eles, sendo que os grupos 1 e 5 podem estar, estatisticamente, no B ;
- ✓ Os grupos 4 e 2, chamados de B, não possuem diferença estatística significativa entre eles, sendo que o grupo 2 pode estar, estatisticamente, no C;
- ✓ O grupo 6, chamado C, mais o grupo 2 (B que pode estar estatisticamente no C) não possuem diferença estatística significativa entre eles.
- ✓ A ordem apresentada como resultado final é a melhor avaliação possível por parte do Teste de Kruskal-Wallis, sendo que as diferenças entre A e B não são significantes, mas entre A, B com C são.
- ✓ Os resultados de H e de T atestam a significância dos resultados obtidos pelo Teste de Kruskal-Wallis.

Desta maneira, assumiu-se a melhor avaliação por parte do teste estatístico como ponto de partida para ordem correta das cartas para o resultado desejado (Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação).

Observou-se nos questionários, na pergunta relativa aos pesos, a falta de coerência em relação à ordem estabelecida, sendo atribuídos, muitas vezes, valores de peso iguais em diversas cartas. Por esta razão, optou-se trabalhar apenas com a ordem e, a partir da mesma, definir os pesos relativos, da seguinte maneira:

Peso relativo  $i = (\text{valor da ordem média } i) / (\Sigma \text{ valores médios das ordens})$ .

Desta maneira, tem-se:

$\Sigma$  valores médios das ordens = 228

- ✓ Peso relativo (Hidrografia)  $(40^5/228)*100 = 17,54 \approx 18$
- ✓ Peso relativo (Uso e Ocupação do Solo)  $= (38/228)*100 = 16,66 \approx 17$
- ✓ Peso relativo (Formas de Relevo)  $= (37/228)*100 = 16,23 \approx 16$
- ✓ Peso relativo (Declividade)  $= (32/228)*100 = 14,04 \approx 14$
- ✓ Peso relativo (Escoamento Superficial)  $= (30/228)*100 = 13,16 \approx 13$
- ✓ Peso relativo (Aporte de Sedimentos)  $= (20/228)*100 = 8,77 \approx 9$
- ✓ Peso relativo (Materiais Inconsolidados)  $= (17/228)*100 = 7,46 \approx 7$
- ✓ Peso relativo (Risco à Erosão Acelerada)  $= (14/228)*100 = 6,14 \approx 6$

Assim sendo, através dos cálculos realizados, definiram-se os pesos a serem utilizados no software SAGA (árvore de decisão).

---

<sup>5</sup> Ordem média obtida no teste.

Analisando-se as notas, as mesmas foram definidas pela consulta a especialistas de cada área, buscando-se uma melhor aproximação com a realidade observada em campo, alicerçada no conhecimento acumulado de cada um.

Desta maneira, apresentam-se, a seguir, as notas utilizadas para a concepção da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação no software SAGA – melhor opção encontrada em função do cotejo com a realidade.

✓ Carta de Declividades

- 0 a 2%: 10
- 2 a 5%: 7
- 5 a 10%: 7
- 10 a 15%: 5
- 15 a 20%: 3
- 20 a 30%: 3
- > 30%: 0

✓ Mapa de Materiais Inconsolidados

- Quaternário: 10
- Formação Serra Geral – Solos residuais espessos: 10
- Formação Serra Geral – Solos residuais rasos: 3
- Formação Serra Geral – Solos retrabalhados: 10
- Formação Corumbataí – Solos retrabalhados: 7
- Formação Corumbataí – Solos residuais: 7
- Formação Pirambóia – Solos residuais: 5
- Formação Pirambóia – Solos retrabalhados: 5
- Formação Pirassununga – Solos retrabalhados: 0



- Formação Pirassununga – Solos residuais: 0
- Formação Santa Rita do Passa Quatro – Solos retrabalhados: 0
- Formação Santa Rita do Passa Quatro – Solos residuais: 0
- Formação Itaqueri: 3
- Formação Botucatu – Solos residuais rasos:3
- ✓ Carta de Potencial de Risco à Erosão Acelerada
  - 1: 10
  - 2: 7
  - 3: 7
  - 4: 5
  - 5: 5
  - 6: 3
  - 7: 3
  - 8: 0
- ✓ Carta de Potencial de Escoamento Superficial
  - 1: 10
  - 2: 7
  - 3: 5
  - 4: 3
  - 5: 0
- ✓ Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos
  - 1: 10
  - 2: 7
  - 3: 5

- 4: 3
- 5: 0
- ✓ Carta de Uso e Ocupação do Solo – 2002
  - Solo Exposto: 0
  - Solo Semi-exposto: 3
  - Cana-de-açúcar: 3
  - Laranja: 5
  - Pastagem: 7
  - Reflorestamento: 10
  - Outras Culturas: 5
  - Cerrado e Cerradão: 10
  - Mata Mesófila e Ciliar: 10
  - Mineração: 0
- ✓ Carta de Uso e Ocupação do Solo – 1971
  - Solo Exposto: 0
  - Café: 5
  - Laranja: 5
  - Pastagem: 7
  - Reflorestamento: 10
  - Outras Culturas: 5
  - Cerrado e Cerradão: 10
  - Mata Mesófila e Ciliar: 10
  - Mineração: 0

✓ Carta de Influência dos Parâmetros do Meio Físico em Relação à

Hidrografia

- > 700 m: 10
- 500 a 700 m: 7
- 300 a 500 m: 5
- 100 a 300 m: 3
- 0 a 100 m: 0

✓ Carta de Formas de Relevo

- Serra: 0
- Planície de Topo: 10
- Planície de Base: 9
- Ravina: 5
- Convexo: 3
- Sela : 5
- Linear: 3
- Côncavo: 7
- Inflectiva (tobogã): 5

## 5.2. Definição da matriz de correlação para cruzamento das cartas utilizadas no módulo CROSSTAB – SIG IDRISI 32

Para a aplicação do Módulo CROSSTAB do SIG IDRISI 32, utilizou-se tabelas de decisão sobre cada cruzamento, seguindo a ordem estabelecida estatisticamente no item anterior. Para tanto, utilizando-se da metodologia descrita no capítulo 2, fez-se o cotejo com a realidade e tempestade de idéias, chegando-se às

seguintes tabelas de decisão dos cruzamentos – melhor opção – (legenda – mb = muito baixo, b = baixo, m = médio, a = alto e ma = muito alto):

Quadro 5.1 – Tabela de decisão 1 (Cruzamento 1) – Carta da Influência sobre a Hidrografia versus Usos e Ocupação do Solo 2002.

Influência da Hidrografia	Uso e Ocupação do Solo – 2002										
	Cana-de-açúcar (1)	Cerrado (2)	Laranja (3)	Mata (4)	Corpos D'água (5)	Pastagem (6)	Outras Culturas (7)	Reflorestamento (8)	Solo Semi-exposto (9)	Solo Exposto (10)	Mineração (12)
A partir de 700 m (1)	mb	mb	mb	mb	-	mb	mb	mb	mb	mb	mb
500 a 700 m (2)	b	mb	b	mb	-	b	b	mb	b	b	m
300 a 500 m (3)	m	mb	m	mb	-	m	m	mb	m	m	m
100 a 300 m (4)	a	mb	a	mb	-	a	a	b	a	a	ma
0 a 100 m (5)	ma	mb	ma	mb	-	ma	ma	b	ma	ma	ma

Quadro 5.2 – Tabela de decisão 1 (Cruzamento 1) – Carta da Influência sobre a Hidrografia versus Usos e Ocupação do Solo 1971.

Influência da Hidrografia	Uso e Ocupação do Solo – 1971								
	Solo Exposto (1)	Café (2)	Laranja (3)	Pastagem (4)	Reflorestamento (5)	Outras Culturas (6)	Cerrado (7)	Mata (8)	Mineração (10)
A partir de 700 m (1)	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
500 a 700 m (2)	b	b	b	b	mb	b	mb	mb	m
300 a 500 m (3)	m	m	m	m	mb	m	mb	mb	m
100 a 300 m (4)	a	a	a	a	b	a	mb	mb	a
0 a 100 m (5)	ma	ma	ma	ma	b	ma	mb	mb	ma

Quadro 5.3 – Tabela de decisão 2 (Cruzamento 2) – Resultado do Cruzamento 1 versus Carta de Formas de Relevo.

Resultado cruzamento 1	Formas de Relevo								
	Serra (2)	Planície de Topo (3)	Planície de Base (4)	Ravina (5)	Convexo (7)	Sela (8)	Linear (9)	Côncavo (10)	Inflectiva (11)
Muito Baixo (1)	b	mb	b	b	b	mb	b	b	b
Baixo (2)	m	b	m	m	m	b	m	m	m
Médio (3)	a	m	a	a	a	m	a	a	a
Alto (4)	ma	a	ma	ma	ma	a	ma	ma	ma
Muito Alto (5)	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma

Quadro 5.4 – Tabela de decisão 3 (Cruzamento 3) – Resultado do Cruzamento 2 versus Carta de Declividades.

Resultado cruzamento 2	Declividade						
	0 a 2% (1)	2 a 5% (2)	5 a 10% (3)	10 a 15% (4)	15 a 20% (5)	20 a 30% (6)	Maior que 30% (7)
Muito Baixo (1)	mb	mb	mb	mb	b	m	ma
Baixo (2)	b	b	b	b	m	a	ma
Médio (3)	m	m	m	m	a	a	ma
Alto (4)	a	a	a	a	a	ma	ma
Muito Alto (5)	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma

Quadro 5.5 – Tabela de decisão 4 (Cruzamento 4) – Resultado do Cruzamento 3 versus Carta de Potencial ao Escoamento Superficial e Infiltração.

Resultado cruzamento 3	Potencial ao Escoamento Superficial				
	1	2	3	4	5
Muito Baixo	mb	mb	b	m	a
Baixo	b	b	b	m	a
Médio	m	m	m	a	ma
Alto	a	a	a	a	ma
Muito Alto	ma	ma	ma	ma	ma



### 5.3. Definição da escolha da melhor carta em função do cotejo com a realidade

Para a escolha da melhor Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação, buscou-se avaliar a realidade observada no campo e a consistência de cada carta em relação à mesma.

Quadro 5.9 – Comparação dos Resultados, em km<sup>2</sup>, obtidos em relação ao potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação pelos dois métodos – SAGA e CROSSTAB – Ano 2002

<b>Classe de Potencial de Contribuição</b>	<b>Área SAGA 2002</b>	<b>Percentual</b>	<b>Área CROSSTAB 2002</b>	<b>Percentual</b>
Muito Baixo	0,9388665	0,45	6,4892511	3,17
Baixo	36,6391994	17,89	25,3574982	12,38
Médio	121,4918515	59,31	41,2786224	20,15
Alto	45,3950526	22,16	49,0641035	23,95
Muito Alto	0,3816677	0,19	82,6571626	40,35
Total	204,847	100,00	204,847	100,00

Analisando-se o Quadro 5.9 em relação ao resultado obtido pelo método da árvore de decisão, 59,31 % da área se apresentam na classe “médio” e apenas 0,64% nas classes extremas. Já pelo método de superposição de cartas (crosstab), 40,35% da área se encontra na classe “muito alto” e 3,17% na classe “muito baixo”, sendo 56,48% distribuídas nas classes restantes.

No intuito de se analisar a melhor escolha, apresenta-se a seguir uma comparação de pontos de controle (locais escolhidos para análise dos resultados obtidos pelo método SAGA e CROSSTAB) analisados em campo com fotos ilustrativas.

Quadro 5.10 – Quadro comparativo dos pontos de controle em relação ao potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação pelos dois métodos – SAGA e CROSSTAB – Ano 2002

Ponto	X (UTM)	Y (UTM)	Hidrografia	Uso do Solo	Formas de relevo	Declividade	Escoamento	Aporte de sedimentos	Materiais Inconsolidados*	Erosão	Contribuição inundação - saga	Contribuição inundação - crosstab
1	228749	7576080	MA	PASTO/CANA	MB	MB	B/M	B/M	8	A	M	MA
2	240826	7582258	MA	CANA/MATA	MB	MB	MB/B	MB/B	1	B	MB	B
3	231581	7579500	M/MA	CANA/PASTO	B/MA/M	B/MB	B	B/M	11	MA/A	M/A	MA/M
4	232146	7579858	A/MA	CAMA/MATA/LARANJA	A/M	M/A	B/A	M	11/4	M	A/M	MA/M
5	233968	7581515	M/MA	PASTO/CANA/REFLOREST.	B/A	B/M	M	M/B	4/11	M	M/A	A/MA
6	233937	7582571	M/MA	CANA/MATA	MA/M	B/A	B/M	M/B	4	A/M	M/B/A	M/B/MA
7	233250	7566330	B/MA	LARANJA	MA/B	B/A	MB/B	MB/M	12/11	A/M	MB/B/M/A	M/MB/B/A
8	231798	7565937	M/MA	PASTO	MA/M	M/B	B/MB	M/B	11	M	A/M	M/A/MA
9	231824	7568341	M/MA	CANA/LARANJA	B/M/A	B/A	B/M	M/B	11/8	M/A	A/M	M/A/MA/B
10	231605	7568996	B/MA	CANA	A/B	B/A	B/M	A/MB	11	A/M	A/M	MA/B
11	230542	7576407	A/MA	PASTO	M/MA	M/A	M	A/M	11/8	A	A/M	MA/M
12	237788	7580975	MA/A	PASTO/LIXÃO	MA/MB	MA/MB	M/B	MA/B	9/1	A/MB	M/A/B	MA/B
13	238009	7580267	MA/A	PASTO	M/MB	B/MB	B	MB	9/1	A/B	M/B	MA/B
14	235519	7575720	A/MA	CANA/PASTO	M/A	M/A	M	M/A	6	A/M	A/M	MA/M
15	230278	7573848	MA	LARANJA	M/A	B/M	M	M	4	A	M	MA
16	233723	7561925	MB/M	LARANJA	M/MA	M/B	M/B	M/A	11	M	M/A	M/A/MA/B

- X/Y = de x para y – sentido da visada da foto;
- Comparações feitas em campo e analisando-se as cartas individualmente;
- Tomou-se por base os usos de solo principais.
- \*Para o item Materiais Inconsolidados:
  - 1: Quaternário
  - 4: Formação Serra Geral – Solos retrabalhados
  - 6: Formação Corumbataí – Solos residuais
  - 7: Formação Pirambóia – Solos residuais
  - 8: Formação Pirambóia – Solos retrabalhados
  - 9: Formação Pirassununga – solos retrabalhados
  - 11: Formação Santa Rita do Passa Quatro – Solos retrabalhados
  - 12: Formação Santa Rita do Passa Quatro – Solos residuais



Figura 5.1 – Foto do Ponto de controle 01.





Figura 5.2 – Foto do Ponto de controle 02.



Figura 5.3 – Foto do Ponto de controle 03.



Figura 5.4 – Foto do Ponto de controle 04.



Figura 5.5 – Foto do Ponto de controle 05.



Figura 5.6 – Foto do Ponto de controle 06.



Figura 5.7 – Foto do Ponto de controle 10.



Figura 5.8 – Foto do Ponto de controle 07.



Figura 5.9 – Foto do Ponto de controle 08.



Figura 5.10 – Foto do Ponto de controle 09.



Figura 5.11 – Foto do Ponto de controle 11.



Figura 5.12 – Foto do Ponto de controle 12.



Figura 5.13 – Foto do Ponto de controle 13.



Figura 5.14 – Foto do Ponto de controle 14.



Figura 5.15 – Foto do Ponto de controle 15.



Figura 5.16 – Foto do Ponto de controle 16.

Analisando-se o Quadro 5.10 e a realidade observada no campo (fotos 5.1 a 5.16), observa-se que a contribuição dos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação gerada a partir do método de árvore de decisão (SAGA) se mostra menos restritiva e mais permissiva em praticamente todos os pontos, em função da conjunção de notas e pesos adotados, sendo que, em praticamente todos os pontos, a contribuição se apresentou mais próxima dos resultados obtidos pelo método de superposição de cartas (CROSSTAB).

Desta forma, levando-se em conta a premissa de adoção de um modelo mais restritivo que favorece um uso e ocupação mais sustentável do solo e de um modelo que se apresente mais bem distribuído entre as classes (melhor opção observada em campo), vê-se que o método do CROSSTAB se apresentou mais próximo da realidade, o que corrobora com o objetivo de se alcançar um instrumento de planejamento mais adequado à preservação e conservação do ambiente.



Assim, fez-se, também, utilizando-se dos mesmos critérios, a Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação para o ano de 1971.

Apresentam-se, nos Anexos XX a XXIII, os resultados obtidos da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação pelos dois métodos (SAGA e CROSSTAB), juntamente com a localização dos pontos de controle mencionados no Quadro 5.10.

#### 5.4. Análise Temporal da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico em função do Fenômeno da Inundação versus o Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Bonito

##### 5.4.1. Análise temporal geral da Bacia do Rio Bonito

No intuito de analisar, através do tempo, as alterações ocorridas na contribuição dos parâmetros do meio físico em função do fenômeno da inundação pelo Método do CROSSTAB, levando-se em conta o item 3.3.8, fez-se a divisão da bacia do rio Bonito em 4 sub-bacias (Nascente, Urbano-minerária, Rural e Exutório), apresentadas no Anexo XXIV. Desta maneira, a análise partiu dos dados gerais (toda a bacia) para os dados discretos (sub-bacias), conforme apresentado a seguir.

A bacia do rio Bonito apresentou inúmeras alterações no uso e ocupação de seu solo (Quadro 5.11). Entre o período de 1971 e 2002, observa-se a diminuição das áreas de outras culturas (café, milho, soja e sorgo) em 91,10%, a expansão das áreas de outros usos (área urbana, solos expostos e semi-expostos, e corpos d'água) em 95,66%; e uma redução acentuada de 55,97% nas áreas de pastagem e de 39,68% na vegetação nativa. A expansão da cana-de-açúcar e da laranja (1.264,97%) na região acompanhou o desenvolvimento da mesma entre os

anos de 1971 e 2002. Neste período, verificou-se o incremento das exportações e do mercado interno dos sucos cítricos (com a entrada de multinacionais), de açúcar e de álcool, visto que a área de estudo encontra-se próxima da maior concentração de usinas e destilarias do Estado de São Paulo e de grandes beneficiadoras de suco concentrado.

Constituiu-se grande preocupação a redução ocorrida nas áreas de vegetação nativa, principalmente, matas ciliares, cerrado, cerradão e matas mesófilas, pois estas áreas compunham sistemas ecológicos complexos, apresentando uma singular e importante biodiversidade para o equilíbrio, proteção e conservação dos ecossistemas, preservando o meio físico, evitando fenômenos como erosões acentuadas, aportes de sedimentos e inundações entre outros.

Analisando-se o reflorestamento, observa-se um incremento de 55,61% em sua área, significando, talvez, um aumento em suas áreas visando o aumento de seu uso em indústria de papel e celulose localizada próxima à região estudada.

Outro dado relevante é a expansão das áreas de “outros usos”, principalmente na região urbana de Descalvado e Porto Ferreira, que no período aumentou aproximadamente seis vezes (1,79 para 11,82 km<sup>2</sup>).

Atualmente, a cana-de-açúcar responde por aproximadamente 25% da bacia, ocupando área maior que a pastagem, vegetação nativa e laranja. Destaca-se, a expansão de áreas urbanas (áreas não consideradas: áreas urbanas e corpos d’água) de 120,11%. O decréscimo de 39,68% da vegetação nativa e de 55,97% da pastagem sugere uma modificação no uso econômico da área, possivelmente de pecuária para cana-de-açúcar e laranja.

Analisando-se as atividades minerárias, observa-se que suas áreas aumentaram em aproximadamente três vezes, indicando um crescimento na atividade no período analisado. Além disso, ressalta-se o fato destas atividades serem extremamente impactantes (exploração de areia) no que tange à contribuição aos parâmetros do meio físico ao fenômeno da inundação, principalmente nas questões relativas ao assoreamento dos corpos d'água.

Quadro 5.11 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Bonito – Anos 1971 e 2002

1971			2002			Variação em % 1971 – 2002
Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Outros Usos	13,83	6,20	Outros Usos	27,06	12,14	95,66
Laranja	3,34	1,50	Laranja	45,59	20,45	1264,97
Pastagem	96,54	43,30	Pastagem	42,51	19,06	-55,97
Outras Culturas	34,38	15,42	Outras Culturas	3,06	1,37	-91,10
Vegetação Nativa	72,08	32,34	Vegetação Nativa	43,38	19,45	-39,68
Mineração	0,82	0,37	Mineração	2,43	1,09	196,34
Cana-de-açúcar	-	-	Cana-de-açúcar	55,90	25,08	100,00
Reflorestamento	1,96	0,88	Reflorestamento	3,05	1,37	55,61
Total	222,98	100,00	Total	222,98	100,00	-

Os dados do Quadro 5.12 mostram um incremento no potencial de contribuição nas classes mais altas (alto – 12,00% e muito alto – 3,81%) e apresentam uma redução nas classes muito baixo, baixo e médio, de 19,42, 33,93 e 8,02%, respectivamente. Isso indica uma forte alteração no uso e ocupação do solo na região, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar e da laranja, e a diminuição da vegetação nativa existente.

Quadro 5.12 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de Contribuição	Área 1971 (km <sup>2</sup> )	%	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	%	Variação em % 1971 – 2002
Muito baixo	8,053	3,61	6,489	2,91	-19,42
Baixo	38,377	17,21	25,357	11,37	-33,93
Médio	44,878	20,13	41,279	18,51	-8,02
Alto	43,807	19,65	49,064	22,00	12,00
Muito alto	79,627	35,71	82,657	37,07	3,81
Não considerado	8,239	3,69	18,135	8,13	120,11
Total	222,981	100,00	222,981	100,00	-

Quadro 5.13 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de contribuição (km <sup>2</sup> )	Classes (km <sup>2</sup> )					Total área (km <sup>2</sup> )
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Área relativa à cana-de-açúcar em 1971 (ocupada por outros usos)	1,40	7,23	14,06	13,30	19,63	55,62
Área relativa à cana-de-açúcar em 2002	0,39	4,33	11,52	15,56	24,10	55,90
Diferença (%)	-72,14	-40,11	-18,07	16,99	22,77	-
Área relativa à laranja em 1971	0,01	0,06	0,37	1,04	1,87	3,35
Área relativa à laranja em 2002	0,40	2,24	6,68	11,97	24,30	45,59
Diferença (%)	3.900,00	3633,33	1.705,41	1.050,96	1.119,47	-
Área relativa à vegetação nativa em 1971	7,61	31,83	23,47	6,63	2,54	72,08
Área relativa à vegetação nativa em 2002	5,42	15,12	13,38	5,09	4,37	43,38
Diferença (%)	-28,78	-52,50	-42,99	-23,23	72,05	-
Área relativa ao reflorestamento em 1971	0,04	0,53	1,06	0,31	0,02	1,96
Área relativa ao reflorestamento em 2002	0,05	0,77	0,91	0,91	0,41	3,05
Diferença (%)	25,00	45,28	-14,15	193,55	1.950,00	-
Área relativa à mineração em 1971	-	-	0,04	0,08	0,70	0,82
Área relativa à mineração em 2002	-	0,02	0,44	0,59	1,38	2,43
Diferença (%)	-	-	1.000,00	637,50	97,14	-

Em uma análise comparativa da cana-de-açúcar e da laranja em relação ao potencial de contribuição (Quadro 5.13), observa-se, claramente, que o manejo da cana-de-açúcar e da laranja aumentou as áreas de potencial de contribuição nas classes mais críticas (alto e muito alto) destacando-se a classe “muito alto” com um incremento de 22,77% e de 1.119,47%, respectivamente. Ressalta-se também a redução das classes de potencial de contribuição mais baixas (muito baixo e baixo),

no caso da cana-de-açúcar, sendo que a classe “muito baixo” aparece com -72,14% e a classe “baixo” teve uma redução de 40,11%. Além disso, verifica-se um incremento de 0,5% ( de 55,62 para 55,90 km<sup>2</sup>) da área em relação ao ano de 1971, possivelmente advindo de ocupação de áreas urbanas ou da ocupação de áreas de lagos ou açudes. No caso da laranja, observam-se grandes aumentos em relação a 1971, principalmente nas classes mais baixas (3.900,00% e 3.633,33%). Além disso, o incremento se estendeu às classes mais altas (médio, alto e muito alto), o que corrobora com o grande crescimento do setor de sucos cítricos no período em estudo.

As áreas de vegetação nativa foram reduzidas em toda a bacia no período de 1971 a 2002 concentrando-se nas áreas com classes inferiores de potencial de contribuição (muito baixo, baixo e médio) que variam de 42,99% (médio) a 28,78% (muito baixo), o que indica que estas áreas são mais propícias para as atividades antrópicas. Logo, um incremento significativo do potencial de contribuição da região pode resultar em problemas ambientais graves com o passar dos anos. Tais problemas têm sido vivenciados por algumas comunidades da bacia do rio Bonito, onde se observa um uso inadequado do solo associado a uma ocupação não planejada, levando a graves problemas sociais e econômicos como as enchentes e inundações.

Entretanto, ainda mais curioso é o incremento da vegetação nativa nas áreas classificadas como de maior potencial de contribuição (72,05% - “muito alto” – declividades mais altas), o que pode sugerir a impropriedade desses terrenos para outros usos.

Atualmente, a vegetação nativa corresponde a 19,45% da área de estudo. Constatou-se, no período de 1971 a 2002, uma redução em 39,68% da área total (de 72,08 para 43,38 km<sup>2</sup>).

No caso do reflorestamento, observa-se um incremento no uso de áreas com potencial de contribuição “alto” e “muito alto” em 193,55 e 1.950,00%, respectivamente. Outro fato interessante a se destacar é o incremento de áreas de reflorestamento em todas as classes de contribuição, o que indica uma melhora no uso e ocupação do solo nestas áreas, em função do fenômeno da inundação.

Quanto às atividades mineradoras, observa-se um incremento, em relação às suas áreas de potencial de contribuição, em 196,34% no período estudado. O maior incremento observado apresenta-se na classe “alto” com 1.000,00%. Logo, diante do exposto, vê-se o incremento da atividade mineraria na bacia no período estudado, o que sugere um crescimento de demanda do produto na região e, conseqüentemente, um possível incremento no risco de impactos ambientais na região, principalmente no que tange ao fenômeno da inundação (assoreamento).

O acréscimo do potencial de contribuição na bacia necessita de uma maior compreensão, principalmente no que tange à cana-de-açúcar, à vegetação nativa, à laranja, à mineração e ao reflorestamento. O Quadro 5.14, no qual se apresenta a comparação do potencial de contribuição no período de 1971 a 2002 por tipo de uso do solo existente no ano de 1971 e em 2002, esclarece esta questão, focalizando-se a alteração do uso do solo no período estudado (1971 e 2002) através da análise comparativa dos parâmetros: uso, área e potencial de contribuição para as regiões ocupadas por estes tipos de uso do solo.

Analisando-se especificamente a cana-de-açúcar neste período, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 27,112 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 12,150 km<sup>2</sup> e por outras culturas (café, sorgo, milho...) com 11.614 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um

incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com a inserção da cana-de-açúcar na bacia do rio Bonito, sugerindo um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela cana-de-açúcar, no Quadro 5.15, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto” no uso vegetação nativa;
- Uma redução acentuada da classe de menor potencial (muito baixo) na maioria dos usos;
- Redução do potencial de contribuição da classe “baixo”, principalmente na substituição das áreas de vegetação nativa;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações.

Quadro 5.15 – Análise do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,1359	1,7418	5,4811	7,6334	12,1197
	2002	0,1998	2,0308	5,6503	7,6234	11,6076
	Variação % (1971 – 2002)	47,01	16,59	3,08	-0,13	-4,23
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	1,1639	4,1695	5,3326	1,3800	0,1035
	2002	0,0828	1,0982	2,8562	3,1919	4,9203
	Variação % (1971 – 2002)	-92,89	-73,66	-46,44	131,30	4.653,91
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0405	0,7399	1,8886	3,0110	5,9339
	2002	0,0351	0,8498	1,8804	3,1308	5,7178
	Variação % (1971 – 2002)	-13,33	14,85	-0,43	3,98	-3,64

Quadro 5.14 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Cana-de-açúcar	Solo Exposto	1,5348	0,0144	0,1881	0,6076	0,3916	0,3331	1,5348	0,0468	0,1575	0,6031	0,3970	0,3304	1,5348
	Café	0,0351	-	0,0036	0,0243	0,0072	-	0,0351	-	0,0090	0,0189	0,0072	-	0,0351
	Laranja	2,0389	0,0072	0,0414	0,2494	0,7579	0,9830	2,0389	0,0099	0,0027	0,2124	0,8201	0,9938	2,0389
	Pastagem	27,1119	0,1359	1,7418	5,4811	7,6334	12,1197	27,1119	0,1998	2,0308	5,6503	7,6234	11,6076	27,1119
	Reflorestamento	0,9578	0,0387	0,3484	0,4708	0,0999	-	0,9578	-	0,1206	0,1710	0,2764	0,3898	0,9578
	Outras culturas	11,6139	0,0405	0,7399	1,8886	3,0110	5,9339	11,6139	0,0351	0,8498	1,8804	3,1308	5,7178	11,6139
	Cerrado	9,0700	1,0019	3,3288	3,6664	1,0622	0,0108	9,0700	0,0828	1,0235	2,3989	2,7986	2,7662	9,0700
	Mata	3,0794	0,1620	0,8407	1,6662	0,3178	0,0927	3,0794	-	0,0747	0,4573	0,3933	2,1541	3,0794
	Mineração	0,1809	-	-	0,0018	0,0189	0,1602	0,1809	-	0,0018	0,0225	0,0576	0,0990	0,1809
	Não considerado*	8,2220	-	-	1,6661	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>55,6227</b>	<b>1,4006</b>	<b>7,2327</b>	<b>14,0560</b>	<b>13,2999</b>	<b>19,6334</b>	<b>55,6227</b>	<b>0,3744</b>	<b>4,2704</b>	<b>11,4148</b>	<b>15,5053</b>	<b>24,0587</b>	<b>55,6236</b>	
Vegetação Nativa	Solo Exposto	0,6688	-	0,0225	0,0477	0,1899	0,4087	0,6688	0,0621	0,2665	0,1026	0,0927	0,1449	0,6688
	Café	0,0549	-	0,0027	0,0243	0,0252	0,0027	0,0549	0,0153	0,0369	0,0027	-	-	0,0549
	Laranja	0,1953	-	-	0,0198	0,0315	0,1440	0,1953	0,0297	0,0459	0,0774	0,0423	-	0,1953
	Pastagem	15,1560	-	0,1962	1,3863	2,9318	10,6417	15,1560	1,6212	4,2542	5,4721	1,9200	1,8885	15,1560
	Reflorestamento	0,2772	0,0045	0,1008	0,1161	0,0432	0,0126	0,2772	0,0135	0,1008	0,1458	0,0045	0,0126	0,2772
	Outras culturas	5,1048	0,0045	0,1656	0,6211	1,3179	2,9957	5,1048	0,4528	1,5546	1,9137	0,6319	0,5518	5,1048
	Cerrado	9,1960	1,1324	3,5322	2,6663	1,2539	0,6112	9,1960	1,4619	3,2234	2,6708	1,2296	0,6103	9,1960
	Mata	12,5959	1,1207	6,1400	2,9588	1,2008	1,1756	12,5959	1,7121	5,6107	2,9453	1,1693	1,1585	12,5959
	Mineração	0,0261	-	-	0,0090	0,0045	0,0126	0,0261	0,0108	0,0036	0,0117	-	-	0,0261
	Não considerado*	28,8098	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>72,0848</b>	<b>2,2621</b>	<b>10,1600</b>	<b>7,8494</b>	<b>6,9987</b>	<b>16,0048</b>	<b>43,2750</b>	<b>5,3794</b>	<b>15,0966</b>	<b>13,3421</b>	<b>5,0903</b>	<b>4,3666</b>	<b>43,2750</b>	

\*Áreas presentes em 1971 e ausentes em 2002 ou vice-versa.



Quadro 5.14 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 (continuação).

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Laranja	Solo Exposto	0,5149	-	0,0324	0,0315	0,1836	0,2674	0,5149	-	0,0513	0,0360	0,1548	0,2728	0,5149
	Café	0,0072	-	-	0,0036	0,0036	-	0,0072	-	-	0,0072	-	-	0,0072
	Laranja	0,4699	-	0,0027	0,0144	0,1062	0,3466	0,4699	-	0,0027	0,0144	0,1305	0,3223	0,4699
	Pastagem	21,9081	0,0315	0,5554	2,3683	6,1283	12,8246	21,9081	0,0450	0,6157	2,7194	6,2741	12,2539	21,9081
	Reflorestamento	0,3592	-	0,0288	0,2413	0,0891	-	0,3592	-	0,0207	0,0270	0,1098	0,2017	0,3592
	Outras culturas	7,4290	0,0234	0,5311	1,1243	1,9299	3,8203	7,4290	0,1053	0,5518	1,2926	1,8985	3,5808	7,4290
	Cerrado	8,1879	0,9065	3,0893	3,3045	0,8471	0,0405	8,1879	0,2223	0,8030	1,9273	2,4574	2,7779	8,1879
	Mata	6,4064	0,4942	2,8517	2,4088	0,5986	0,0531	6,4064	0,0297	0,1674	0,6058	0,8471	4,7564	6,4064
	Mineração	0,1944	-	-	0,0162	0,0153	0,1629	0,1944	-	0,0162	0,0153	0,0666	0,0963	0,1944
	Não considerado	0,1152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (km <sup>2</sup> )	45,5922	1,4556	7,0914	9,5129	9,9017	17,5154	45,4770	0,4023	2,2288	6,6450	11,9388	24,2621	45,4770	
Mineração	Solo Exposto	0,3934	-	0,0342	0,1801	0,0990	0,0801	0,3934	-	-	0,1639	0,1305	0,0990	0,3934
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	0,0945	-	-	-	0,0018	0,0927	0,0945	-	-	-	0,0018	0,0927	0,0945
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cerrado	0,5887	0,0756	0,3070	0,2034	0,0027	-	0,5887	-	0,0099	0,1368	0,2908	0,1512	0,5887
	Mata	1,1909	0,0567	0,8894	0,2448	-	-	1,1909	0,0045	0,0126	0,1350	0,1710	0,8678	1,1909
	Mineração	0,1674	-	-	-	-	0,1674	0,1674	-	-	-	-	0,1674	0,1674
	Não considerado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (km <sup>2</sup> )	2,4349	0,1323	1,2306	0,6283	0,1035	0,3402	2,4349	0,0045	0,0225	0,4357	0,5941	1,3781	2,4349	

Quadro 5.14 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 (continuação).

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
	Solo Exposto	0,0423	-	-	-	0,0117	0,0306	0,0423		0,0126	0,0189	0,0108	-	0,0423
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-	-	-
	Laranja	0,0495	-	-	0,0018	0,0360	0,0117	0,0495	-	0,0288	0,0171	0,0036	-	0,0495
	Pastagem	1,0361	-	0,0090	0,0135	0,1773	0,8363	1,0361	0,0099	0,2106	0,3151	0,2782	0,2223	1,0361
	Reflorestamento	0,0333	-	-	0,0279	0,0054	-	0,0333	-	-	0,0279	0,0054	-	0,0333
Reflorestamento	Outras culturas	0,5752	-	0,0333	0,0603	0,1116	0,3700	0,5752	0,0099	0,1584	0,1710	0,2098	0,0261	0,5752
	Cerrado	0,4276	0,0180	0,1413	0,2143	0,0468	0,0072	0,4276	0,0144	0,1080	0,0765	0,2188	0,0099	0,4276
	Mata	0,8498	0,0729	0,4240	0,1882	0,0423	0,1224	0,8498	0,0198	0,2476	0,2719	0,1638	0,1467	0,8498
	Mineração	0,0117	-	-	-	-	0,0117	0,0117	-	-	-	0,0018	0,0099	0,0177
	Não considerado	0,0224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	3,0479	0,0909	0,6076	0,5060	0,4311	1,3899	3,0255	0,0540	0,7660	0,8984	0,8922	0,4149	3,0255

Por outro lado, na análise específica da vegetação nativa no mesmo período, vê-se uma drástica redução de área física em 39,68%. Entretanto, no Quadro 5.16, verifica-se que a perda real da área original de 1971 foi de 60,02%. A diferença observada de 39,68% para 60,02% deve-se ao fato de ter havido a incorporação de áreas revegetadas das outras classes de uso com espécies nativas, o que explica o incremento nas classes de menor potencial de contribuição. Assim, este fato associado à preservação local resultou em uma diminuição nas áreas das classes de potencial de contribuição mais altas, e respectivamente, um aumento nas classes de menor potencial de contribuição em relação ao uso original do solo, observado em 1971.

Entretanto, a perda de vegetação nativa, principalmente nas áreas marginais aos rios, se reveste de preocupante gravidade para o equilíbrio entre as atividades antrópicas e sociais, e entre o meio físico e os ecossistemas envolvidos. Reportando-se, outra vez, ao Quadro 5.14, as maiores áreas substituídas por vegetação nativa são as pastagens com 15,156 km<sup>2</sup> e outras culturas com 5,105 km<sup>2</sup>. Cabe salientar que, em pesquisas de campo e entrevistas na área de estudo, existem informações de programas de revegetação e reflorestamento da região com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, o que corrobora os resultados obtidos acerca da incorporação de outras classes de uso e ocupação do solo nas áreas de vegetação nativa.

Quadro 5.16 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na bacia do rio Bonito para diversas culturas.

Uso do solo	Perda de área (km <sup>2</sup> )	Perda em %
Cana-de-açúcar	12,150	16,86
Laranja	14,594	20,25
Pastagem	11,937	16,56
Outros usos (área urbana, corpos d'água, reflorestamento e solo exposto e semi-exposto)	8,953	12,42
Outras culturas	0,605	0,84
Mineração	1,780	2,47
Total	50,02	69,39

Analisando-se a laranja neste período, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 21,908 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 14,594 km<sup>2</sup> e por outras culturas (café, sorgo, milho...) com 7,429 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento da cultura de laranja na bacia do rio Bonito, sugerindo, como no caso da cana-de-açúcar, um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Além disso, no ano de 1971, a cultura de laranja respondia apenas por 1,50% da área total da bacia, enquanto que, em 2002, essa porcentagem passa para 20,45% com um incremento de 1.264,97%. Isto demonstra o grande crescimento do setor de sucos cítricos na região e corrobora com a expansão histórica observada para este setor no período analisado.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela laranja, no Quadro 5.17, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto”, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa;

- Uma redução das classes de menor potencial (muito baixo e baixo), na substituição do uso vegetação nativa;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações;
- Nas áreas ocupadas anteriormente por vegetação nativa houve um incremento no potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico, tanto na redução das classes mais baixas, quanto no incremento das classes mais altas.

Quadro 5.17 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0315	0,5554	2,3683	6,1283	12,8246
	2002	0,0450	0,6157	2,7194	6,2741	12,2539
	Variação % (1971 – 2002)	42,86	10,86	14,83	2,38	-4,45
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	1,4007	5,9410	5,7133	1,4457	0,0936
	2002	0,2520	0,9704	2,5331	3,3045	7,5343
	Variação % (1971 – 2002)	-82,01	-83,67	-55,66	128,57	7.949,47
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0234	0,5311	1,1243	1,9299	3,8203
	2002	0,1053	0,5518	1,2926	1,8985	3,5808
	Variação % (1971 – 2002)	350,00	3,90	14,97	-1,63	-6,27

Quanto às áreas ocupadas pelas atividades minerárias, observa-se um incremento de área da ordem de 196% de 1971 a 2002, sendo que as mesmas representavam 0,37% e 1,09% nos anos de 1971 e 2002, respectivamente. Isto se deve a um possível incremento na demanda por areias de uso industrial e, conseqüentemente, no aumento da área explorada.

Verifica-se que a maior área cedida para este uso foi a de vegetação nativa com 1,7796 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de pastagem com 0,0945 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do

meio físico com o incremento das atividades minerárias na bacia do rio Bonito, o que se reveste de grande preocupação, visto que esta atividade se mostra altamente impactante, principalmente no que tange ao fenômeno da inundação (assoreamento, perda de vegetação nativa,...).

Quadro 5.18 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	-	-	-	0,0018	0,0927
	2002	-	-	-	0,0018	0,0927
	Variação % (1971 – 2002)	-	-	-	-	-
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,1323	1,1964	0,4482	0,0027	0,00
	2002	0,0045	0,0225	0,2718	0,4618	1,0190
	Variação % (1971 – 2002)	-96,60	-98,12	-39,36	17.003,70	-

Analisando-se o Quadro 5.18, observa-se a redução das classes de potencial mais baixo (muito baixo, baixo e médio) e o incremento das classes mais altas (alto e muito alto), sendo que a classe “muito alto” não existia em 1971. Logo, o incremento do potencial de contribuição pelas atividades minerárias se mostra evidente, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa, as quais se apresentam mais adequadas ao equilíbrio ambiental da região.

No que tange ao reflorestamento observado na região, observa-se um incremento de 55,61% em sua área total em relação a 1971, representando 0,88% da área total da bacia em 1971 e 1,37% da mesma em 2002. Analisando-se o Quadro 5.14, vê-se que as maiores áreas cedidas para esta cultura foram 1,28 km<sup>2</sup> por parte da vegetação nativa, 1,04 km<sup>2</sup> por parte da pastagem e 0,58 km<sup>2</sup> por parte de outras culturas. Além disso, observa-se uma redução das classes de potencial de contribuição “muito baixo” e “muito alto” no período de 1971 e 2002, e um incremento nas classes “baixo”, “médio” e “alto”. Logo, de acordo com os dados obtidos, sugere-se um

melhor uso do solo no período estudado em relação a substituição de alguns tipos de uso pelas áreas de reflorestamento na bacia do rio Bonito.

#### 5.4.2. Análise temporal por sub-bacias da Bacia do Rio Bonito

##### 5.4.2.1. Sub-bacia Nascente

A sub-bacia Nascente apresentou inúmeras alterações no uso e ocupação de seu solo (Quadro 5.19). Entre o período de 1971 e 2002, observa-se a diminuição das áreas de outras culturas (café, milho, soja e sorgo) em 74,16%, das áreas de outros usos (área urbana, solos expostos e semi-expostos, e corpos d'água) em 82,69% e uma redução acentuada de 66,85% nas áreas de pastagem. Observa-se, na análise da vegetação nativa no período, um aumento de 5,40%. A expansão da cana-de-açúcar e da laranja (1.203,65%) na região acompanhou o desenvolvimento da mesma entre os anos de 1971 e 2002, corroborando com o que foi dito anteriormente. As áreas de reflorestamento apresentaram um aumento significativo de 327,42%.

Quadro 5.19 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Nascente da Bacia do Rio Bonito – Anos 1971 e 2002

1971			2002			Variação em % 1971 – 2002
Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Outros Usos	1,4924	2,98	Outros Usos	0,2583	0,52	-82,69
Laranja	0,8975	1,79	Laranja	11,7003	23,41	1.203,65
Pastagem	26,4476	52,77	Pastagem	8,7685	17,54	-66,85
Outras Culturas	5,9474	11,87	Outras Culturas	1,5366	3,07	-74,16
Vegetação Nativa	15,0966	30,12	Vegetação Nativa	15,9112	31,83	5,40
Mineração	-	-	Mineração	1,1324	2,27	-
Cana-de-açúcar	-	-	Cana-de-açúcar	9,6524	19,31	-
Reflorestamento	0,2403	0,48	Reflorestamento	1,0271	2,05	327,42
Total	50,1218	100,00	Total	49,9868	100,00	-

Conforme dito anteriormente, constitui-se grande preocupação a redução ocorrida nas áreas de vegetação nativa, principalmente matas ciliares, cerrado, cerradão e matas mesófilas, especialmente nas áreas de Nascente do rio Bonito, pois estas áreas apresentam uma função de equilíbrio dos ecossistemas e de

proteção aos corpos d'água (erosões acentuadas, aportes de sedimentos e inundações, entre outros).

Analisando-se as atividades minerárias, observa-se que no ano de 1971 não existia tal atividade nesta sub-bacia, sendo a mesma observada no ano de 2002, o que corrobora com o crescimento desta atividade.

Os dados do Quadro 5.20 mostram uma redução no potencial de contribuição nas classes “baixo” e “muito alto” de 9,59 e 3,17%, respectivamente. Já as classes “muito baixo”, “médio” e “alto” apresentaram um incremento de 22,69, 6,13 e 5,06%, respectivamente. Isso indica uma alteração no uso e ocupação do solo na área analisada, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar, da laranja e da mineração, e a diminuição da vegetação nativa existente.

Quadro 5.20 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de Contribuição	Área 1971 (km <sup>2</sup> )	%	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	%	Varição em % 1971 – 2002
Muito baixo	1,7616	3,51	2,1613	4,32	22,69
Baixo	8,4093	16,78	7,6027	15,21	-9,59
Médio	8,2644	16,49	8,7712	17,55	6,13
Alto	11,3330	22,61	11,9064	23,82	5,06
Muito alto	20,1834	40,27	19,5434	39,10	-3,17
Não considerado	0,1701	0,34	0,0018	0,00	-98,94
Total	50,1218	100,00	49,9868	100,00	-



Quadro 5.21 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de contribuição (km <sup>2</sup> )	Classes (km <sup>2</sup> )					Total área (km <sup>2</sup> )
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Área relativa à cana-de-açúcar em 1971 (ocupada por outros usos)	0,2034	0,9146	2,1442	2,7554	3,5385	9,5561
Área relativa à cana-de-açúcar em 2002	0,0351	0,6175	1,9605	3,0155	4,0237	9,6523
Diferença (%)	-82,74	-32,48	-8,57	9,44	13,71	1,00
Área relativa à laranja em 1971	0,4384	1,8912	2,0407	3,2145	4,0966	11,6814
Área relativa à laranja em 2002	0,1314	0,9038	2,3863	3,5421	4,7366	11,7002
Diferença (%)	-70,03	-52,21	16,94	10,19	15,62	0,16
Área relativa à vegetação nativa em 1971	0,8462	3,6492	1,8543	2,5466	6,9960	15,8923
Área relativa à vegetação nativa em 2002	1,9632	5,4982	2,6492	1,9074	3,8932	15,9112
Diferença (%)	132,00	50,67	42,87	-25,10	-44,35	0,11
Área relativa ao reflorestamento em 1971	0,0261	0,2070	0,0882	0,1863	0,5077	1,0153
Área relativa ao reflorestamento em 2002	0,0063	0,1989	0,2989	0,2259	0,2971	1,0271
Diferença (%)	-75,86	-3,91	238,89	21,26	-41,48	1,16
Área relativa à mineração em 1971	0,0414	0,7552	0,2683	0,0045	0,0630	1,1323
Área relativa à mineração em 2002	-	0,0090	0,0936	0,4105	0,6193	1,1324
Diferença (%)	-100,00	-98,81	-65,11	9.022,22	883,02	-

Em uma análise comparativa da cana-de-açúcar e da laranja em relação ao potencial de contribuição (Quadro 5.21), observa-se, claramente, que o manejo da cana-de-açúcar e da laranja aumentou as áreas de potencial de contribuição nas classes mais críticas (alto e muito alto) destacando-se a classe “muito alto” com um incremento de 13,71% e de 15,62%, respectivamente. Ressalta-se também a redução das classes de potencial de contribuição mais baixas (muito baixo e baixo), no caso da cana-de-açúcar e da laranja, sendo que a classe “muito baixo” aparece com -82,74 e -70,03% e a classe “baixo” teve uma redução de 32,48 e 52,21%. Além disso, verifica-se um incremento de 1,00 (cana-de-açúcar) e 0,16% (laranja) da área em relação ao ano de 1971, possivelmente advindo de desocupação de áreas urbanas ou da ocupação de áreas de lagos ou açudes.

As áreas de vegetação nativa mostraram-se reduzidas no período de 1971 a 2002 concentrando-se nas áreas com classes superiores de potencial de contribuição

(alto e muito alto) que variam de 25,10% (alto) a 44,35% (muito alto), o que indica que estas áreas auxiliam na melhoria do potencial de contribuição.

Entretanto, observa-se positivamente o incremento da vegetação nativa nas áreas classificadas como de menor potencial de contribuição (132,00% - “muito baixo”), o que sugere uma maior conscientização por parte dos empreendimentos em relação a um uso mais sustentável e mais racional do solo.

Atualmente, a vegetação nativa corresponde a 31,83% da sub-bacia Nascente. Constatou-se, no período de 1971 a 2002, um incremento de 5,40% da área total, o que se apresenta como um dado altamente relevante para a região da bacia do rio Bonito.

No caso do reflorestamento, observa-se um incremento no uso de áreas com potencial de contribuição “médio” e “alto” em 238,89 e 42,87%, respectivamente. Outro fato interessante a se destacar é a redução de áreas de reflorestamento na classe de contribuição mais alta, o que indica uma melhora no uso e ocupação do solo nestas áreas, em função do fenômeno da inundação.

Quanto às atividades mineradoras, observa-se um incremento, em relação às suas áreas de potencial de contribuição no período estudado, pois este uso não se apresentava em 1971. O maior incremento observado apresenta-se na classe “alto” com 9.022,22% e na classe “muito alto” em 883,02%. Logo, diante do exposto, vê-se o incremento da atividade mineraria na sub-bacia no período estudado, o que indica um possível incremento nos impactos ambientais na região, principalmente no que tange ao fenômeno da inundação (assoreamento, perda de vegetação nativa,...).

Analisando-se mais profundamente os usos na sub-bacia Nascente, principalmente os que indicam maior impacto em relação ao potencial de contribuição

(cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa e mineração), vê-se, segundo Quadro 5.22, que no caso da cana-de-açúcar a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 6,104 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 1,395 km<sup>2</sup> e por outras culturas (café, sorgo, milho...) com 0,8714 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com a inserção da cana-de-açúcar na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito, corroborando com o que foi dito anteriormente sobre um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela cana-de-açúcar, no Quadro 5.23, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto” no uso vegetação nativa;
- Uma redução acentuada da classe de menor potencial (muito baixo) na maioria dos usos;
- Redução do potencial de contribuição da classe “baixo” na substituição das áreas de vegetação nativa e um incremento nas áreas substituídas de pastagem e outros usos;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações.

Quadro 5.23 – Análise do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0279	0,2529	1,1405	1,9822	2,7005
	2002	0,0297	0,3916	1,1360	2,0245	2,5222
	Variação % (1971 – 2002)	6,45	54,84	-0,39	2,13	-6,60
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,1638	0,5204	0,5302	0,1017	0,0792
	2002	0,0000	0,0720	0,3412	0,3178	0,6643
	Variação % (1971 – 2002)	-100,00	-86,16	-35,65	212,49	738,76
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0117	0,0477	0,2512	0,1737	0,3871
	2002	0,0000	0,0576	0,2548	0,1692	0,3898
	Variação % (1971 – 2002)	-100,00	20,75	1,43	-2,59	0,69

Por outro lado, na análise específica da vegetação nativa no mesmo período, vê-se um aumento de área física em 5,40%. Entretanto, no Quadro 5.24, verifica-se que o ganho real da área original de 1971 foi de 51,68%. A diferença observada de 5,40% para 51,68% deve-se ao fato de ter havido a incorporação de áreas revegetadas das outras classes de uso com espécies nativas, o que explica o incremento nas classes de menor potencial de contribuição (Quadro 5.22). Assim, este fato associado à preservação local resultou em uma diminuição nas áreas das classes de potencial de contribuição mais altas, e respectivamente, um aumento nas classes de menor potencial de contribuição em relação ao uso original do solo, observado em 1971.

Quadro 5.22 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Cana-de-açúcar	Solo Exposto	0,5536		0,0486	0,1143	0,2512	0,1395	0,5536	-	0,0495	0,1422	0,2215	0,1404	0,5536
	Café	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,5464	-	-	0,0783	0,2359	0,2322	0,5464	-	-	0,0306	0,2358	0,2800	0,5464
	Pastagem	6,1040	0,0279	0,2529	1,1405	1,9822	2,7005	6,1040	0,0297	0,3916	1,1360	2,0245	2,5222	6,1040
	Reflorestamento	0,0855	-	0,0450	0,0297	0,0108	-	0,0855	-	0,0234	0,0270	0,0342	0,0009	0,0855
	Outras culturas	0,8714	0,0117	0,0477	0,2512	0,1737	0,3871	0,8714	-	0,0576	0,2548	0,1692	0,3898	0,8714
	Cerrado	0,9254	0,1395	0,3385	0,4096	0,0378	-	0,9254	-	0,0720	0,3412	0,3169	0,1953	0,9254
	Mata	0,4699	0,0243	0,1819	0,1206	0,0639	0,0792	0,4699	-	-	-	0,0009	0,4690	0,4699
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado*	0,0962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	9,6524	0,2034	0,9146	2,1442	2,7555	3,5385	9,5562	0,0297	0,5941	1,9318	3,0030	3,9976	9,5562
Laranja	Solo Exposto	0,2583		0,0243	0,0261	0,1053	0,1026	0,2583	-	0,0432	0,0270	0,0792	0,1089	0,2583
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,1116	-	-	0,0036	0,0369	0,0711	0,1116	-	-	0,0036	0,0441	0,0639	0,1116
	Pastagem	6,7764	0,0126	0,2079	1,0541	2,2081	3,2937	6,7764	0,0261	0,1998	1,2098	2,3125	3,0282	6,7764
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	2,4025	0,0072	0,3898	0,5833	0,8002	0,6220	2,4025	0,0702	0,4132	0,6706	0,7336	0,5149	2,4025
	Cerrado	0,7543	0,1620	0,4816	0,1071	0,0036	-	0,7543	0,0135	0,1062	0,2052	0,1863	0,2431	0,7543
	Mata	1,3781	0,2565	0,7876	0,2665	0,0603	0,0072	1,3781	0,0216	0,1395	0,2629	0,1827	0,7714	1,3781
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado	0,0190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	11,7002	0,4383	1,8912	2,0407	3,2144	4,0966	11,6812	0,1314	0,9019	2,3791	3,5384	4,7304	11,6812

\*Áreas presentes em 1971 e ausentes em 2002 ou vice-versa.

Quadro 5.22 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 (continuação).

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Vegetação Nativa	Solo Exposto	0,3097	-	0,0180	0,0063	0,0657	0,2197	0,3097	0,0351	0,0810	0,0243	0,0324	0,1369	0,3097
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,0936	-	-	0,0009	0,0135	0,0792	0,0936	0,0261	0,0288	0,0288	0,0099	-	0,0936
	Pastagem	6,0293	-	0,1080	0,4681	1,3503	4,1029	6,0293	0,6238	1,8156	1,0721	0,9290	1,5888	6,0293
	Reflorestamento	0,0549	-	0,0162	0,0135	0,0126	0,0126	0,0549	0,0063	0,0153	0,0162	0,0045	0,0126	0,0549
	Outras culturas	1,3142	0,0018	0,0342	0,0531	0,3213	0,9038	1,3142	0,1332	0,2971	0,2340	0,1719	0,4780	1,3142
	Cerrado	3,7753	0,5347	1,7589	0,6427	0,2313	0,6076	3,7752	0,6418	1,6706	0,6337	0,2224	0,6067	3,7752
	Mata	4,3154	0,3097	1,7139	0,6697	0,5518	1,0703	4,3154	0,4969	1,5762	0,6364	0,5374	1,0685	4,3154
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado	0,0189	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	15,9112	0,8462	3,6492	1,8543	2,5465	6,9961	15,8923	1,9632	5,4846	2,6455	1,9075	3,8915	15,8923
Mineração	Solo Exposto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	0,0648	-	-	-	0,0018	0,0630	0,0648	-	-	-	0,0018	0,0630	0,0648
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cerrado	0,4303	0,0162	0,2944	0,1170	0,0027	-	0,4303	-	-	0,0261	0,2656	0,1386	0,4303
	Mata	0,6373	0,0252	0,4609	0,1512	-	-	0,6373	-	0,0090	0,0675	0,1431	0,4177	0,6373
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado	1,1324	0,0414	0,7553	0,2682	0,0045	0,0630	1,1324	-	0,0090	0,0936	0,4105	0,6193	1,1324
	Total (km <sup>2</sup> )	2,4349	0,1323	1,2306	0,6283	0,1035	0,3402	2,4349	-	0,0225	0,4357	0,5941	1,3781	2,4349

Entretanto, o ganho de vegetação nativa, principalmente nas áreas marginais aos rios, se reveste de grande importância para o equilíbrio entre as atividades antrópicas e sociais, e entre o meio físico e os ecossistemas envolvidos. Reportando-se, outra vez, ao Quadro 5.22, as maiores áreas substituídas por vegetação nativa são as pastagens com 6,029 km<sup>2</sup> e outras culturas com 1,314 km<sup>2</sup>. Cabe salientar que, em pesquisas de campo e entrevistas na área de estudo, existem informações de programas de revegetação e reflorestamento da região com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, o que corrobora os resultados obtidos acerca da incorporação de outras classes de uso e ocupação do solo nas áreas de vegetação nativa.

Quadro 5.24 – Análise do ganho de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito para diversas culturas.

Uso do solo	Ganho de área (km <sup>2</sup> )	Ganho em %
Solo exposto	0,3097	2,05
Laranja	0,0936	0,62
Pastagem	6,0293	39,94
Reflorestamento	0,0549	0,36
Outras culturas	1,3142	8,71
Total	7,8017	51,68

Analisando-se a laranja neste período, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 6,776 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de outras culturas (café, sorgo, milho...) com 2,402 km<sup>2</sup> e por áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 2,132 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento da cultura de laranja na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito, corroborando, juntamente com a cana-de-açúcar, com o que foi dito anteriormente sobre uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Além disso, no ano de 1971, a cultura de laranja respondia apenas por 1,79% da área total da sub-bacia Nascente, enquanto que, em 2002, essa porcentagem passa para 23,41% com um incremento de 1.264,97%. Isto demonstra o grande crescimento do setor de sucos cítricos na região e corrobora com a expansão histórica observada para este setor no período analisado.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela laranja, no Quadro 5.25, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto”, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa;
- Uma redução das classes de menor potencial (muito baixo e baixo), na substituição do uso vegetação nativa;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações;
- Nas áreas ocupadas anteriormente por vegetação nativa houve um incremento no potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico, tanto na redução das classes mais baixas, quanto no incremento das classes mais altas;
- A substituição da pastagem pela laranja resultou em uma diminuição na classe de potencial mais alta “muito alto” e um aumento na classe “muito baixo”.
- A substituição de outras culturas pela laranja resultou no aumento das classes inferiores de potencial de contribuição e na redução das classes



mais altas, o que indica que a laranja se mostra um uso do solo mais adequado do que outras culturas.

Quadro 5.25 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0126	0,2079	1,0541	2,2081	3,2937
	2002	0,0261	0,1998	1,2098	2,3125	3,0282
	Variação % (1971 – 2002)	107,14	-3,90	14,77	4,73	-8,06
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,4185	1,2692	0,3736	0,0639	0,0072
	2002	0,0351	0,2457	0,4681	0,3690	1,0145
	Variação % (1971 – 2002)	-91,61	-80,64	25,29	477,46	13.990,28
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0072	0,3898	0,5833	0,8002	0,6220
	2002	0,0702	0,4132	0,6706	0,7336	0,5149
	Variação % (1971 – 2002)	875,00	6,00	14,97	-8,32	-17,22

Quanto às áreas ocupadas pelas atividades minerárias, observa-se um incremento de área de 1971 a 2002, sendo que as mesmas não existiam em 1971. Isto se deve ao tempo de exploração da jazida e a um possível incremento na demanda por areias de uso industrial, e, conseqüentemente, no aumento da área explorada.

Verifica-se que a maior área cedida para este uso foi a de vegetação nativa com 1,07 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de pastagem com 0,0648 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento das atividades minerárias na sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito, o que se reveste de grande preocupação, visto que esta atividade se mostra altamente impactante, principalmente no que tange ao fenômeno da inundação (assoreamento, perda de vegetação nativa,...).

Quadro 5.26 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Nascente da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	-	-	-	0,0018	0,0630
	2002	-	-	-	0,0018	0,0630
	Variação % (1971 – 2002)	-	-	-	0,00	0,00
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,0414	0,7553	0,2682	0,0027	0,0000
	2002	0,0000	0,0090	0,0936	0,4087	0,5563
	Variação % (1971 – 2002)	-100,00	-98,81	-65,10	15.037,03	-

Analisando-se o Quadro 5.26, observa-se a redução das classes de potencial mais baixo (muito baixo, baixo e médio) e o incremento das classes mais altas (alto e muito alto), sendo que a classe “muito alto” não existia em 1971. No caso das pastagens, não houve alteração das classes de potencial de contribuição observadas. Logo, o incremento do potencial de contribuição pelas atividades minerárias se mostra evidente, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa, as quais se apresentam mais adequadas ao equilíbrio ambiental da região.

#### 5.4.2.2. Sub-bacia Urbano-minerária

A sub-bacia Urbano-minerária apresentou inúmeras alterações no uso e ocupação de seu solo (Quadro 5.27). Entre o período de 1971 e 2002, observa-se a diminuição acentuada das áreas de outras culturas (café, milho, soja e sorgo) em 90,33%, das áreas de vegetação nativa em 57,04% e das áreas de pastagem em 43,90%. Por outro lado, nota-se um aumento das áreas de outros usos (área urbana, solos expostos e semi-expostos, e corpos d’água) em 187,81%. A expansão da cana-de-açúcar e da laranja na região acompanhou o desenvolvimento regional observado entre os anos de 1971 e 2002, corroborando com o que foi dito anteriormente. As áreas de reflorestamento apresentaram um aumento de 37,12%.

Quadro 5.27 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Urbano-minerária da Bacia do Rio Bonito – Anos 1971 e 2002

1971			2002			Variação em % 1971 – 2002
Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Outros Usos	4,9292	6,35	Outros Usos	14,1865	18,27	187,81
Laranja	-	-	Laranja	11,6769	15,04	-
Pastagem	29,9411	38,54	Pastagem	16,7961	21,63	-43,90
Outras Culturas	10,0035	12,88	Outras Culturas	0,9677	1,25	-90,33
Vegetação Nativa	31,6767	40,78	Vegetação Nativa	13,6086	17,52	-57,04
Mineração	0,3106	0,40	Mineração	1,0910	1,40	251,26
Cana-de-açúcar	-	-	Cana-de-açúcar	18,2102	23,45	-
Reflorestamento	0,8173	1,05	Reflorestamento	1,1207	1,44	37,12
Total	77,6784	100,00	Total	77,6577	100,00	-

Conforme relatado anteriormente, constitui-se grande preocupação a redução ocorrida nas áreas de vegetação nativa, especialmente nas áreas próximas à região urbana de Descalvado, pois estas áreas apresentam uma função de equilíbrio dos ecossistemas e de proteção aos corpos d'água (erosões acentuadas, aportes de sedimentos e inundações, entre outros).

Analisando-se as atividades minerárias, observa-se, que no período estudado (1971-2002), tal atividade, nesta sub-bacia, cresceu em 251,26%, indicando um forte crescimento da mesma.

Os dados do Quadro 5.28 mostram uma redução no potencial de contribuição nas classes de “muito baixo” a “médio” variando entre 43,71 a 12,46%. Já as classes “alto” e “muito alto” apresentaram um incremento de 22,82 e 5,72%, respectivamente. Isso indica uma alteração no uso e ocupação do solo na área analisada, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar, da laranja, da mineração e, destacando-se, a área urbana, e a diminuição da vegetação nativa existente.

Quadro 5.28 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de Contribuição	Área 1971 (km <sup>2</sup> )	%	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	%	Varição em % 1971 – 2002
Muito baixo	4,6889	6,04	2,8301	3,64	-39,64
Baixo	20,6677	26,61	11,6346	14,98	-43,71
Médio	15,1785	19,54	13,2873	17,11	-12,46
Alto	11,2997	14,55	13,8787	17,87	22,82
Muito alto	24,0586	30,97	25,4358	32,75	5,72
Não considerado	1,7850	2,30	10,5912	13,64	493,34
Total	77,6784	100,00	77,6577	100,00	-

Quadro 5.29 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de contribuição (km <sup>2</sup> )	Classes (km <sup>2</sup> )					Total área (km <sup>2</sup> )
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Área relativa à cana-de-açúcar em 1971 (ocupada por outros usos)	0,5797	4,1452	4,3415	3,3252	5,6917	18,0833
Área relativa à cana-de-açúcar em 2002	0,1557	2,4754	3,4395	4,4459	7,6937	18,2102
Diferença (%)	-73,14	-40,28	-20,78	33,70	35,17	0,70
Área relativa à laranja em 1971	0,7606	2,8211	2,2513	1,5780	4,2019	11,6129
Área relativa à laranja em 2002	0,2250	0,9371	1,3682	2,5682	6,5784	11,6769
Diferença (%)	-70,42	-66,78	-39,22	62,75	56,56	0,55
Área relativa à vegetação nativa em 1971	4,5845	17,4100	8,5371	1,0595	0,0856	31,6767
Área relativa à vegetação nativa em 2002	2,3071	6,1634	4,3388	0,6481	0,1512	13,6086
Diferença (%)	-49,68	-64,60	-49,18	-38,83	76,84	-57,04
Área relativa ao reflorestamento em 1971	0,0117	0,3826	0,3987	0,0243	-	0,8173
Área relativa ao reflorestamento em 2002	0,0405	0,3808	0,3421	0,3722	0,0297	1,1208
Diferença (%)	246,15	-0,47	-14,20	1.248,56	-	37,13
Área relativa à mineração em 1971	-	-	0,0342	0,0585	0,2178	0,3105
Área relativa à mineração em 2002	0,0045	0,0135	0,3421	0,1836	0,5473	1,0910
Diferença (%)	-	-	900,29	213,85	151,29	251,37

Em uma análise comparativa da cana-de-açúcar e da laranja em relação ao potencial de contribuição (Quadro 5.29), observa-se, claramente, que o manejo da cana-de-açúcar e da laranja, as quais não existiam nesta sub-bacia, aumentou as áreas de potencial de contribuição nas classes mais críticas (alto e muito alto) destacando-se a classe “muito alto” com um incremento de 35,17% e de 56,56%, respectivamente. Ressalta-se também a redução das classes de potencial de contribuição mais baixas

(muito baixo, baixo e médio), no caso da cana-de-açúcar e da laranja, sendo que a classe “muito baixo” aparece com 73,14 e 70,42% e a classe “baixo” teve uma redução de 40,28 e 66,78%. Além disso, verifica-se um incremento de 0,70 (cana-de-açúcar) e 0,55% (laranja) da área em relação ao ano de 1971, possivelmente advindo de desocupação de áreas urbanas ou da ocupação de áreas de lagos ou açudes.

As áreas de vegetação nativa mostram-se reduzidas no período de 1971 a 2002 concentrando-se nas áreas com classes de potencial de contribuição menor (muito baixo, baixo, médio e alto) que variam de 38,83% (alto) a 64,60% (muito baixo), o que indica que estas áreas foram ocupadas por atividades com potencial de contribuição maior. Corroborando com isso, observa-se o incremento da classe “muito alto” em 76,84%. Cabe ainda ressaltar a diminuição da área total com vegetação nativa em 57,04%, possivelmente advinda pela expansão da área urbana do município de Descalvado.

No caso do reflorestamento, observa-se um incremento no uso de áreas com potencial de contribuição “muito baixo”, “alto” e “muito alto” (sendo que a classe muito alto não existia em 1971) de 246,15% (muito baixo) e 1.248,56% (alto).

Quanto às atividades mineradoras, observa-se um incremento no período estudado em todas as classes de potencial de contribuição, destacando-se a classe “médio” com 900,29% e classe “alto” com 213,95%. Cabe ressaltar o aparecimento das classes “muito baixo” e “baixo” que não existiam em 1971. Logo, diante do exposto, vê-se o incremento da atividade mineraria na sub-bacia no período estudado, o que indica um possível incremento nos impactos ambientais na região, principalmente no que tange ao fenômeno da inundação (assoreamento, perda de vegetação nativa,...).

Analisando-se mais profundamente os usos na sub-bacia Urbano-minerária, principalmente os que indicam maior impacto em relação ao potencial de contribuição (cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa e mineração), vê-se, segundo Quadro 5.30, que no caso da cana-de-açúcar a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 8,394 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 4,638 km<sup>2</sup> e por outras culturas (café, sorgo, milho...) com 3,851 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com a inserção da cana-de-açúcar na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito, corroborando com o que foi dito anteriormente sobre um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela cana-de-açúcar, no Quadro 5.31, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto” no uso vegetação nativa;
- Redução do potencial de contribuição da classe “baixo” na substituição das áreas de vegetação nativa e um incremento nas áreas substituídas de pastagem e outros usos;
- Redução do potencial de contribuição da classe “médio” na substituição das áreas de vegetação nativa e outras culturas, e um incremento nas áreas substituídas de pastagem;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações.

Quadro 5.31 – Análise do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia urbano-minerária da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0576	1,0334	1,3358	1,9831	3,9841
	2002	0,1008	1,0793	1,4844	1,9146	3,8149
	Variação % (1971 – 2002)	75,00	4,44	11,12	-3,45	-4,25
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,5113	2,3224	1,5393	0,2520	0,0126
	2002	0,0450	0,6850	0,7840	1,0793	2,0443
	Variação % (1971 – 2002)	-91,20	-70,50	-49,07	328,29	16.124,60
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0036	0,5086	0,8209	0,9992	1,5186
	2002	0,0045	0,5581	0,7039	1,1459	1,4385
	Variação % (1971 – 2002)	25,00	9,73	-14,25	14,68	-5,27

Por outro lado, na análise específica da vegetação nativa no mesmo período, vê-se um aumento de área física em 57,04%. Entretanto, no Quadro 5.32, verifica-se que a perda real da área original de 1971 foi de 61,13%. A diferença observada de 57,04% para 61,13% deve-se ao fato de ter havido a perda de áreas com espécies nativas para outras culturas e o aparecimento de áreas revegetadas no período estudado. Assim, este fato (revegetação) associado à preservação local resultou em uma diminuição nas áreas das classes de potencial de contribuição mais altas, e respectivamente, um aumento nas classes de menor potencial de contribuição em relação ao uso original do solo, observado em 1971.

Quadro 5.30 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia urbano-minerária da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Cana-de-açúcar	Solo Exposto	0,5473	-	0,0216	0,3385	0,0450	0,1422	0,5473	-	0,0207	0,3079	0,0774	0,1413	0,5473
	Café	0,0333	-	-	0,0036	0,0243	0,0054	0,0333	-	0,0090	0,0189	0,0054	-	0,0333
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	8,3940	0,0576	1,0334	1,3358	1,9831	3,9841	8,3940	0,1008	1,0793	1,4844	1,9146	3,8149	8,3940
	Reflorestamento	0,5671	0,0072	0,2556	0,2809	0,0234	-	0,5671	-	0,0837	0,0594	0,1989	0,2251	0,5671
	Outras culturas	3,8509	0,0036	0,5086	0,8209	0,9992	1,5186	3,8509	0,0045	0,5581	0,7039	1,1459	1,4385	3,8509
	Cerrado	3,6960	0,4429	1,9182	1,1639	0,1656	0,0054	3,6960	0,0450	0,6184	0,7462	1,0100	1,2464	3,6960
	Mata	0,9416	0,0684	0,4042	0,3754	0,0864	0,0072	0,9416	-	0,0666	0,0378	0,0693	0,7679	0,9416
	Mineração	0,0531	-	-	0,0018	0,0171	0,0342	0,0531	-	0,0018	0,0171	0,0081	0,0261	0,0531
	Não considerado*	0,1269	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>18,2102</b>	<b>0,5797</b>	<b>4,1416</b>	<b>4,3208</b>	<b>3,3441</b>	<b>5,6971</b>	<b>18,0833</b>	<b>0,1503</b>	<b>2,4376</b>	<b>3,3756</b>	<b>4,4296</b>	<b>7,6902</b>	<b>18,0833</b>	
Laranja	Solo Exposto	0,1422	-	-	-	0,0108	0,1314	0,1422	-	-	-	0,0108	0,1314	0,1422
	Café	0,0072	-	-	0,0036	0,0036	-	0,0072	-	-	0,0072	-	-	0,0072
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	4,5638	0,0027	0,2529	0,4222	1,1477	2,7383	4,5638	0,0090	0,3006	0,4078	1,1891	2,6573	4,5638
	Reflorestamento	0,0018	-	0,0009	0,0009	-	-	0,0018	-	0,0009	0,0009	-	-	0,0018
	Outras culturas	1,5708	-	0,0171	0,0657	0,1846	1,3034	1,5708	0,0054	0,0135	0,0729	0,2359	1,2431	1,5708
	Cerrado	3,5070	0,5752	1,8318	0,9902	0,0999	0,0099	3,5070	0,2007	0,5752	0,7876	0,8768	1,0667	3,5070
	Mata	1,7814	0,1824	0,7183	0,7526	0,1188	0,0090	1,7814	0,0081	0,0270	0,0657	0,2286	1,4520	1,7814
	Mineração	0,0387	-	-	0,0162	0,0126	0,0099	0,0387	-	0,0162	0,0126	0,0099	-	0,0387
	Não considerado	0,0640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>11,6769</b>	<b>0,7606</b>	<b>2,8210</b>	<b>2,2514</b>	<b>1,5780</b>	<b>4,2019</b>	<b>11,6129</b>	<b>0,2232</b>	<b>0,9334</b>	<b>1,3547</b>	<b>2,5511</b>	<b>6,5505</b>	<b>11,6129</b>	

\*Áreas presentes em 1971 e ausentes em 2002 ou vice-versa.



Quadro 5.30 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 (continuação).

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Vegetação Nativa	Solo Exposto	0,1395	0,0225	0,0351	0,0414	0,0324	0,0081	0,1395	0,0225	0,0351	0,0414	0,0324	0,0081	0,1395
	Café	0,0522	-	0,0027	0,0243	0,0252	-	0,0522	0,0153	0,0369	-	-	-	0,0522
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	4,0903	-	0,0684	0,3574	0,7138	2,9507	4,0903	0,4537	1,2341	2,0452	0,2808	0,0765	4,0903
	Reflorestamento	0,0891	0,0045	0,0846	-	-	-	0,0891	0,0045	0,0846	-	-	-	0,0891
	Outras culturas	1,4592	0,0009	0,0963	0,3430	0,3403	0,6787	1,4592	0,1342	0,7471	0,4141	0,1242	0,0396	1,4592
	Cerrado	2,5673	0,4429	1,2368	0,8327	0,0522	0,0027	2,5673	0,5950	1,0856	0,8453	0,0387	0,0027	2,5673
	Mata	5,1282	0,6877	3,2667	0,9686	0,1773	0,0279	5,1282	1,0352	2,9264	0,9731	0,1692	0,0243	5,1282
	Mineração	0,0261	-	-	0,0090	0,0045	0,0126	0,0261	0,0108	0,0036	0,0117	-	-	0,0261
	Não considerado	0,0570	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>13,6086</b>	<b>1,1585</b>	<b>4,7906</b>	<b>2,5764</b>	<b>1,3457</b>	<b>3,6807</b>	<b>13,5519</b>	<b>2,2712</b>	<b>6,1534</b>	<b>4,3308</b>	<b>0,6453</b>	<b>0,1512</b>	<b>13,5519</b>	
Mineração	Solo Exposto	0,3934	-	0,0342	0,1801	0,0990	0,0801	0,3934	-	-	0,1639	0,1305	0,0990	0,3934
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	0,0297	-	-	-	-	0,0297	0,0297	-	-	-	-	0,0297	0,0297
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cerrado	0,1584	0,0594	0,0126	0,0864	-	-	0,1584	-	0,0099	0,1107	0,0252	0,0126	0,1584
	Mata	0,3808	0,0315	0,2557	0,0936	-	-	0,3808	0,0045	0,0036	0,0675	0,0279	0,2773	0,3808
	Mineração	0,1287	-	-	-	-	0,1287	0,1287	-	-	-	-	0,1287	-
	Não considerado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>1,0910</b>	<b>0,0909</b>	<b>0,3025</b>	<b>0,3601</b>	<b>0,0909</b>	<b>0,2385</b>	<b>1,0910</b>	<b>0,0045</b>	<b>0,0135</b>	<b>0,3421</b>	<b>0,1836</b>	<b>0,5473</b>	<b>1,0910</b>	

Entretanto, a perda de vegetação nativa, principalmente nas áreas marginais aos rios, se reveste de grande importância para o equilíbrio entre as atividades antrópicas e sociais, e entre o meio físico e os ecossistemas envolvidos. Reportando-se, outra vez, ao Quadro 5.30, as maiores áreas substituídas por vegetação nativa são as pastagens com 4,090 km<sup>2</sup> e outras culturas com 1,459 km<sup>2</sup>. Cabe salientar que, em pesquisas de campo e entrevistas na área de estudo, existem informações de programas de revegetação e reflorestamento da região com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, o que corrobora os resultados obtidos acerca da incorporação de outras classes de uso e ocupação do solo nas áreas de vegetação nativa.

Quadro 5.32 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito para diversas culturas.

Uso do solo	Perda de área (km <sup>2</sup> )	Perda em %
Cana-de-açúcar	4,6376	14,64
Laranja	5,2884	16,69
Corpos d'água	0,0018	0,01
Pastagem	6,3650	20,09
Outras culturas	0,2682	0,85
Reflorestamento	0,4303	1,36
Solo semi-exposto (culturas)	0,0243	0,08
Solo exposto	1,8084	5,71
Mineração	0,5392	1,70
Total	19,3632	61,13

Analisando-se a laranja neste período, a qual se apresenta inexistente na sub-bacia Urbano-minerária, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de vegetação nativa (mata e cerrado) com 5,288 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de pastagem com 4,564 km<sup>2</sup> e por áreas de outras culturas (café, sorgo, milho...) com 1,571 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento da cultura de laranja na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito, corroborando, juntamente com a cana-de-

açúcar, com o que foi dito anteriormente sobre uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Além disso, no ano de 1971, a cultura de laranja não existia na sub-bacia, enquanto que, em 2002, essa porcentagem passa para 15,04%. Isto demonstra o grande crescimento do setor de sucos cítricos na região e corrobora com a expansão histórica observada para este setor no período analisado.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela laranja, no Quadro 5.33, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto”, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa;
- Uma redução das classes de menor potencial (muito baixo, baixo e médio), na substituição do uso vegetação nativa;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações;
- Nas áreas ocupadas anteriormente por vegetação nativa houve um incremento no potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico, tanto na redução das classes mais baixas, quanto no incremento das classes mais altas;
- A substituição da pastagem pela laranja resultou em uma diminuição nas classes de potencial “muito alto” e um aumento na classe “muito baixo”.
- A substituição de outras culturas pela laranja resultou no aumento das classes “muito baixo”, “médio” e “alto” de potencial de contribuição e na

redução das classes “baixo” e “muito alto”, o que indica que a laranja se mostra um uso do solo um pouco mais adequado do que outras culturas.

Quadro 5.33 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia urbano-minerária da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0027	0,2529	0,4222	1,1477	2,7383
	2002	0,0090	0,3006	0,4078	1,1891	2,6573
	Variação % (1971 – 2002)	233,33	18,86	-3,41	3,61	-2,96
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,7579	2,5501	1,7428	0,2187	0,0189
	2002	0,2088	0,6022	0,8533	1,1054	2,5187
	Variação % (1971 – 2002)	-72,45	-76,39	-51,04	405,44	13.226,46
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	-	0,0171	0,0657	0,1846	1,3034
	2002	0,0054	0,0135	0,0729	0,2359	1,2431
	Variação % (1971 – 2002)	-	-21,05	10,96	27,79	-4,63

Quanto às áreas ocupadas pelas atividades minerárias, observa-se um incremento de área de 1971 a 2002 de 251,56%. Isto se deve ao tempo de exploração da jazida e a um possível incremento na demanda por areias de uso industrial, e, conseqüentemente, no aumento da área explorada.

Verifica-se que a maior área cedida para este uso foi a de vegetação nativa com 0,539 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de pastagem com 0,0297 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento das atividades minerárias na sub-bacia Urbano-minerária da bacia do rio Bonito, o que se reveste de grande preocupação, visto que esta atividade se mostra altamente impactante, principalmente no que tange ao fenômeno da inundação (assoreamento, perda de vegetação nativa,...).

Quadro 5.34 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia urbano-minerária da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	-	-	-	-	0,0297
	2002	-	-	-	-	0,0287
	Variação % (1971 – 2002)	-	-	-	-	0,00
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,0909	0,2683	0,1800	-	-
	2002	0,0045	0,0135	0,1782	0,0531	0,2899
	Variação % (1971 – 2002)	-95,05	-94,97	-1,00	-	-

Analisando-se o Quadro 5.34 em relação à vegetação nativa, observa-se a redução das classes de potencial mais baixo (muito baixo, baixo e médio) e o incremento das classes mais altas (alto e muito alto), sendo que as classes “alto” e “muito alto” não existiam em 1971. No caso das pastagens, não houve alteração das classes de potencial de contribuição observadas. Logo, o incremento do potencial de contribuição pelas atividades minerárias se mostra evidente, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa, as quais se apresentam mais adequadas ao equilíbrio ambiental da região.

#### 5.4.2.3. Sub-bacia Rural

A sub-bacia Rural apresentou inúmeras alterações no uso e ocupação de seu solo (Quadro 5.35). Entre o período de 1971 e 2002, observa-se a diminuição acentuada das áreas de outras culturas (café, milho, soja e sorgo) em 97,85%, das áreas de vegetação nativa em 39,27% e das áreas de pastagem em 49,82% e de mineração em 58,12%. Observa-se um aumento acentuado das áreas de outros usos (área urbana, solos expostos e semi-expostos, e corpos d’água) em 1.434,49% e das áreas de cultivo de laranja em 1.711,69% . A expansão da cana-de-açúcar e da laranja na região acompanhou o desenvolvimento da mesma entre os anos de 1971 e 2002,

corroborando com o que foi dito anteriormente. Observando-se as áreas de reflorestamento apresentaram um aumento de 277,04%.

Quadro 5.35 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Rural da Bacia do Rio Bonito – Anos 1971 e 2002

1971			2002			Variação em % 1971 – 2002
Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Outros Usos	0,1818	0,49	Outros Usos	2,7897	7,47	1.434,49
Laranja	0,3799	1,02	Laranja	6,8826	18,44	1.711,69
Pastagem	18,2255	48,81	Pastagem	9,1447	24,50	-49,82
Outras Culturas	8,8954	23,82	Outras Culturas	0,1917	0,51	-97,85
Vegetação Nativa	9,0025	24,11	Vegetação Nativa	5,4676	14,65	-39,27
Mineração	0,5050	1,35	Mineração	0,2115	0,57	-58,12
Cana-de-açúcar	-	-	Cana-de-açúcar	12,0774	32,36	-
Reflorestamento	0,1485	0,40	Reflorestamento	0,5599	1,50	277,04
Total	37,3386	100,00	Total	37,3251	100,00	-

De forma análoga ao exposto anteriormente, observa-se com grande preocupação a redução ocorrida nas áreas de vegetação nativa, pois estas áreas apresentam uma função de equilíbrio dos ecossistemas e de proteção aos corpos d'água (erosões acentuadas, aportes de sedimentos e inundações, entre outros).

Analisando-se as atividades minerárias, observa-se nesta sub-bacia redução de sua área em 58,12%, sendo importante salientar que as áreas de mineração cresceram numa análise geral da bacia do rio Bonito.

Os dados do Quadro 5.36 mostram uma redução no potencial de contribuição nas classes de “baixo” a “médio” de 7,99 a 24,23%, além de uma redução de 1,12% na classe “muito alto”. Já a classe “alto” apresentou um incremento de 22,47%. Isso indica uma alteração no uso e ocupação do solo na área analisada concentrado nesta classe, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar e da laranja, destacando-se o aparecimento de corpos d'água (açudes, lagos e riachos) e a diminuição da vegetação nativa existente.

Quadro 5.36 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de Contribuição	Área 1971 (km <sup>2</sup> )	%	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	%	Varição em % 1971 – 2002
Muito baixo	1,0955	2,93	0,9902	2,65	-9,61
Baixo	4,4882	12,02	3,4008	9,11	-24,23
Médio	7,7576	20,78	7,1374	19,12	-7,99
Alto	7,7873	20,86	9,5372	25,55	22,47
Muito alto	16,2074	43,40	16,0264	42,94	-1,12
Não considerado	0,0026	0,01	0,2331	0,62	8.865,38
Total	37,3386	100,00	37,3251	100,00	-

Quadro 5.37 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa, reflorestamento e mineração na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de contribuição (km <sup>2</sup> )	Classes (km <sup>2</sup> )					Total área (km <sup>2</sup> )
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Área relativa à cana-de-açúcar em 1971 (ocupada por outros usos)	0,4429	1,2539	2,4259	3,0677	4,8861	12,0765
Área relativa à cana-de-açúcar em 2002	0,0756	0,7660	2,2405	3,5752	5,4172	12,0745
Diferença (%)	-81,02	-38,91	-7,64	16,54	10,87	-0,02
Área relativa à laranja em 1971	0,1764	0,8480	1,2647	1,4916	3,1020	6,8827
Área relativa à laranja em 2002	0,0081	0,1170	0,7031	1,8111	4,2434	6,8827
Diferença (%)	-95,41	-86,20	-44,41	21,42	36,80	-
Área relativa à vegetação nativa em 1971	0,2485	0,9425	1,1396	0,6913	2,4439	5,4658
Área relativa à vegetação nativa em 2002	0,8543	1,7670	2,1550	0,5680	0,1224	5,4667
Diferença (%)	70,91	87,48	89,10	-17,84	-94,99	0,02
Área relativa ao reflorestamento em 1971	0,0171	0,0468	0,1926	0,0342	0,2692	0,5599
Área relativa ao reflorestamento em 2002	0,0054	0,0891	0,1890	0,2611	0,0153	0,5599
Diferença (%)	-68,42	90,38	-1,87	663,45	-94,32	-
Área relativa à mineração em 1971	-	0,1728	-	-	0,0387	0,2115
Área relativa à mineração em 2002	-	-	-	-	0,2115	0,2115
Diferença (%)	-	-100,00	-	-	446,51	-

Em uma análise comparativa da cana-de-açúcar e da laranja em relação ao potencial de contribuição (Quadro 5.37), observa-se, claramente, que o manejo da cana-de-açúcar e da laranja (sendo que a cana-de-açúcar não existia nesta sub-bacia) aumentou as áreas de potencial de contribuição nas classes mais críticas (alto e muito alto) destacando-se a classe “muito alto” com um incremento de 10,87% e de 36,80%, respectivamente. Ressalta-se também a redução das classes de potencial de

contribuição mais baixas (muito baixo, baixo e médio), no caso da cana-de-açúcar e da laranja, sendo que a classe “muito baixo” aparece com 81,02 e 95,41% e a classe “baixo” teve uma redução de 38,91% e 86,20%.

As áreas de vegetação nativa mostram-se reduzidas no período de 1971 a 2002 concentrando-se nas áreas com classes de potencial de contribuição maior (alto e muito alto) que variam de 17,84% (alto) e 94,99% (muito alto), o que indica uma melhora no potencial de contribuição advindo da substituição de usos com maior potencial pela vegetação nativa. Corroborando com isso, observa-se o incremento das classes de potencial menor “muito baixo”, “baixo” e “médio” em 70,91, 87,48 e 89,10% respectivamente. Cabe ainda ressaltar a diminuição da área total com vegetação nativa em 39,27%, possivelmente advinda pela expansão das áreas de cana-de-açúcar e de laranja.

No caso do reflorestamento, observa-se um incremento no uso de áreas com potencial de contribuição “baixo” e “alto” de 90,38% (baixo) e de 663,45% (alto), e uma redução nas demais classes com destaque para a classe “muito alto” com 94,32%.

Quanto às atividades mineradoras, observa-se um incremento no período estudado da classe “muito alto” com 446,51% e o desaparecimento da classe “baixo”, indicando uma alteração negativa em relação ao potencial de contribuição.

Analisando-se mais profundamente os usos na sub-bacia Rural, principalmente os que indicam maior impacto em relação ao potencial de contribuição (cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa e mineração), vê-se, segundo Quadro 5.38, que no caso da cana-de-açúcar a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 5,854 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de outras culturas (café, sorgo, milho...) com 3,594



km<sup>2</sup> e por vegetação nativa (mata e cerrado) com 1,841 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com a inserção da cana-de-açúcar na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito, corroborando com o que foi dito anteriormente sobre um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela cana-de-açúcar, no Quadro 5.39, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto” no uso vegetação nativa;
- Redução do potencial de contribuição da classe de menor potencial (muito baixo, baixo e médio) na substituição das áreas de vegetação nativa e redução (de maneira geral) nas áreas substituídas de pastagem e outros usos;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações.

Quadro 5.39 – Análise do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0306	0,3223	1,2179	1,8066	2,4763
	2002	0,0333	0,4177	1,1846	1,8255	2,3926
	Variação % (1971 – 2002)	8,82	29,60	-2,73	1,05	-3,38
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,3681	0,7219	0,6401	0,1071	0,0036
	2002	0,0180	0,1845	0,4069	0,5032	0,7282
	Variação % (1971 – 2002)	-95,11	-74,44	-36,43	369,84	20.127,78
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0027	0,0864	0,3844	0,9217	2,1991
	2002	0,0027	0,1224	0,4411	0,9253	2,1028
	Variação % (1971 – 2002)	-	41,67	14,75	0,39	-4,38

Por outro lado, na análise específica da vegetação nativa no mesmo período, vê-se uma redução de área física em 39,27%. Entretanto, no Quadro 5.40, verifica-se que a perda real da área original de 1971 foi de 72,13%. A diferença observada de 39,27% para 72,13% deve-se ao fato de ter havido a perda de áreas com espécies nativas para outros usos de solo e o aparecimento de áreas revegetadas no período estudado. Assim, este fato (revegetação) associado à preservação local resultou em uma diminuição nas áreas das classes de potencial de contribuição mais altas, e, respectivamente, um aumento nas classes de menor potencial de contribuição em relação ao uso original do solo observado em 1971 (utilizando-se área de 2002).

Quadro 5.38 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Cana-de-açúcar	Solo Exposto	0,1737	0,0216	0,0270	0,0693	0,0486	0,0072	0,1737	0,0216	0,0270	0,0693	0,0486	0,0072	0,1737
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,3574	-	0,0369	0,0648	0,1819	0,0738	0,3574	-	0,0009	0,0702	0,2026	0,0837	0,3574
	Pastagem	5,8537	0,0306	0,3223	1,2179	1,8066	2,4763	5,8537	0,0333	0,4177	1,1846	1,8255	2,3926	5,8537
	Reflorestamento	0,1287	0,0315	0,0477	0,0495	-	-	0,1287	-	0,0135	0,0630	0,0225	0,0297	0,1287
	Outras culturas	3,5943	0,0027	0,0864	0,3844	0,9217	2,1991	3,5943	0,0027	0,1224	0,4411	0,9253	2,1028	3,5943
	Cerrado	1,3826	0,3222	0,5392	0,4312	0,0900	-	1,3826	0,0180	0,1845	0,4069	0,4843	0,2889	1,3826
	Mata	0,4582	0,0459	0,1827	0,2089	0,0171	0,0036	0,4582	-	-	-	0,0189	0,4393	0,4582
	Mineração	0,1287	-	-	-	0,0018	0,1260	0,1278	-	-	0,0054	0,0495	0,0729	0,1278
	Não considerado*	0,0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	12,0774	0,4545	1,2422	2,4260	3,0677	4,8860	12,0764	0,0756	0,7660	2,2405	3,5772	5,4171	12,0764
Laranja	Solo Exposto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,0063	-	-	-	0,0018	0,0045	0,0063	-	-	-	0,0018	0,0045	0,0063
	Pastagem	3,6420	0,0162	0,0378	0,3213	0,9497	2,3170	3,6420	0,0054	0,0621	0,3763	0,9262	2,2720	3,6420
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	0,9866	0,0009	0,0144	0,0756	0,2782	0,6175	0,9866	0,0027	0,0144	0,0981	0,2818	0,5896	0,9866
	Cerrado	1,4340	0,1377	0,4987	0,5815	0,2152	0,0009	1,4340	-	0,0405	0,2260	0,5356	0,6319	1,4340
	Mata	0,6580	0,0216	0,2971	0,2862	0,0441	0,0090	0,6580	-	-	-	0,0090	0,6490	0,6580
	Mineração	0,1557	-	-	-	0,0027	0,1530	0,1557	-	-	0,0027	0,0567	0,0963	0,1557
	Não considerado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (km <sup>2</sup> )	6,8826	0,1764	0,8480	1,2646	1,4917	3,1019	6,8826	0,0081	0,1170	0,7031	1,8111	4,2433	6,8826	

\*Áreas presentes em 1971 e ausentes em 2002 ou vice-versa.

Quadro 5.38 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 (continuação).

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Vegetação Nativa	Solo Exposto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,0162	-	-	-	0,0009	0,0153	0,0162	0,0027	0,0045	0,0081	0,0009	-	0,0162
	Pastagem	2,2171	-	0,0036	0,1125	0,3142	1,7868	2,2171	0,3880	0,6094	0,8407	0,2944	0,0846	2,2171
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	0,7714	-	-	0,0135	0,1566	0,6013	0,7714	0,1161	0,3070	0,2871	0,0576	0,0036	0,7714
	Cerrado	1,0991	0,1530	0,4573	0,4789	0,0099	-	1,0991	0,2115	0,3997	0,4798	0,0081	-	1,0991
	Mata	1,3619	0,0954	0,4816	0,5347	0,2097	0,0405	1,3619	0,1359	0,4465	0,5383	0,2070	0,0342	1,3619
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado	0,0019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	5,4676	0,2484	0,9425	1,1396	0,6913	2,4439	5,4657	0,8542	1,7671	2,1540	0,5680	0,1224	5,4657
Mineração	Solo Exposto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pastagem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Reflorestamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras culturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cerrado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mata	0,1728	-	0,1728	-	-	-	0,1728	-	-	-	-	0,1728	0,1728
	Mineração	0,0387	-	-	-	-	0,0387	0,0387	-	-	-	-	0,0387	0,0387
	Não considerado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	0,2115	-	0,1728	-	-	0,0387	0,2115	-	-	-	-	0,2115	0,2115

Entretanto, a perda de vegetação nativa, principalmente a mata ciliar, se reveste de grande importância para o equilíbrio entre as atividades antrópicas e sociais, e entre o meio físico e os ecossistemas envolvidos. Reportando-se, outra vez, ao Quadro 5.38, as maiores áreas substituídas por vegetação nativa são as pastagens com 2,217 km<sup>2</sup> e outras culturas com 0,771 km<sup>2</sup>. Cabe salientar que, em pesquisas de campo e entrevistas na área de estudo, existem informações verbais<sup>6</sup> de programas de revegetação e reflorestamento da região com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, o que corrobora os resultados obtidos acerca da incorporação de outras classes de uso e ocupação do solo nas áreas de vegetação nativa.

Quadro 5.40 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito para diversas culturas.

Uso do solo	Perda de área (km <sup>2</sup> )	Perda em %
Cana-de-açúcar	1,8408	20,45
Laranja	2,0920	23,24
Pastagem	1,5753	17,50
Outras culturas	0,0153	0,17
Reflorestamento	0,2583	2,87
Solo semi-exposto (culturas)	0,0369	0,41
Solo exposto	0,5023	5,58
Mineração	0,1728	1,92
Total	6,4937	72,13

Analisando-se a laranja neste período, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 3,642 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 2,092 km<sup>2</sup> e por áreas de outras culturas (café, sorgo, milho...) com 0,987 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento da cultura de laranja na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito, corroborando, juntamente com a cana-de-

<sup>6</sup> Sr. Sérgio De Marco-Secretário de Agricultura e Abastecimento e Meio Ambiente do Município de Descalvado.

açúcar, com o que foi dito anteriormente sobre uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Além disso, no ano de 1971, a cultura de laranja respondia apenas por 1,02% da área total, enquanto que, em 2002, essa porcentagem passa para 18,44%. Isto demonstra o grande crescimento do setor de sucos cítricos na região e corrobora com a expansão histórica observada para este setor no período analisado.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela laranja, no Quadro 5.41, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto”, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa;
- Uma redução das classes de menor potencial (muito baixo, baixo e médio), na substituição do uso vegetação nativa;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações;
- A substituição da pastagem pela laranja resultou em uma diminuição nas classes de potencial “muito baixo”, “alto” e “muito alto”, e um aumento nas demais classes;
- A substituição de outras culturas pela laranja resultou no aumento das classes “muito baixo”, “médio” e “alto” de potencial de contribuição e na redução da classe “muito alto”, o que indica que a laranja se mostra um uso do solo um pouco mais adequado do que outras culturas.

Quadro 5.41 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0162	0,0378	0,3213	0,9497	2,3170
	2002	0,0054	0,0621	0,3763	0,9262	2,2720
	Variação % (1971 – 2002)	-66,67	64,29	17,12	-2,47	-1,94
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,1593	0,7958	0,8677	0,2593	0,0099
	2002	-	0,0405	0,2260	0,5446	1,2809
	Variação % (1971 – 2002)	-100,00	-94,91	-73,95	110,02	12.838,38
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0009	0,0144	0,0756	0,2782	0,6175
	2002	0,0027	0,0144	0,0981	0,2818	0,5896
	Variação % (1971 – 2002)	200,00	-	29,76	1,29	-4,52

Quanto às áreas ocupadas pelas atividades minerárias, observa-se uma redução de área de 1971 a 2002 de 58,12%. Verifica-se que a maior área cedida para este uso foi a de vegetação nativa com 0,173 km<sup>2</sup>. O incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico observado com o incremento das atividades minerárias na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito, se deve pela substituição da vegetação nativa (mata) pelas áreas de mineração.

Quadro 5.42 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos pelas atividades minerárias entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	-	0,1728	-	-	-
	2002	-	-	-	-	0,1728
	Variação % (1971 – 2002)	-	-100,00	-	-	100,00

Analisando-se o Quadro 5.42 em relação à vegetação nativa, observa-se a redução da classe de potencial mais baixo (baixo) e o incremento da classe mais alta (muito alto). Assim, o incremento do potencial de contribuição pelas atividades minerárias se mostra evidente com a substituição de áreas com vegetação nativa, as quais se apresentam mais adequadas ao equilíbrio ambiental da região.

#### 5.4.2.4. Sub-bacia Exutório

A sub-bacia Exutório apresentou inúmeras alterações no uso e ocupação de seu solo (Quadro 5.43). Entre o período de 1971 e 2002, observa-se a diminuição acentuada das áreas de outras culturas (café, milho, soja e sorgo) em 96,14%, das áreas de vegetação nativa em 48,50% e das áreas de pastagem em 64,46% e de reflorestamento em 54,78%. Observa-se um aumento significativo das áreas de outros usos (área urbana, solos expostos e semi-expostos, e corpos d'água) em 169,17% e das áreas de cultivo de laranja em 644,11% . A expansão da cana-de-açúcar e da laranja na região acompanhou o desenvolvimento da mesma entre os anos de 1971 e 2002, corroborando com o que foi dito anteriormente. A sub-bacia Exutório não apresenta áreas com atividades minerárias.

Quadro 5.43 – Quadro comparativo da variação do Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia Exutório da Bacia do Rio Bonito – Anos 1971 e 2002

1971			2002			Variação em % 1971 – 2002
Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	Usos do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Outros Usos	1,4006	2,69	Outros Usos	3,7770	7,27	169,17
Laranja	2,0605	3,96	Laranja	15,3324	29,49	644,11
Pastagem	21,9603	42,22	Pastagem	7,8044	15,01	-64,46
Outras Culturas	9,5318	18,33	Outras Culturas	0,3682	0,71	-96,14
Vegetação Nativa	16,3091	31,35	Vegetação Nativa	8,3985	16,16	-48,50
Mineração	-	-	Mineração	-	-	-
Cana-de-açúcar	-	-	Cana-de-açúcar	15,9643	30,71	-
Reflorestamento	0,7525	1,45	Reflorestamento	0,3403	0,65	-54,78
Total	52,0148	100,00	Total	51,9851	100,00	-

Conforme citado anteriormente, observa-se, com grande preocupação, a redução ocorrida nas áreas de vegetação nativa, pois estas áreas apresentam uma função de equilíbrio dos ecossistemas e de proteção aos corpos d'água (erosões acentuadas, aportes de sedimentos e inundações, entre outros).

Os dados do Quadro 5.44 mostram uma redução no potencial de contribuição nas classes de “baixo” a “médio” de 43,49% e 11,69%, respectivamente.



Já as classes “alto” e “muito alto” apresentaram um incremento de 2,65% e 12,88%. Isso indica uma alteração no uso e ocupação do solo na área analisada, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar, da laranja, destacando-se o incremento da área urbana do município de Porto Ferreira e a diminuição da vegetação nativa existente.

Quadro 5.44 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação na sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de Contribuição	Área 1971 (km <sup>2</sup> )	%	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	%	Varição em % 1971 – 2002
Muito baixo	0,5068	0,97	0,5077	0,98	0,18
Baixo	4,8123	9,25	2,7194	5,23	-43,49
Médio	13,6779	26,30	12,0819	23,24	-11,69
Alto	13,3872	25,74	13,7418	26,43	2,65
Muito alto	19,1779	36,87	21,6488	41,64	12,88
Não considerado	0,4527	0,87	1,2855	2,47	183,96
Total	52,0148	100,00	51,9851	100,00	-

Quadro 5.45 – Quadro comparativo da variação do Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação em função da cana-de-açúcar, laranja, vegetação nativa e reflorestamento na sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito – Anos 1971 e 2002.

Potencial de contribuição (km <sup>2</sup> )	Classes (km <sup>2</sup> )					Total área (km <sup>2</sup> )
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Área relativa à cana-de-açúcar em 1971 (ocupada por outros usos)	0,1746	0,9191	5,1444	4,1515	5,5171	15,9067
Área relativa à cana-de-açúcar em 2002	0,1197	0,4735	3,8770	4,5206	6,9735	15,9643
Diferença (%)	-31,44	-48,48	-24,64	8,89	26,40	0,36
Área relativa à laranja em 1971	0,0801	1,5312	3,9562	3,6177	6,1148	15,3000
Área relativa à laranja em 2002	0,0396	0,2799	2,2207	4,0471	8,7451	15,3324
Diferença (%)	-50,56	-81,72	-43,87	11,87	43,02	0,21
Área relativa à vegetação nativa em 1971	0,0315	0,8128	2,3026	2,4259	2,7923	8,3651
Área relativa à vegetação nativa em 2002	0,2908	1,6941	4,2407	1,9713	0,2016	8,3985
Diferença (%)	823,17	108,43	84,17	-18,74	-92,78	0,40
Área relativa ao reflorestamento em 1971	0,0072	0,0324	0,0990	0,0549	0,1468	0,3403
Área relativa ao reflorestamento em 2002	0,0018	0,1018	0,0774	0,0963	0,0630	0,3403
Diferença (%)	-75,00	214,20	-21,82	75,41	-57,08	-

Em uma análise comparativa da cana-de-açúcar e da laranja em relação ao potencial de contribuição (Quadro 5.45), observa-se, claramente, que o manejo da cana-de-açúcar e da laranja (sendo que a cana-de-açúcar não existia nesta sub-bacia) aumentou as áreas de potencial de contribuição nas classes mais críticas (alto e muito alto) destacando-se a classe “muito alto” com um incremento de 26,40% e de 43,02%,

respectivamente. Ressalta-se também a redução das classes de potencial de contribuição mais baixas (muito baixo, baixo e médio), no caso da cana-de-açúcar e da laranja, sendo que a classe “muito baixo” aparece com 31,44 e 50,56% e a classe “baixo” teve uma redução de 48,48% e 81,72%.

As áreas de vegetação nativa mostram-se reduzidas no período de 1971 a 2002 concentrando-se nas áreas com classes de potencial de contribuição maior (alto e muito alto) que variam de 18,74% (alto) e 92,78% (muito alto), o que indica uma melhora no potencial de contribuição advindo da substituição de usos com maior potencial pela vegetação nativa. Corroborando com isso, observa-se o incremento das classes de potencial menor “muito baixo”, “baixo” e “médio” em 823,17, 108,43 e 84,17% respectivamente. Cabe ainda ressaltar a diminuição da área total com vegetação nativa em 48,50%, possivelmente advinda pela expansão das áreas de cana-de-açúcar, de laranja e da área urbana do município de Porto Ferreira.

No caso do reflorestamento, observa-se um incremento no uso de áreas com potencial de contribuição “baixo” e “alto” de 214,20% (baixo) e de 75,41% (alto), e uma redução nas demais classes com destaque para a classe “muito alto” com 57,08%.

Analisando-se mais profundamente os usos na sub-bacia Exutório, principalmente os que indicam maior impacto em relação ao potencial de contribuição (cana-de-açúcar, laranja e vegetação nativa), vê-se, segundo Quadro 5.46, que no caso da cana-de-açúcar a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 6,760 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 4,276 km<sup>2</sup> e por outras culturas (café, sorgo, milho...) com 3,2973 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com a

inserção da cana-de-açúcar na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito, corroborando com o que foi dito anteriormente sobre um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela cana-de-açúcar, no Quadro 5.47, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto” no uso vegetação nativa;
- Redução do potencial de contribuição da classe de menor potencial (muito baixo, baixo e médio) na substituição das áreas de vegetação nativa e redução nas classes de menor potencial (de maneira geral) nas áreas substituídas de pastagem e outros usos;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações, principalmente devido à substituição da vegetação nativa por cana-de-açúcar.

Quadro 5.47 – Análise do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	0,0198	0,1332	1,7868	1,8616	2,9588
	2002	0,0360	0,1422	1,8453	1,8589	2,8778
	Variação % (1971 – 2002)	81,82	6,76	3,27	-0,15	-2,74
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,1206	0,6049	2,6231	0,9190	0,0081
	2002	0,0198	0,1566	1,3242	1,2917	1,4834
	Variação % (1971 – 2002)	-83,58	-74,11	-49,52	40,55	18.213,58
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0225	0,0972	0,4321	0,9164	1,8291
	2002	0,0279	0,0116	0,4807	0,8903	1,7868
	Variação % (1971 – 2002)	24,00	-88,07	11,25	-2,85	-2,31

Por outro lado, na análise específica da vegetação nativa no mesmo período, vê-se uma diminuição de área física em 48,50%. Entretanto, no Quadro 5.48, verifica-se que a perda real da área original de 1971 foi de 77,27%. A diferença observada de 48,50% para 77,27% deve-se ao fato de ter havido a perda de áreas com espécies nativas para outros usos de solo e o aparecimento de áreas revegetadas no período estudado. Assim, este fato (revegetação) associado à preservação local resultou em uma diminuição nas áreas das classes de potencial de contribuição mais altas, e, respectivamente, um aumento nas classes de menor potencial de contribuição em relação ao uso original do solo observado em 1971 (utilizando-se área de 2002).

Quadro 5.46 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Cana-de-açúcar	Solo Exposto	0,2601	0,0045	0,0792	0,0855	0,0468	0,0441	0,2601	0,0252	0,0603	0,0837	0,0495	0,0414	0,2601
	Café	0,0018	-	-	-	0,0018	-	0,0018	-	-	-	0,0018	-	0,0018
	Laranja	1,1351	0,0072	0,0045	0,1062	0,3403	0,6769	1,1351	0,0099	0,0018	0,1116	0,3817	0,6301	1,1351
	Pastagem	6,7602	0,0198	0,1332	1,7868	1,8616	2,9588	6,7602	0,0360	0,1422	1,8453	1,8589	2,8778	6,7602
	Reflorestamento	0,1764	-	-	0,1107	0,0657	-	0,1764	-	-	0,0216	0,0207	0,1341	0,1764
	Outras culturas	3,2973	0,0225	0,0972	0,4321	0,9164	1,8291	3,2973	0,0279	0,1116	0,4807	0,8903	1,7868	3,2973
	Cerrado	3,0659	0,0972	0,5329	1,6617	0,7687	0,0054	3,0659	0,0198	0,1485	0,9047	0,9875	1,0054	3,0659
	Mata	1,2098	0,0234	0,0720	0,9614	0,1503	0,0027	1,2098	-	0,0081	0,4195	0,3042	0,4780	1,2098
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado*	0,0577	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	15,9643	0,1746	0,9190	5,1444	4,1516	5,5170	15,9066	0,1188	0,4725	3,8671	4,4946	6,9536	15,9066
Laranja	Solo Exposto	0,1143	-	0,0081	0,0054	0,0675	0,0333	0,1143	-	0,0081	0,0081	0,0657	0,0324	0,1143
	Café	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Laranja	0,3520	-	0,0027	0,0108	0,0675	0,2710	0,3520	-	0,0027	0,0108	0,0846	0,2539	0,3520
	Pastagem	6,9258	-	0,0567	0,5707	1,8228	4,4756	6,9258	0,0045	0,0531	0,7255	1,8462	4,2965	6,9258
	Reflorestamento	0,3574	-	0,0279	0,2404	0,0891	-	0,3574	-	0,0207	0,0270	0,1089	0,2008	0,3574
	Outras culturas	2,4691	0,0153	0,1098	0,3997	0,6670	1,2773	2,4691	0,0270	0,1107	0,4510	0,6472	1,2332	2,4691
	Cerrado	2,4925	0,0315	0,2772	1,6257	0,5284	0,0297	2,4925	0,0081	0,0810	0,7084	0,8588	0,8362	2,4925
	Mata	2,5889	-	0,0009	0,2773	0,4267	1,8840	2,5889	-	0,0009	0,2773	0,4267	1,8840	2,5889
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado	0,0324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	15,3324	0,0468	0,4833	3,1300	3,6690	7,9709	15,3000	0,0396	0,2772	2,2081	4,0381	8,7370	15,3000

\*Áreas presentes em 1971 e ausentes em 2002 ou vice-versa.

Quadro 5.46 – Comparação do potencial de contribuição versus uso e ocupação do solo da sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002 (continuação).

	1971							2002						
	Uso do solo (observado em 1971)	Área (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )	Classes de Potencial de Contribuição					Área com Potencial (km <sup>2</sup> )
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Vegetação Nativa	Solo Exposto	0,2196	-	0,0045	0,0234	0,1026	0,0891	0,2196	0,0045	0,1503	0,0369	0,0279	-	0,2196
	Café	0,0027	-	-	-	-	0,0027	0,0027	-	-	0,0027	-	-	0,0027
	Laranja	0,0855	-	-	0,0189	0,0171	0,0495	0,0855	0,0009	0,0126	0,0405	0,0315	-	0,0855
	Pastagem	2,8193	-	0,0162	0,4483	0,5536	1,8012	2,8193	0,1557	0,5950	1,5141	0,4159	0,1386	2,8193
	Reflorestamento	0,1332	-	-	0,1026	0,0306	-	0,1332	0,0027	0,0009	0,1296	-	-	0,1332
	Outras culturas	1,5600	0,0018	0,0351	0,2115	0,4996	0,8120	1,5600	0,0693	0,2034	0,9785	0,2782	0,0306	1,5600
	Cerrado	1,7544	0,0018	0,0792	0,7120	0,9605	0,0009	1,7544	0,0135	0,0675	0,7120	0,9605	0,0009	1,7544
	Mata	1,7904	0,0279	0,6778	0,7858	0,2620	0,0369	1,7904	0,0279	0,6778	0,7858	0,2620	0,0369	1,7904
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não considerado	0,0334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total (km <sup>2</sup> )	8,3985	0,0315	0,8128	2,3025	2,4260	2,7923	8,3651	0,2745	1,7075	4,2001	1,9760	0,2070	8,3651

Entretanto, a perda de vegetação nativa se reveste de grande importância para o equilíbrio entre as atividades antrópicas, o meio físico e os ecossistemas envolvidos. Reportando-se, outra vez, ao Quadro 5.46, as maiores áreas substituídas por vegetação nativa são as pastagens com 2,819 km<sup>2</sup> e outras culturas com 1,560 km<sup>2</sup>. Cabe salientar que, em pesquisas de campo e entrevistas na área de estudo, existem informações de programas de revegetação e reflorestamento da região com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, o que corrobora os resultados obtidos acerca da incorporação de outras classes de uso e ocupação do solo nas áreas de vegetação nativa.

Quadro 5.48 – Análise de perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito para diversas culturas.

Uso do solo	Perda de área (km <sup>2</sup> )	Perda em %
Cana-de-açúcar	4,2758	26,22
Laranja	5,0814	31,16
Corpos d'água	0,0054	0,03
Pastagem	2,4223	14,85
Outras culturas	0,1638	1,00
Reflorestamento	0,0774	0,47
Solo semi-exposto (culturas)	0,0198	0,13
Solo exposto	0,5554	3,41
Total	12,6013	77,27

Analisando-se a laranja neste período, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 6,926 km<sup>2</sup>, seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 5,081 km<sup>2</sup> e por áreas de outras culturas (café, sorgo, milho...) com 2,469 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, houve um incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico com o incremento da cultura de laranja na sub-bacia Exutório da bacia do rio Bonito, corroborando, juntamente com a cana-de-açúcar, com o que foi dito anteriormente sobre uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros estudados.

Além disso, no ano de 1971, a cultura de laranja respondia apenas por 3,96% da área total, enquanto que, em 2002, essa porcentagem passa para 29,49%. Isto demonstra o grande crescimento do setor de sucos cítricos na região e corrobora com a expansão histórica observada para este setor no período analisado.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela laranja, no Quadro 5.49, observa-se:

- Um acentuado incremento percentual no potencial de contribuição nas classes “alto” e “muito alto”, principalmente na substituição de áreas com vegetação nativa e uma redução das classes de menor potencial (muito baixo, baixo e médio), na substituição do uso vegetação nativa;
- De maneira geral, houve um incremento das classes “alto” e “muito alto” no período analisado, indicando um possível incremento dos problemas relacionados ao fenômeno das inundações;
- A substituição da pastagem pela laranja resultou em uma diminuição nas classes de potencial “muito baixo”, “baixo” e “muito alto”, e um aumento nas demais classes;
- A substituição de outras culturas pela laranja resultou no aumento das classes “muito baixo”, “baixo” e “médio” de potencial de contribuição e na redução da classe “alto” e “muito alto”, o que indica que a laranja se mostra um uso do solo um pouco mais adequado do que outras culturas.



Quadro 5.49 – Comparação do Potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico da sub-bacia Rural da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por laranja entre os anos de 1971 e 2002.

Uso do solo	Ano	Classes (km <sup>2</sup> )				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	-	0,0567	0,5707	1,8228	4,4756
	2002	0,0045	0,0531	0,7255	1,8462	4,2965
	Variação % (1971 – 2002)	-	-6,35	27,12	1,28	-4,00
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	0,0315	0,2781	1,9030	0,9551	1,9137
	2002	0,0081	0,0819	0,9857	1,2855	2,7202
	Variação % (1971 – 2002)	-74,29	-70,55	-48,20	34,59	42,14
Outras Culturas (milho, sorgo, café...)	1971	0,0153	0,1098	0,3997	0,6670	1,2773
	2002	0,0270	0,1107	0,4510	0,6472	1,2332
	Variação % (1971 – 2002)	76,47	0,82	12,83	-2,97	-3,45

## **6. Zoneamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas Relacionado à Inundação**

A análise ambiental apresenta-se extremamente válida no que tange à investigação ambiental principalmente quando se observa a degradação imposta à superfície terrestre pelos processos decorrentes da desordenada ocupação humana.

Segundo ZUQUETTE (1987), a análise ambiental compreende as relações entre os componentes do meio físico, biótico e geográfico e se caracteriza pela utilização de técnicas de suporte que levam em conta a observância destes componentes na solução dos problemas que afetam o ambiente. Dentre as técnicas existentes, destacam-se os mapeamentos associativos e os mapas de sensibilidade e adequação (SILVA & SOUZA, 1987), extremamente úteis quando se pensa no zoneamento de uma determinada unidade de planejamento ou de estudo.

Segundo SILVA & SOUZA (1987), definem-se os mapeamentos associativos como a elaboração de mapas compostos, a partir da combinação de outros, que retratam um único parâmetro ou fenômeno ambiental complexo. Já os mapas de sensibilidade e adequação são definidos como a análise das limitações e potencialidades do ambiente perante uma ação antropogênica, da sua fragilidade diante de uma catástrofe natural ou, ainda, da alteração lenta das suas condições naturais.

O zoneamento ambiental ou geoambiental, segundo proposta metodológica apresentada por ZUQUETTE (1987), se baseia nas observações do meio físico e nas condições técnicas e socioeconômicas regionais. Levando-se em conta o contexto da avaliação global das potencialidades e limitações do meio físico, a carta de zoneamento ambiental ou geoambiental deve ser elaborada em função dos

componentes do meio, representando o resultado da análise dos documentos cartográficos elaborados anteriormente (ZUQUETTE, 1993). Para se alcançar este objetivo, deve-se realizar a investigação (analítica) que considera o conjunto a partir da individualização das partes.

Segundo MORAES (2003), a importância da análise dos fatores físicos para estudos de zoneamento ambiental se deve ao inter-relacionamento dos mesmos com as atividades humanas, que ocorre de diferentes formas: fatores climáticos influem de modo especial na distribuição dos elementos bióticos e na morfologia do terreno; a geologia e a geomorfologia têm grande influência nas construções urbanas e elementos como textura, estrutura, porosidade e permeabilidade do solo são fundamentais na determinação dos tipos de cultivo mais adequados. De modo geral, os fatores comumente levantados no processo de mapeamento dizem respeito aos componentes hidrográfico, hidrogeológico, geomorfológico, geológico, pedológico, climático, biológico e antrópico.

Tomando por base as informações obtidas nas análises individuais, estas se apresentam manipuladas, por meio de processos de seleção, generalização, adição e transformação, visando sua representação espacial e, posteriormente, sua correlação e interpretação. Assim, as cartas derivadas das informações obtidas individualmente e os mapas de zoneamento descrevem as relações funcionais e espaciais dos fatores que definem as unidades homogêneas da área em estudo.

Logo, o presente capítulo identifica e analisa as potencialidades e limitações do uso urbano da bacia hidrográfica do rio Bonito, levando-se em conta o fenômeno das inundações, a expansão das atividades urbanas e o ambiente, através da

discussão da análise temporal da bacia e de suas sub-bacias, bem como apresenta uma proposta de zoneamento conceitual para a mesma.

## 6.1. Zoneamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas Relacionado à Inundação

### 6.1.1. Critérios Adotados

No intuito de se propor critérios consistentes para o zoneamento conceitual da bacia do rio Bonito, adotou-se os seguintes passos:

- Utilização da Carta de Legislação Ambiental elaborada por MORAES (2003) – Anexo XXVI
- Utilização da Carta de Potencial à Expansão Urbana feita por MORAES (2003) – Anexo XIV;
- Utilização da Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao fenômeno da inundação.

#### 6.1.1.1. Análise da Carta de Potencial de Expansão Urbana

Segundo MORAES (2003), a determinação da forma de crescimento das cidades brasileiras, geralmente, se caracteriza pelo adensamento interno, pela ocupação dos vazios urbanos ao longo das grandes rodovias e a formação de periferias, fatores esses que indicam um processo de expansão desordenado.

Segundo a Carta de Expansão Urbana 1971-2002 feita por MORAES (2003) – Anexo XIV, observa-se uma área urbana construída na bacia do rio Bonito de 1,71 km<sup>2</sup> em 1971 e 10,16 km<sup>2</sup> em 2002, o que significa um crescimento de 494%, ou seja, uma taxa média de crescimento anual de aproximadamente 16%. O restante da área (não urbana) representa 94% (ou 210,53 km<sup>2</sup>) e apresenta-se ocupada, principalmente, por atividades agropecuárias e remanescentes de vegetação nativa.

Segundo MORAES (2003), a área urbana construída, até o início da década de 70, se concentrou nas planícies sobre a Formação Santa Rita do Passa Quatro, cujas declividades não ultrapassam os 17 graus estabelecidos pela Lei Lehman (Lei Federal 6766/79), como declive máximo para o parcelamento urbano. Entretanto, atualmente, observa-se que a área urbana tem avançado sobre as colinas e as formações Pirassununga, Pirambóia e Corumbataí e, inclusive, em direção às áreas sujeitas à inundação, como os terrenos do Quaternário.

Na cidade de Descalvado, observa-se, segundo MORAES (2003), 3 (três) eixos principais de crescimento: leste (em direção às nascentes do Córrego do Paiolzinho), oeste (em direção aos limites da bacia do rio Bonito) e sul (em direção à rodovia SP 215). Segundo MARQUES (1993) e CASTRO (1998) citados em MORAES (2003), Descalvado apresenta as seguintes características de crescimento: a área central, que corresponde aos territórios já consolidados; áreas próximas ao centro formadas por uma malha urbana já consolidada, com um forte adensamento e a primeira periferia, que compreende a malha urbana consolidada com baixa densidade. Por não possuir Plano Diretor, o crescimento da cidade tem sido regido pelas leis municipais 308/78 e 1308/93, que dispõem sobre a fixação e delimitação da zona de expansão urbana, respectivamente.

No que tange ao município de Porto Ferreira, segundo MORAES (2003), pode-se afirmar que este apresenta crescimento no sentido oeste, em direção às várzeas dos rios Bonito e Areia Branca.

A Carta de Potencial à Expansão Urbana (Anexo XIV) apresenta-se de grande importância para o planejamento da região e divide a área em estudo em 4 classes: alto, médio, baixo e muito baixo, de acordo com o seu potencial para novos

assentamentos urbanos. Na Figura 6.1, encontram-se essas classes e suas respectivas áreas em relação à área total da bacia.

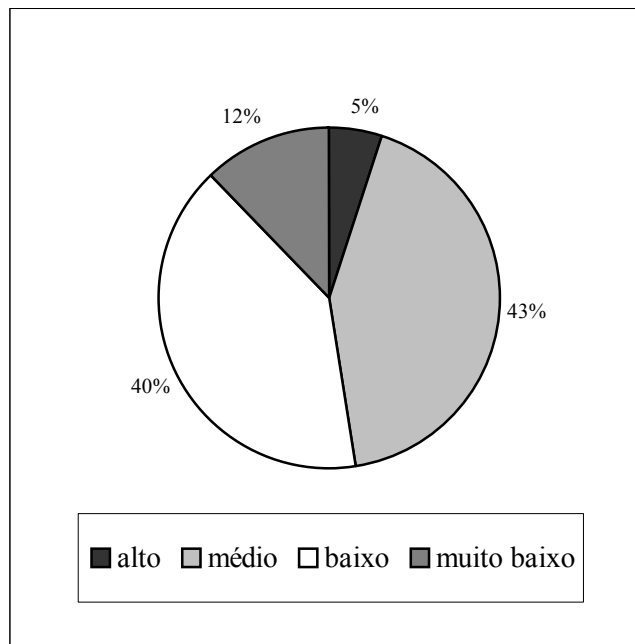


Figura 6.1 – Área relativa das classes da Carta de Potencial à Expansão Urbana – Fonte: MORAES (2003)

A classe de alto potencial à expansão urbana corresponde à apenas 5% da área de estudo e compreende em torno de 900ha de áreas com aptidão favorável ao assentamento urbano e pouco mais de 200ha de áreas com aptidão moderada. Segundo MORAES (2003), explica-se o fato porque, apesar de existirem outras áreas favoráveis ao assentamento urbano (em torno de 1000ha), a maior parte delas está fora dos eixos de expansão e, portanto, diminuindo suas chances de serem ocupadas, pelo menos a curto e médio prazo.

Por outro lado, as áreas com médio potencial (43%) englobam, segundo MORAES (2003), em sua maior parte, terras com aptidão favorável ao assentamento que, no entanto, se encontram fora do alcance dos eixos de crescimento. Essas áreas, possivelmente, poderão ser ocupadas em longo prazo, sendo interessante

que o poder público local concentrasse esforços no sentido de incentivar a ocupação dessas áreas de forma planejada, com base em estudos ambientais mais aprofundados.

Analisando-se a classe de baixo potencial, segundo MORAES (2003), esta representa 40% e se constitui de áreas cuja aptidão física para a ocupação urbana vai de moderada à severa. Tais áreas caracterizam-se por um relevo inadequado às construções urbanas. Desta forma, sua ocupação para este fim não se apresenta aconselhável, do mesmo modo que as áreas com muito baixo potencial à expansão (12%) com restritiva aptidão ao assentamento, tendo em vista, suas características geológicas e geomorfológicas.

De um modo geral, pode-se afirmar, segundo MORAES (2003), com base nos dados de formas do relevo e formações geológicas de superfície, que a bacia do rio Bonito apresenta um bom potencial à ocupação urbana. Entretanto, torna-se necessário ressaltar, segundo FERES (2002), que a mesma possui um histórico de ocorrências elevadas de erosão, as quais devem ser levadas em conta em qualquer tomada de decisão, juntamente com informações provenientes de estudos sobre o potencial geotécnico, fenômenos históricos (como inundação) e socioeconômicos.

#### 6.1.2. Elaboração da Carta de Zoneamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas Relacionado à Inundação

A proposta de zoneamento conceitual de controle da expansão urbana em função dos parâmetros de contribuição do meio físico ao fenômeno das inundações, foi elaborada utilizando-se os seguintes documentos cartográficos: Carta de Legislação Ambiental (MORAES, 2003), Carta de Potencial à Expansão Urbana (MORAES, 2003) e Carta de Potencial de Contribuição dos Parâmetros do Meio Físico ao Fenômeno da Inundação do ano de 2002. Fez-se a utilização do módulo

CROSSTAB do software IDRISI 32, segundo os seguintes critérios apresentados na tabela a seguir.

Quadro 6.1 – Critérios adotados para a confecção da Carta de Zoneamento Conceitual de Controle da Expansão das Atividades Relacionado à Inundação.

Zonas	Potencial de Contribuição Inundação	Legislação Ambiental	Potencial de Expansão Urbana
Urbanas (Residencial e comercial)	Muito Baixo e Baixo (1 e 2)	Áreas não protegidas (1)	Alto e Médio (1 e 2)
Industriais	Muito Baixo e Médio (2 e 3)	Áreas não protegidas (1)	Médio e Baixo (2 e 3)
Industriais Controladas	Médio (3)	Áreas não protegidas (1)	Médio, Baixo e Muito Baixo (2, 3 e 4)
Agrossilvipastoris	Médio e Alto (3 e 4)	Áreas não protegidas (1)	Alto e Baixo (1 e 3)
Agrossilvipastoris Controladas	Alto e Muito Alto (4 e 5)	Áreas não protegidas (1)	Médio, Baixo e Muito Baixo (2, 3 e 4)
Proteção Ambiental	Muito Baixo a Muito Alto (1 a 5)	Áreas protegidas (2)	Médio, Baixo e Muito Baixo (2, 3 e 4)

Desta maneira, têm-se os seguintes cruzamentos para cada zona:

Quadro 6.2 – Cruzamentos obtidos na confecção da Carta de Zoneamento Conceitual de Controle da Expansão das Atividades Relacionado à Inundação.

Zonas de Atividades	Cruzamentos
Urbanas (Residencial e comercial)	2 – 1 – 1; 1 – 1 – 2; 2 – 1 – 2.
Industriais (incluem as áreas controladas)	1 – 1 – 3; 2 – 1 – 3; 3 – 1 – 2*; 1 – 1 – 4*; 2 – 1 – 4*; 3 – 1 – 4*.
Agrossilvipastoris (incluem as áreas controladas)	3 – 1 – 1; 4 – 1 – 1; 5 – 1 – 1; 3 – 1 – 3; 4 – 1 – 2*; 5 – 1 – 2*; 4 – 1 – 3*; 5 – 1 – 3*; 4 – 1 – 4*; 5 – 1 – 4*.
Proteção Ambiental	1 – 2 – 2; 2 – 2 – 2; 3 – 2 – 2; 4 – 2 – 2; 5 – 2 – 2; 1 – 2 – 3; 2 – 2 – 3; 3 – 2 – 3; 4 – 2 – 3; 5 – 2 – 3; 1 – 2 – 4; 2 – 2 – 4; 3 – 2 – 4; 4 – 2 – 4; 5 – 2 – 4.

\*Áreas onde a utilização deve ser pautada por estudos mais específicos e aprofundados devido a sua maior criticidade.

A Carta de Zoneamento Conceitual de Controle da Expansão das Atividades Relacionado à Inundação encontra-se no Anexo XXVII.



## 6.2. Resultados e Discussão

De uma maneira geral, a bacia hidrográfica do rio Bonito apresentou profundas alterações em seu uso e ocupação, principalmente na mudança de sua estrutura agrária com a inserção das culturas de cana-de-açúcar e de laranja. Logo, ao se observar estas mudanças, vê-se que as mesmas acarretam em conseqüências sobre os parâmetros do meio físico que influenciam o fenômeno das inundações, dentre os quais citam-se o incremento do escoamento superficial, assoreamento dos corpos d'água, processos erosivos, entre outros.

Concomitantemente com a alteração agrária, ocorreu a expansão das áreas urbanas sem nenhum planejamento ou controle por parte do Poder Público, o que resultou em um avanço descontrolado sobre as áreas de grande importância para o ambiente como um todo e, particularmente, para áreas sujeitas à inundação, como os terrenos do Quaternário.

A redução drástica das áreas de vegetação nativa (69,39%), destacando-se as matas ciliares, se apresenta como fator degradante para a qualidade do ambiente, bem como para a conservação das características naturais do meio físico, fundamentais na análise do fenômeno das inundações. A substituição destas áreas, de uma maneira geral, pelas culturas de cana-de-açúcar e de laranja, reduziram sobremaneira a capacidade natural de infiltração e a cobertura vegetal que protegia o solo, auxiliaram no incremento do escoamento superficial (evidenciado pela existência de vários lagos de contenção) e de processos erosivos (Feres, 2002), e retiraram as matas ciliares das margens dos rios, estes de suma importância para o meio físico e para os sistemas aquáticos, aumentando potencialmente a possibilidade de fenômenos de inundação a médio e longo prazo.

Analisando-se a substituição dos demais tipos de culturas por cana-de-açúcar e laranja, observa-se um incremento do potencial de contribuição em relação ao fenômeno da inundação em alguns casos e uma redução em outros, dependendo do tipo de cultura substituído. Esta substituição corrobora com a análise do desenvolvimento regional da bacia através do período analisado, onde estas culturas se beneficiaram de programas de governo e do aumento das exportações, na qual as mesmas se apresentam como principais insumos da produção industrial da região. No caso específico das áreas de pastagem, cabe como mais um exemplo da mudança da estrutura agrária da região (pecuária para monoculturas) demonstrando o predomínio dos setores sucroalcooleiros e de sucos cítricos na região.

Em uma análise geral, a substituição do “mix” de produtos por apenas dois se apresenta um processo prejudicial ao solo, podendo resultar, com o passar do tempo, em problemas de fertilidade. Analisando-se pelo lado econômico, este predomínio acaba gerando distorções sociais (caso dos bóias-frias) e econômicas (monopólio de preços) por parte das indústrias que manipulam estas matérias-primas.

No caso das áreas exploradas pelas atividades minerárias, estas se apresentam em expansão no período analisado. Entretanto, deve-se controlar tal expansão, especialmente pelo alto poder degradador desta atividade sobre o ambiente, pois além de consumir um recurso natural (areia), utiliza-se de outro como insumo (água). De uma maneira geral, se analisarmos esta atividade em um panorama global, se mostra estarrecedor o grande impacto acusado por esta atividade sobre o ambiente e o meio físico, haja vista a alteração do leito do rio observada no período analisado. Enfocando-se especificamente o fenômeno da inundação, esta atividade pode agravar

os problemas relacionados com o assoreamento dos corpos d'água, além de favorecer os processos erosivos.

No que tange à análise das sub-bacias, estas, em sua quase totalidade, seguem a tendência geral da bacia como um todo, com exceção da sub-bacia Nascente, onde se observou um incremento nas áreas de vegetação nativa, não significando, porém, em uma respectiva melhora no potencial de contribuição em relação ao fenômeno da inundação.

Ao se observar os resultados obtidos em relação ao potencial de contribuição, vê-se um incremento significativo nas classes mais altas no período analisado, sinalizando a necessidade de um controle maior do uso e ocupação do solo na região, no intuito de assegurar a inexistência de fatores que possam influir sobre o fenômeno da inundação. Relacionando-se este fato com as áreas de proteção ambiental previstas pelas Leis (Quadro 4.5 – Capítulo 4), conclui-se, infelizmente, que o predomínio das atividades antrópicas sobre as questões ambientais se apresenta muito forte, apesar de vários e vários estudos veiculados pela mídia sobre a importância da preservação e conservação ambiental nos diversos processos que envolvem o ambiente, especialmente, no caso deste estudo, o fenômeno da inundação.

Diante da realidade encontrada, buscou-se realizar um zoneamento conceitual visando um instrumento de apoio à tomada de decisão dos planejadores, visto que a região não possui ainda plano diretor, em relação ao planejamento do uso e ocupação do solo, tanto das atividades urbanas e industriais, como das atividades agrossilvipastoris, procurando atender a legislação ambiental vigente e colaborar para um uso sustentável do solo, principalmente em relação aos parâmetros do meio físico

e de expansão urbana que afetam os corpos d'água e podem resultar em fenômenos de inundação (já observados na bacia).

Visando a compreensão da realidade em função do zoneamento proposto, fez-se a transformação do uso e ocupação do solo do ano de 2002 nas zonas de atividades definidas no zoneamento da seguinte forma:

Quadro 6.3 – Transformação das classes de uso e ocupação do solo em função das zonas de atividades definidas no zoneamento proposto.

<b>Uso do solo</b>	<b>Atividade</b>
Cana-de-açúcar	Atividade Agrossilvipastoril
Cerrado	Área de Proteção Ambiental
Laranja	Atividade Agrossilvipastoril
Mata	Área de Proteção Ambiental
Corpos D'água	Área de Proteção Ambiental
Pastagem	Atividade Agrossilvipastoril
Outras Culturas	Atividade Agrossilvipastoril
Reflorestamento	Atividade Agrossilvipastoril
Solo Semi-exposto (culturas)	Atividade Agrossilvipastoril
Solo exposto	Atividade Agrossilvipastoril
Área Urbana	Atividade Urbana
Mineração	Atividade Industrial

Desta maneira, analisando-se a Figura 6.2, observa-se, em relação à comparação entre o zoneamento proposto e o uso real do solo, que a distribuição das atividades no solo da região demonstra um predomínio por parte das atividades agrossilvipastoris de áreas que podem ou devem ser ocupadas por outras atividades (industriais, urbanas e de proteção ambiental).

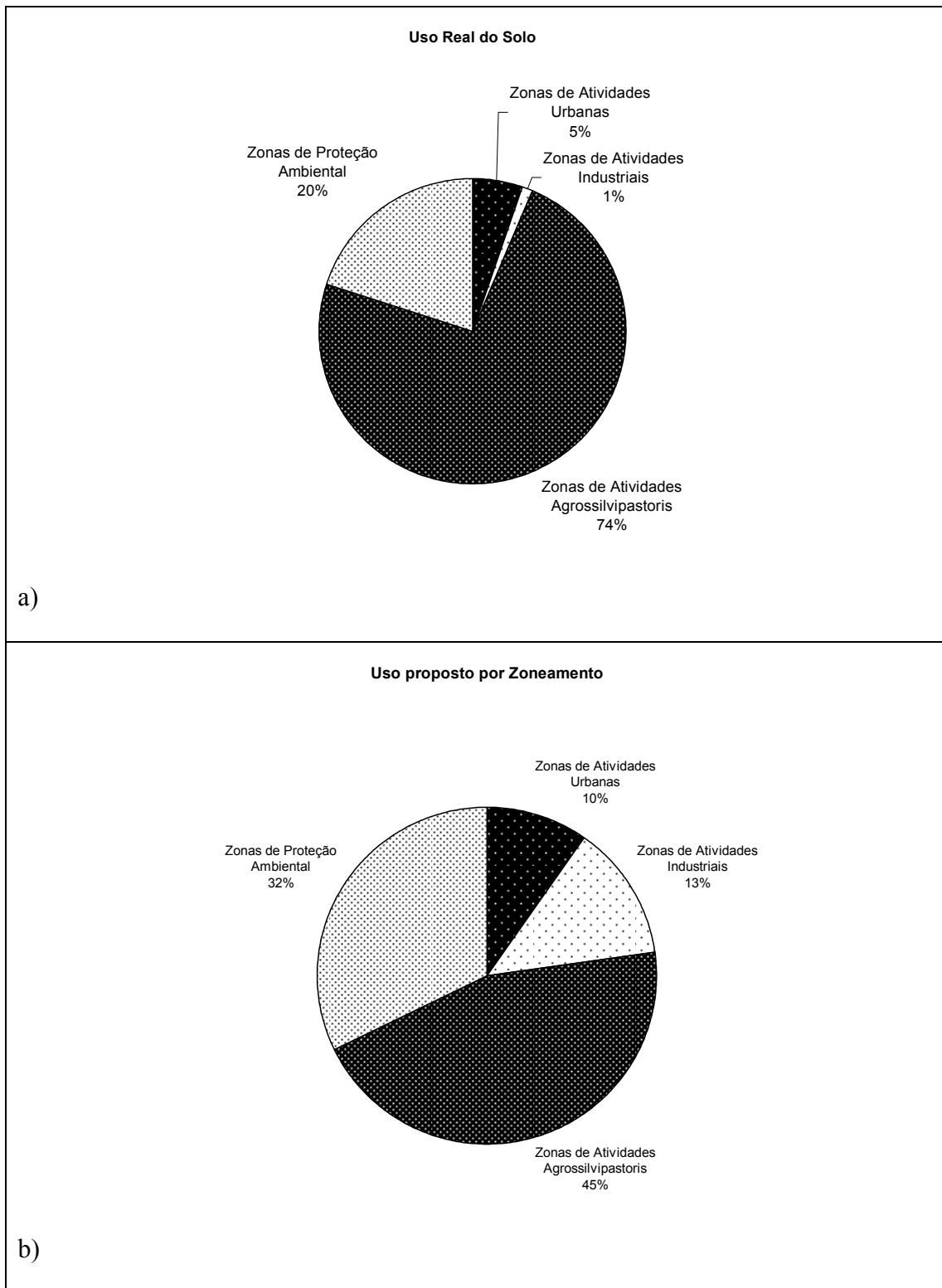


Figura 6.2 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a bacia hidrográfica do rio Bonito.

Analisando-se a Figura 6.3 e os Anexos XXVII e VIII (zoneamento e carta de uso e ocupação do solo 2002), vê-se que as áreas que seriam de proteção ambiental estão sendo ocupadas por atividades agrossilvipastoris (cana-de-açúcar e laranja), em sua maioria, contrariando o previsto em lei.

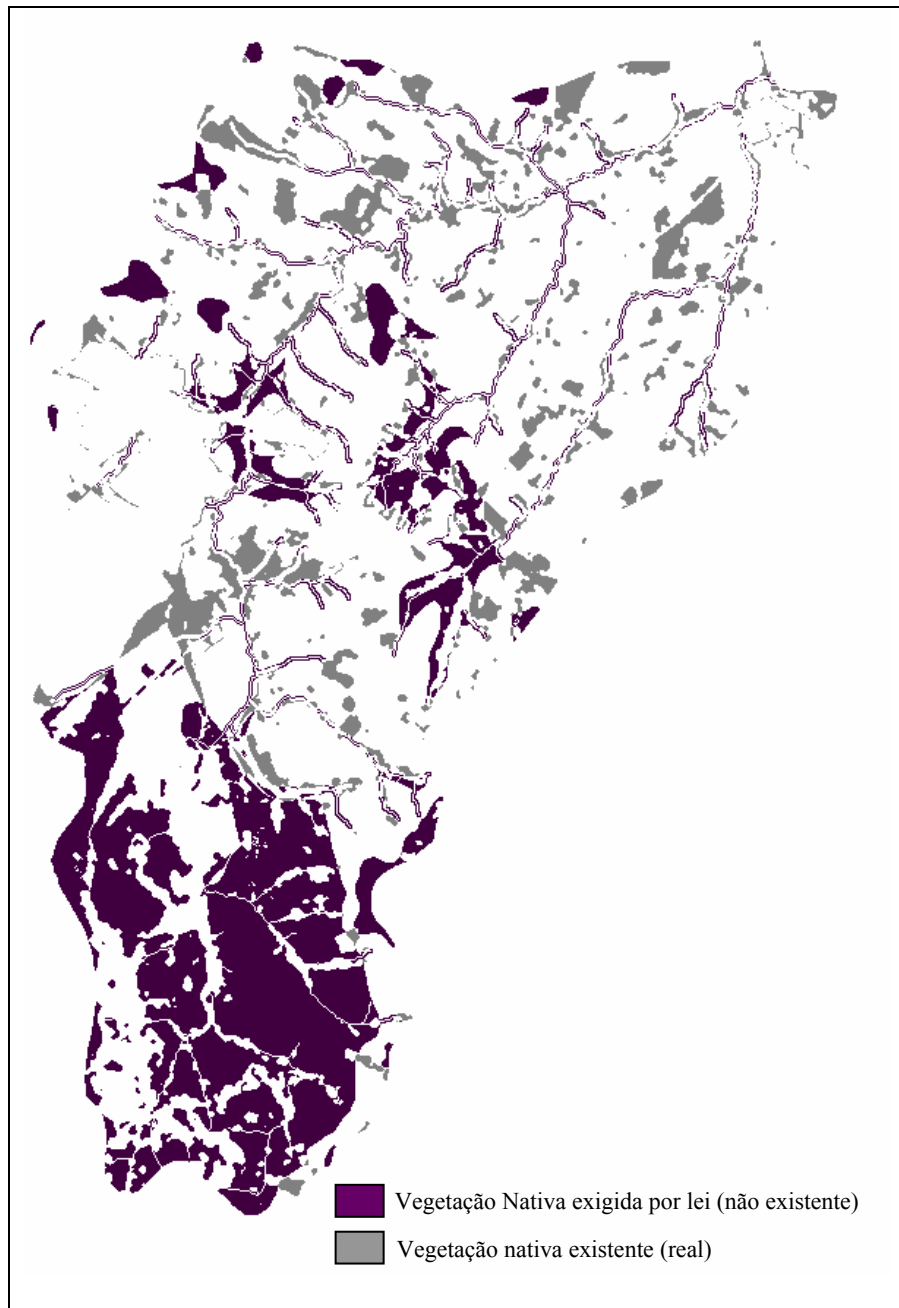


Figura 6.3 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na bacia do rio Bonito.

Em uma análise mais profunda, vê-se, no caso das sub-bacias, que a tendência real é o predomínio das atividades agrossilvipastoris seguidas pelas áreas de proteção ambiental.

No caso da sub-bacia Nascente (Figura 6.4), as áreas de proteção ambiental deveriam responder pela quase totalidade da área (89%), sendo observada no uso real, a predominância das atividades agrossilvipastoris. O fato preocupante a se considerar é o percentual de 16% de áreas de proteção ambiental observadas, o que expõe um uso do solo voltado para as atividades antrópicas, desconsiderando totalmente o fato de se tratar de uma área de manancial/nascente e as conseqüências para o ambiente como um todo, além do incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico em relação ao fenômeno da inundação (processos erosivos, assoreamento dos rios, entre outros). Esta taxa de ocupação de 89% seria inviável na atual conjuntura político-econômica da região, sendo necessário um melhor planejamento de uso das áreas da Bacia, visando o seu equilíbrio econômico-ambiental.

Conforme comentado anteriormente, apresenta-se na Figura 6.5, a diferença de localização das áreas de proteção ambiental reais e propostas pelo zoneamento, a qual se apresenta preocupante, principalmente para o fenômeno das inundações.

Além disso, observa-se um potencial de utilização das áreas desta sub-bacia (zoneamento proposto) por outras atividades (urbanas e industriais) sendo aproveitado pelas atividades agrossilvipastoris (Figura 6.6), devido, possivelmente, à falta de infra-estrutura e à distância aos eixos preferenciais de expansão urbana. Cabe

salientar que estes tipos de atividades/ usos necessitam de controle em sua expansão através de um planejamento das mesmas levando-se em conta todos os seus impactos.

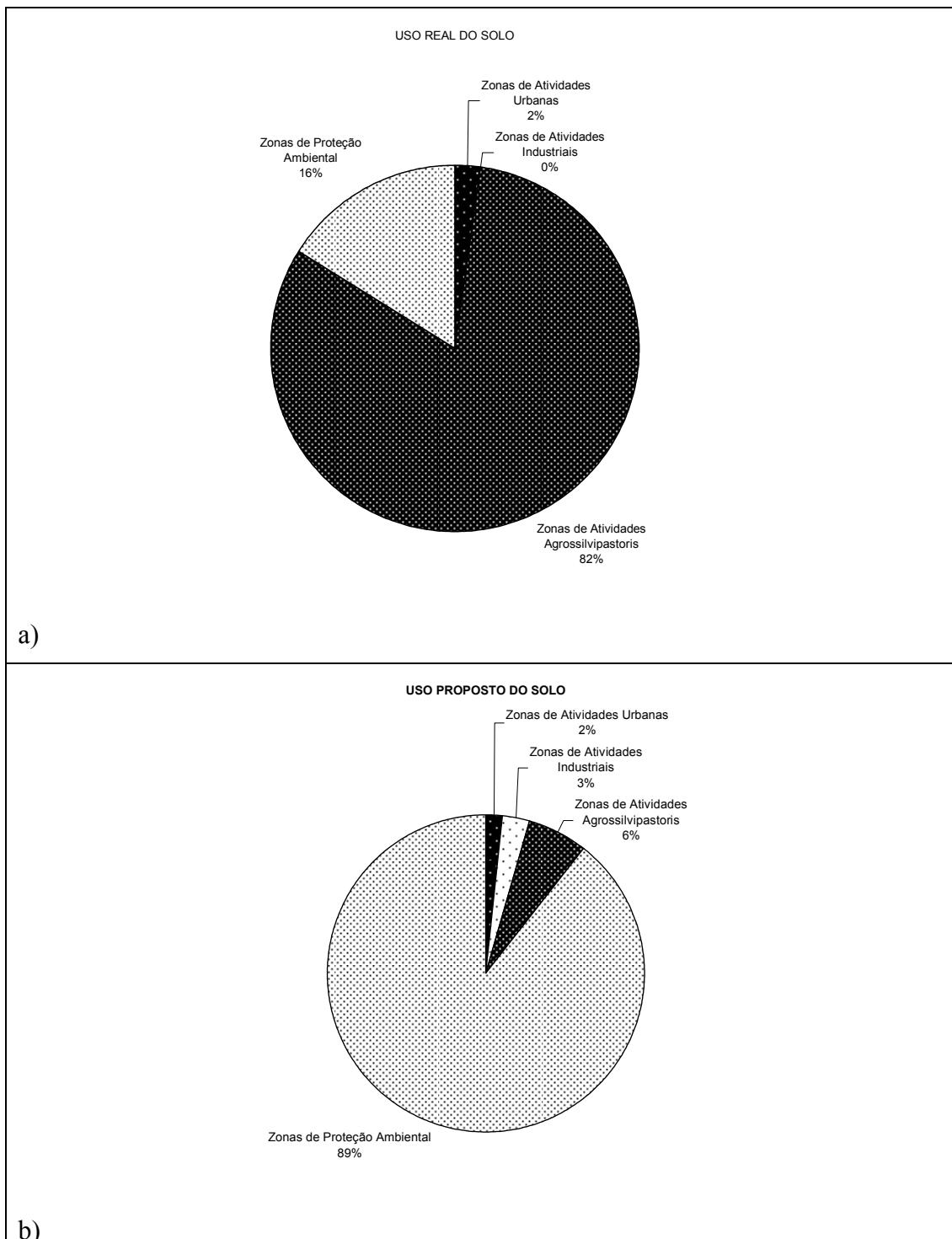


Figura 6.4 – a) Uso real do solo (em zonas), b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Nascente.



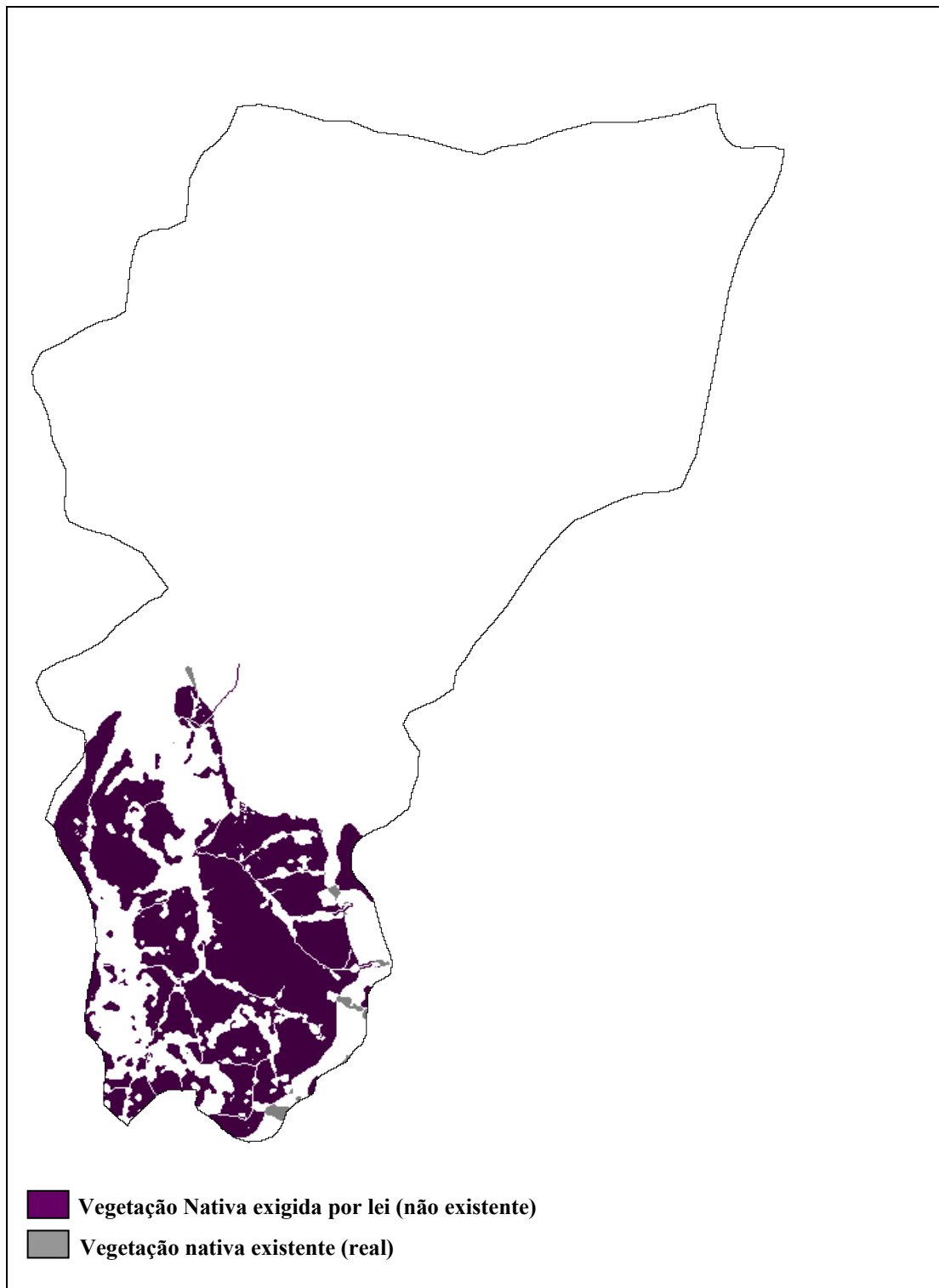


Figura 6.5 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Nascente.

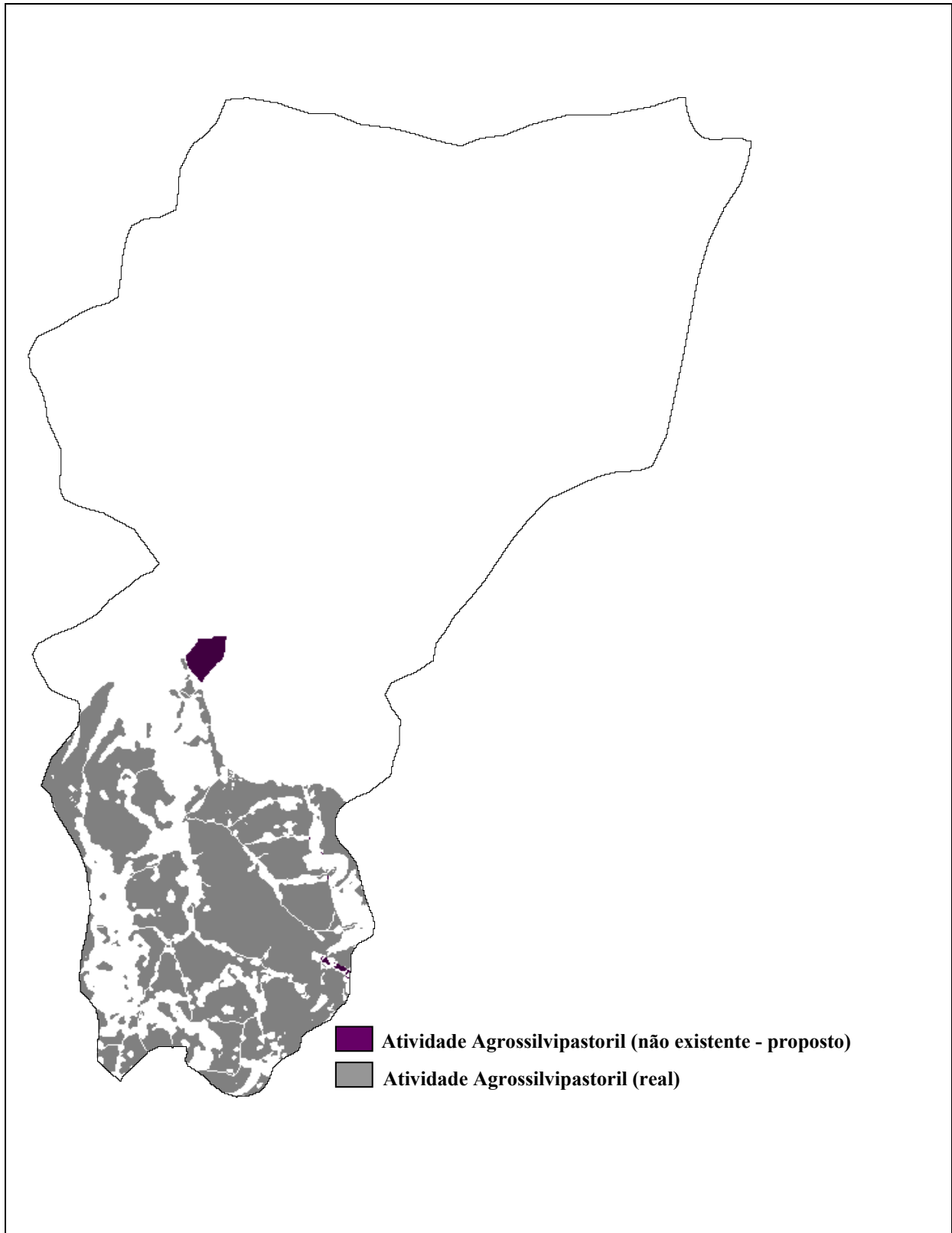


Figura 6.6 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Nascente.

Já a sub-bacia Rural (Figura 6.7), segue a tendência geral de predomínio das atividades agrossilvipastoris (84%) em detrimento de um possível uso por outras atividades. Conforme mencionado anteriormente, as áreas de proteção ambiental observadas se encontram em porcentagem e localização diferentes (Figura 6.8) das exigidas por lei (porcentagem exigida de 20% e existente 15%), o que corrobora com o exposto para a sub-bacia Nascente, ou seja, um possível incremento do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico em relação ao fenômeno da inundação (processos erosivos, assoreamento dos rios, entre outros) pela diminuição das áreas de proteção, as quais estão previstas na legislação visando à proteção do ambiente e das comunidades envolvidas.

Além disso, observa-se, novamente, um possível potencial de utilização das áreas desta sub-bacia (zoneamento proposto) para outras atividades sendo aproveitado pelas atividades agrossilvipastoris (Figura 6.9), devido aos problemas levantados anteriormente, não sendo observado nenhuma atividade urbana e a atividade industrial de mineração (1% da área). A atividade mineração necessita de controle em sua expansão através de um planejamento e fiscalização de seus impactos, exigindo-se, caso se faça necessário, medidas mitigadoras, visando à redução dos mesmos, principalmente no que tange aos processos diretos e indiretos que atuam sobre o fenômeno da inundação. Além disso, sua expansão se mostra inviabilizada apequeno e médio prazo, devido à limitação imposta pela legislação vigente.

Já no caso das atividades urbanas, vê-se que sua expansão sobre esta região se apresenta remota, principalmente por sua distância dos eixos preferenciais de expansão urbana e a dificuldade de inserção da infra-estrutura necessária, sendo

necessário, também, um planejamento desta ocupação, visando evitar problemas futuros de cunho ambiental (processos erosivos, inundações, entre outros).

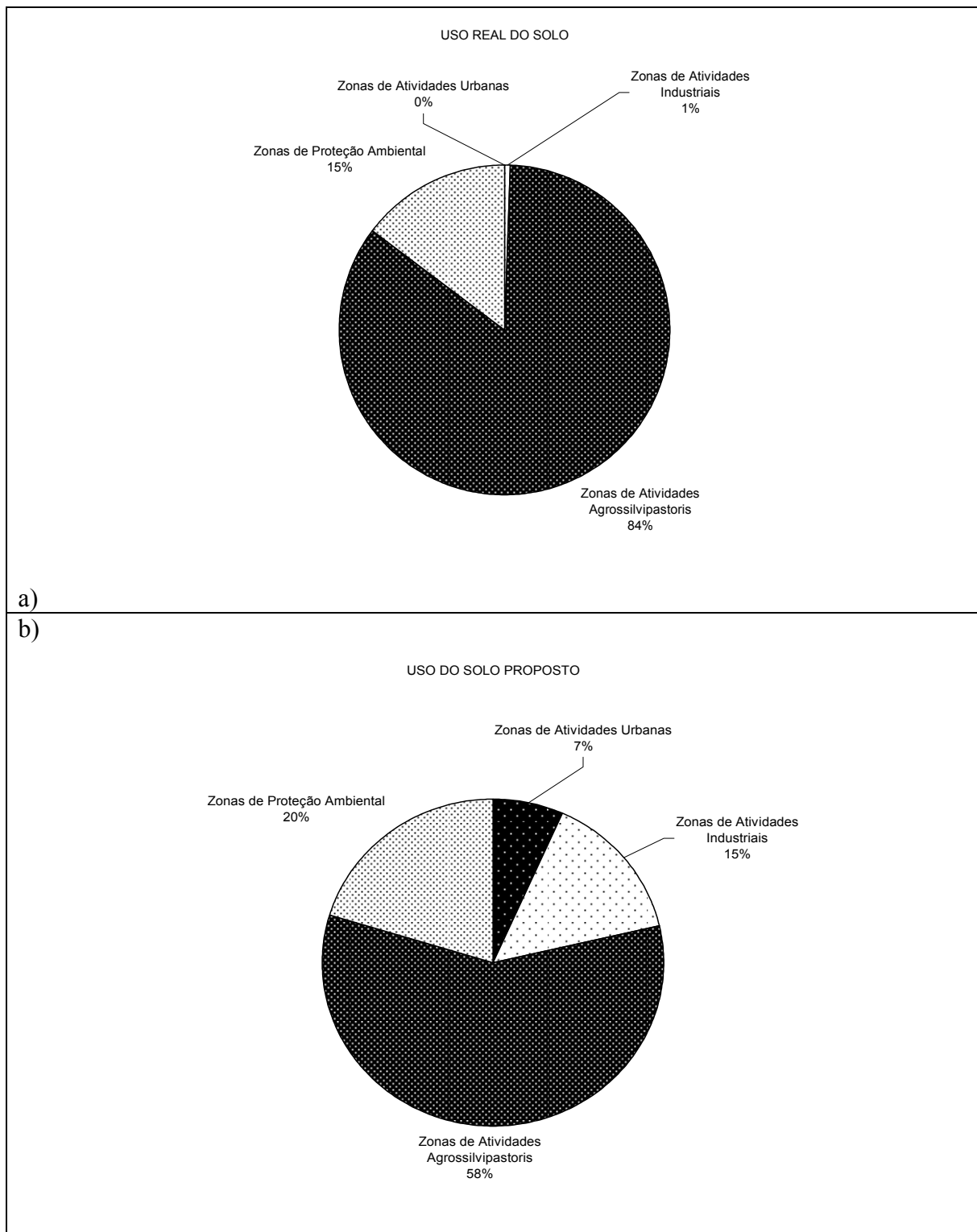


Figura 6.7 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Rural.

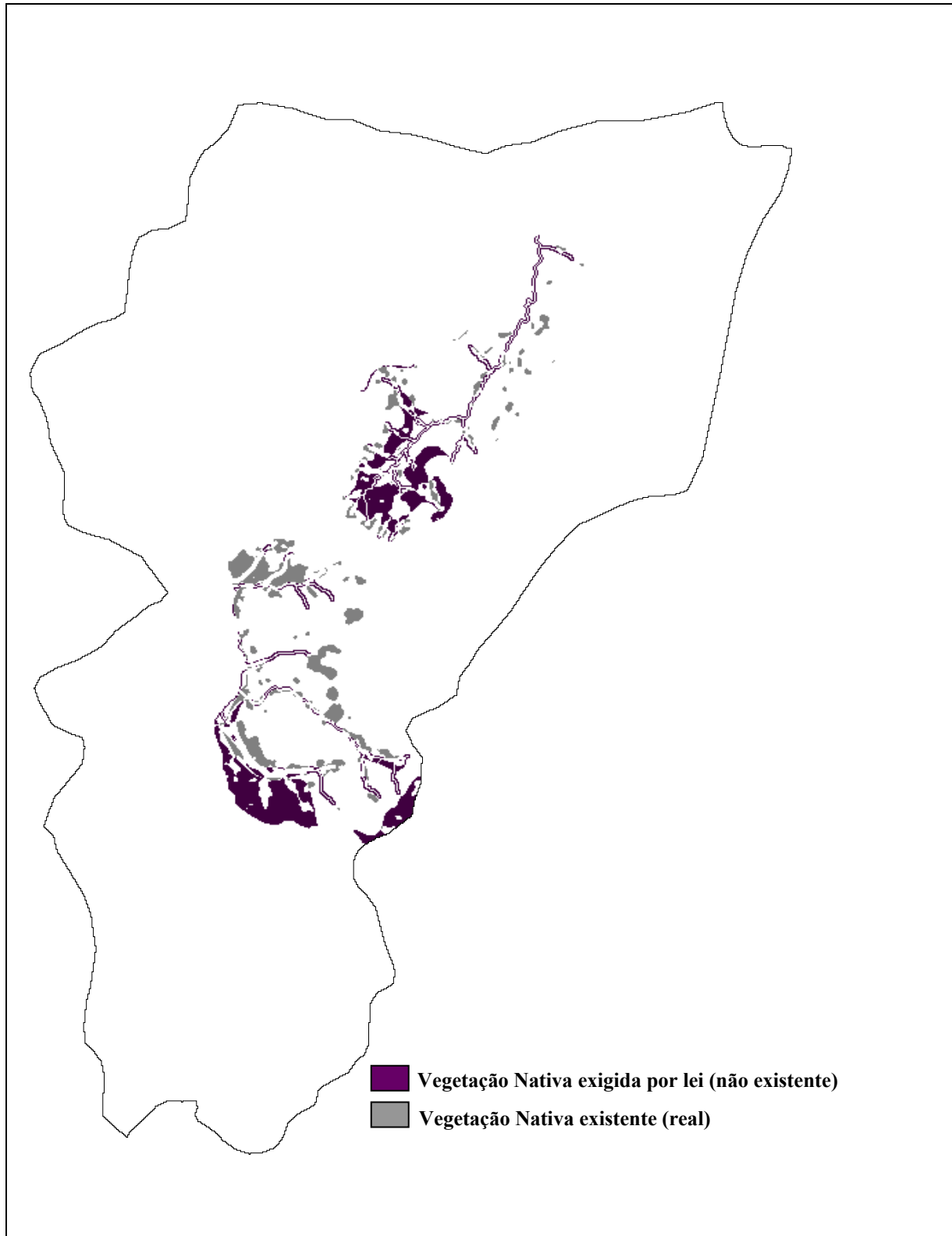


Figura 6.8 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Rural.



Figura 6.9 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Rural.

A sub-bacia urbano-minerária se apresenta com uso real mais próximo do zoneamento proposto (Figura 6.10). As atividades agrossilvipastoris se apresentam predominantes, sendo, entretanto, observado um potencial de utilização de áreas para as atividades urbanas e industriais (zoneamento proposto). Entretanto, no caso específico desta sub-bacia que se encontra no eixo preferencial de expansão urbana, a expansão destas atividades deve ser controlada e planejada, devido ao seu alto poder degradador, visto que uma ocupação/utilização desordenada pode resultar na utilização de áreas impróprias ao assentamento urbano, como o caso de áreas de inundação ou com relevo e geologia inadequado, causando sérios riscos à comunidade e aos ecossistemas envolvidos.

Em relação às áreas de proteção ambiental (Figura 6.11), estas devem ser mantidas e, se possível ampliadas visando o cumprimento da legislação vigente, principalmente as áreas de matas ciliares, as quais exercem função fundamental para a preservação do ecossistema aquático e para a conservação do meio físico, evitando problemas relacionados com o fenômeno da inundação.

No caso das atividades agrossilvipastoris (Figura 6.12), estas, como via de regra na bacia do rio Bonito, se mostram predominantes nesta sub-bacia, sendo possível a utilização de áreas por outras atividades, necessitando para tal, um incentivo, por parte do poder público, através da concepção e aprovação de um plano diretor que norteie e direcione a utilização do solo do município de Descalvado.

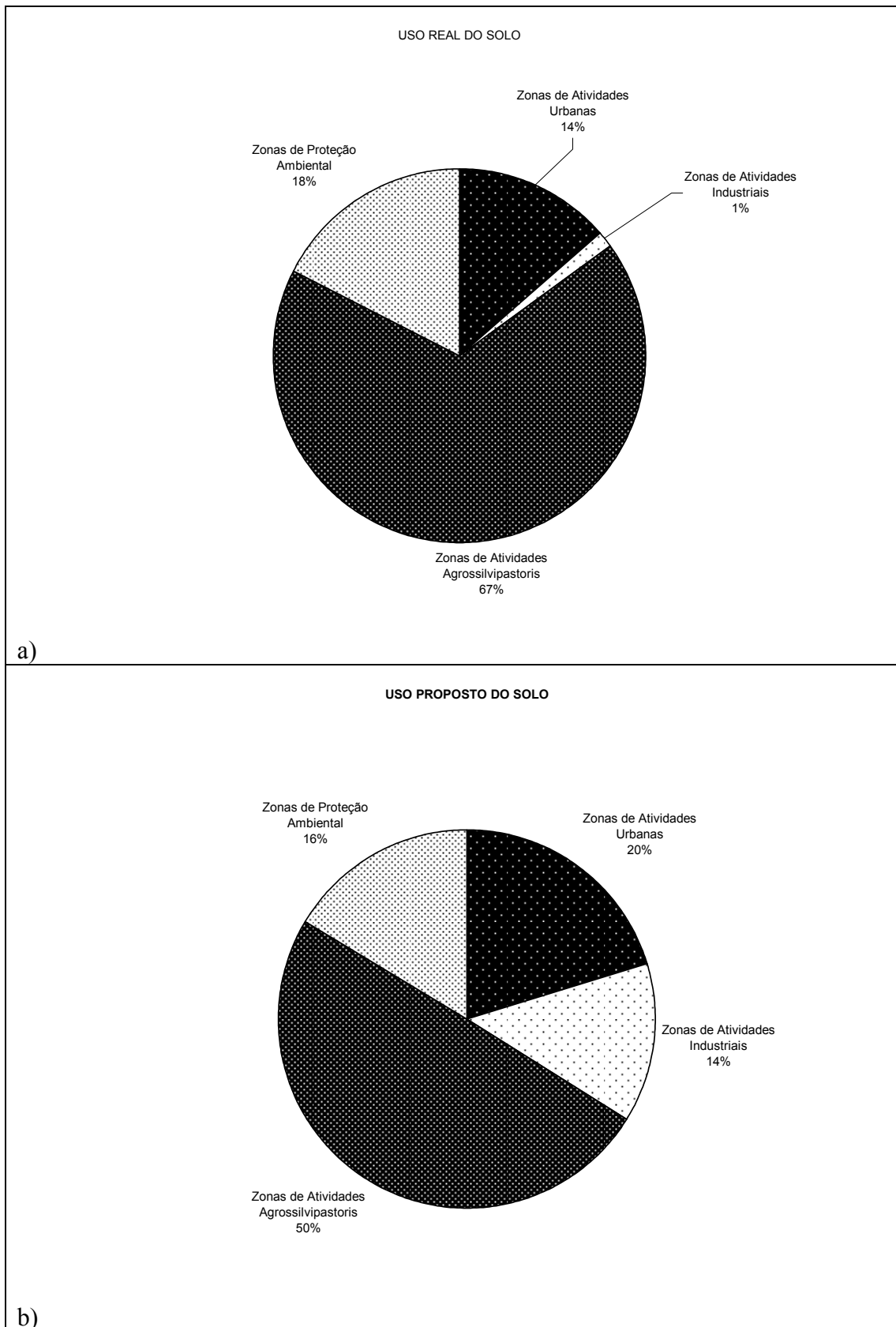


Figura 6.10 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Urbano-minerária.



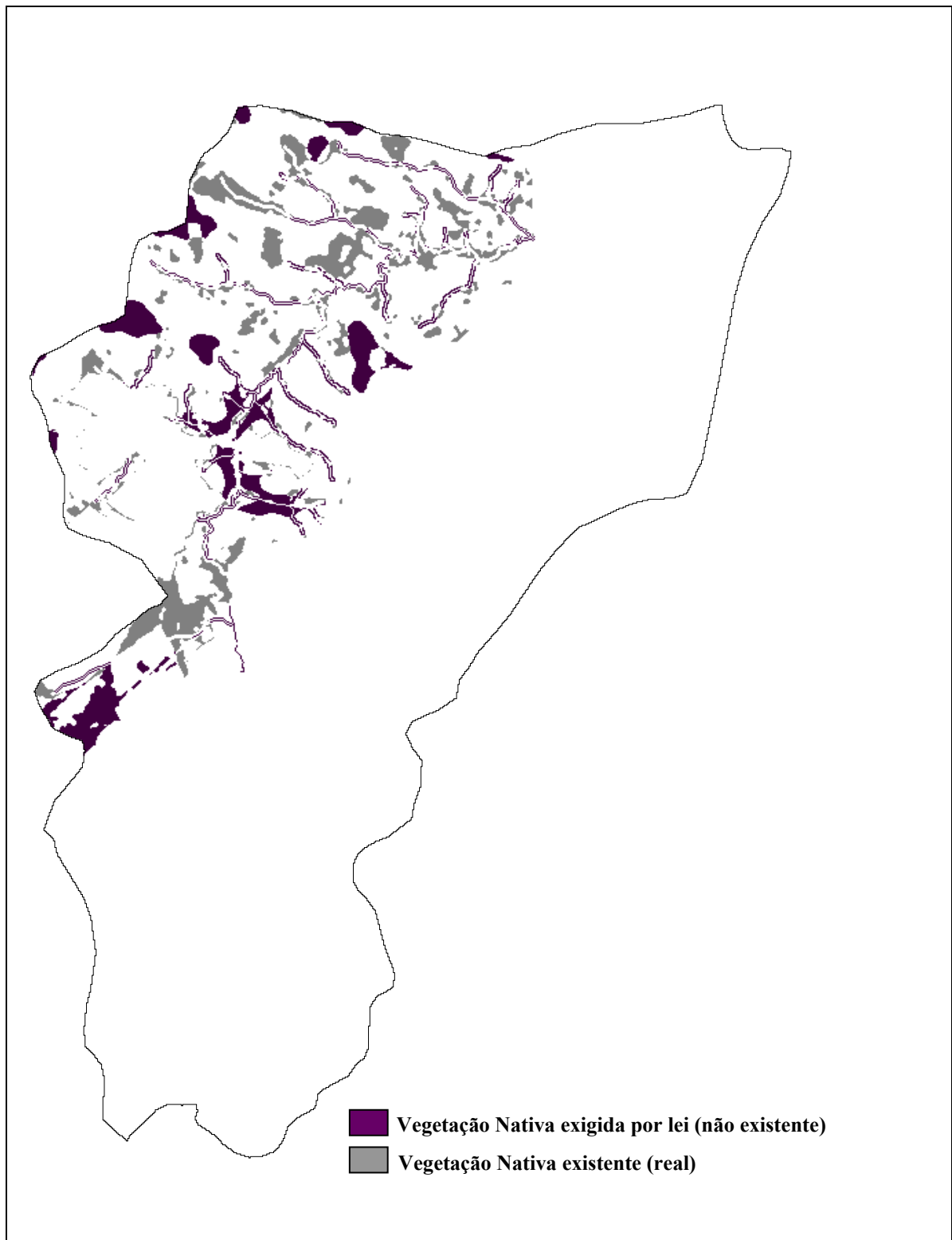


Figura 6.11 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Urbano-minerária.

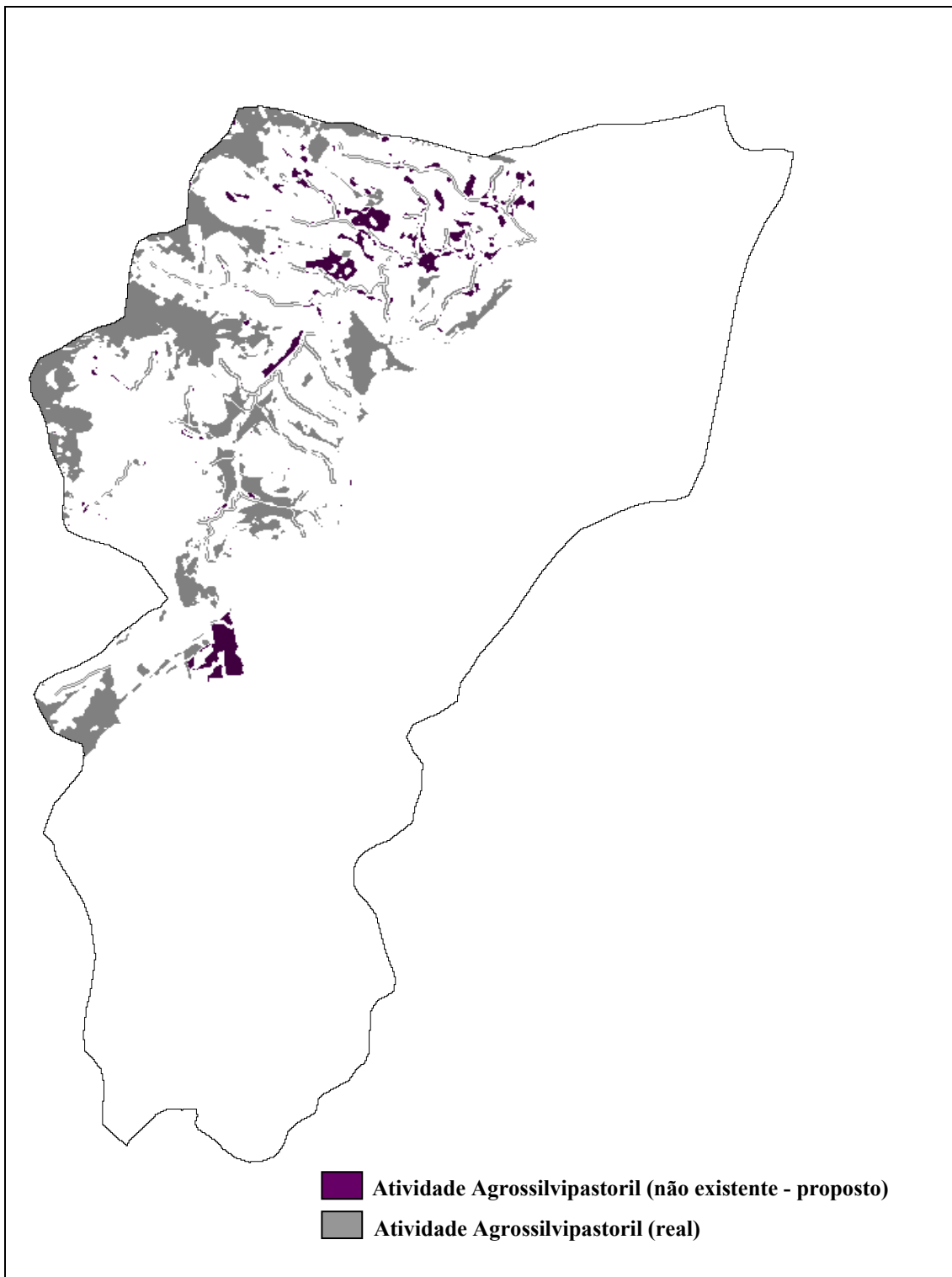


Figura 6.12 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Urbano-minerária.

Por fim, no caso da sub-bacia Exutório, esta apresenta um potencial de utilização de áreas das atividades urbanas e industriais sendo aproveitado pelas atividades agrossilvipastoris (Figura 6.13). As áreas de proteção ambiental (Figura 6.14) se apresentam expressivas em área, mas não compreendendo o exigido por lei, sendo necessária sua ampliação, principalmente visando à proteção dos corpos d'água (matas ciliares) e dos ecossistemas envolvidos. A Figura 6.15 mostra demonstra a utilização da área pelas atividades agrossilvipastoris existentes em relação ao proposto.

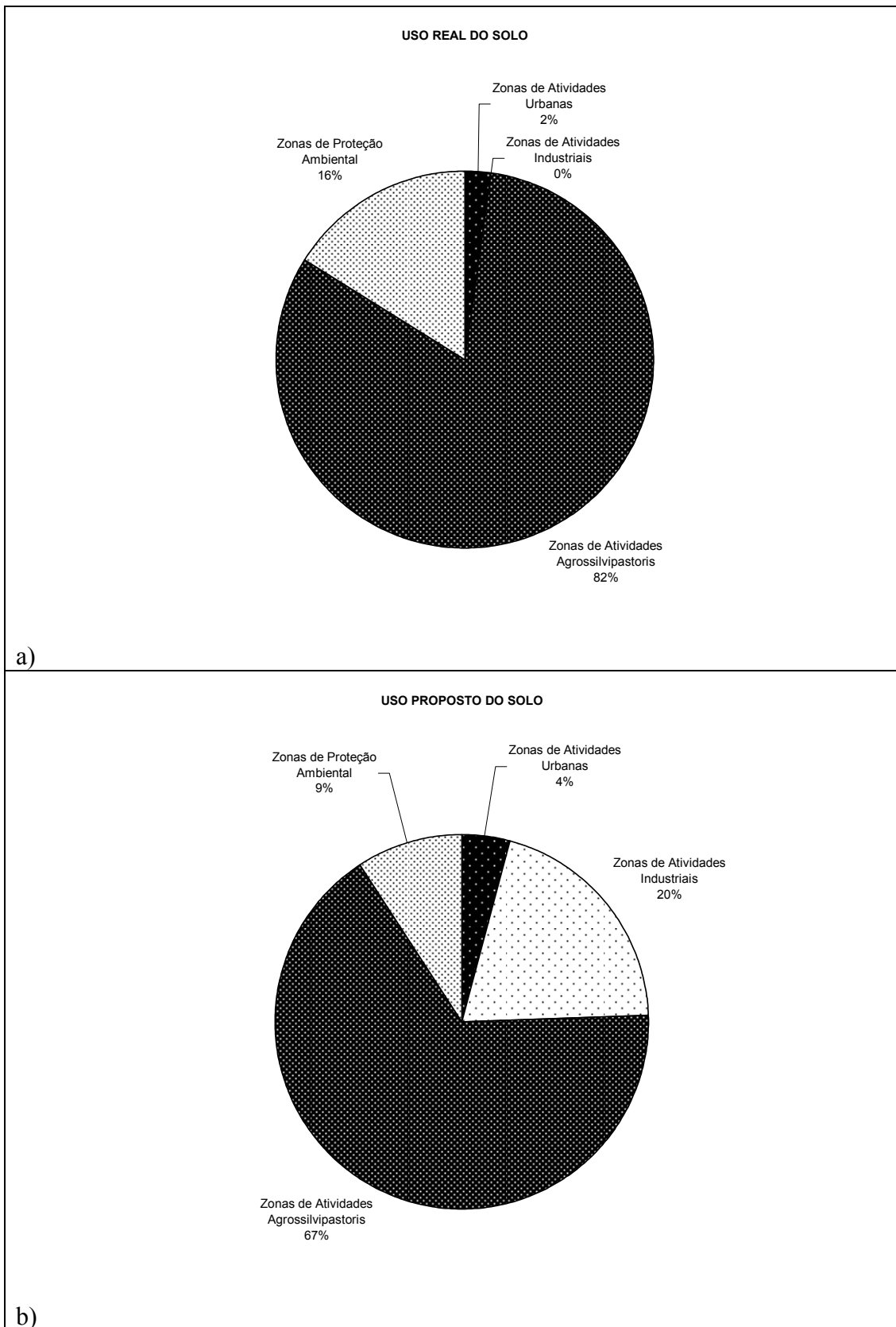


Figura 6.13 – a) Uso real do solo (em zonas). b) Uso proposto no zoneamento para a sub-bacia Exutório.

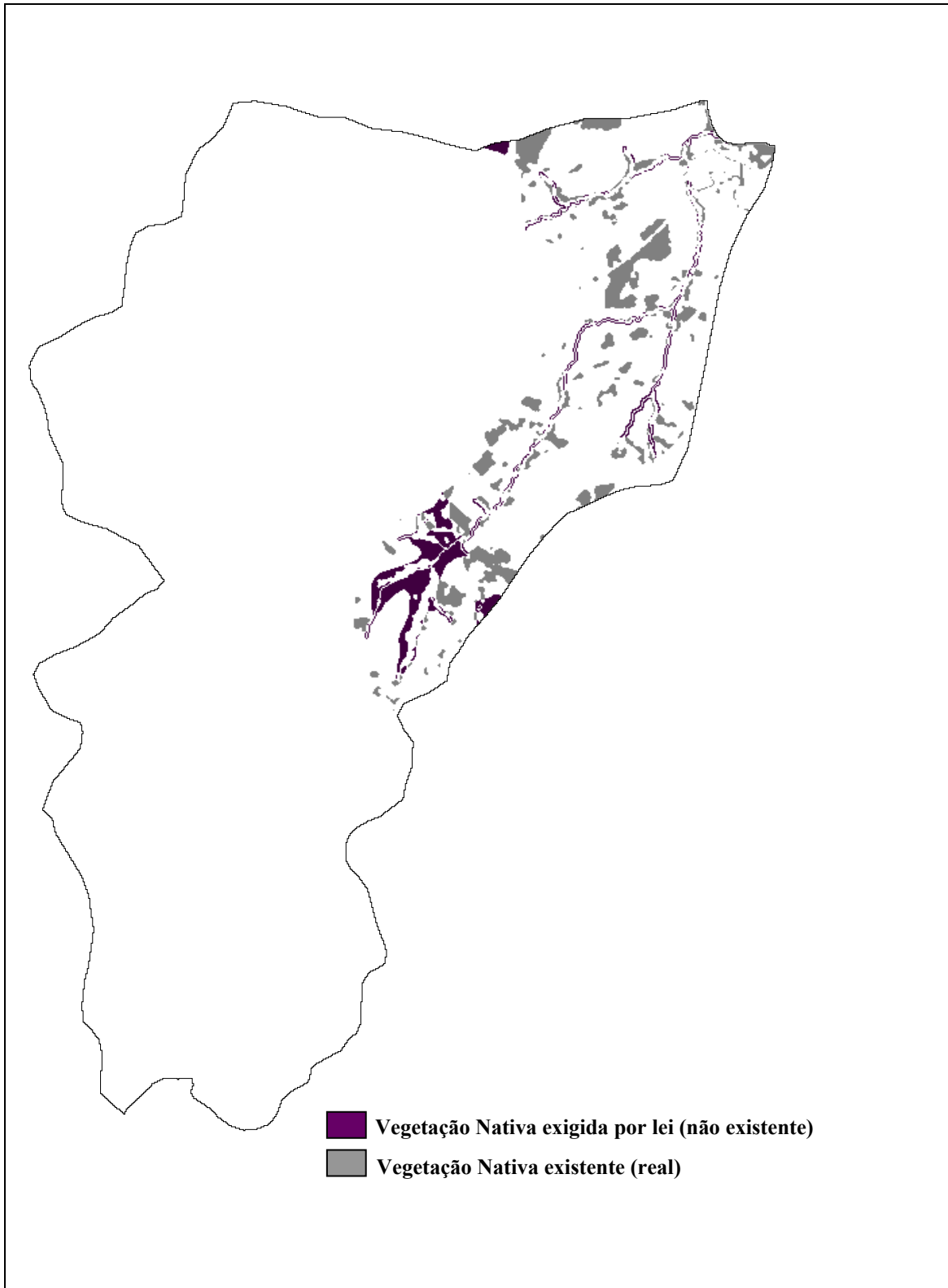


Figura 6.14 – Diferença de localização da vegetação nativa exigida por lei e da existente na sub-bacia Exutório.

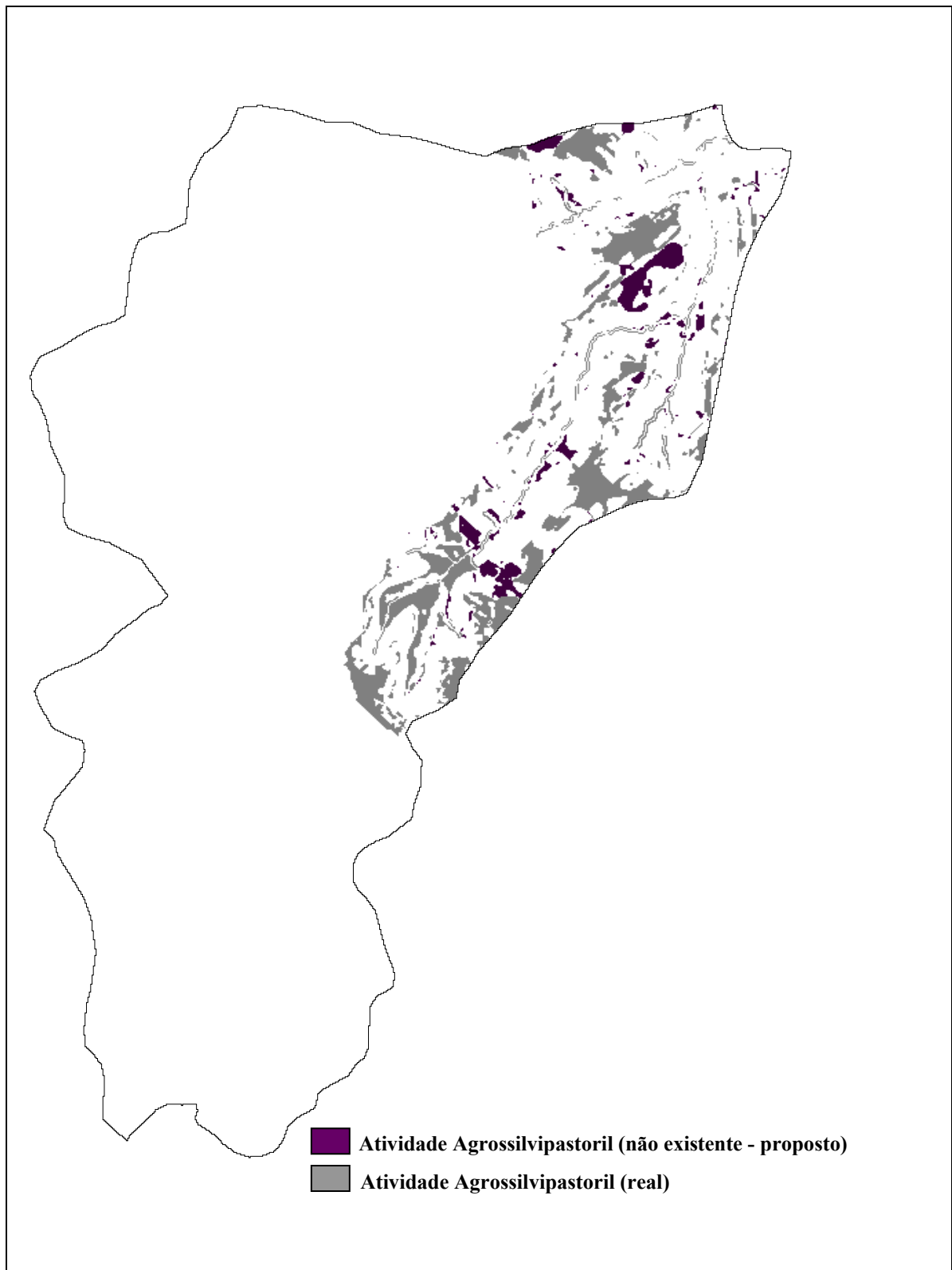


Figura 6.15 – Diferença de uso das atividades agrossilvipastoris real e proposto na sub-bacia Exutório.

O predomínio das atividades agrossilvipastoris, principalmente as culturas de cana-de-açúcar e laranja – 45% da área da bacia, não se apresenta salutar, tanto se levando em conta o potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico em função da inundação, como em relação ao planejamento de seu uso e ocupação, visto que este predomínio dificulta a atuação dos órgãos governamentais de controle e fiscalização, pois as questões econômicas e sociais se colocam centralizadas na força econômica, política e social dessas atividades. Desta forma, um possível desenvolvimento de outras atividades se mostra prejudicado a curto e médio prazo.

As áreas de proteção ambiental reais se encontram centralizadas ou pulverizadas, em sua grande maioria, em áreas diferentes das necessárias ao cumprimento da legislação ambiental vigente, evidenciando a necessidade de uma fiscalização mais ativa e atuante no sentido de se fazer cumprir a lei e resguardar os nossos recursos naturais para as gerações futuras.

O zoneamento proposto por este trabalho tomou por base de trabalho, dados, cartas e estudo preliminares que devem e podem ser aprimorados. As deficiências metodológicas e operacionais destes estudos devem ser colocadas, não desmerecendo, contudo, a validade destes trabalhos preliminares cujo intuito é subsidiar trabalhos direcionados aos problemas já levantados e direcionar os recursos, já tão escassos, às áreas de maior risco tanto no aspecto ambiental, como no aspecto sócio-econômico.

Analisando-se o exposto, o zoneamento conceitual proposto, juntamente com outros estudos realizados na região (FERES, 2002 e MORAES, 2003), pode servir de ponto de partida para a execução de um plano diretor para o município de Descalvado que tenha como objetivo a utilização racional do solo, a

preservação dos recursos naturais existentes na região e a melhoria concreta qualidade de vida das comunidades.



## 7. Conclusões e Recomendações

### 7.1. Considerações Gerais

Analisando-se os resultados obtidos, observa-se, de uma maneira geral, que a bacia hidrográfica do rio Bonito apresentou uma profunda alteração em seu uso e ocupação, principalmente com a inserção das atividades dos setores sucroalcooleiro e cítrico.

A diminuição expressiva de outros tipos de culturas como o café, o milho, a soja e o sorgo de 15,42% (1971) para 1,37% (2002) e das pastagens (de 43,30% para 19,06%) demonstram a mudança da estrutura agrária e econômica da região, que está sendo direcionada para o atendimento da atividade sucroalcooleira e cítrica (que responde por 45,53% da área da bacia em 2002), que se apresentam, atualmente, como uma das grandes forças econômicas da região. Cabe ressaltar que este crescimento se fez através das exportações do setor cítrico e da expansão do setor sucroalcooleiro, principalmente após a criação do PROALCOOL.

A expansão das áreas urbanas, observada no período estudado, demonstra o potencial de crescimento econômico da região, pois as mesmas se apresentam acrescidas em aproximadamente seis vezes (1,79 para 11,82 km<sup>2</sup>). Isto corrobora com os dados citados anteriormente, segundo os quais a região do município de Descalvado é considerada uma das mais produtivas do Estado de São Paulo, pois apresenta como base de sua economia a agropecuária (onde se destacam os setores de avicultura), as culturas de laranja e cana-de-açúcar, e a pecuária. Além disso, o setor secundário contribui significativamente para a geração de renda do município e compõe-se de um parque industrial considerado ainda jovem, com

empresas instaladas a partir da década de 80, onde se destacam as atividades de extração de areia, produção de álcool e açúcar e de produtos alimentícios.

Em relação ao potencial para a expansão urbana, segundo Moraes (2003), apesar de 45% da área de estudo apresentar aptidão favorável ao assentamento urbano, apenas 5% possui um alto potencial, considerando-se as características das áreas de entorno aos vetores de expansão identificados até o presente momento.

Já o setor terciário tem crescido nos últimos anos, através das micro e pequenas empresas de administração familiar. Com uma produção mensal de 3,5 milhões de aves, Descalvado é conhecida como a "Capital do Frango de Corte", cujo faturamento ultrapassa a soma das demais atividades agrícolas do município. A avicultura local domina todas as fases do seu processo produtivo, desde a postura de ovos férteis até o beneficiamento do frango abatido.

Analisando-se as áreas de vegetação nativa (matas ciliares, cerrado, cerradão e matas mesófilas) da região, observa-se, com grande preocupação, a sua redução expressiva de 39,68% (sendo a perda real das áreas originais existentes em 1971 de 69,39%). Esta redução apresenta-se ligada à expansão das culturas de cana-de-açúcar e laranja, e das áreas urbanas observadas na região. Esta expansão se deu de forma não planejada, atingindo indiscriminadamente todos os biomas da região, sem a preocupação da conservação do equilíbrio dos ecossistemas presentes, principalmente nas áreas marginais aos rios.

A vegetação nativa da área de estudo encontra-se extremamente fragmentada e sob forte pressão exercida pelas atividades antrópicas. Apesar dos fragmentos florestais e dos sítios naturais abrangerem pequenas extensões da bacia, encontrando-se isolados por atividades agrícolas, a importância de sua manutenção

deve ser evidenciada. A baixa ocorrência de remanescentes de vegetação contínua na porção nordeste do Estado de São Paulo reforça a necessidade de proteção dos remanescentes de vegetação nativa.

Já as áreas de pastagem, analogamente às outras áreas, apresentaram drástica redução no período estudado (55,97%), o que reforça a alteração da estrutura agrária da região da bacia do rio Bonito, evidenciada pelo grande crescimento nas áreas de cana-de-açúcar e laranja.

No que tange as áreas de mineração, estas se apresentam em expansão (aumento de 196,34%) na região, o que resulta em certa preocupação em relação à questão ambiental devido aos impactos causados por esta atividade.

O Rio Bonito e seus afluentes representam uma fonte de abastecimento de fundamental importância para as áreas de concentração industrial, terras agrícolas e zonas urbanas da bacia, principalmente para a cidade de Descalvado, logo sua proteção requer uma atenção especial, assim como o manejo dos recursos hídricos subterrâneos deve ser focado dentro de um programa de utilização racional, uma vez que constituem uma alternativa segura para o abastecimento de água local e regional.

Observa-se, através da comparação da hidrografia da região no período de estudo, uma alteração no leito do rio Bonito próxima as áreas de mineração, talvez devida à exploração excessiva da areia, além da utilização de uma grande quantidade de água no processo de extração (evidenciada pela existência de uma barragem próxima a uma das minerações). Além disso, há a preocupação com o agravamento do processo erosivo e de assoreamento do leito do rio Bonito, advindo do risco inerente provocado por esta atividade econômica.

Já as áreas de reflorestamento cresceram 55,61% no período analisado, indicando uma certa expansão, principalmente devido a necessidade de aumento das áreas devido ao correspondente aumento no consumo de papel e celulose, e a proximidade da região com indústrias do setor.

As culturas de cana-de-açúcar e laranja correspondem a aproximadamente 46% da área da bacia do rio Bonito e representam atualmente a grande atividade em expansão na região. Caso a tendência atual não se modifique, estas culturas tendem a agregar cada vez mais áreas de outros tipos de uso de solo, o que se apresenta um fato preocupante no que tange ao equilíbrio do uso e ocupação do solo e do ambiente.

Em relação à distribuição espacial do potencial de contribuição dos parâmetros do meio físico em relação ao fenômeno da inundação, vê-se claramente um incremento nas classes de maior risco e das áreas não consideradas (áreas urbanas), o que indica a mudança da atividade agrária e do uso e ocupação do solo na região, consubstanciada pela inserção da cana-de-açúcar e da laranja, e pela expansão das áreas urbanas. A inserção destas culturas claramente ampliou as classes de potencial mais críticas, principalmente na substituição das áreas com vegetação nativa.

Analisando-se o comportamento destas culturas em relação ao potencial de contribuição, observa-se que a substituição das áreas de vegetação nativa e outras culturas representaram, em uma análise geral, um incremento significativo nas classes de potencial mais críticas, ampliando a possibilidade de ocorrência de problemas relacionados com o fenômeno da inundação. Entretanto, quando se

analisam as áreas de pastagem, vêem-se um efeito contrário, com a diminuição do potencial das classes mais críticas e um incremento das classes menos críticas.

No caso das atividades minerárias, estas se apresentam direcionadas ao incremento dos potenciais de contribuição para as classes mais críticas, consubstanciando o alto potencial de risco destas atividades para o equilíbrio sócio-ambiental da região, visto que a substituição de áreas de vegetação nativa e de pastagens resultou em um expressivo incremento destas classes.

Quanto às áreas de reflorestamento, o incremento das mesmas resultou em um incremento de classes intermediárias e uma redução da classe mais crítica, o que sugere uma melhora no potencial em relação à substituição de alguns usos pelo reflorestamento.

## 7.2. Discussão e Conclusão

A alteração agrária e das áreas urbanas acarretaram conseqüências que influenciaram direta ou indiretamente o fenômeno da inundação, principalmente no que tange aos parâmetros do meio físico. Problemas relacionados ao incremento do escoamento superficial (supressão da mata ciliar e vegetação nativa), assoreamento dos corpos d'água (atividades minerárias e má utilização do solo) e processos erosivos (má utilização do solo e atividades minerárias) se mostram presentes na área da bacia do rio Bonito. Segundo Moraes (2003), a análise de sólidos, principalmente sólidos suspensos totais, realizados por Fonseca (2002), demonstra que a ação predadora das mineradoras se mostra diretamente relacionada com a degradação ambiental, visto que o impacto da erosão do solo provocado por esta atividade tem provocado o assoreamento dos rios e diminuído consideravelmente a altura da lâmina d'água, fato este de fundamental gravidade para a questão das inundações.

Concomitantemente à alteração agrária e a atividade mineradora, a expansão das áreas urbanas sem nenhum planejamento ou controle por parte do Poder Público, o que resultou em um avanço descontrolado sobre as áreas de grande importância para o ambiente como um todo e, particularmente, para áreas sujeitas à inundação, como os terrenos do Quaternário.

A redução drástica das áreas de vegetação nativa (69,39%), destacando-se as matas ciliares, se apresenta como fator degradante para a qualidade do ambiente, bem como para a conservação das características naturais do meio físico, fundamentais na análise do fenômeno das inundações. A substituição destas áreas, de uma maneira geral, pelas culturas de cana-de-açúcar e de laranja, reduziram sobremaneira a capacidade natural de infiltração e a cobertura vegetal que protegia o solo, auxiliaram no incremento do escoamento superficial (evidenciado pela existência de vários lagos de contenção) e de processos erosivos (Feres, 2002), e retiraram as matas ciliares das margens dos rios, estas de suma importância para o meio físico e para os sistemas aquáticos, aumentando potencialmente a possibilidade de fenômenos de inundação a médio e longo prazo.

Analisando-se a substituição dos demais tipos de culturas por cana-de-açúcar e laranja, observa-se um incremento do potencial de contribuição em relação ao fenômeno da inundação em alguns casos e uma redução em outros, dependendo do tipo de cultura substituído. Esta substituição corrobora com a análise do desenvolvimento regional da bacia através do período analisado, onde estas culturas se beneficiaram de programas de governo e do aumento das exportações, na qual as mesmas se apresentam como principais insumos da produção industrial da região. No caso específico das áreas de pastagem, cabe como mais um exemplo da mudança da

estrutura agrária da região (pecuária para monoculturas) demonstrando o predomínio dos setores sucroalcooleiros e de sucos cítricos na região.

Em uma análise geral, a substituição do “mix” de produtos por apenas dois se apresenta um processo prejudicial ao solo, podendo resultar, com o passar do tempo, em problemas de fertilidade. Analisando-se pelo lado econômico, este predomínio acaba gerando distorções sociais (caso dos bóias-frias) e econômicas (monopólio de preços) por parte das indústrias que manipulam estas matérias-primas.

No caso das áreas exploradas pelas atividades minerárias, estas se apresentam em expansão no período analisado. Entretanto, deve-se controlar tal expansão, especialmente pelo alto poder degradador desta atividade sobre o ambiente, pois além de consumir um recurso natural (areia), utiliza-se de outro como insumo (água). De uma maneira geral, se analisarmos esta atividade em um panorama global, se mostra estarrecedor o grande impacto acusado por esta atividade sobre o ambiente e o meio físico, haja vista a alteração do leito do rio observada no período analisado. Enfocando-se especificamente o fenômeno da inundação, esta atividade pode agravar os problemas relacionados com o assoreamento dos corpos d’água, além de favorecer os processos erosivos.

Ao se observar os resultados obtidos em relação ao potencial de contribuição, observa-se um incremento significativo nas classes mais altas no período analisado, sinalizando a necessidade de um controle maior do uso e ocupação do solo na região, no intuito de assegurar a inexistência de fatores que possam influir sobre o fenômeno da inundação. Relacionando-se este fato com as áreas de proteção ambiental previstas pela legislação vigente, conclui-se, infelizmente, que o predomínio das atividades antrópicas sobre as questões ambientais se apresenta muito

forte, apesar de vários e vários estudos vinculado pela mídia sobre a importância da preservação e conservação ambiental nos diversos processos que envolvem o ambiente, especialmente, no caso deste estudo, o fenômeno da inundação.

A respeito da legislação ambiental, verifica-se que formações importantes para a conservação da biodiversidade, como por exemplo, o cerrado, não encontram respaldo legal suficiente para sua efetiva proteção e que apesar da existência de elementos naturais de relevante interesse regional, os mecanismos de proteção disponíveis não têm garantido a proteção integral dos ecossistemas locais e dos recursos naturais.

O relevo observado na sub-bacia Nascente (área da Cuesta) se apresenta favorável ao escoamento superficial devido à presença de materiais inconsolidados rasos e rochas pouco permeáveis, além de declividades acentuadas. Junta-se a isso, a seção transversal estreita observada no trecho até a montante da Mineração Jundu.

Após a Mineração Jundu, observa-se o alargamento da seção transversal e o estreitamento da seção transversal até a cidade de Descalvado, o que pode ocasionar um represamento das águas do rio Bonito neste trecho e um possível aumento progressivo da lâmina d'água podendo atingir, em casos de chuvas intensas, o transbordamento.

A partir da seção Descalvado, observa-se um certo alargamento da seção transversal chegando ao máximo de sua calha na seção sítio Santo Antônio (aproximadamente 250 metros). Ao se aproximar do exutório da bacia do rio Bonito, a calha apresenta estrangulamento progressivo passando de 250 metros para 12 metros,



o que favorece ao acúmulo das águas e possível transbordamento (várias vezes observado nesta área).

Em relação ao uso do solo da Bacia, observa-se que o uso preponderante observado na sub-bacia Nascente são as atividades agrossilvipastoris (cana-de-açúcar e laranja) e vegetação nativa, o que pode, em certos pontos, favorecer ao escoamento superficial (cana-de-açúcar e laranja) e à infiltração nas áreas de mata e cerrado. Entretanto, não se pode esquecer as altas declividades observadas em áreas desta sub-bacia e a estreita calha do rio Bonito.

Já a sub-bacia Rural, basicamente agrária, favorece ao escoamento superficial, visto a existência de poucos remanescentes de vegetação nativa e a intensificação do uso do solo para as culturas de cana-de-açúcar e laranja.

A sub-bacia urbano-minerária apresenta a maior diversidade de usos, principalmente a área urbana de Descalvado e atividades minerárias, atividades estas altamente degradadoras, o que favorece o escoamento superficial, a diminuição da calha útil do rio (assoreamento) e a impermeabilização do solo, fatores fundamentais ao processo de inundação. Além disso, conforme visto anteriormente, as seções transversais presentes nesta sub-bacia apresentam estreitamento até a “Seção Descalvado”, o que pode acarretar, juntamente com os fatores listados, no represamento das águas, no aumento da vazão de pico e conseqüente aumento da lâmina d’água, podendo ocasionar transbordamentos.

Finalmente, a sub-bacia exutório, onde se observa o uso intensivo de áreas de cultivo de laranja e cana-de-açúcar, além de pastagens, culturas estas que podem favorecer ao escoamento superficial, tem-se um alargamento da seção transversal chegando-se ao máximo de sua calha e, a partir daí, um estreitamento

progressivo até seu exutório na cidade de Porto Ferreira, onde já se observam transbordamentos regulares nas áreas de várzea do rio Bonito, atingindo a população residente.

Segundo Moraes (2003), a área urbana construída tem avançado sobre as colinas e as formações Pirassununga, Pirambóia e Corumbataí e, inclusive, em direção às áreas sujeitas à inundação, como os terrenos do Quaternário. Observa-se 3 eixos principais de crescimento para a cidade de Descalvado: leste (em direção as nascentes do Córrego do Paiolzinho), oeste (em direção ao limites da bacia hidrográfica do rio Bonito) e sul (em direção à SP - 215). Quanto à cidade de Porto Ferreira, observa-se um crescimento no sentido oeste, em direção às várzeas dos rios Bonito e Areia Branca.

Como a cidade de Descalvado se encontra totalmente dentro da bacia do rio Bonito e levando-se em conta a impermeabilização do solo e sua localização geográfica sobre um dos afluentes do rio Bonito – Córrego do Rosário – em um relevo de colinas (predominando declividades entre 10 e 15%) juntamente com o canal desse córrego em forma de “V”, provavelmente, caso não sejam tomadas medidas de controle da ocupação e de drenagem (vazão), ter-se-á um aumento gradativo do risco de inundação.

Cabe lembrar que por ser afluente do rio Bonito, o Córrego do Rosário está condicionado ao regime sazonal do rio Bonito podendo, em casos de grandes precipitações, não conseguir drenar suas águas pelo rio principal (Rio Bonito), sofrendo, desta maneira, a possibilidade de acúmulo de suas águas e de remanso por parte do rio Bonito.

Diante da realidade encontrada, buscou-se realizar um zoneamento conceitual visando um instrumento de apoio à tomada de decisão dos planejadores, visto que a região não possui ainda plano diretor, em relação ao planejamento do uso e ocupação do solo, tanto das atividades urbanas e industriais, como das atividades agrossilvipastoris, procurando atender a legislação ambiental vigente e colaborar para um uso sustentável do solo, principalmente em relação aos parâmetros do meio físico e de expansão urbana que afetam os corpos d'água e podem resultar em fenômenos de inundação (já observados na bacia).

O zoneamento proposto por este trabalho tomou por base de trabalho, dados, cartas e estudo preliminares que devem e podem ser aprimorados. As deficiências metodológicas e operacionais destes estudos devem ser colocadas, não desmerecendo, contudo, a validade destes trabalhos preliminares cujo intuito é subsidiar trabalhos direcionados aos problemas já levantados e direcionar os recursos, já tão escassos, às áreas de maior risco tanto no aspecto ambiental, como no aspecto sócio-econômico.

A partir da discussão realizada e a aplicação da metodologia apresentada por este estudo, chega-se às seguintes conclusões:

- A dificuldade de acesso a dados sócio-econômico-ambientais, principalmente os dados hidrológicos, constitui-se numa limitação ao conhecimento necessário à bacia em estudo;
- A falta de estudos atualizados e mais aprofundados de caracterização da bacia do rio Bonito em estudo apresenta-se como empecilho para um maior entendimento das questões regionais que envolvem os municípios nela localizados;

- A falta de cumprimento, no que tange à legislação ambiental, principalmente nas áreas de vegetação nativa, se apresenta um grande problema na bacia, visto que estas áreas são essenciais para o equilíbrio do ambiente como um todo;
- O predomínio e ampliação das culturas de cana-de-açúcar e de laranja na bacia se mostra, do ponto de vista ambiental, uma tendência futura a ser repensada, visto que pode gerar impactos ambientais significativos a médio e longo prazo;
- Os eixos de expansão urbana devem ser redirecionados para áreas que apresentem menor risco sócio-ambiental direto e/ou indireto, principalmente aos associados ao fenômeno da inundação e erosão;
- Os impactos ambientais encontrados na bacia em estudo se mostram fortemente associados à falta de um planejamento de uso e ocupação do solo da bacia e à falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes;
- Há necessidade de maiores investimentos em estudos direcionados ao controle e gestão do uso do espaço urbano e rural, visando salvaguardar os recursos naturais ainda existentes na área de estudo.

Portanto, face às conclusões, recomenda-se:

- Instrumentação, implementação e disponibilização de dados sócio-ambientais por parte dos órgãos governamentais, principalmente os dados relacionados ao fenômeno da inundação;
- Maiores investimentos em estudos de planejamento e gestão do uso e ocupação do espaço urbano e rural;
- Maior fiscalização por parte dos órgãos competentes em relação à conservação e preservação dos recursos naturais existentes;

- Reestruturação e redirecionamento dos eixos de expansão urbana, analisando-se os fatores relacionados ao meio físico e à gestão ambiental, visando o bem estar das comunidades envolvidas;
- Incentivar o uso racional do solo na bacia, no intuito de diversificar as atividades industriais e agrossilvipastoris;
- Estudos mais aprofundados visando a caracterização sócio-econômica da área de estudo;
- Maior aprofundamento nas questões relacionadas à gestão hídrica por parte dos comitês de bacia, órgãos de controle e regulamentação e do órgão fiscalizador;
- Implantação de uma linguagem única sobre planejamento ambiental, entre todos os órgãos técnico-científicos envolvidos;
- Utilizar os estudos já existentes e incentivar novos estudos como ponto de partida para viabilizar um futuro plano diretor na região de estudo;
- Maior divulgação dos trabalhos científicos específicos da região em estudo, através da elaboração de um Atlas Ambiental Didático-Científico;
- Maior integração entre universidades, comitês de bacias hidrográficas, órgãos governamentais e ONG's, no sentido de promover uma maior discussão sobre o planejamento e gestão de bacias hidrográficas;

Acredita-se que o primeiro passo em direção a um zoneamento de risco à inundação tenha sido dado através desse trabalho, visto que o mesmo se deteve somente ao zoneamento conceitual potencial de fatores intervenientes ao fenômeno da inundação. Cabe ressaltar que esse trabalho não efetuou o cálculo das cotas de inundação, devido a total falta de dados disponíveis. Entretanto, ressalta-se a

importância do cálculo dessas cotas, visto que a região de estudo possui áreas de risco relacionadas a essas cotas, sendo importante a continuidade futura desse trabalho nessa direção para um zoneamento de risco à inundação.

O presente projeto não teve a pretensão de esgotar o assunto e sim contribuir para o aprofundamento e aprimoramento do estudo do fenômeno da inundação no planejamento e gestão de Bacias Hidrográficas, que é de grande importância e deve ser mais estudado e aprofundado. O futuro de nossos corpos d'água depende da nossa compreensão sobre as dificuldades envolvidas no processo e na busca de soluções adequadas a cada caso específico.

Analisando-se o exposto, o zoneamento conceitual proposto, juntamente com outros estudos realizados na região (Feres, 2002 e Moraes, 2003), pode servir de ponto de partida para a execução de um plano diretor para o município de Descalvado que tenha como objetivo a utilização racional do solo, a preservação dos recursos naturais existentes na região e a melhoria concreta da qualidade de vida das comunidades.

## 8. Referências Bibliográficas

- ALLISON, F. E. *Soil organic matter and its role in crop production*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1973. 637p.
- ADÂMOLI, J. et al. *Caracterização da região dos cerrados*. In: Goedert, J. (Ed.). *Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo: Nobel, 1985.
- ARONOFF, S. *Geographical Information Systems: A Management Perspective*. WDI Publications, Ottawa, 1989.
- ASSIS, E. S. de, FROTA, A. B. *Urban bioclimatic design strategies for a tropical city*. In: *Atmospheric Environment*, 33, 1999. Elsevier Science, 1999. p.4135-4142.
- AYOADE, J.O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. 5ª edição. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998. 332p.
- BARRY, R. G. & CHORLEY, R. J. *Atmosphere, weather and climate*. 3ª edição. Methuen, Londres, 1976.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 1ª edição. Ícone Editora, São Paulo, 1990. 355p.
- BOTTURA, J. A. e ALBUQUERQUE FILHO, J.L. *Hidrogeologia da lagoa São Paulo, Presidente Epitácio, SP*. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 6, 1990, Porto Alegre. Anais do Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Porto Alegre: ABAS.
- BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRANCO, S. M. *Ecologia para 2º Grau*. CETESB, São Paulo, 1978. 180p.

- BRANDT, C. J. *Transformation of kinetic energy of rainfall with variable tree canopies*. Tese de Doutorado. Universidade de Londres, 1986. 446p.
- BRASIL – IBGE. Descalvado. *Carta do Brasil – Escala 1:50.000*. Folha SF – 23-V-C-IV-4. 1ª edição. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia, 1971a.
- BRASIL – IBGE. Piraçununga. *Carta do Brasil – Escala 1:50.000*. Folha SF-23-V-C-V-3. 1ª edição. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia, 1971b.
- BRASIL – IBGE. Corumbataí. *Carta do Brasil – Escala 1:50.000*. Folha SF-23-Y-A-I-2. 1ª edição. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia, 1971c.
- BRASIL – IBGE. Leme. *Carta do Brasil – Escala 1:50.000*. Folha SF-23-Y-A-II-1. 1ª edição. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia, 1971d.
- BRASIL - IBGE. Manuais Técnicos em Geociências. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1991. 92 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). *Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; relatório final de Geologia*. Por Quirino Kaefer e outros. Brasília, DNPM/CPRM, Superintendência Regional de São Paulo, 1979. 299p.il., 4 map. Color. 110 cm (Série: Geologia, 4. Seção: Geologia básica, 2).



BRASIL. *Lei 7804, de 18 de julho de 1989*. Altera a Lei 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei 7735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei 6803, de 02 de julho de 1980, a Lei 6902, de 21 de abril de 1981, e dá outras providências. Legislação brasileira de resíduos sólidos e ambiental correlata. Brasília: Senado Federal – Gabinete do Senador Bernardo Cabral, 1999. p. 347-352.

BRASIL. *Política Nacional do Meio Ambiente*. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L938org.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L938org.htm) Acesso em: 15 maio 2002.

BRASIL. *Medida Provisória 2166-67*, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei 4711, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei 9393, de 19 de dezembro de 1966, que dispõe sobre o Imposto sobre Propriedade Territorial Rural – ITR, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/MPV/2166-67.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm) Acesso em: 15 maio 2002.

BRASIL. *Novo Código Florestal*. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4711.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4711.htm) Acesso em: 26 maio 2002.

BRASIL. *Resolução CNRH 12*, de 19 de julho de 2000. Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/resolucoes/Index.htm> Acesso em: 13 setembro 2002.

BRASIL. *Resolução CONAMA 004*, de 18 de setembro de 1985. Transforma em reservas ecológicas as formações florísticas e as florestas de preservação permanente do artigo 18 da Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Coletânea de Legislação Ambiental Federal e Estadual. Curitiba: Coordenadoria de Estudos e Defesa do Meio Ambiente, 1990. p. 297-299.

BRASIL. *Resolução CONAMA 20*, de 18 de junho de 1986. Revoga a Portaria GM 013 do Ministério do Interior e estabelece uma nova classificação às águas doces, salobras e salinas do país, fixando os limites correspondentes ao nível de qualidade. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios\\_informacoes.htm](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios_informacoes.htm). Acesso em: 13 setembro 2002.

BRASIL. *Resolução CONAMA 302*, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em: 15 setembro 2002.

BRASIL. *Resolução CONAMA 303*, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em: 15 setembro 2002.

BRASIL. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC*. Lei 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o SNUC e dá outras providências.

- Disponível em: [http://www2.ibama.gov.br/unidades/geralucs/legislacao/coletanea/ lei9985.htm](http://www2.ibama.gov.br/unidades/geralucs/legislacao/coletanea/lei9985.htm) Acesso em: 15 setembro 2002.
- BRUNDTLAND, G. H. *Global Change and Our Common Future*. Global Change and Our Common Future Forum, Washington DC, 1989.
- BURROUGH, P. A. *Principles of geographic information systems for land resources assessment*. Oxford University Press, Oxford, 1986.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para Projetos Ambientais (Apostila)*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1996.
- Câmara dos Deputados. *Constituição Federal da República Federativa do Brasil*. Brasília, 1988.
- CAMPOS, H. C. N. S. *Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani – Escala: 1:2.500.000*. Universidade do vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2000.
- CANÇADO *et al.* *Instrumentos para Avaliação do Meio Físico visando a Gestão de Bacias Hidrográficas*. In: SANTOS, J. E., CAVALHEIRO, F. & PIRES, J. S. R. (orgs.). *Planejamento e Gestão Ambiental*. Rima Editora Ltda, São Carlos, 2001. (no prelo).
- CASTRO, D. M. de. *Estudo Potencial à Erosão Acelerada das Áreas Urbana e de Expansão do Município de Descalvado (SP), Escala 1:10.000*. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, vol. 1. São Carlos, 1998. (Dissertação de Mestrado).
- CHOW, Ven Te. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill, 1988.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999.

- CLEARY, R. *Águas subterrâneas*, in Ramos et al. Capítulo 5; ABRH, Editora da UFRJ, Rio de Janeiro, 1989. p:293-404.
- CNUMAD-92. *Agenda 21*. Rio de Janeiro, 1992. 375 p. [www.ambiente.sp.gov.br](http://www.ambiente.sp.gov.br) – consultado em 12/11/1999.
- COSTA, V. R. *Águas subterrâneas em São Paulo: a água escondida pode ajudar a resolver o problema de abastecimento*. *Ciência Hoje*,19(110):90-91, 1995.
- COSTA, S.M.F. & SILVA, E.A. *Urbanização da área metropolitana de Belo Horizonte – o monitoramento do crescimento urbano através do sistema de informações geográficas SGI/INPE*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, 1993. Anais. Curitiba, 1993, v. 1, p. 41-47.
- COELHO NETTO, A. L. e FERNANDES, N. F. *Hillslope erosion sedimentation and relief inversion in SE Brazil*, in Res. Needs and Applications to Reduce Erosion in Tropical Steeplands Proceed. IAHS Publ. Nº 190, Fuji Symp, 1990.
- COWEN, D. J. *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54: 1551 – 1554, 1988.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). *Caracterização dos recursos hídricos no estado de São Paulo*. São Paulo: DAEE, 1984. 170 p.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). *Regionalização hidrológica do estado de São Paulo*. São Paulo: DAEE, 1999. 1 CD.
- DUNNE, T. & LEOPOLD, L.B. *Water Environmental Planning*. W. H. Freeman & Company, San Francisco, 1978. 818p.

- DE PLOEY, J. e POESEN, J. *Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion*. In: Geomorphology and soils. Editores: K. S. Richards, R. R. Arnett e S. Ellis, 1985. p:99-120.
- DOLFUS, O. *O espaço geográfico*. Bertand Brasil, Rio de Janeiro, 1991.
- EASTMAN, J. R. *Idrisi for Windows*. Tutorial Exercises – Version 2.0. Clark Labs for Cartographic Tecnology and Geographic Analysis. Clark University, 1997.
- EMMET, W. W. *The hydraulics of overland flow on hillslopes*. U. S. Geological Survey Professional Paper, 662-A, 1970. 68p.
- EPSTEIN, E. e GRANT, W. J. *Soil losses and crust formation as related to some physical properties*. Proceedings of Soil Science Society of America, 31, 1967. p:547-550.
- ESPANHA-CEOTMA. Centro de estudios del ordenacion del territorio y medio ambiente. Procesos y riegos. In: *Guia para la elaboración de estudios del medio fisico: contenido y metodología*. Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo, 1981. p.419-469. (Serie: Manuales 3).
- FARMER, E. E. *Relative detachability of soil particles by simulated rainfall*. Soil Science Society American Proceedings, 37, 1973. p:629-633.
- FARRES, P. J. *The role of time and aggregate size in the crusting process*. Earth Surface Processes, 1978. p:243-254.
- FAVIS-MORTLOCK, D.T., GUERRA, A. J. T. *The implications of general circulation model estimates of rainfall for future erosion: a case study from Brazil*. In: Catena, 37, 1999. Elsevier Science, 1999. p. 329-354.

- FENDRICH, R. et al. *Drenagem e Controle da Erosão Urbana*. IBRASA-CHAMPAGNAT. Curitiba: Universidade Católica do Paraná, 1984.
- FERES, R. *Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP)*. Tese de Doutorado. UFSCar. São Carlos, 2002.
- FERREIRA, A. B. H. *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa*. J. E. M. M. Editores Ltda, São Paulo, 1988.
- FERREIRA, G. C. *Estudo dos mercados produtor e consumidor de areia industrial no Estado de São Paulo*. Rio Claro:UNESP- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1995. 142p. Tese de Doutorado.
- FONSECA, E. *Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Pública*. Gráfica e Editora A União, João Pessoa, 1999.
- FONSECA, H.S. *Qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica sujeita a processos erosivos – estudo de caso do rio bonito, em Descalvado, SP*. São Carlos, 2002. 193p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.
- FORESTI, C & HAMBURGER, D.S. *Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano*. In: Tauk, S.M. (Org.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: UNESP/ FAPESP, 1991.
- FREITAS, M. A. V. et al. *O Estado das Águas no Brasil*. Brasília: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999.
- GATES, E. S. *Meteorology and Climatology for the Sixty form and Beyond*. 4<sup>a</sup> edição. Harrap, Londres, 1972.

- GOUDIE, A. *The encyclopaedic Dictionary of Physical Geography*. Basil Blackwell Ltd., Oxford, Inglaterra, 1985. 528p.
- GOODCHILD, M. *Geographical data modeling. Computers & Geosciences*, 1992, 18(4):401 – 408, 1992.
- GRANZIERA, M. L. M. *Direito das Águas: disciplina jurídica das águas doces*. São Paulo: Atlas, 2001.
- GUERRA, A. J. T. e ALMEIDA, F. G. *Propriedades dos solos e análise dos processos erosivos no município de Sorriso-MT*. Anais do IV Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Cuiabá, 1993.
- GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 3ª edição. Bertand Brasil, Rio de Janeiro, 1998. 472p.
- GUERRA, S.M.S. *Cartografia Geológico-Geotécnica de Áreas Costeiras: o exemplo de Suape – PE*. UNESP. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus de Rio Claro - SP, 1998. 187p.
- GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. (org.). *Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- HADLEY et al. *Recent developments in erosion and sediment yield studies*. Technical documents im hydrology. International Hydological Programme, UNESCO, Paris, 1985. 127p.
- HAGAN, J. E., EASTMAN, J.R. & AUBLE, J. *CartaLinx: The Spatial data Builder. User's Guide. Version 1.0*. Clark Labs. Clark University, 1998.

- HAMMOND et al (editors). *World Resources, 1992-93: A Guide to the Global Environmental*. World Resources Institute, Oxford University Press, New York, 1992.
- HARTMANN, R. e DE BOODT, M. *The influence of the moisture content, texture and organic matter on the aggregation of sandy and loamy soils*. Geoderma, 11, 1974. p:53-62.
- HUDSON, N. W. *An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of sub-tropical rainfall*. Proc. Trans. Rhod. Sci. Ass., 49, 1961. p:15-25.
- IAC / SÃO PAULO. *Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo – Escala 1:100.000*. Folha SF-23-V-C-IV. IAC,1992.
- ICE. *Manual of Applied Geology for Engineers*. Londres, 1976. 378p.
- IPT. *Lixo Municipal – Manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPT/Cempre, 1995.
- IPT. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT, 1981.
- LINSLEY, R. K. *Hidrology for Engineers*. Singapore: McGraw-Hill, 1988
- LANDSBERG, H. E. *Physical Climatology*. Gray Printing Co., Pensilvânia, 1966.
- LIPORACI, S. R., ZUQUETTE, L. V., SOUZA, M. P. *Carta de Potencial de escoamento superficial – metodologia de obtenção e sua aplicações em estudos visando o planejamento ambiental*. 9<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. ABGE, 1999.
- LORA, E. S. *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. Brasília: ANEEL, 2000.



- LORANDI, R., COELHO, F.T., BARBOSA, M.F., QUEVEDO, M., PASSARELLI, G. M. & FERES, R. *Regional evaluation of the erosion aspects on weathered material in tropical áreas (Brazil)*. Civil and Environmental Engineering Conference: New Frontiers & Challengers. Proceedings. Tailândia: AIT, v.2 (1), p. 11-17. Tailândia, 1999.
- MAGUIRE, D. *An Overview and Definition of GIS*. In: MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. (editores). *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. John Wiley and Sons, New York, 1991. p:319-335.
- MASSOLI, M. *Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro*. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 2 (2): 79-89, jun-dez. 1981.
- MAIDMENT, D.R. *Handbook of Hidrology*. McGraw-Hill, New York, 1993.
- MELLO, M. S. *A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica na Depressão Periférica Paulista*. São Paulo, 1995. USP – Instituto de Geociências. 144p. + 4 mapas. (Tese de Doutorado).
- MELLO, L.P. *Percepção da paisagem e conservação ambiental no Banhado Grande do Rio Gravataí (RS)*. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. v. 1, cap. 4, p. 105-127.
- MEIS, M. R. M. e MOURA, J. R. S. *Upper Quaternary Sedimentation and Hillslopes Evolution: Southeastern Brazilian Plateau*. American Journal Science, 284, 1984. p:241-154.

- MORAES, M. E. B. *Zoneamento Ambiental de Bacias Hidrográficas: Uma abordagem metodológica aplicada na bacia do rio Bonito (SP)*. Tese de Doutorado. UFSCar. São Carlos, 2003.
- MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. Longman Group, Inglaterra, 1986.
- MOTA, S. *Preservação e conservação dos recursos hídricos*. 2ª edição. ABES, Rio de Janeiro, 1995. 200p.
- MOTA, S. *Urbanização e meio ambiente*. ABES, Rio de Janeiro, 1999. 352p.
- MOURA, A. C. M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003. 249p.
- NAMIKAWA, L. M. *Um método de ajuste de superfície para grades triangulares considerando linhas características*. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 1995. 113p.
- NOGAMI, J. S. & VILLIBOR, D. F. *Soil characterization of mapping units for highway purposes in a tropical area*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. Krefeld. (19): p.196-199. 1979.
- OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. (Editores). *Geologia de Engenharia*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 1998. 586p.
- OLIVEIRA, H. H. de. *Proposta de criação e caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado, SP*. São Paulo: USP: Instituto de Biociências, 1995. Dissertação. (Mestrado em Ciências).

- OLIVEIRA, J. B.de, PRADO, H. do. *Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos – II. Memorial Descritivo*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1984. 188p.
- PEIXOTO, J. P. e OORT, A.H. *Le cycle de l'eau et le climat*. La Recherche. Spécial: L'eau, 1990, v.21, p. 570-579.
- PEJON, O. J. *Mapeamento geotécnico de Piracicaba 1:100.000, estudos dos aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos*. Tese de Doutorado. EESC, USP. São Carlos, 1992. 2v.
- PEJON, O. J., ZUQUETTE, L. V. *Importância do estabelecimento de cartas de potencial ao escoamento superficial para definição de risco à erosão acelerada*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. São Paulo, 1992. São Paulo: Anais .. São Paulo: ABGE, 1992.
- PENMAN, H. L. *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proceedings Royal Society Series A, 193:120-142, 1948.
- PEREIRA, M.N., KURKDJIAN, M.N.O., FORESTI, C. *Sistema de classificação do uso da terra*. In: PEREIRA, M.N. et al. (Org.). *Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto*. São José dos Campos: INPE, 1989.
- PETTINATI, F. *Modelamento digital e representação gráfica de superfícies*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1983.
- PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E. *Bacias Hidrográficas: Integração entre meio ambiente e desenvolvimento*. *Ciência Hoje*,19(110):40-45, 1995.
- PORTO, R.L.L. (org.). *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. – (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; V.3)

- RAMOS et al. *Engenharia Hidrológica*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Editora da UFRJ, 1989. 404p.
- REED, A.H. *Accelerated erosion of arable soils in the United Kingdom by rainfall and runoff*. Outlook on Agriculture, 10, 1, 1979, p:41-48.
- RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e Recursos Hídricos*. São Carlos: EESC/USP, 1998.
- ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220p.
- ROSS, J. L. S. *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*. Revista do Departamento de Geografia da FFLCH-USP, 1993. Nº 7. p:65-73.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I. C. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. FFLCH-USP, IPT, FAPESP. Vol I e II. Mapas e Relatório. São Paulo, 1997.
- SALVADOR, N. N. B. *Avaliação de Impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos*. São Carlos/S.P. EESC/USP, 1990. 370 p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SAMPAIO, I. B. M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002.
- SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). *Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo*. São Paulo: Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2000.

- SÃO PAULO. Instituto Geológico. *Léxico estatigráfico do Estado de São Paulo*. Sérgio Mezzalira (org.). São Paulo, 1981. 161p. ilus. (Boletim 5).
- SÃO PAULO. *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 1990. Síntese. 97p.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CPRN. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície – *Folha Geológica de Descalvado* (Folha SF-23-V-C-IV-4). Escala 1:50.000. Rio de Janeiro:Aerofoto Cruzeiro, 1984.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CPRN. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície – *Folha Geológica de Descalvado* (Folha SF-23-V-C-IV-4). Escala 1:50.000. Rio de Janeiro:Aerofoto Cruzeiro, 1984.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CPRN. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície – *Folha Geológica de Corumbataí* (Folha SF-23-Y-A-1-2). Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1984-b.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CPRN. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície – *Folha Geológica de Leme* (Folha SF-23-Y-A-II-1). Escala 1:50.000. São Paulo, 1980.
- SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (SMA). *Macrozoneamento das Bacias dos Rios Mogi-Guaçu, Pardo e Médio-Grande. Questões Sócio-Ambientais*. Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Secretaria de Economia e Planejamento. São Paulo, 1995. 168p. + Anexos 163p.

- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. *Consumo Sustentável*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente: IDEC:CI, 1998.
- SÃO PAULO - SEADE. *Desenvolvimento e Meio Ambiente – São Paulo em Perspectiva*, Fundação SEADE, Vol. VI, nos 1 e 2, 1992.
- SÃO PAULO - SEADE. *Produtividade e Ajuste na Indústria Paulista 1986 - 1994 – Série Análises & Ensaio*s, Fundação SEADE, 1995, 120p.
- SÃO PAULO-SEADE. 2001. *Informações dos Municípios Paulistas*. São Paulo em Dados. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Consulta ao banco de dados em: <http://www.seade.gov.br>.
- SATO, M. E. e SANTOS, J. E. *Agenda 21: em sinopse*. – São Carlos: EdUFSCar, 1999. 60p.
- SEPLAN-IEPA-CEMA. *Síntese de informações sobre o ZEE do Amapá*. IEPA, Macapá, 1995.
- SETTI, A. A. et al. *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional das Águas, 2001. 328p.
- SILVA, J. M. *5S: o ambiente da qualidade*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni, 1994.
- SILVA J.X.; SOUZA, M.J.L. *Análise ambiental*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1987.
- SLUTSKY, A. H., YEN, B. C. *A macro-scalenatural hydrologic cycle water available model*. In: *Journal of Hydrology*, 201, 1997. Elsevier Science, 1997. p.329-347.

- SMITH, T., PEUQUET, D. e AGARWAL, P. *KBGIS-II, a knowledge-based geographical information system*. International Journal of Geographic Informations Systems. Vol. 1, n.6, 1993. p:149-172.
- SUDEC. *Levantamento de reconhecimento semidetalhado dos solos da região dos Inhamuns-Salgado*. Parte I. Iगतú. Fortaleza, 1980.
- STOCKING, M. A. e ELWELL, H. A. *Vegetation and erosion: a review*. Scottish Geographical Magazine, 92, 1976. p:4-16.
- TACKET, J. L. e PEARSON, R. W. *Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall*. Soil Science, 99, 1965. p:407-413.
- TEIXEIRA, W., TAIOLI, F. & FAIRCHILD, T. *Decifrando a Terra*. 1ª.Edição. Oficina de Textos, São Paulo, 2000. 588p.
- TOGNON, A.N. 1985. *Glossário de Termos Técnicos de Geologia de Engenharia*. 1ª.Edição. São Paulo: ABGE. 139p.
- TOREZAN, F.E. (2000). *Análise Ambiental da Bacia do Rio Bonito (Descalvado,SP) com ênfase nas atividades de exploração mineral de areia*. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos 2000; 2v.; 165p.
- TORRESAN, F. E., LORANDI, R., CANÇADO,C.J., MORAES,M.E.B. & FERES,R.. (2002): *Potential surface runoff and infiltration rates chart of the Rio Bonito river basin (Brazil) as subsidy to the selection of adequate sites for installation of sanitary landfills*. 9th International Congress of the IAEG, Durban (South Africa), Proceedings. Durban: IAEG 2002. CDROM, p. 340-347.

- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.
- TUFTE, E. R. *The visual Display of Quantitative Information*. Graphic Press, Cheshire, USA, 1983.
- TURNER, B. L., SKOLE, D., SANDERSON, S., FISCHER, G., FRESCO, L., LEEMANS, R. *Land-Use and Land Cover Science Research Plan*. Stockholm, IGBP. Stockholm, 1995.
- THORNTHWAITE, C. W. *An approach toward a rational classification of climate*. *Geographic Review*, 38: 55-94, 1948.
- VILLIBOR, D. F., NOGAMI, J. S. & FABBRI, G. T. P. *Proteção à erosão em pavimentos de baixo custo*. 21<sup>a</sup> Reunião Anual de Pavimentação. Salvador, 1986.
- VERHAEGEN, TH. *The influence of soil properties on the erodibility of Belgian loamy soils: a study based on rainfall simulation experiments*. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 9, 499-507, 1984.
- VIANA, V.M. *Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais*. Em: *Trabalhos convidados. 6º Congresso Florestal Brasileiro*. Sociedade Brasileira de Silvicultura/ Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais. São Paulo: Campos do Jordão, 1990.. Vol.1. p. 113-118.
- XAVIER-DA-SILVA, J. *Manual operacional do VistaSaga/UFRJ – Módulo de Análise Ambiental*. Rio de Janeiro: LAGEOP, 1999.
- ZUQUETTE, L.V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*. São Carlos, 1987. (3 v.). Tese



(Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, L.V. *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração*. São Carlos, 1993. 368p.

Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, L. V., SINELLI, O., PEJON, O. J. *Carta das taxas de escoamento superficial e de infiltração da região de Ribeirão Preto(SP)*. In: IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos. ABRH:Rio de Janeiro, 1991. v.1, p.277-283.

ZUQUETTE, L.V. *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração*. São Carlos, 1993. 368p.

(2v.). Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

WILD, A. *Soils and the environmental: na introduction*. Cambridge University Press, Inglaterra, 1993. 287p.

WISCHMEIER, W. H. e SMITH, D. D. *Rainfall energy and its relationship to soil loss*. Trans. Am. Geophys. Union, 39, 285-291, 1958.

WORBOYS, M. F. *GIS: A Computing Perspective*. Taylor and Francis, London, 1995.

## GLOSSÁRIO

**Aqüífero:** Refere-se à água subterrânea, que pode estar confinada, ou não.

**Antrópico:** Relativo à humanidade, à sociedade humana, à ação do homem. Termo empregado por alguns autores para qualificar: um dos setores do meio ambiente, o meio antrópico, compreendendo os fatores sociais, econômicos e culturais; um dos subsistemas do sistema ambiental, o subsistema antrópico.

**Bacia Hidrográfica:** área total de superfície de terreno de captação natural da água precipitada demarcada por divisores topográficos, na qual um aqüífero ou um sistema fluvial recolhe sua água.

**Camadas Sedimentares Homoclinais:** Grupo de camadas que apresentam um mergulho regular, segundo uma mesma direção.

**Classificação Supervisionada:** Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas de superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Quando existem regiões de imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse, o tratamento é dito supervisionado.

**Sela:** Depressão acentuada numa linha de cristas de uma serra. As selas são mais largas que os desfiladeiros. E mais ainda que os passos ou gargantas.

**Cor:** Existência de substâncias dissolvidas na água. Acentua-se quando há a presença de minerais (ferro e manganês) e despejos coloridos de esgotos industriais.

**Coverage:** Coleções similares a mapas que contêm as definições geográficas de um conjunto de feições e suas tabelas de atributos associadas, entretanto, diferem dos mapas em duas coisas. Primeiro, cada uma conterá informação de apenas um único tipo de feição, como parcelas de propriedades, polígonos de solos e outros temas. Segundo, podem conter um conjunto completo de atributos que pertencem a essas feições, como um conjunto de informações para vários setores da cidade.

**Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** quantidade de oxigênio (O<sub>2</sub>) necessária para que os microorganismos aeróbios decomponham a matéria orgânica.

**Exutório:** agente (rio ou oceano) que promove eliminação da água da bacia hidrográfica.

**Encostas:** espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal, que, por sua vez, definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos.

**Coliformes:** indicadores da presença de matéria fecal no líquido. São bactérias que vivem normalmente no organismo humano, existindo em grande quantidade nas fezes.

**Cuesta:** Forma de relevo dissimétrico, constituída por uma sucessão alternada das camadas com diferentes resistências ao desgaste e que se inclinam numa direção, formando um declive suave no **reverso**, e um corte abrupto ou íngreme na chamada **frente de cuesta**.

**Epidemiologia:** o estudo das inter-relações dos vários determinantes da frequência e distribuição de doenças num conjunto populacional.

**Espaço de atributos:** espaço multidimensional, no qual os eixos representam as diferentes grandezas utilizadas (banda espectral original ou combinações), onde os

dados apresentam-se na forma de um gráfico, onde cada elemento amostral localiza-se em função de sua resposta espectral.

**Geo-campo:** representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica.

**Geo-objeto:** elemento único que possui atributos não espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas.

**Geoprocessamento:** Disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.

**Georreferenciamento:** Refere-se à localização de um plano ou **coverage** no espaço, definida por um sistema de referenciamento de coordenadas.

**Grafo:** Combinação de pontos (vértices) e a uma quantidade de arcos (que não tem nenhum ponto comum, a não ser um vértice).

**Holismo ou Holístico:** Teoria filosófica, aplicada às ciências ambientais para a compreensão das relações entre os componentes do meio ambiente, pela qual os seus elementos vivos (todos os organismos, inclusive os homens) e não vivos interagem como um “todo”, de acordo com leis físicas e biológicas bem definidas. Neste sentido, holístico significa total, abrangente, que considera as inter-relações de todos os componentes do meio ambiente.

**Maciço:** unidade geológica considerada como um conjunto de blocos de rocha e as discontinuidades que as limitam.

**Meio Físico:** É o mesmo que meio natural, isto é, caracterizado pelos diversos elementos físicos e bióticos. As formas de relevo, as rochas, os solos, os rios, os climas, a vegetação e a fauna constituem elementos do meio físico.

**Planície:** Extensão de terreno mais ou menos plano onde os processos de agradação superam os de degradação. Existem planícies que podem estar a mais de 1000 metros de altitude, que constituem as chamadas planícies de nível de base local, ou planície de montanha.

**Planície de Inundação:** Superfície pouco elevada acima do nível médio das águas, sendo freqüentemente inundada por ocasião das cheias. A planície de inundação é, também, chamada de terraço, várzea, leito maior etc.

**Raster:** No sistema raster, a representação gráfica das feições e os atributos que elas possuem são fundidos em arquivos de dados unificados. A área de estudo é subdividida em uma fina malha de células de grade, onde é registrada a condição ou o atributo da superfície terrestre naquele ponto.

**Sistema de Informação Geográfica:** Ferramenta computacional utilizada em geoprocessamento que permite a realização de análise complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Torna ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

**Turbidez:** Causada pela existência de material em suspensão na água, como: partículas insolúveis do solo, matéria orgânica e microorganismos macroscópicos.

**Várzea:** Terrenos baixos e mais ou menos planos que se encontram junto às margens dos rios. Constituem, a rigor, na linguagem geomorfológica, o leito maior dos rios.

**Vector (Vetorial):** Com a representação vetorial, os limites ou o curso das feições são definidos por uma série de pontos que, quando unidos com linhas retas, formam a representação gráfica de cada feição. Os próprios pontos são codificados com um par de números representando as coordenadas X e Y em sistemas como latitude/longitude

ou a grade de coordenadas Universal Transversa de Mercator. Os atributos são então armazenados num programa de gerenciamento de banco de dados tradicional.

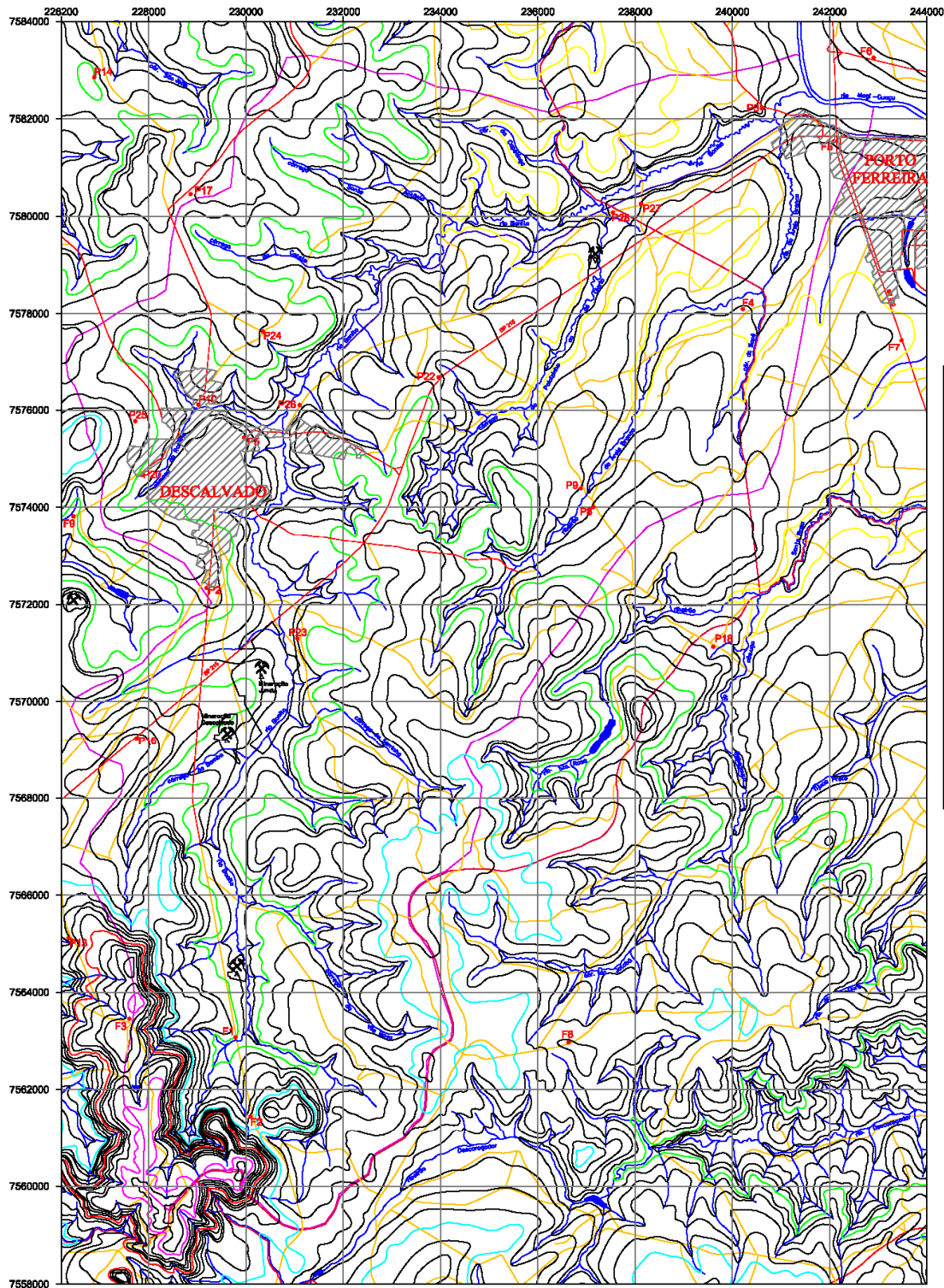
**Voçoroca:** Escavação ou rasgo do solo ou de rocha decomposta, ocasionada pela erosão do lençol de escoamento superficial ou, ainda, subsuperficial.

## **ANEXOS**

Anexo I

***Mapa de Documentação da bacia do rio Bonito***





**LEGENDA**

**ESTRADAS DE RODAGEM**

- Pavimentada
- Sem Pavimentação

**ESTRADA DE FERRO**

- Intermunicipal

**LIMITES**

- Município
- Bacia do rio Bonito

**MINERAÇÃO**

- ÁREA
- DIBÁZIO

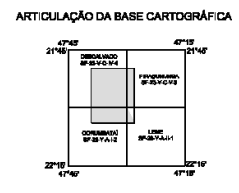
**ÁREA URBANA**

**ALTIMETRIA (metros)**

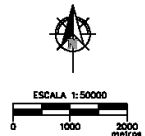
- 600 m
- 700 m
- 800 m
- 900 m
- 1000 m

**9F#** Pontos coletados no Projeto FAPESP 96/04292-4

**9P#** Pontos coletados no Projeto FAPESP 96/06032-4



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acréscidos as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridiano Ibituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Equidistância das curvas de nível: 20 m  
 Carta produzida através da digitalização das Folhas Topográficas Descalvado, Corumbataí, Piranguanga e Leme (BRASIL-BGE,1971), com informações atualizadas através de levantamento em campo e de interpretação de imagem LANDSAT de 18/09/1999.



**UFSCAR** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

*Zonamento Conceitual de Expensão das Atividades Antrópicas*  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Campedo & Ronaldo Lorendi (orientador)

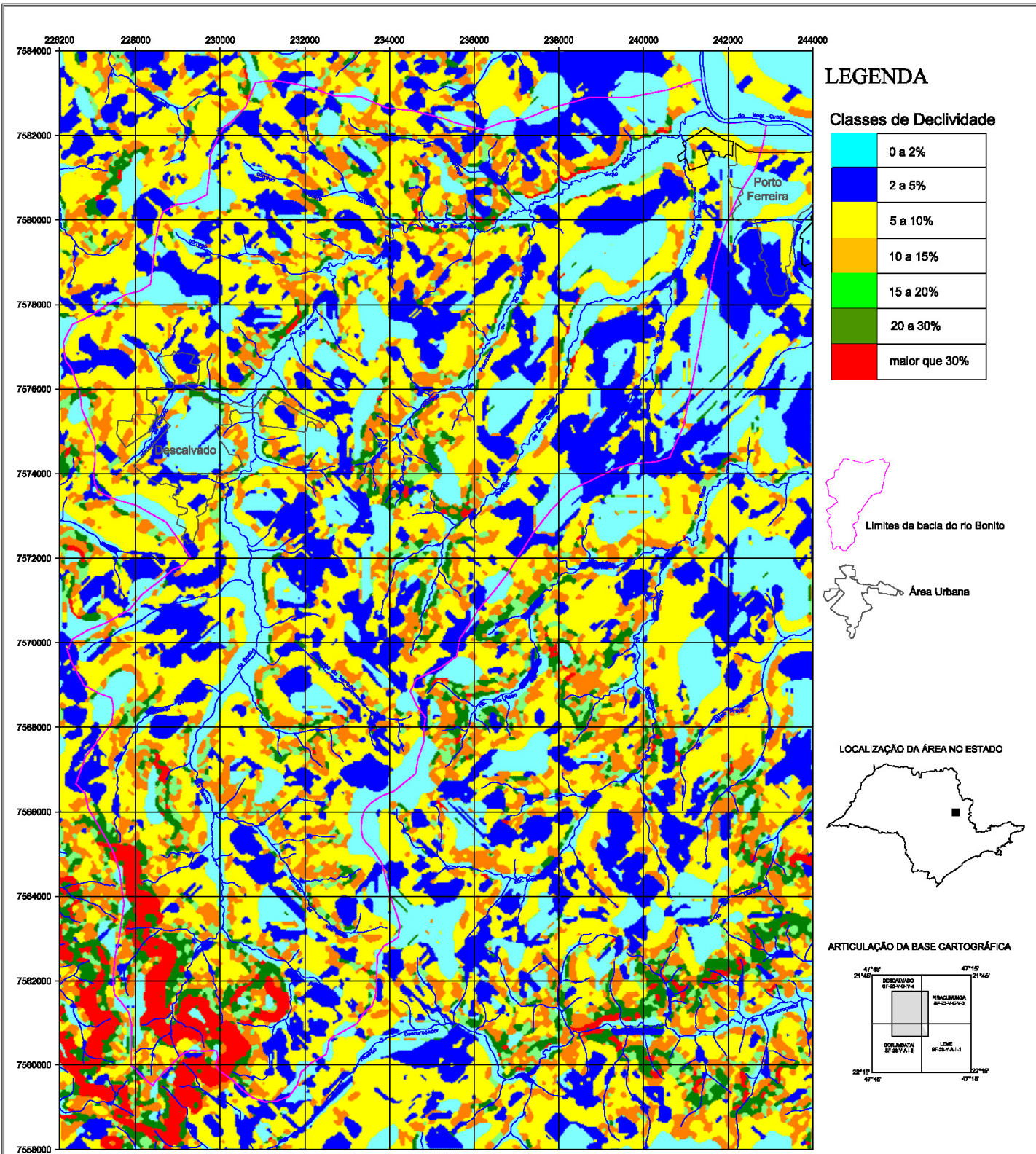
**ANEXO I- MAPA DE DOCUMENTAÇÃO**

Setembro/ 2001

Apoiado por **FAPESP**

Anexo II

***Carta de Declividades da bacia do rio Bonito***



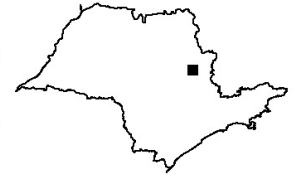
**LEGENDA**

**Classes de Declividade**

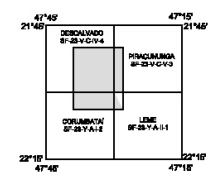
	0 a 2%
	2 a 5%
	5 a 10%
	10 a 15%
	15 a 20%
	20 a 30%
	maior que 30%



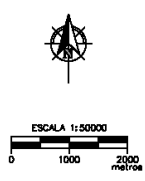
**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**



**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: mareógrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Corrego Alegre, MG  
 Carta produzida através do Sistema de Informações Geográficas (DRIS).



**UFSC** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

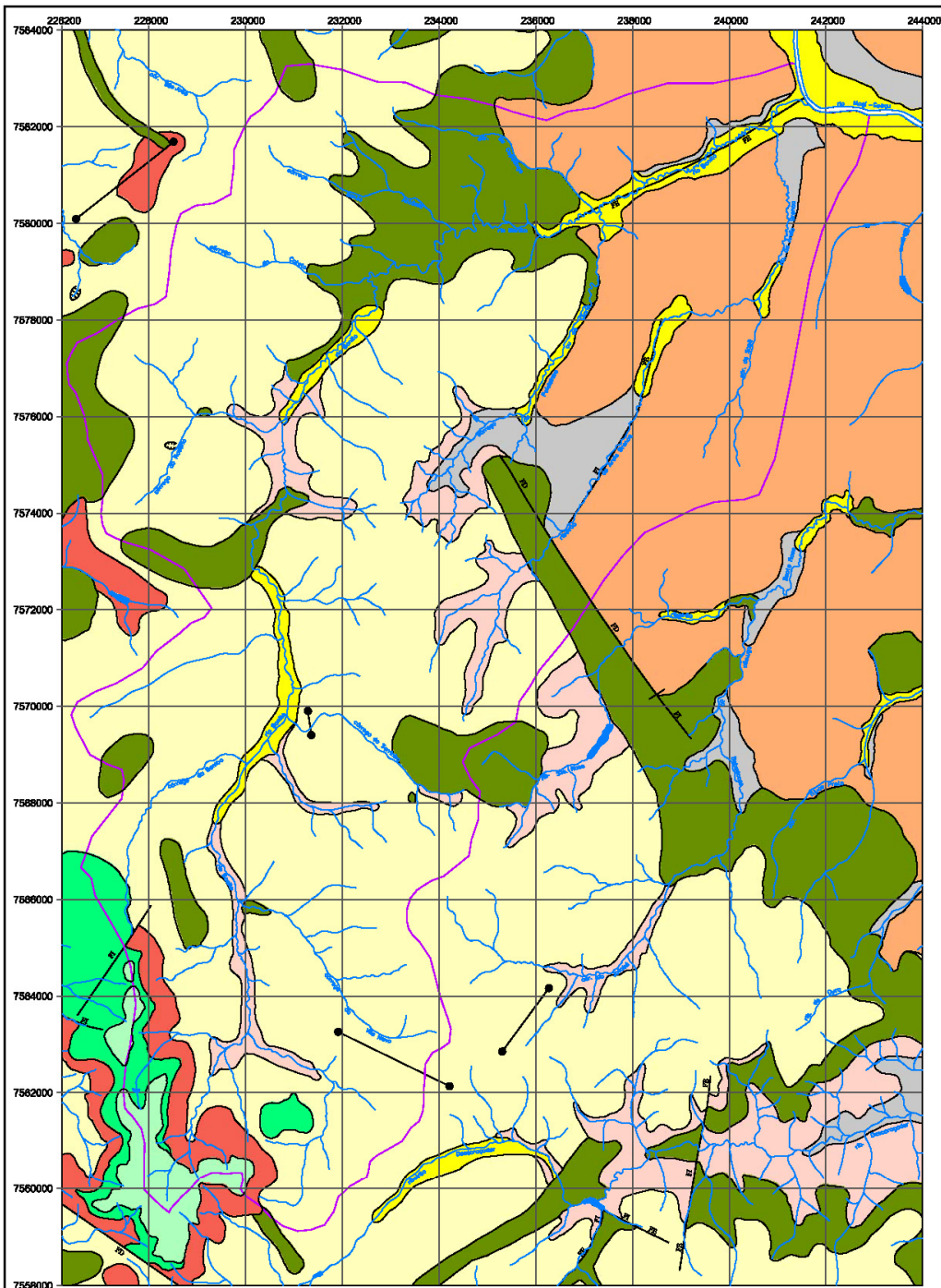
*Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Campos & Reinoldo Lorandí (orientador)*

**ANEXO II - CARTA DE DECLIVIDADES**

Setembro/2002 Apoio: **FAPESP**

Anexo III

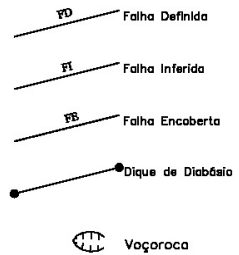
***Mapa de Formações Geológicas de Superfície da bacia do rio  
Bonito***



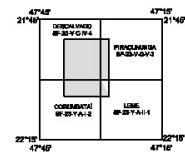
**ESTRATIGRAFIA**

QUATERNÁRIO		(Arenas, Argilas e Cascalhos)	CENOZOICO
TERCIÁRIO		Fm. Santa Rita do Passo Quatro (Arenas e Cascalhos)	
		Fm. Piraesununga (Arenas e Conglomerados)	
CRETÁCEO/TERCIÁRIO		Fm. Itaqueri (Arenitos e Argilitos Conglomeráticos)	MESOZOICO
JURA-CRETÁCEO		Basaltos	
		Intrusões Básicas (Dióbásios)	
TRIÁSSICO		Fm. Boluatu (Arenitos)	
		Fm. Pirambóia (Arenitos)	
PERMIANO		Fm. Corumbataí (Argilitos e Shistos)	PALEOZOICO

**CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**



**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da compilação e digitalização das Folhas Geológicas do Departamento (São Paulo-G, 1984), Pirapiranga (São Paulo-G, 1981), Corumbataí (São Paulo-G, 1984) e Leme (São Paulo-G, 1980).



**Universidade Federal de São Carlos**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

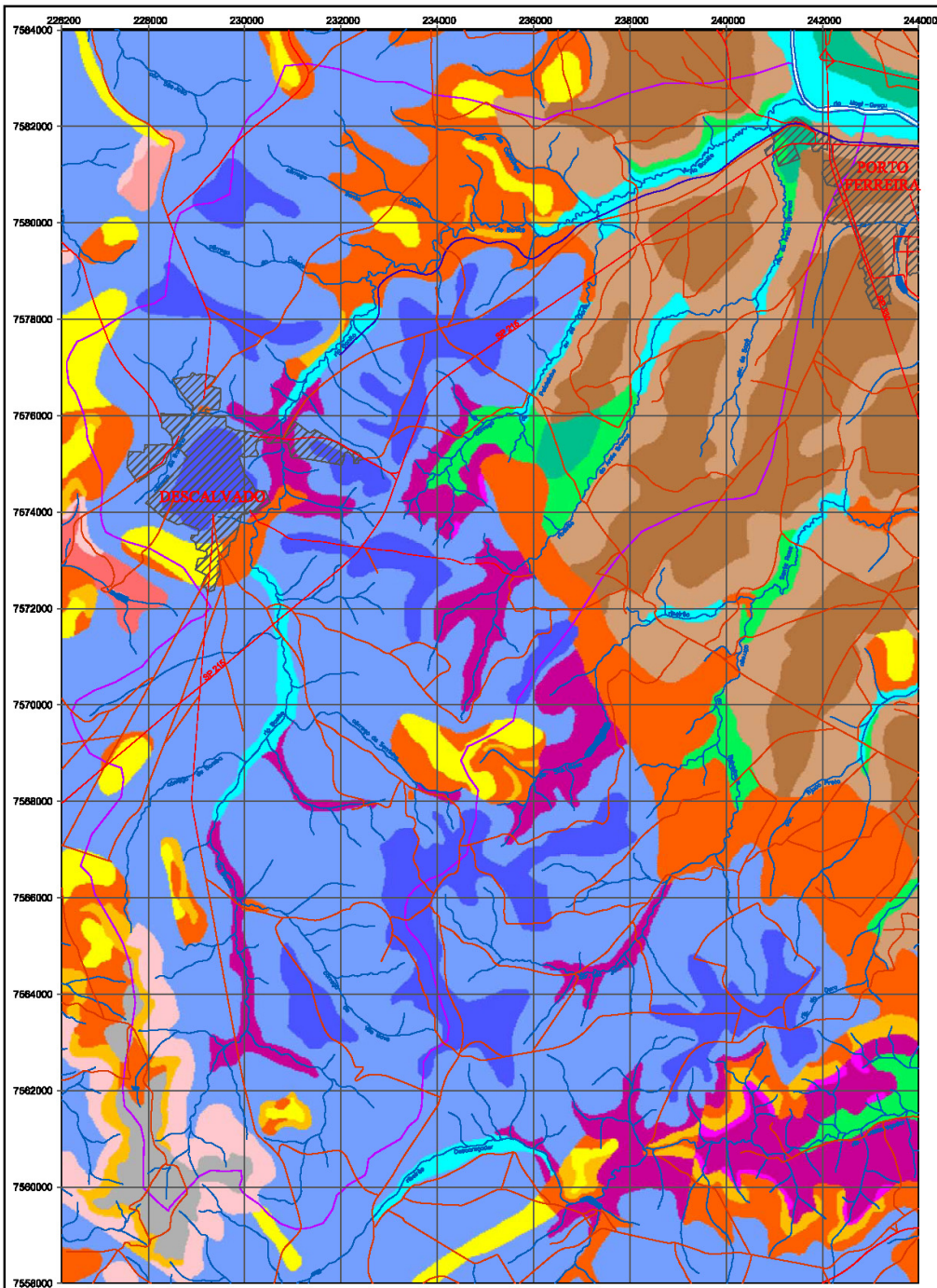
Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas  
 Realizado em Investigação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cleúlio Jorge Campedó & Reinaldo Lorenzi (orientador)  
 Autor: Fabio Enrique Toranzo

**ANEXO III - MAPA DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE**  
 Setembro/2000

Apoiado por **FAPESP**

Anexo IV

***Mapa de Materiais Inconsolidados da bacia do rio Bonito***



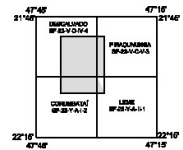
**Classes de materiais inconsolidados**

- Quaternário
- Formação Pirassununga - Solos re trabalhados
- Formação Pirassununga - Solos residuais
- Formação Santa Rita do Passa-Quatro - Solos re trabalhados
- Formação Santa Rita do Passa-Quatro - Solos residuais
- Formação Itaquari
- Formação Serra Geral - Solos residuais expostos
- Formação Serra Geral - Solos residuais rasos
- Formação Serra Geral - Solos re trabalhados
- Formação Botucatu - Solos residuais rasos
- Formação Botucatu - Solos residuais expostos
- Formação Pirambóia - Solos residuais
- Formação Pirambóia - Solos re trabalhados
- Formação Corumbatal - Solos re trabalhados
- Formação Corumbatal - Solos residuais

**LEGENDA**

- LIMITES**  
 Baía do rio Bonito
- CURSOS D'ÁGUA**
- ÁREA URBANA**
- ESTRADAS DE RODAGEM**  
 Pavimentada   
 Sem Pavimentação
- ESTRADA DE FERRO**

**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da qui cartográfica: Equador e Meridiano 48° W. Gr. incrementos as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Cópia produzida através da digitalização dos Planos Topográficos Demarcados Corumbatal, Pirassununga e Leme (BRASIL - IBGE, 1971), com informações atualizadas através de levantamentos em campo a fim de integração de imagens LANDSAT de 1990-1995.



**Universidade Federal de São Carlos**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

*Zonamento Conceitual de Expostão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: baía do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Campedo & Reinaldo Lorenzi (orientador)  
 Autor: Roberto Feres*

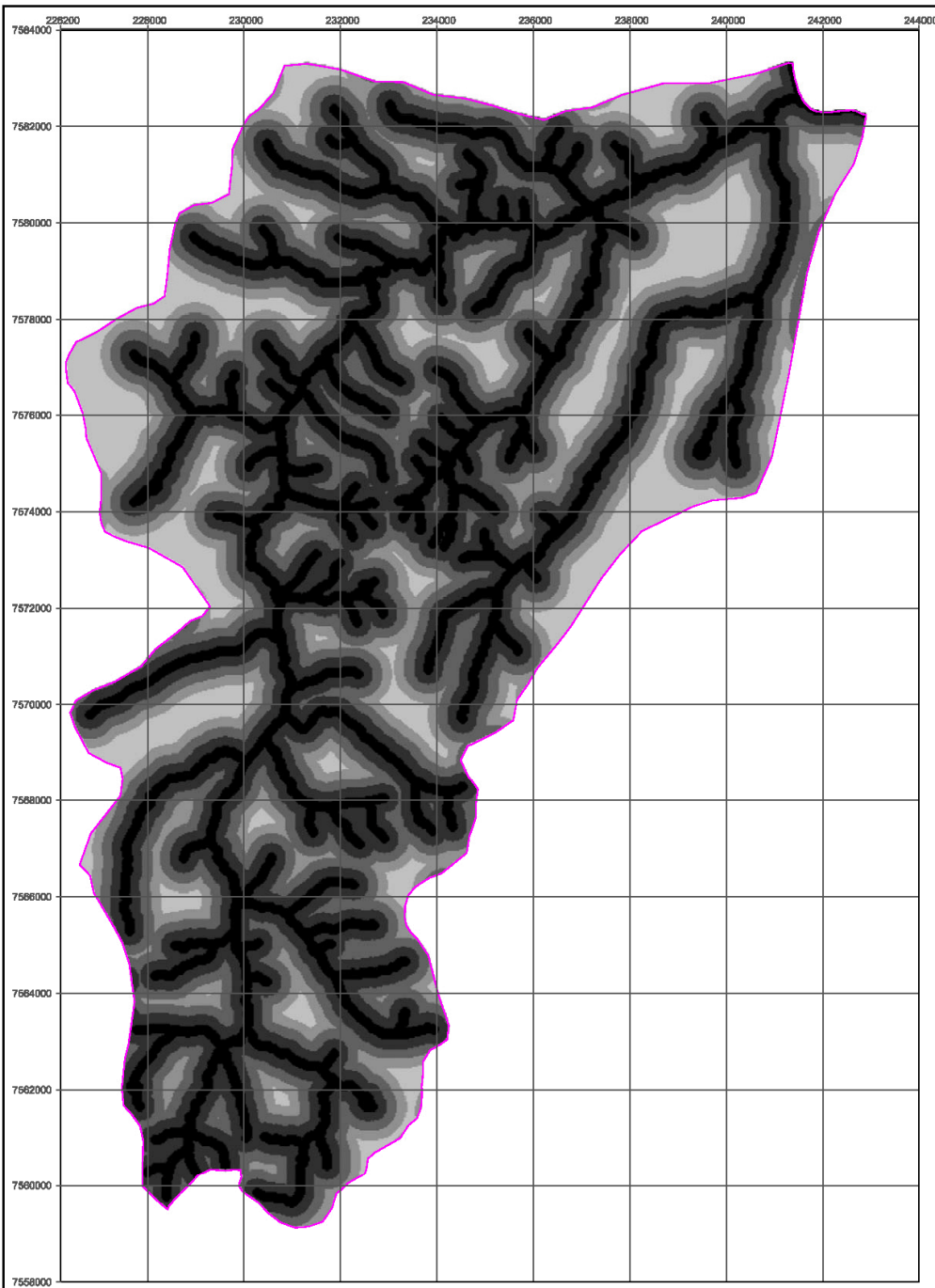
**ANEXO IV - MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS**

Março/2002 Apoio:

Anexo V

***Carta da Influência da hidrografia – bacia do rio Bonito***

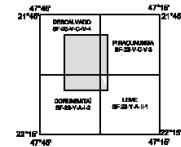




LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. ascendidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da utilização do Sistema de Informações Geográficas IDRISI 3.2.



**Universidade Federal de São Carlos**

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais**  
**Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv**

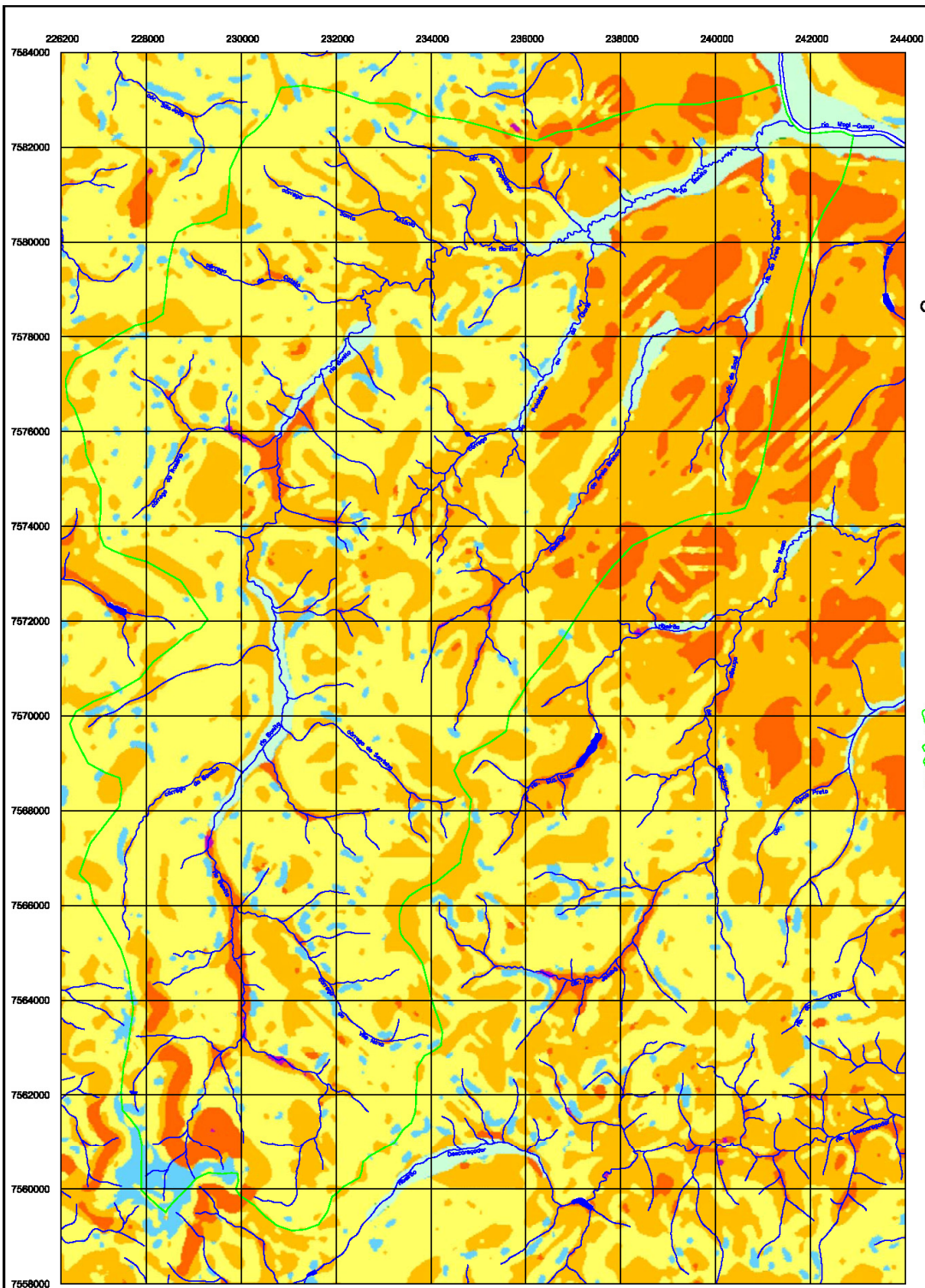
*Zonamento Conceitual de Expostas das Atividades Antrópicas*  
*Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Borilho (SP) - Cláudio Jorge Campedel & Rainaldo Lorenzi (orientador)*

**ANEXO V - CARTA DE INFLUÊNCIA DA HIDROGRAFIA EM RELAÇÃO AO MEIO FÍSICO**

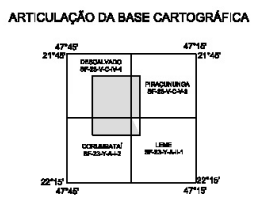
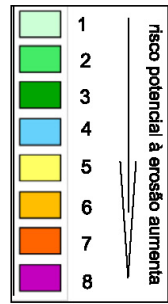
Janeiro/2003 Apoio:

Anexo VI

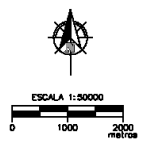
***Carta de Risco Potencial à Erosão - bacia do rio Bonito***



Classes de Risco Potencial à Erosão



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem de quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acréscios as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridiano Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através do Sistema de Informações Geográficas (SIG)



**UFSCAR** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

*Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas*  
*Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP): Cláudio Jorge Campos & Rainald Lorantí (orientador)*  
 Autor: Fábio Enrique Torezan

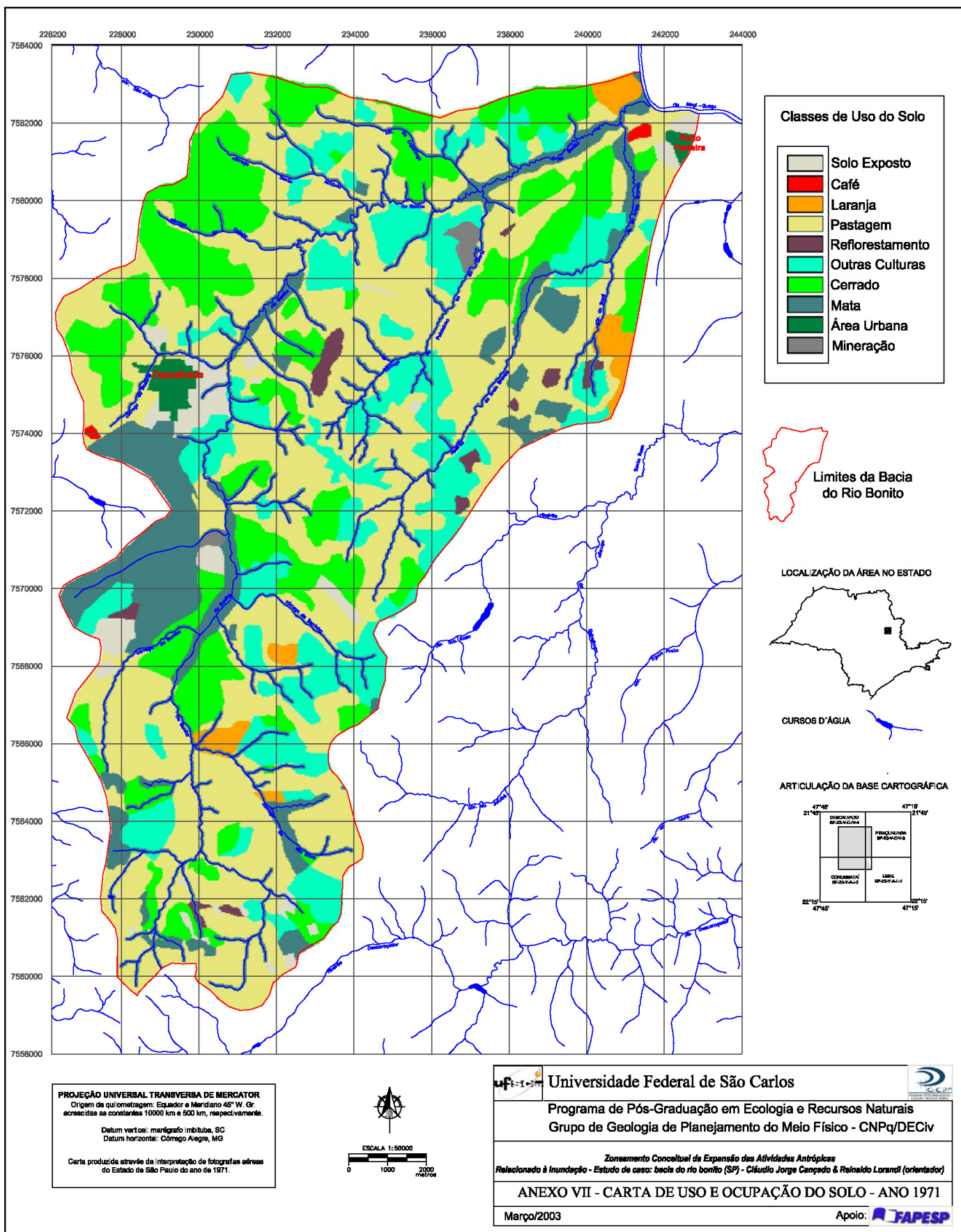
**ANEXO VI - CARTA DE RISCO POTENCIAL À EROSIÃO**

Setembro/2000

Apoio: **FAPESP**

Anexo VII

***Carta de Uso e Ocupação do Solo – Ano 2002 – bacia do rio  
Bonito***



- Classes de Uso do Solo**
- Solo Exposto
  - Café
  - Laranja
  - Pastagem
  - Reflorestamento
  - Outras Culturas
  - Cerrado
  - Mata
  - Área Urbana
  - Mineração

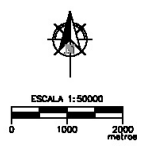
**Limites da Bacia do Rio Bonito**

**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**

**CURSOS D'ÁGUA**

**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**

**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: merógrado Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da interpretação de fotografias aéreas do Estado de São Paulo do ano de 1971.



**Universidade Federal de São Carlos**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

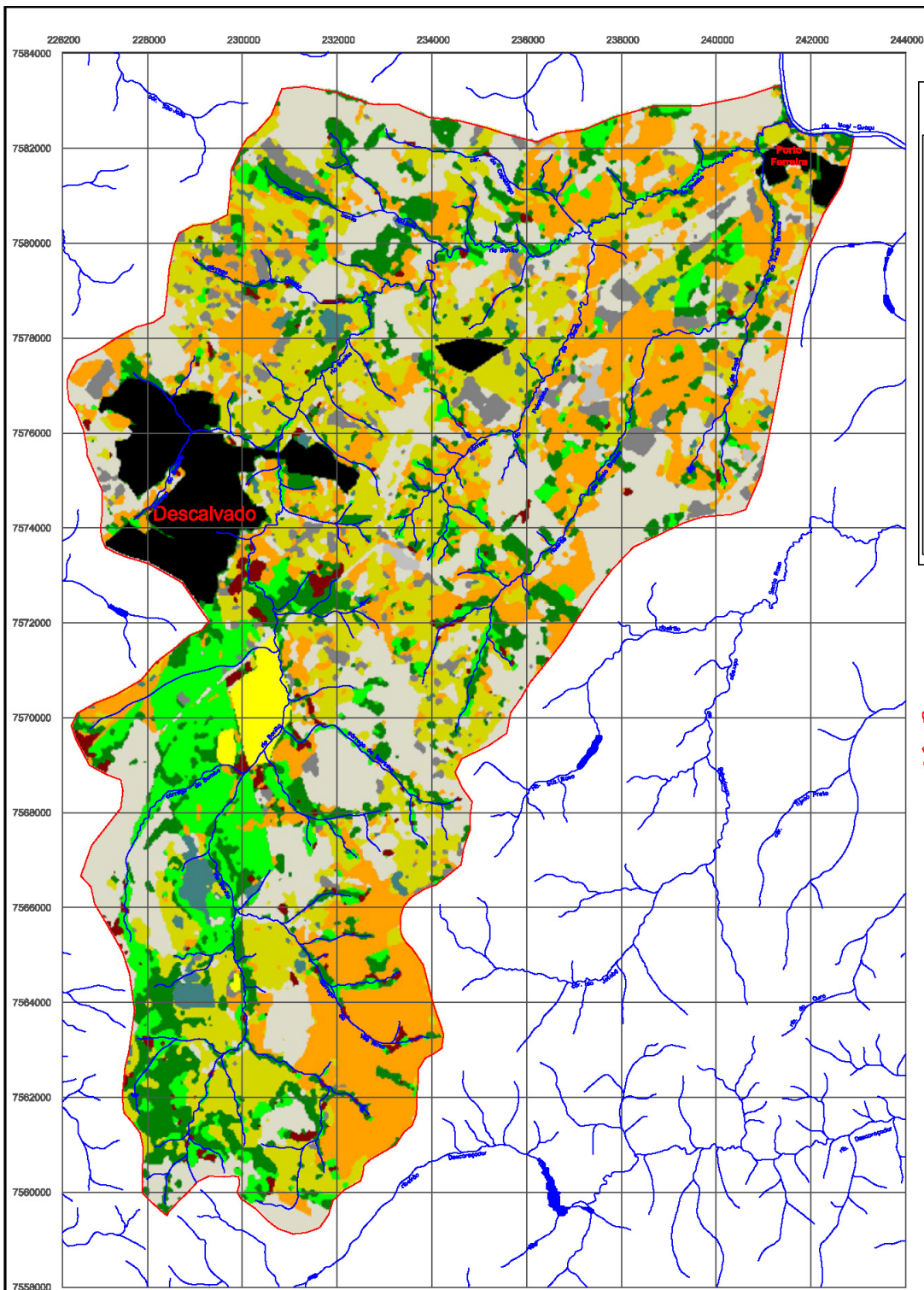
*Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio bonito (SP) - Cláudio Jorge Cezpeda & Renato Lorenzi (orientador)*

**ANEXO VII - CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO - ANO 1971**

Março/2003 Apoio:

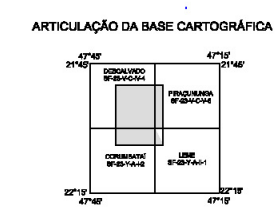
Anexo VIII

***Carta de Uso e Ocupação do Solo – Ano 2002 – bacia do rio  
Bonito***

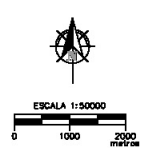


**Classes de Uso do Solo**

	Cana-de-açúcar
	Cerrado
	Laranja
	Mata (mesófila e ciliar)
	Corpos d'água
	Pastagem
	Outras Culturas
	Reflorestamento
	Solo Semi-exposto (culturas)
	Solo Exposto
	Área Urbana
	Mineração



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 46° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridiano imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida a partir da interpretação da imagem de sensoriamento remoto LANDSAT TM-7, bandas 3/4/5, de 27 de abril de 2002 e da interpretação de fotografias aéreas do Estado de São Paulo do ano de 2000.



**UFSC** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

*Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas*  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio bonito (SP) - Cláudio Jorge Cenzato & Rainaldo Lorandi (orientador)

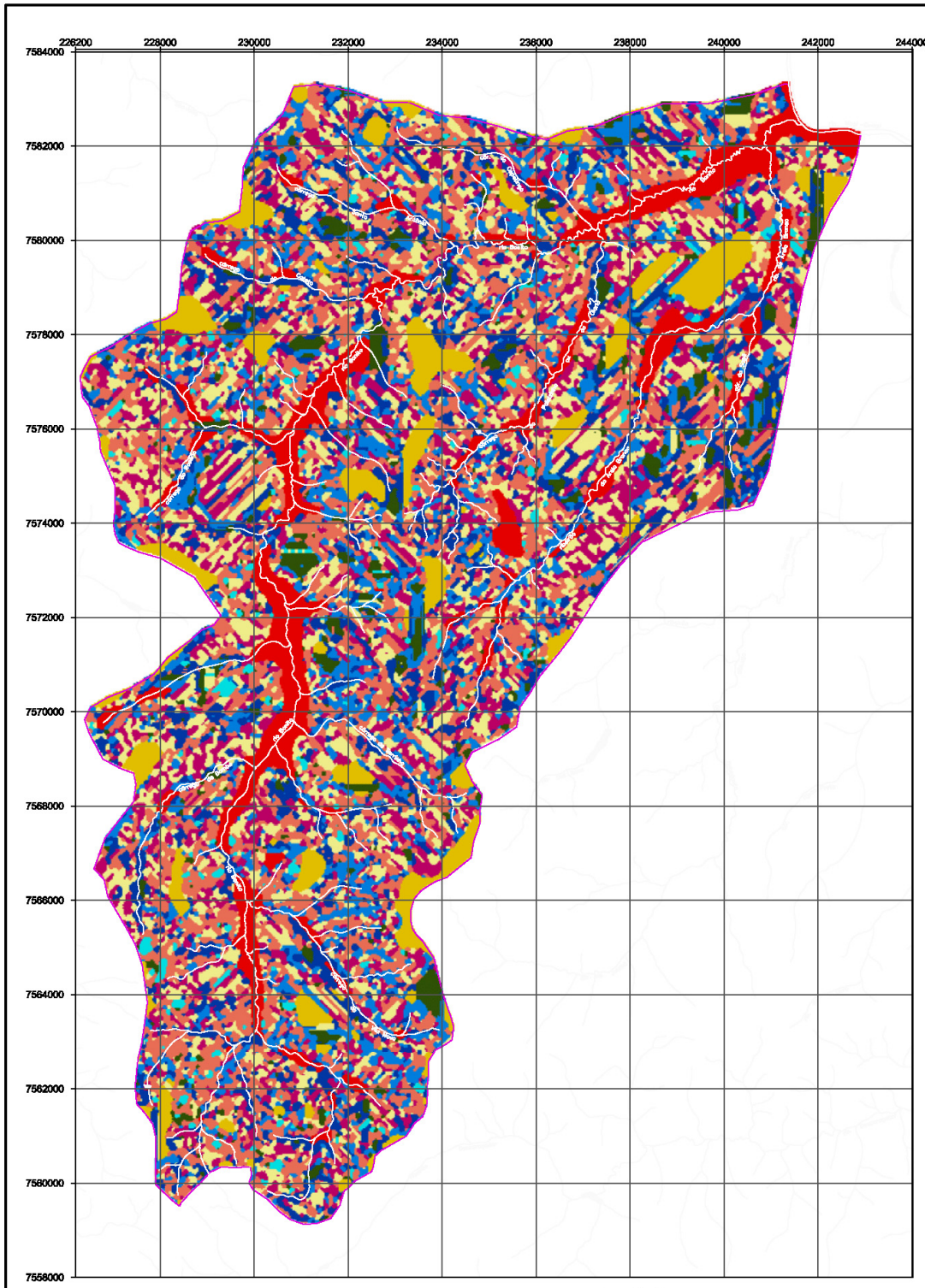
**ANEXO VIII - CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO - ANO 2002**

Dezembro/2002 Apoio: **FAPESP**

Anexo IX

***Carta de Formas de Relevó***



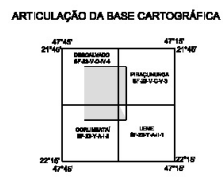


**LEGENDA**

- Serra
- Planície de topo
- Planície de base
- Ravina
- Convexa
- Sela
- Linear
- Côncava
- Inflectiva

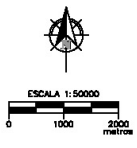
**CURSOS D'ÁGUA**

**LIMITES** Baixa do rio Bonito



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem de quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridiano Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Equidistância das curvas de nível: 20 m

Carta produzida através do SIG (DRISI) 32



**UFSCAR** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

*Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas*  
*Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Cançado & Reinaldo Lorendi (orientador)*

**ANEXO IX - MAPA DE FORMAS DO RELEVO**

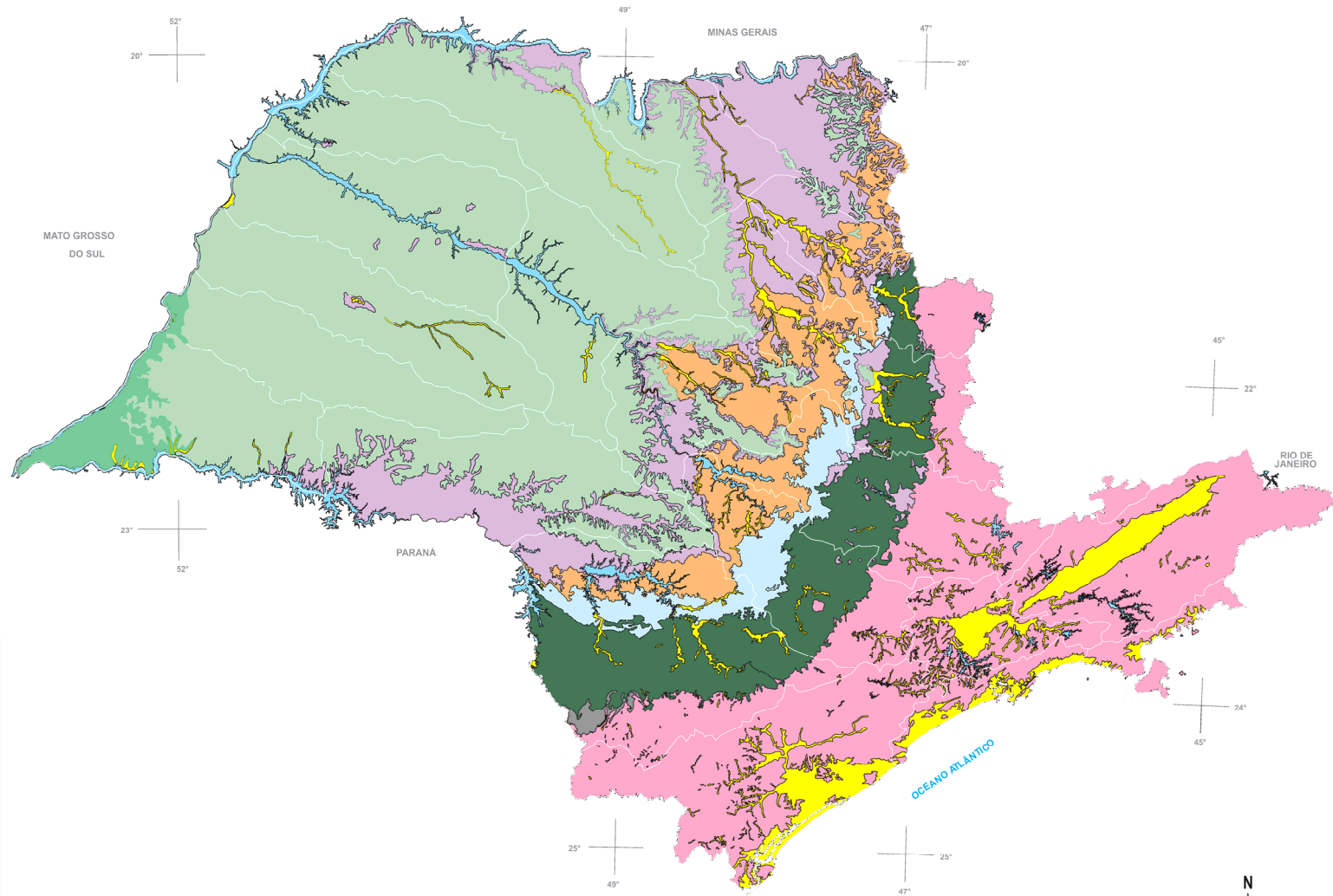
Outubro/ 2002 Apoio: **FAPESP**

Anexo X

***Carta de Unidades Hidrogeológicas do Estado de São Paulo***



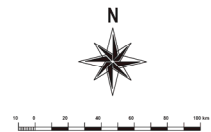
# UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS **MAPA 3**



LEGENDA

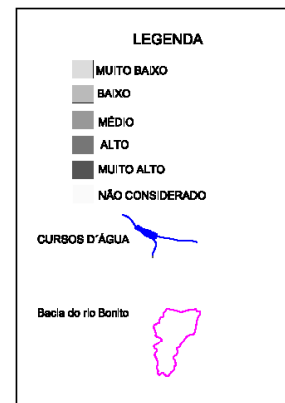
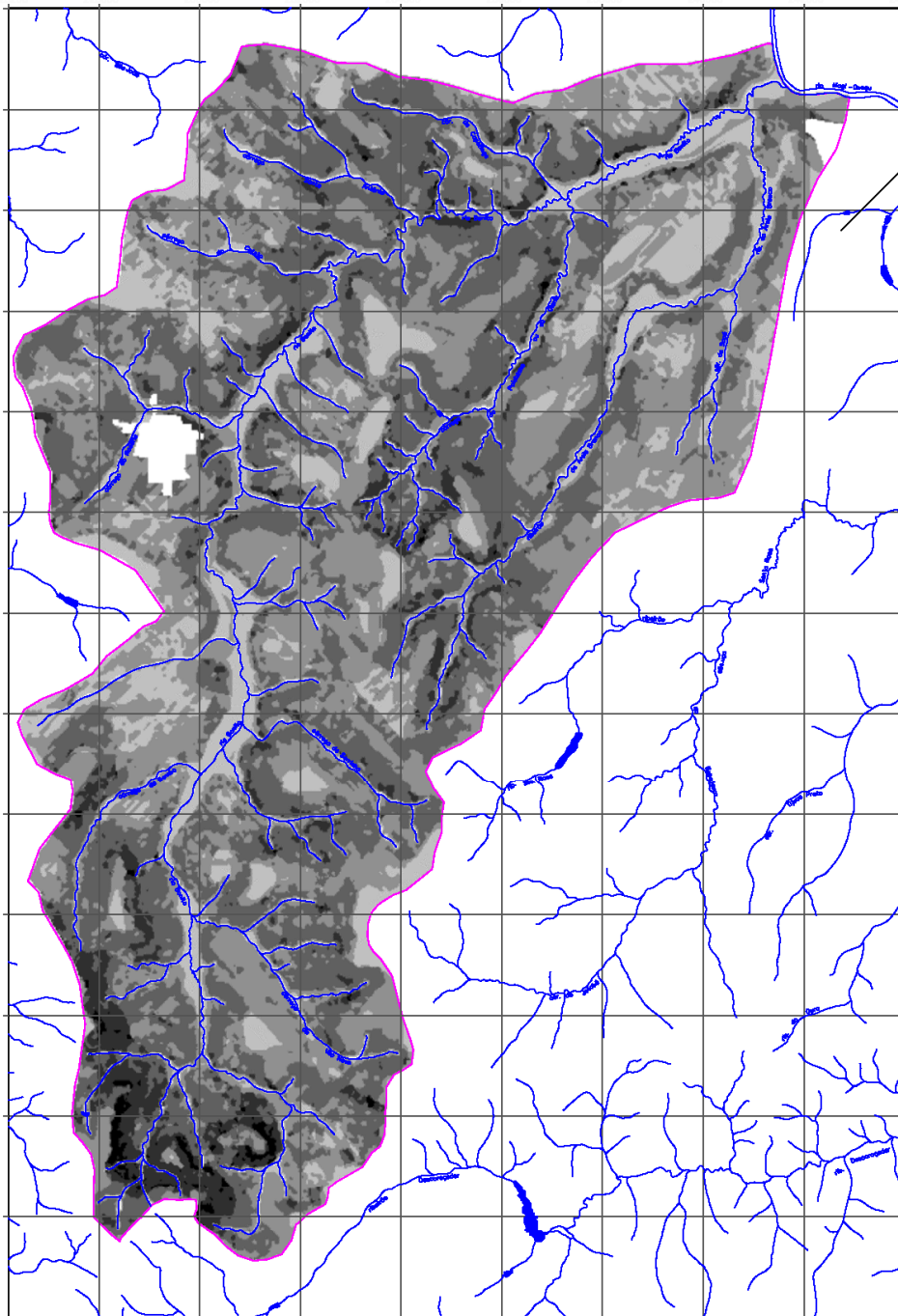
SISTEMA AQUIFERO	UNIDADE AQUIFERA
CENÓZOICO	QUATERNÁRIO
	LITORÂNEO
	SÃO PAULO
	TAUBATÉ
MÉDIO CENÓZOICO	MARILIA
	ADAMANTINA
	SANTO ANASTÁCIO
	CARAJÁ
PRÉ-CAMBRIANO	BASALTO
	DIABÁSIO
	GUARANI
GUARANI	BOTUCATU (LIMPE)
	BOTUCATU (CONFIRMADO)
	PASSA D'OS
TERNÓPOLIS	AQUIDAUANA
	ITARARE
PARANÁ	FURNAS
CRISTALINO	CRISTALINO
REPRESSA	

Fonte: IPT



Anexo XI

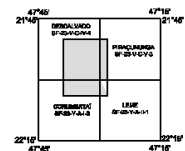
***Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos – Ano 1971 –  
bacia do rio Bonito***



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

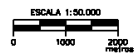


**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. socradas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.

Delum vertical: meridiano imbruto, GC  
Delum horizontal: Córrego Alegre, MG

Carta produzida através de utilização do Sistema de Informações Geográficas (DR/SI 32 e do Software SAGA.



**UFSC** Universidade Federal de São Carlos



Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Cangado & Reinaldo Lonardi (orientador)

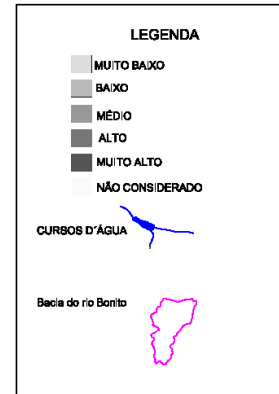
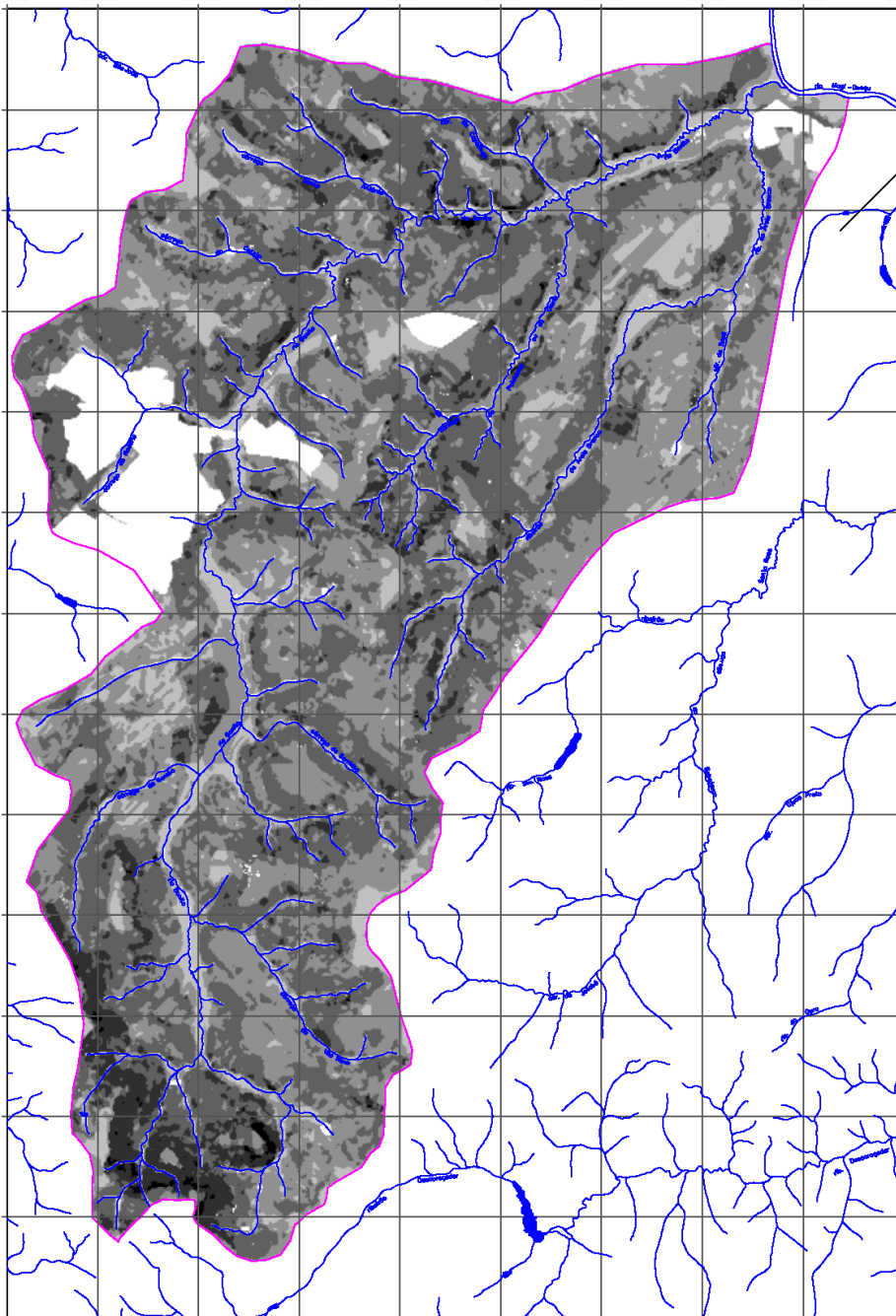
ANEXO X I - CARTA DE POTENCIAL DE APORTE DE SEDIMENTOS - ANO 1971

Janeiro/2003

Apoio: **FAPESP**

Anexo XII

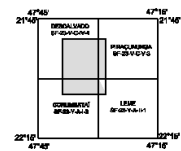
***Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos – Ano 2002 –  
bacia do rio Bonito***



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

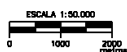


**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

Origem da projeção: Equador e Meridiano 46° W. Gr. escalas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Carta produzida através de utilização do Sistema de Informações Geográficas IDR-SI 32 e do Software SAGA.



Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonta (SP) - Cláudio Jorge Carçedo & Reinoldo Lonardi (orientador)

ANEXO XII - CARTA DE POTENCIAL DE APORTE DE SEDIMENTOS - ANO 2002

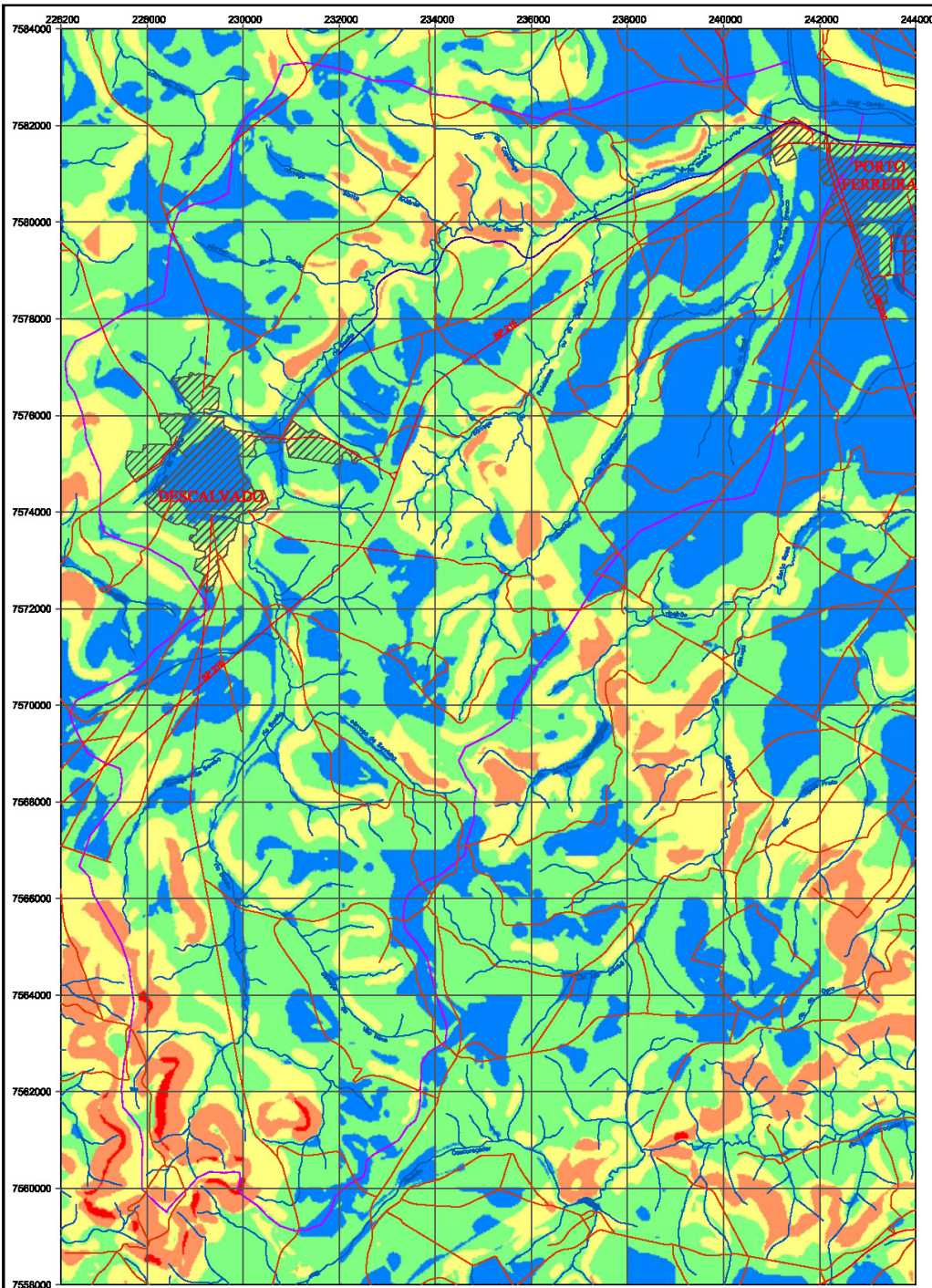
Janeiro/2003

Apoio:

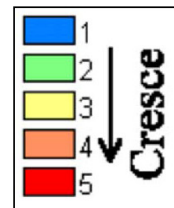
Anexo XIII

***Carta de Potencial ao Escoamento Superficial e Infiltração –  
bacia do rio Bonito***

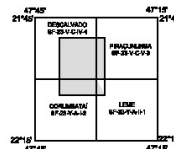




Classes de potencial de escoamento superficial



ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 46° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Equidistância entre as curvas: 20 m  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da digitalização dos Folhas Topográficas Descontínuas, Coronelli, Pissarello e Lame (BRASIL: IBGE, 1971), com informações atualizadas através de levantamentos em campo e de interpretação de imagens LANDSAT do 1990-2000



UFSCAR Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

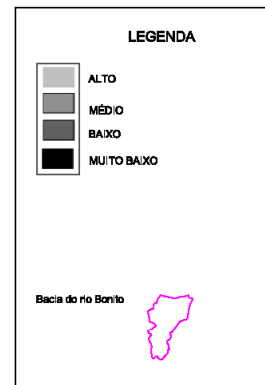
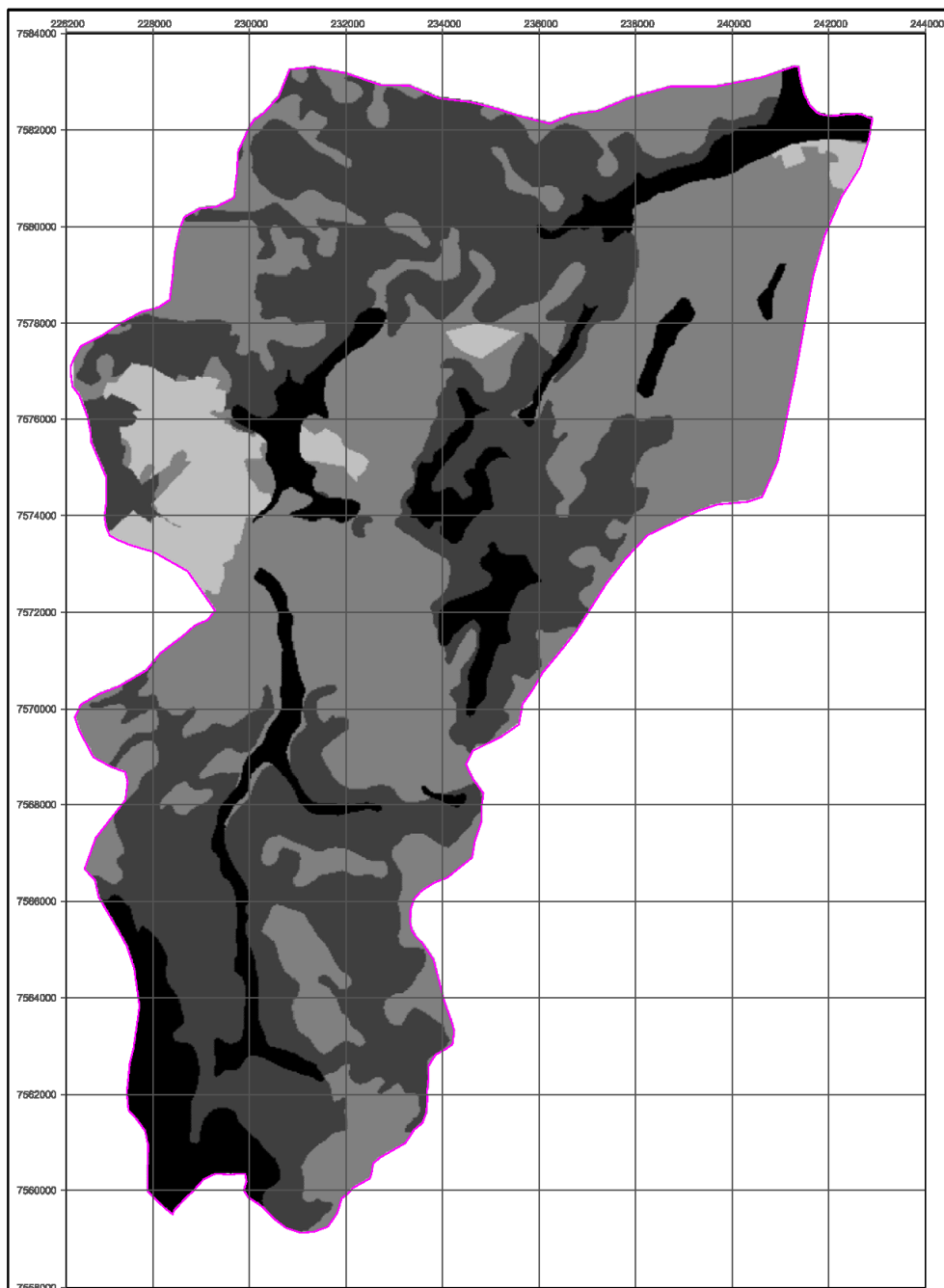
Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionamento à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Campos & Rainaldo Lorandi (orientador)  
 Autor: Roberto Fares

ANEXO XIII - CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

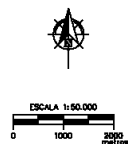
Março/2002 Apoio: FAPESP

Anexo XIV

***Carta de Potencial à Expansão Urbana – bacia do rio Bonito***



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da equidistância: Equador e Meridiano 45° W. Gr. escorridas se constante 10000 km e 600 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) 32



**Universidade Federal de São Carlos**

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais**  
**Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv**

*Zonamento Conciliador da Expansão das Atividades Antrópicas*  
*Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Campos & Reinaldo Lorandí (orientador)*  
*Autor: Maria Eugênia Bruck de Moraes*

**ANEXO XIV - CARTA DE POTENCIAL À EXPANSÃO URBANA**

Março/2003 Apoio: **FAPESP**

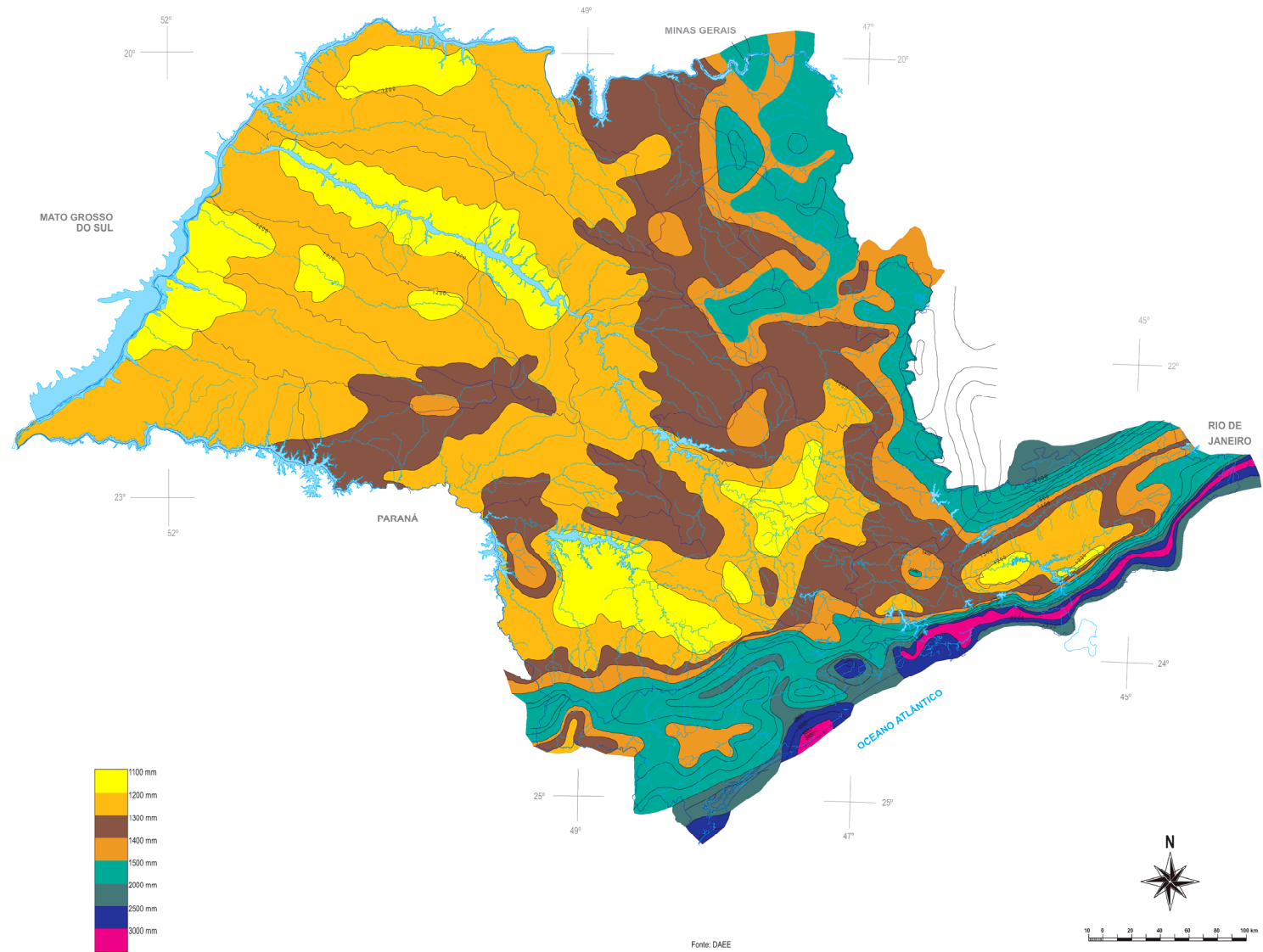
Anexo XV

***Carta de Isoietas Médias Anuais do Estado de São Paulo***



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS  
Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos

# ISOIETAS MÉDIAS MAPA 5



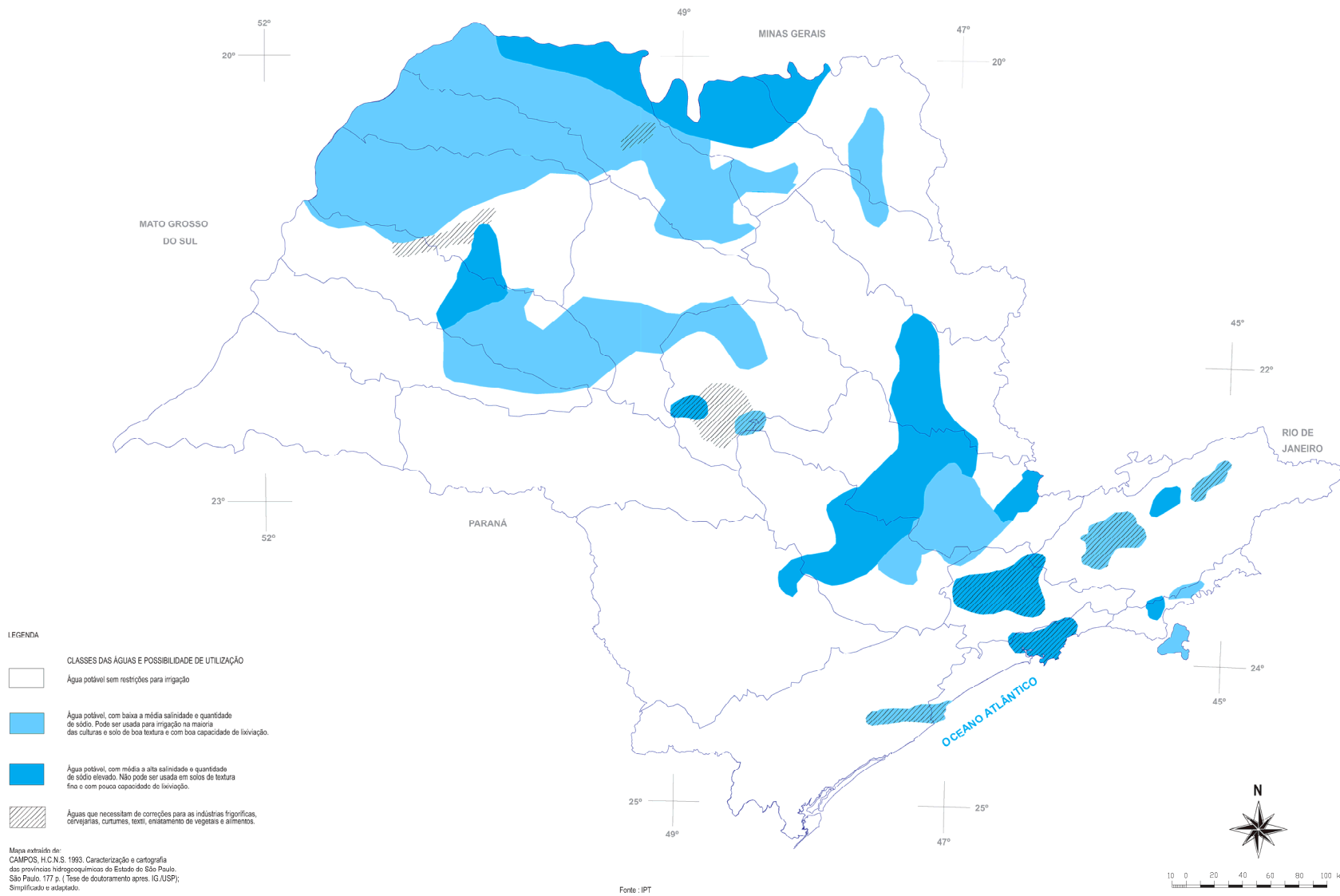
Anexo XVI

***Mapa de Aptidão das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo***



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS  
Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos

# APTIDÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS **MAPA 7**



Anexo XVII

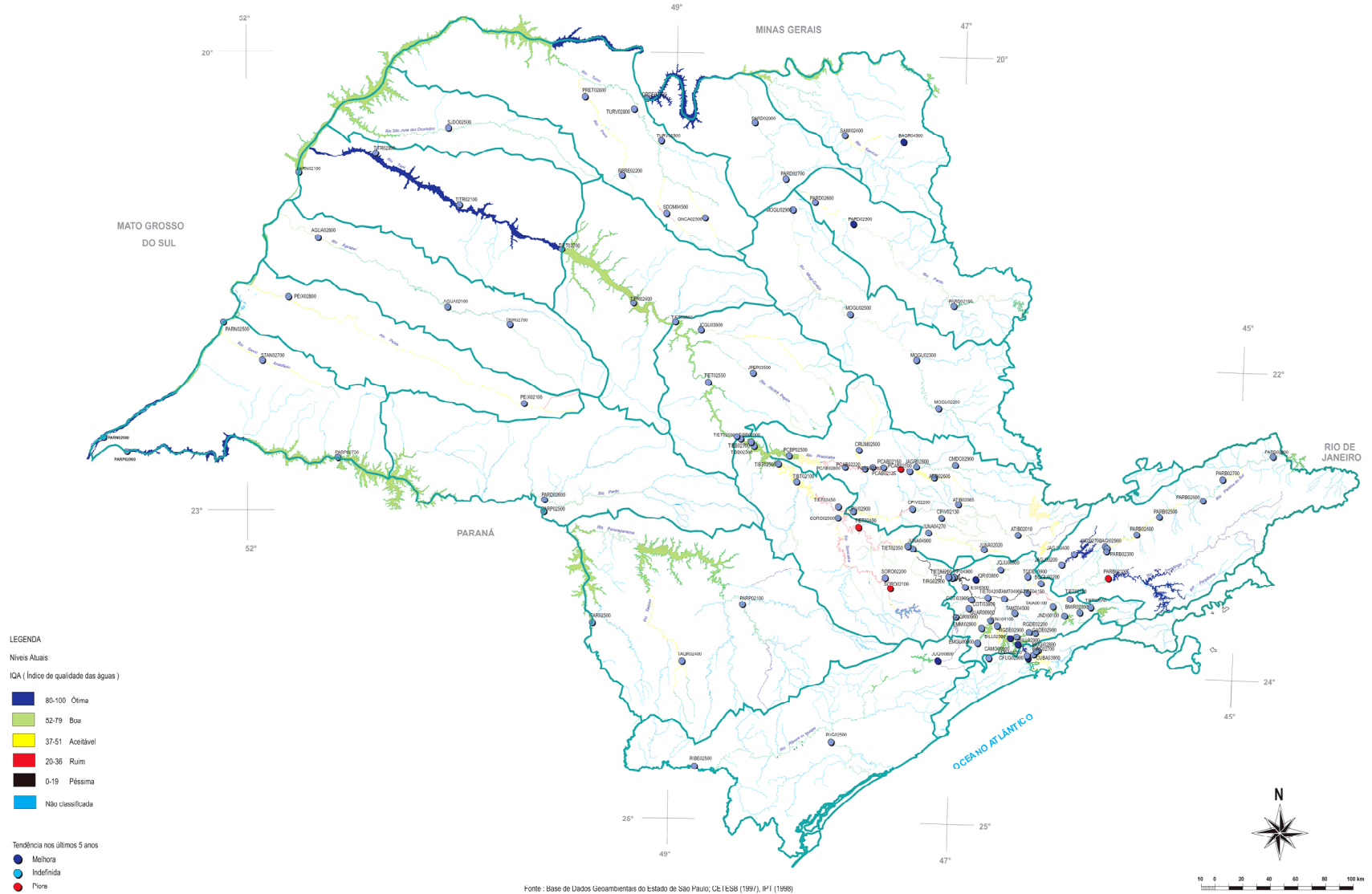
***Mapa de Índice de Qualidade das Águas (IQA) do Estado de  
São Paulo***





# IQA E PONTOS DE MONITORAMENTO

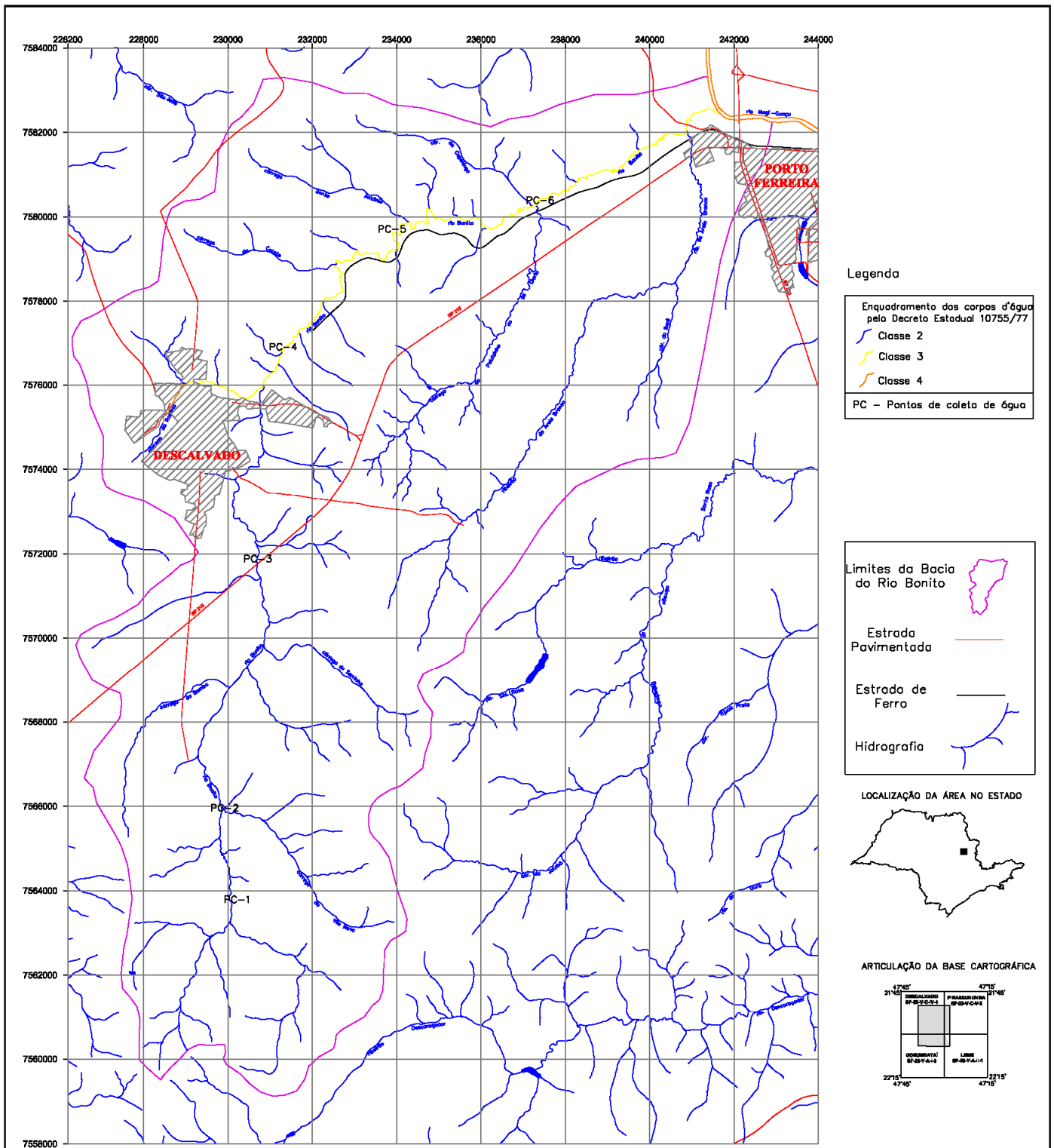
## MAPA 9



Fonte: base de Dados Geambientais do Estado de São Paulo; CE-TESS (1997); IP1 (1998)

Anexo XVIII

***Carta de Enquadramento dos Rios e Pontos de Coleta de  
Qualidade da Água***



**Legenda**

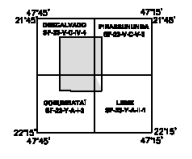
Enquadramento dos corpos d'água pelo Decreto Estadual 10755/77	
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4
PC - Pontos de coleta de água	

Limites da Bacia do Rio Bonito	
Estrada Pavimentada	
Estrada de Ferro	
Hidrografia	

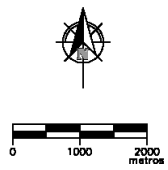
**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**



**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**



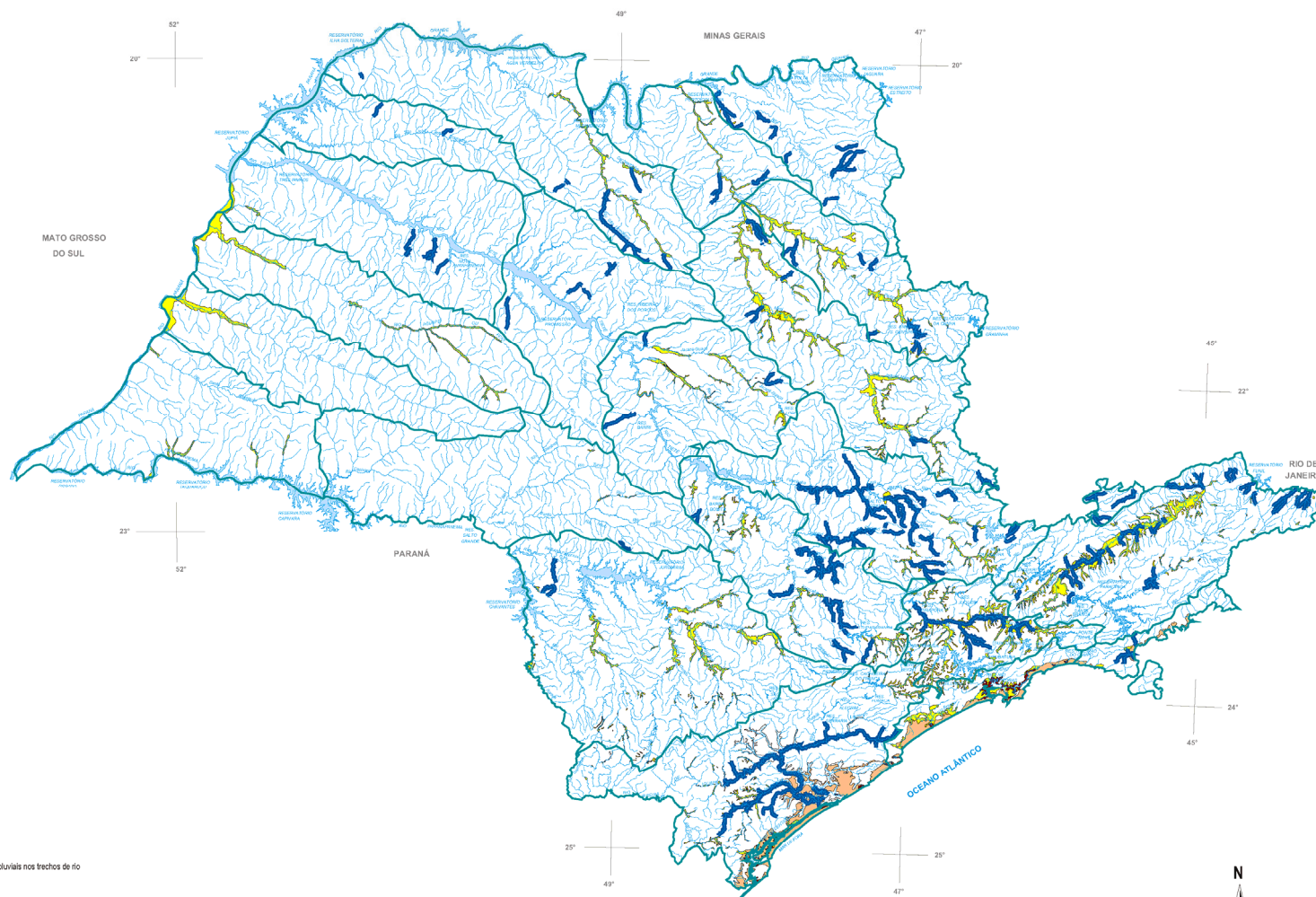
**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. ocrecidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MC







	<b>Universidade Federal de São Carlos</b>	
<b>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais</b>		
<b>Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECIV</b>		
<i>Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas</i>		
<i>Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Cançado &amp; Reinaldo Lorandi (orientador)</i>		
<i>Autor: Maria Eugênia Bruck de Moraes</i>		
<b>ANEXO XVIII - CARTA DE ENQUADRAMENTO DOS RIOS E PONTOS DE COLETA DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>		
Março/ 2003		Apoio:

Anexo XIX

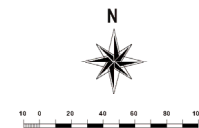
***Mapa de Inundações do Estado de São Paulo***



LEGENDA

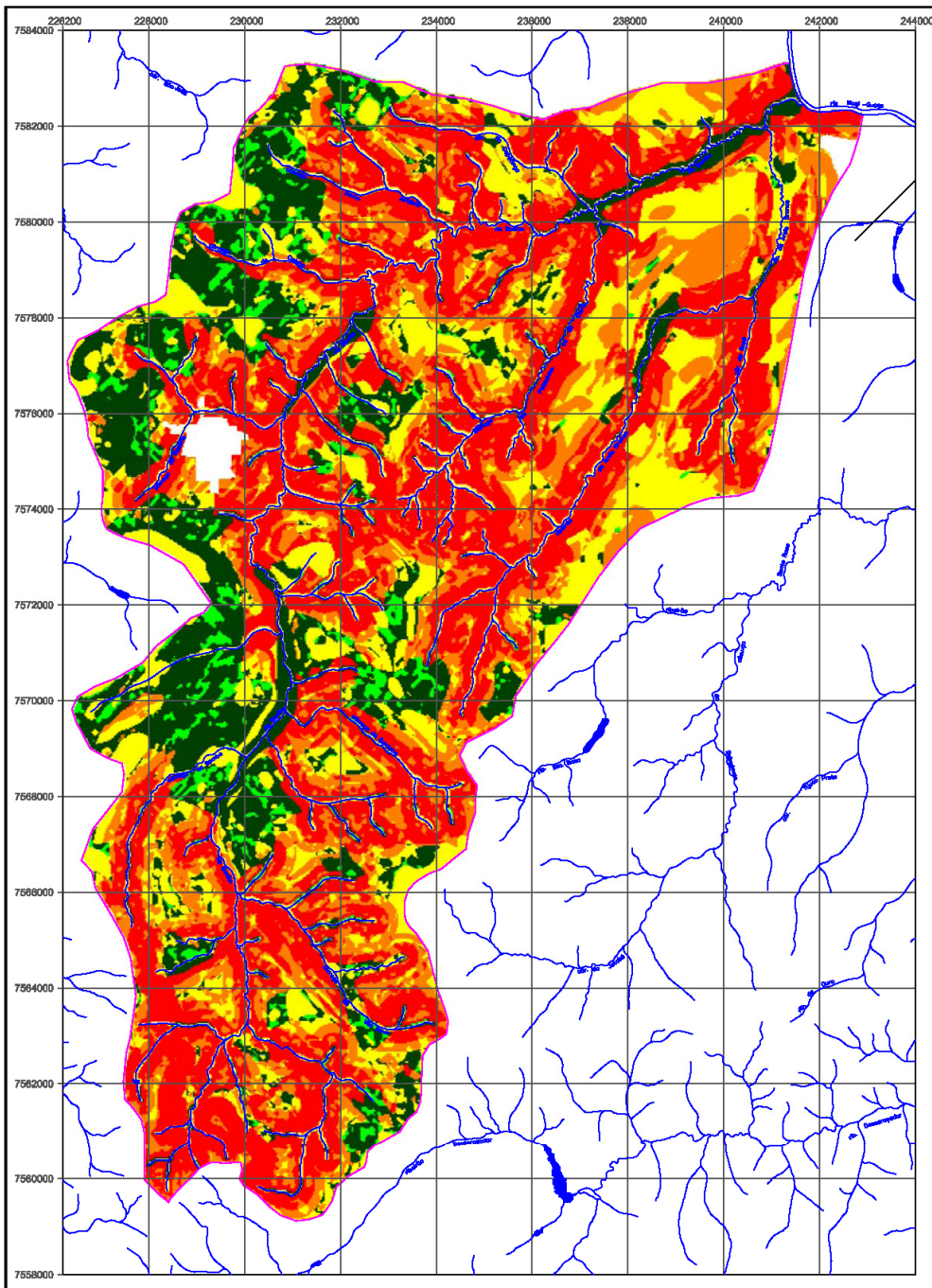
-  Alta suscetibilidade a inundações pluviais nos trechos de rio
-  Média suscetibilidade a inundações pluviais com planície de inundação delimitada
-  Baixa suscetibilidade a inundações pluviais
-  Alta suscetibilidade a inundações associadas às marés

Fonte: IPT (1994, 1997), GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1997)



Anexo XX

***CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS  
PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA  
INUNDAÇÃO - 1971 - CROSSTAB IDRISI 32***

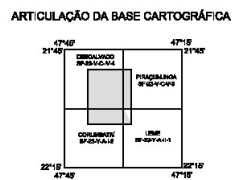


**LEGENDA**

- MUITO BAIXO
- BAIXO
- MÉDIO
- ALTO
- MUITO ALTO
- NÃO CONSIDERADO

CURSOS D'ÁGUA

Bacia do rio Bonito



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem do quilometragem: Equador e Meridiano 46° W. Gr. acréscimos as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) 32.



**UFSC** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

Zonamento Conceitual de Exposição das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cálculo Jorge Carneiro & Rinaldo Lorandí (orientador)

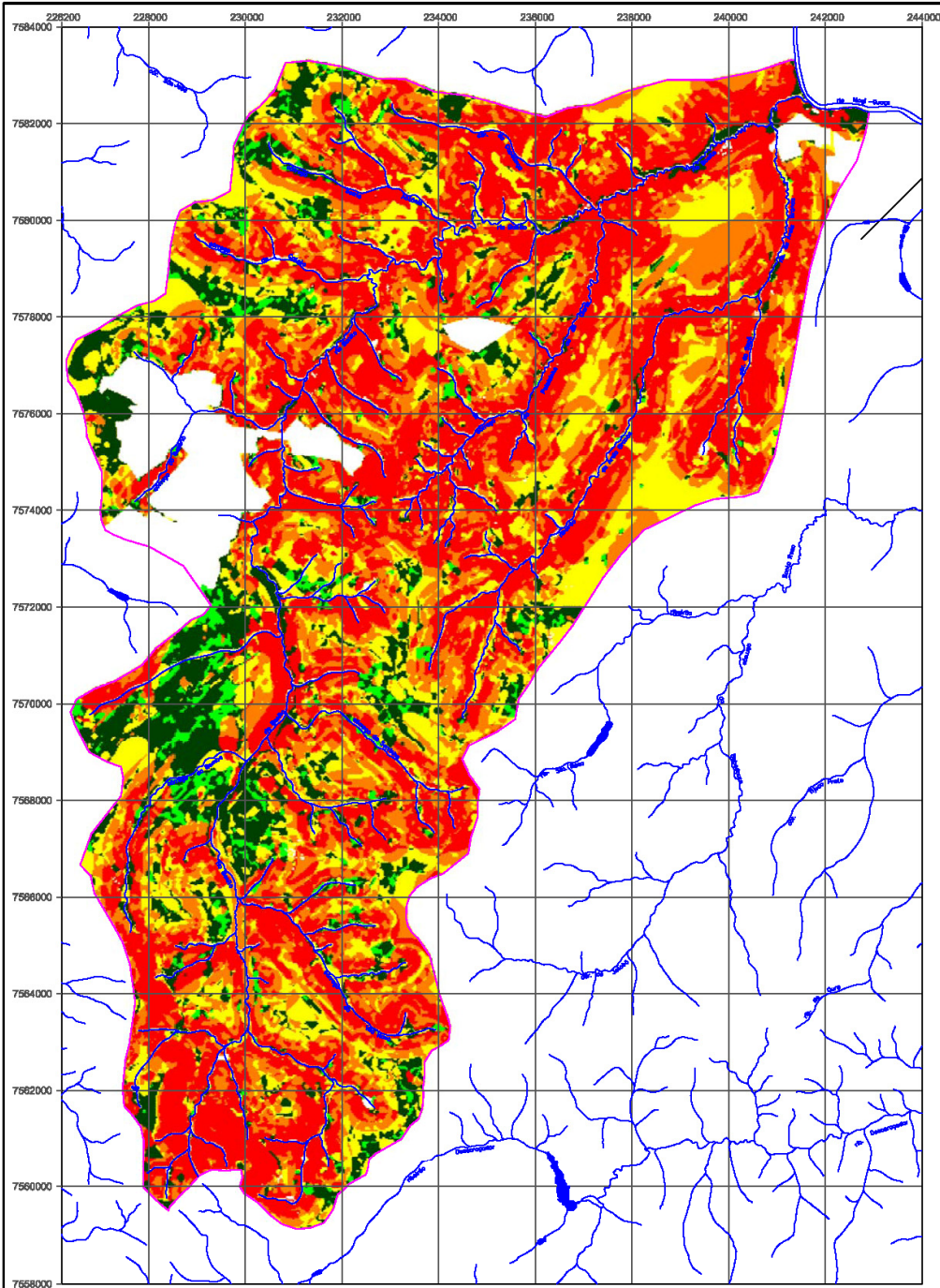
ANEXO XX - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 1971 - ORDENADA (DR) 32

Maio/2003 Apoio: FAPESP

Anexo XXI

***CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS  
PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA  
INUNDAÇÃO - 2002 - CROSSTAB IDRISI 32***

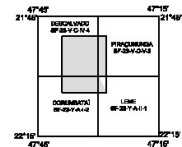




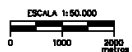
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem de quilonagem: Equador e Meridiano 49° W. Gr. acurácia de constantes 10000 km e 600 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marignolo imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da utilização do Sistema de Informações Geográficas IDRISI 32.



**UFSCAR** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

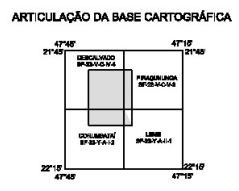
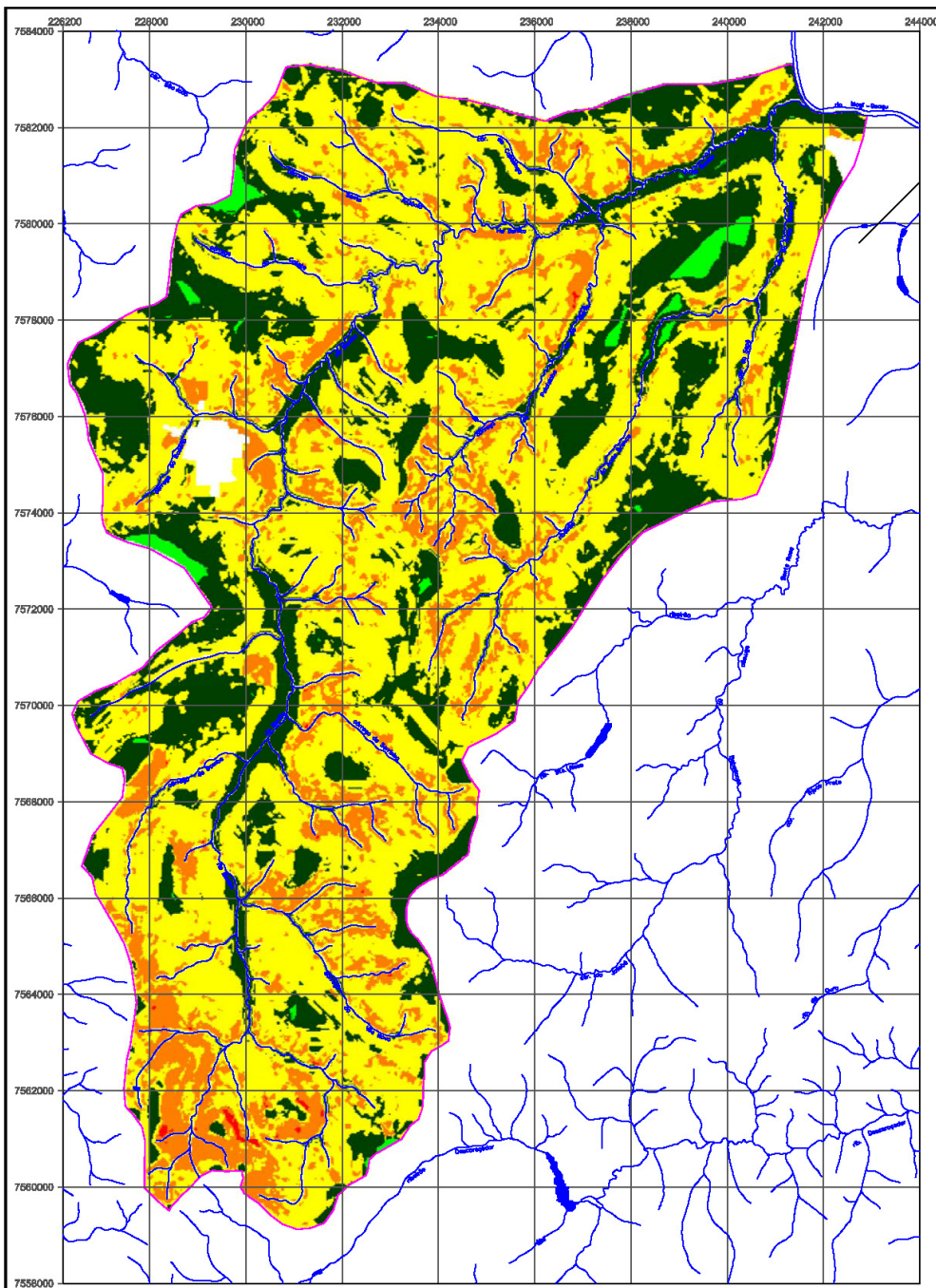
*Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio bonito (SP) - Cláudio Jorge Cançado & Raimundo Lorandi (orientador)*

ANEXO XXI - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 2002 - CROSSTAB DRIS 32

Maio/2003 Apóio: **FAPESP**

Anexo XXII

***CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS  
PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA  
INUNDAÇÃO - 1971 - SAGA***



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 600 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridiano imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da utilização do Sistema de Informação Geográfica IDRISI 32 e do Software SAGA



**Universidade Federal de São Carlos**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

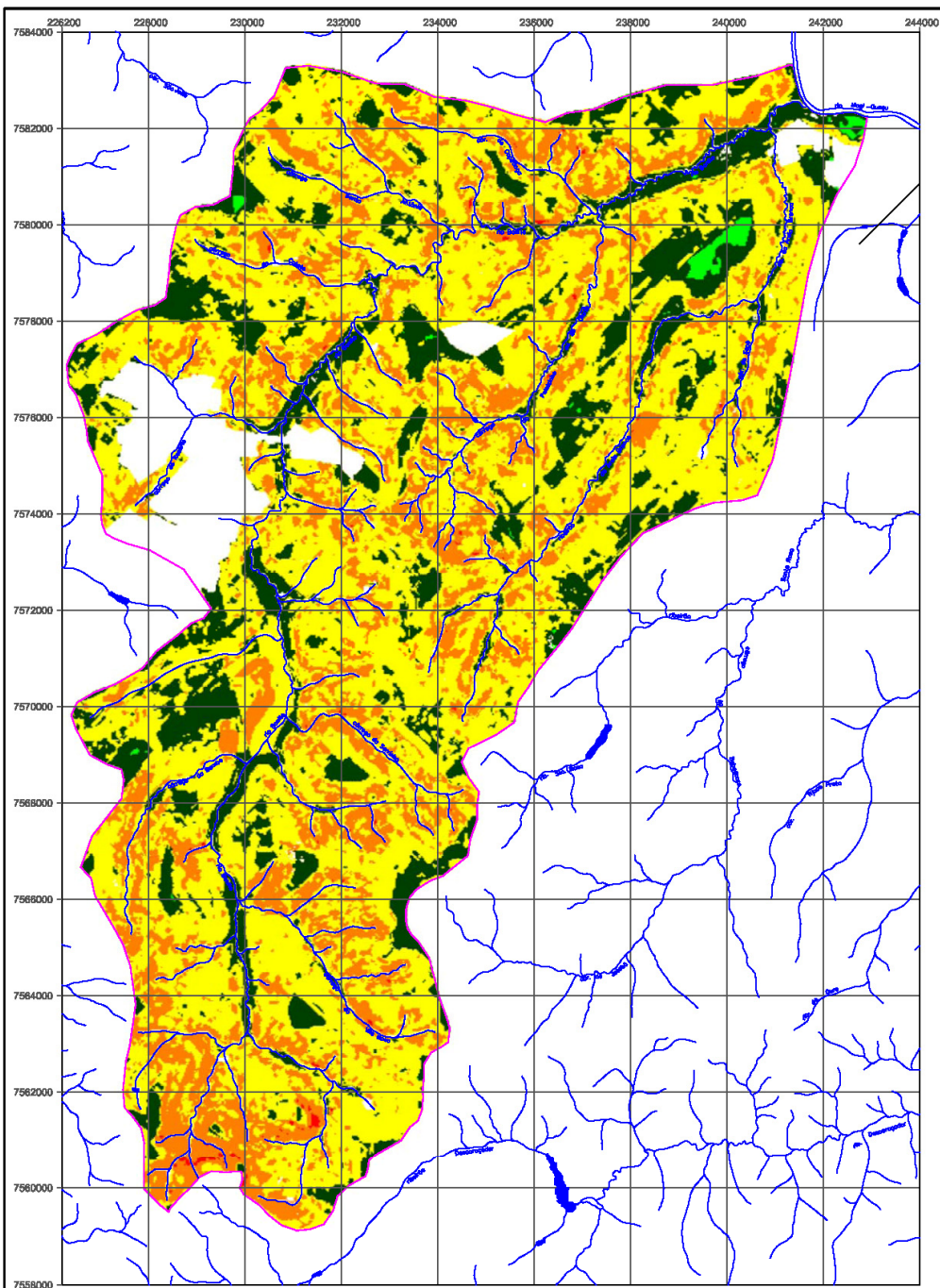
*Zonamento Conceitual de Expansão das Atividades Antrópicas*  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio bonito (SP) - Cláudio Jorge Campos & Reinaldo Lorandi (orientador)

ANEXO XXI - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 1871 - SAGA

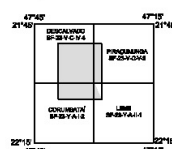
Maio/2003 Apoio: **FAPESP**

Anexo XXIII

***CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS  
PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA  
INUNDAÇÃO - 2002 - SAGA***



**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilométragem: Equador e Meridiano 45° W. Gracificações em coordenadas 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através da utilização do Sistema de Informações Geográficas (DRSI) 32 e do Software SAGA.



**UFSC** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

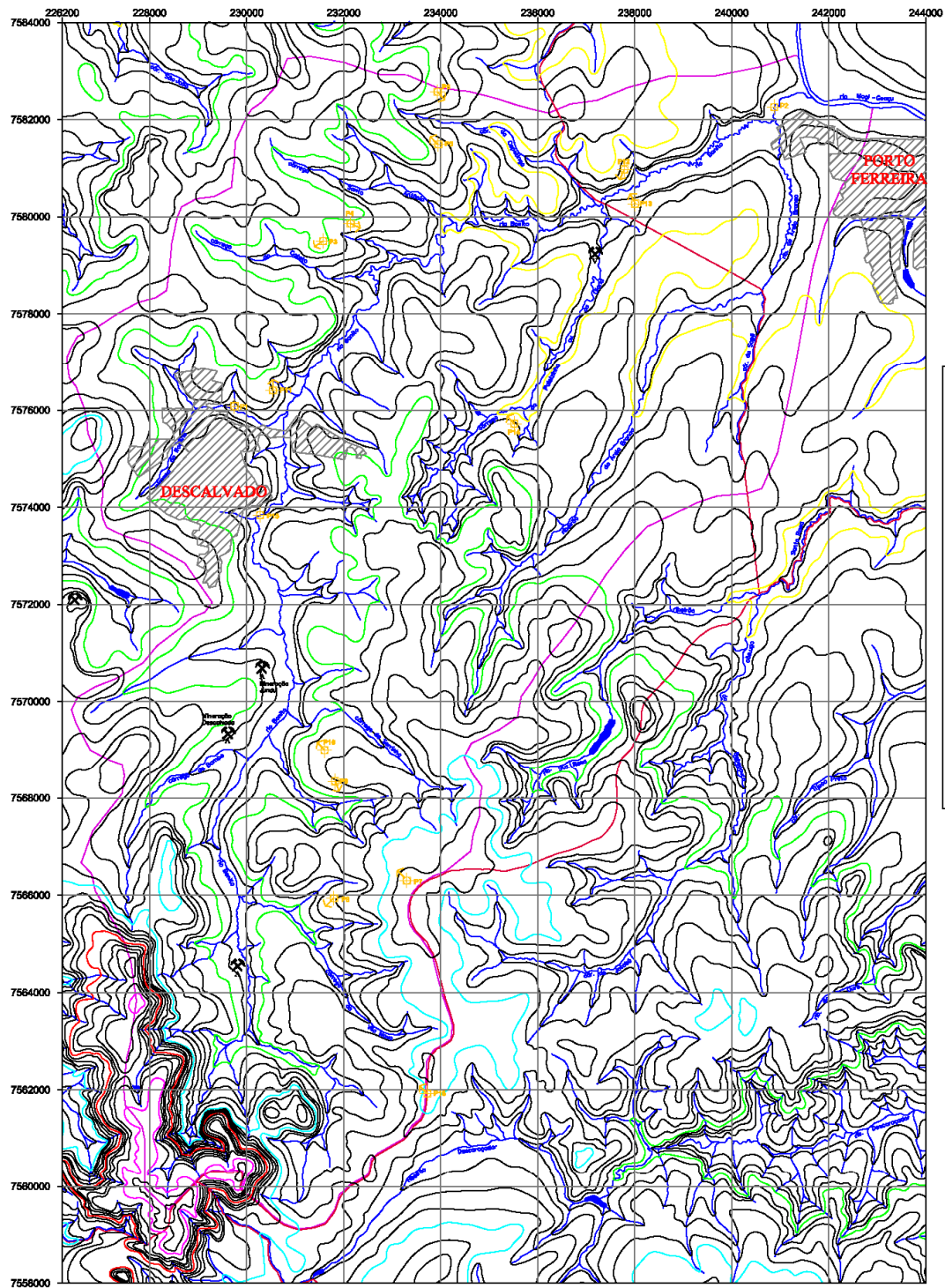
*Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio bonto (SP) - Cláudio Jorge Campedo & Rainaldo Lorenzi (orientador)*

ANEXO XXII - CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO - 2002 - BAGA

Maio/2003 Apoio: **FAPESP**

Anexo XXIV

**LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE PARA A  
ESCOLHA DA MELHOR CARTA DE POTENCIAL DE  
CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO  
FENÔMENO DA INUNDAÇÃO**



**LEGENDA**

**ESTRADAS DE RODAGEM**  
 Pavimentada  
 Sem Pavimentação

**ESTRADE DE FERRO**

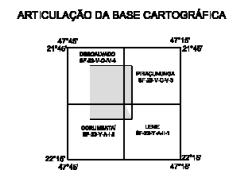
**LIMITES**  
 Intermunicipal  
 Baixa do rio Bonito

**MINERAÇÃO**  
 ÁREA  
 DISTRITO

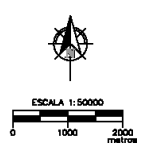
**ÁREA URBANA**

**ALTIMETRIA (metros)**  
 400 m  
 700 m  
 800 m  
 900 m  
 1000 m

**Localização dos Pontos de Controle para Baixo do rio Bonito**



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 48° W. Gr. escrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridiano imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Equidistância das curvas de nível: 20 m  
 Carta produzida através de digitalização das Folhas Topográficas Descalvado, Corumbelândia, Pirapungaba e Leme (BRASIL - IBGE, 1971), com informações atualizadas através de levantamento em campo e de interpretação da imagem LANDSAT de 18/08/1998.



**UFSCAR** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECIV

**Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Caspado & Rainaldo Lorenzi (orientador)**

ANEXO XXIV- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE PARA A ESCOLHA DA MELHOR CARTA DE POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO AO FENÔMENO DA INUNDAÇÃO

Março/2003

Apoiado por: **JAPESP**

Anexo XXV

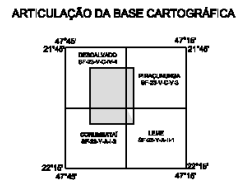
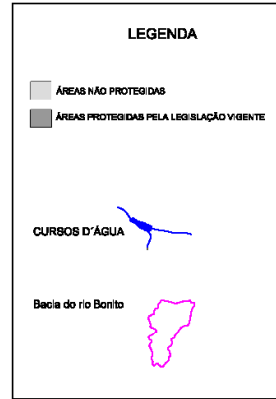
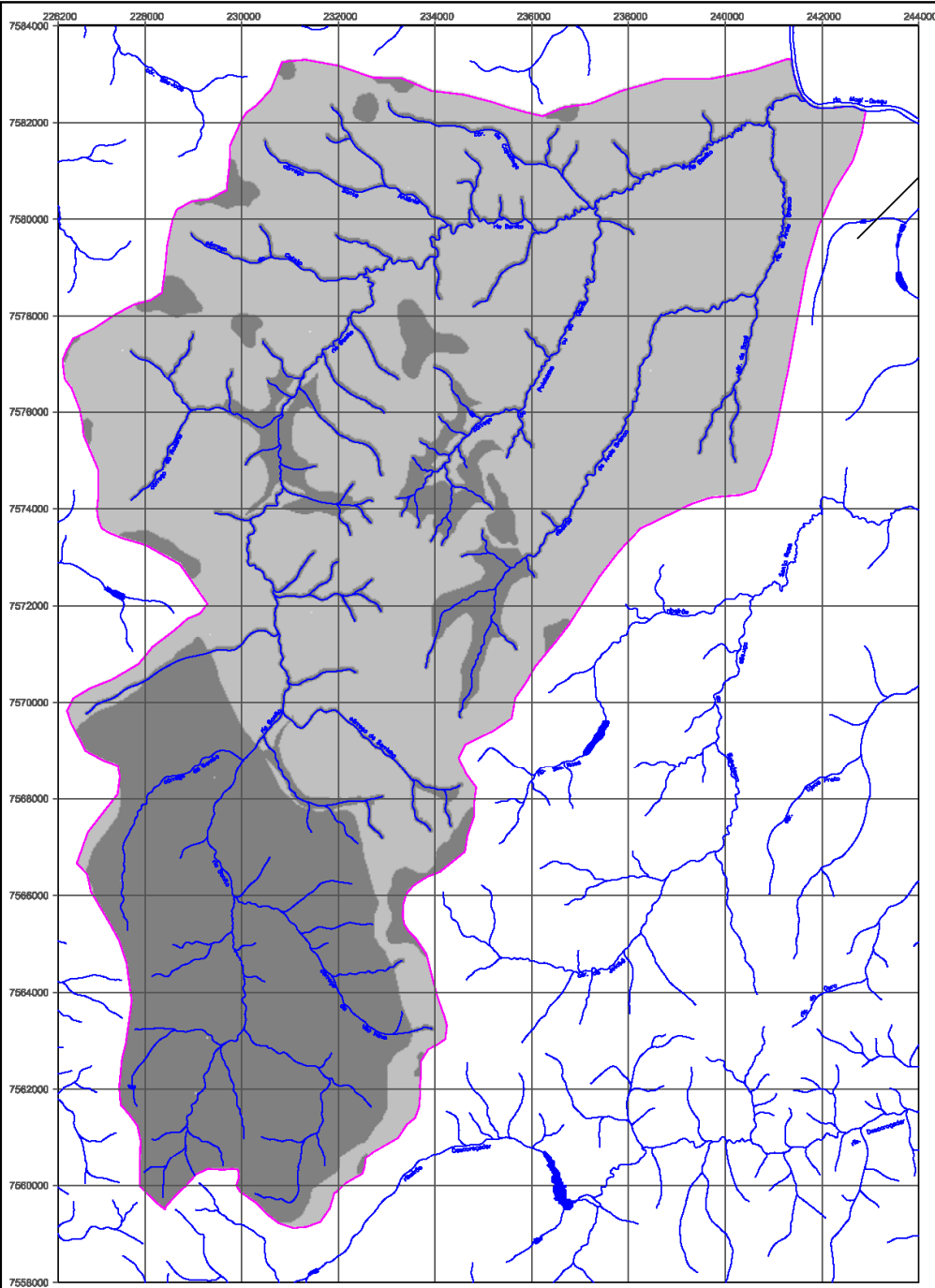
***MAPA DE SUB-BACIAS***





Anexo XXVI

***CARTA DE LEGISLAÇÃO AMBIENTAL***



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. e correntes as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Corte produzido através de utilização do Sistema de Informações Geográficas IDRISI 3.2.



**UFSC** Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv

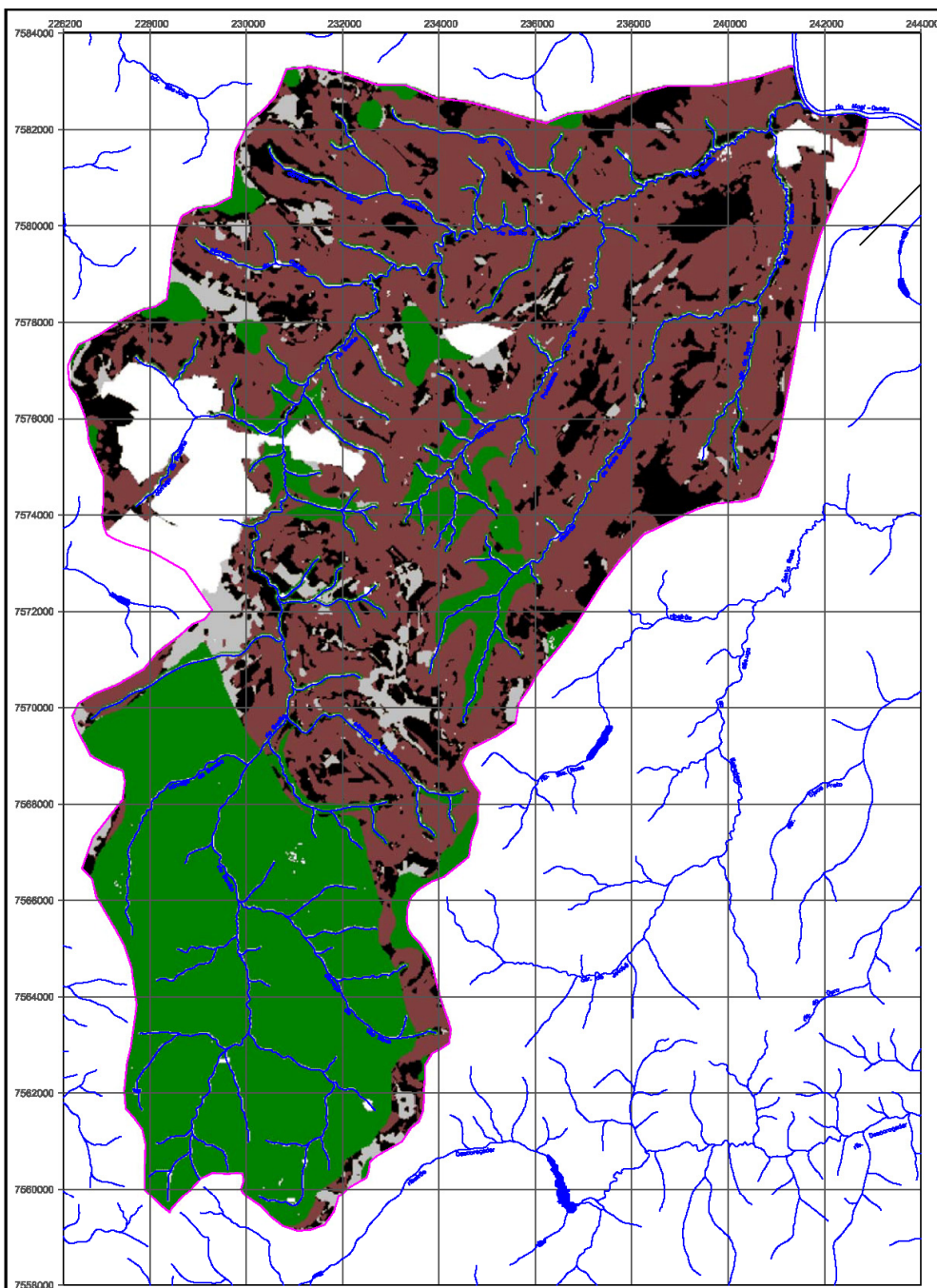
Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas  
 Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio bonito (SP) - Orientado Jorge Camparo & Rinaldo Lorandi (orientador)  
 Autor: Maria Eugênia Brack de Moraes

ANEXO XXVI - CARTA DE LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Março/2003 Apoio: **FAPESP**

Anexo XXVII

***ZONEAMENTO CONCEITUAL DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS  
RELACIONADO À INUNDAÇÃO***

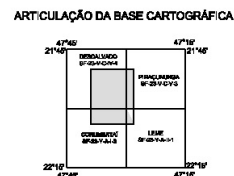


**LEGENDA**

- Zona de Atividades Urbanas
- Zona de Atividades Industriais
- Zona de Atividades Agropecuária
- Zona de Proteção Ambiental

**CURSOS D'ÁGUA**

**Bacia do rio Bonito**



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 48° W. Or.  
 escaladas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: meridião imbuiba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através de utilização do Sistema de  
 Informações Geográficas IDR/SI 32.



**Universidade Federal de São Carlos**

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais**  
**Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - CNPq/DECiv**

---

*Zonamento Conceitual da Expansão das Atividades Antrópicas*  
*Relacionado à Inundação - Estudo de caso: bacia do rio Bonito (SP) - Cláudio Jorge Cançado & Reinaldo Lorandi (orientador)*

---

**ANEXO XXVII - ZONEAMENTO CONCEITUAL DA EXPANSÃO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS RELACIONADO À INUNDAÇÃO**

---

Março/2003 Apoio: