



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**“INFLUÊNCIA DE RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS NA
GÊNESE E EVOLUÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO
BAIXO CURSO DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS (SP)”**

TÂNIA REGINA INÁCIO RODRIGUES

**CAMPINAS
AGOSTO 2006**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**“INFLUÊNCIA DE RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS NA
GÊNESE E EVOLUÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO
BAIXO CURSO DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS (SP)”**

Tese de Doutorado submetida à banca
examinadora para obtenção de título de
Doutora em Engenharia Agrícola, na Área de
Concentração em Água e Solo.

TÂNIA REGINA INÁCIO RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

CAMPINAS
AGOSTO 2006



PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por **Tânia Regina Inácio Rodrigues**, aprovada pela Comissão Julgadora em 28 de agosto de 2006.

Campinas, 18 de maio de 2007.


Prof. Dr. Archimedes Perez Filho
Presidente

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

R618i Rodrigues, Tânia Regina Inácio
Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e
evolução da rede de drenagem no baixo curso do Rio
São José dos Dourados (SP) / Tânia Regina Inácio
Rodrigues.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Archimedes Perez Filho.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Drenagem. 2. Hidrografia – Densidade. 3.
Levantamentos hidrográficos. 4. São José dos Dourados,
Rio, Bacia (SP). I. Perez Filho, Archimedes. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Influence of hidroelectric reservoirs in the gênese and
evolution of the net of draining in the low course of the
River São José dos Dourados (SP).

Palavras-chave em Inglês: Watershed, Drainage net, Drainage density,
Hydrographic density, Variables morphometrical.

Área de concentração: Água e solo.

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Salvador Carpi Júnior, Francisco Sérgio Bernandes
Ladeira, Gilberto José Garcia, José Teixeira Filho.

Data da defesa: 28/08/2006

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola.

*Dedico este trabalho ao meu esposo
Ricardo e aos meus filhos Renan,
Renata, Ruan e Lucca.*

*Ando devagar
Porque já tive pressa
Levo esse sorriso
Porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte
Mais feliz quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco eu sei
Eu nada sei
Todo mundo ama um dia
Todo mundo chora
Um dia a gente chega
E o outro vai embora
Cada um de nós
Compõe a sua História
Cada ser em si carrega
O dom de ser capaz
De ser feliz*

*(Trecho extraído da música: “Tocando em frente”
autoria de Almir Sater e Renato Teixeira).*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Archimedes Perez Filho, amigo e orientador, pela paciência nos momentos difíceis, respeito, e por me permitir absorver um pouco da sua experiência e conhecimento;

Aos Prof.s Drs. Carlos Roberto Espíndola e Gilberto José Garcia pela participação extremamente valiosa no meu exame de qualificação, oportunidade em que generosamente compartilharam seus conhecimentos, oferecendo importantes sugestões nas tarefas para o desenvolvimento desta tese;

Ao Regivan Saul, em especial, pela amizade, confiança, encorajamento nas horas mais difíceis e pela contribuição nos trabalhos de campo;

Ao Agmon Moreira Rocha, que generosamente compartilhou seus conhecimentos, oferecendo importantes sugestões nas tarefas de geoprocessamento, permitindo o compartilhamento do Laboratório de Geoprocessamento, do material e a motivação para a execução desta tese;

Ao Prof. Dr. Hélio Ricardo do Departamento de Engenharia Rural da UNESP/Ilha Solteira/SP, pela amizade, apoio e pelas valiosas sugestões e comentários apresentados na elaboração desta tese;

Ao Prof. Dr. José Teixeira Filho pela presteza na cessão de dados indispensáveis à realização deste trabalho e, sobretudo, pela amizade demonstrada;

Ao Prof. Dr. Francisco Nogueira do Instituto Agrônomo de Campinas/IAC, que generosamente compartilhou seus conhecimentos, oferecendo importantes sugestões nas tarefas de geoprocessamento;

A todos os professores da Faculdade de Engenharia Agrícola/FEAGRI pelos conhecimentos técnicos e de vida transmitidos;

Aos professores, pesquisadores e funcionários do Instituto Agronômico de Campinas pelo apoio e amizade;

Às minhas amigas Filomena, Fátima, Efigênia e Ivanilde, pela grande amizade, companheirismo, força, determinação, e por toda a ajuda prestada durante as diferentes fases de desenvolvimento deste trabalho;

A todos os amigos do Departamento de Geociências, que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Em especial, agradeço às secretárias da diretoria, Cristina e Neide, ao motorista Sr. Rinaldo e aos alunos de pós-graduação: Felipe, Fred, Joseane, Rodrigo, Luiz Eduardo e Sérgio;

A todos os pós-graduandos do Laboratório de Geoprocessamento da FEAGRI/UNICAMP, em especial ao Erivelto e Júlio, pela ajuda sempre pronta, oportuna em muitos momentos deste trabalho;

Aos meus amigos do Laboratório de Água e Solo da FEAGRI/UNICAMP, em especial a Célia, Fátima, Júnior e Lucarelli, pela atenção e carinho dispensados;

Aos amigos da pós-graduação e da graduação da FEAGRI/UNICAMP, em especial a Laura, Márcio, Aline, Douglas, Marcelo, Marcão, Luciana, Jane, Lúcia, Vânia, Kelly, Pedro e Mariana;

A todo o pessoal da CATI/Campinas, Suzanópolis, Aparecida d'oeste, Sud Mennucci e Ilha Solteira, pela amizade dedicação e apoio na execução da parte prática do trabalho no campo e no laboratório;

A Ana Paula, Martha, Rosângela e aos Profs.Drs. Raquel e Paterniani, da Pós-graduação, pelos serviços prestados, no sentido de atender aos alunos nas necessidades do dia-a-dia, sobretudo pela paciência e amizade;

À Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, por me permitir cursar e obter este título nesta honrosa instituição;

À CAPES pelo suporte financeiro;

À CPG/FEAGRI e a FAEP/UNICAMP, pelo auxílio financeiro destinado a pesquisa de campo;

Aos agricultores dos Municípios de Ilha Solteira, Pereira Barreto, Suzanápolis, Sud Mennucci, Aparecida d'Oeste, Marinópolis e Palmeira d'Oeste/SP, onde foi desenvolvida parte deste trabalho, que cederam seu tempo para entrevistas e depoimentos sobre suas experiências;

Por fim,

À minha família, em especial aos meus pais, e principalmente ao meu marido e meus filhos, pelo incentivo, carinho, compreensão e, que, a despeito de minha ausência, por nunca perderem a esperança de que um dia todos nós estaríamos reunidos novamente;

E a DEUS, que me deu paz e tranquilidade espiritual nos momentos em que os problemas pessoais se somaram aos problemas profissionais.

Meu muito obrigada

Tânia

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	XIIXVII
LISTA DE TABELAS	XVII
LISTA DE QUADROS	XIX
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	XX
VI. RESUMO.....	XXIV
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações iniciais	1
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Estrutura da tese.....	7
CAPITULO 2	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Fundamentos teóricos da pesquisa	8
2.2 A teoria sistêmica	9
2.3 Solos	13
2.4 Erosão	16
2.4.1 Erosão laminar ou superficial	16

2.4.2 Erosão em sulcos (canais ou ravinas).....	18
2.4.3 Voçorocas ou boçorocas.....	19
2.5 Erosões em áreas de cabeceiras de drenagens.....	25
2.6 Bacia Hidrográfica, uma alternativa para planejamento e gerenciamento ambiental	26
2.6.1 Rede de drenagem	28
2.6 Impactos ambientais sobre a rede de drenagem	33
2.7 Técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento em estudos ambientais.....	34
2.7.1 Sensoriamento Remoto.....	35
2.7.2 Fotointerpretação	37
2.7.2.1 Elementos das imagens (aerofotogramétricas e/ou satélites)	38
2.8 Geoprocessamento.....	41
2.8.1 Sistema de Informações Geográficas	42
2.8.2 Processamento digital de imagens.....	44
2.8.2.1 Técnica de pré-processamento.....	45
CAPITULO 3	51
3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	51
3.1 Área de estudo	51
3.1.1 Regiões Administrativas e Regiões de Governo	55
3.1.2 Caracterização do meio físico.....	57
3.1.2.1 Hidrografia	57
3.1.2.2 Relevo.....	58
3.1.2.3 Geologia	60
3.1.2.4 Clima	63
3.1.2.5 Cobertura vegetal.....	67
3.1.2.6 Solos	68
3.1.2.7 Recursos hídricos subterrâneos	72
3.1.3 Caracterização socioeconômica.....	76

3.1.3.1 Histórico da Ocupação e Desenvolvimento Regional	76
3.1.3.2 Aspectos Econômicos.....	81
3.1.3.3 Infra-Estrutura Disponível.....	85
4 MATERIAL E MÉTODOS	86
4.1 Procedimentos Gerais	86
4.2 Roteiro metodológico da pesquisa.....	87
4.3 Material e instrumentos de apoio.....	87
4.4 Abordagem metodológica	89
4.4.1 Trabalho de Campo	90
4.4.2 Trabalho de Laboratório	91
4.4.2.1 Geração da base de dados digital.....	92
4.4.2.2 Metodologia adotada	93
4.4.2.3 Digitalização do perímetro da bacia a partir da base cartográfica.....	93
4.4.2.4 Fotoíndices, fotografias aéreas de 1962 e 2005.....	96
4.4.2.5 Processamento das imagens da bacia	97
4.4.2.6 Modelo Digital de Elevação (MDE):	105
4.4.2.7 Mapa de uso e ocupação de 1962	112
4.4.2.8 Mapa de uso e ocupação de 2005	113
4.4.2.9 Hidrografia	114
4.4.2.10 Mapa de solos	116
4.4.2.11 Análise temporal com base em amostras circulares	118
4.4.2.12 Análises estatísticas	124
4.4.2.13 Análises de Laboratório.....	124
CAPITULO 5	126
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	126
5.1 Diagnóstico dos principais problemas ambientais	126

5.2 Geração da base de dados.....	127
5.2.1 Hipsometria	127
5.2.2 Declividade.....	128
5.3 Solos da Bacia	131
5.4 Mapa de Uso e Ocupação da Terra.....	133
5.4.1 Mapa de Uso e Ocupação da Terra de 1962.....	133
5.4.2 Mapa de Uso e Ocupação da Terra de 2005	136
5.4.3 Análise comparativa do Uso e Ocupação da Terra entre 1962 e 2005.....	139
5.5 Amostras circulares	142
5.5.1 Amostras circulares aplicadas nos Mapas de Rede de Drenagem.....	142
5.5.1.1 Características dimensionais e quantitativas nas amostras circulares	144
5.5.1.2 Avaliação do quadro das alterações ambientais na Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados	147
5.5.2 Amostras circulares aplicadas nos Mapas de Uso e Ocupação da terra	151
CAPÍTULO 6	155
6 CONCLUSÕES	155
CAPÍTULO 7	157
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
ANEXO I.....	188
ANEXO II	190
ANEXO III.....	197

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localização da Bacia São José dos Dourados no Estado de São Paulo.....	52
Figura 2 Localização das Sub-Bacias	52
Figura 3 Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados.....	54
Figura 4 Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados com a divisão dos municípios.	54
Figura 5 Regiões Administrativas a qual pertencem os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados	56
Figura 6 Regiões de Governo a qual pertencem os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados.	56
Figura 7 Rede de drenagem extraída das cartas topográficas na escala de informação de 1: 50.000	57
Figura 8 Divisão Regional do Estado de São Paulo	59
Figura 9 Recorte do Mapa Geológico do Estado de São Paulo com a localização da área de estudo.....	60
Figura 10 Precipitação média anual dos municípios que compõem a bacia	66
Figura 11 Precipitação média mensal na área dos municípios que compõem a bacia	66
Figura 12 Precipitação e temperatura média anuais na área da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados	67
Figura 13 Vista da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (CESP, 1988)	79
Figura 14 Complexo Urubupungá -(a) - Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira; (b) - Usina Hidrelétrica de Jupia (c) - Usina Hidrelétrica de Três Irmãos.....	80
Figura 15 Pontos de observação no campo	91
Figura 16 Fluxograma da metodologia utilizada.....	93
Figura 17 Articulação das cartas de 1:50: 000 para processo de georreferenciamento e mosaicagem	96
Figura 18 Mosaicagem de Fotomosaicos Aéreos de 1962	98
Figura 19 Imagem do Fotomosaico Aéreo de 1962 georreferenciado	100
Figura 20 Recorte da área da Bacia no Fotomosaico Aéreo de 1962.....	101
Figura 21 Imagem de Satélite Landsat-5/TM georreferenciada.....	103

Figura 22 Recorte da área da Bacia na imagem de satélite	104
Figura 23 Modelo Digital de Elevação do Estado de São Paulo	105
Figura 24 Recorte do Modelo Digital de Elevação com destaque para os limites da Bacia ...	106
Figura 25 Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados.....	107
Figura 26 Mapa de classes hipsométricas da Bacia.....	109
Figura 27 Classes de declividade da Bacia.....	111
Figura 28 Mapa da Rede de Drenagem de 1962	115
Figura 29 Mapa da Rede de Drenagem de 2005	116
Figura 30 Mapa de Solos da Bacia	117
Figura 31 Localização das amostras circulares nas classes de solo	119
Figura 32 Amostras circulares na rede de drenagem de 1962.....	121
Figura 33 Amostras circulares na rede de drenagem de 2005.....	122
Figura 34 Representação espacial das cotas hipsométricas.....	128
Figura 35 Distribuição espacial das classes de declividade	129
Figura 36 Distribuição espacial das classes de solo dentro da área de estudo	131
Figura 37 Classes de uso da terra ocorrentes na área de estudo em 1962	134
Figura 38 Gráfico da distribuição espacial em (%) do uso e ocupação da terra em 1962.....	134
Figura 39 Classes de uso da terra ocorrentes na área de estudo em 2005	137
Figura 40 Gráfico da distribuição espacial em (%) do uso e ocupação da terra em 2005.....	138
Figura 41 Gráfico da distribuição espacial em (%) do uso e ocupação da terra de 1962 e 2005	140
Figura 85 Valores médios de densidade de drenagem (Dd) ocorridas nas unidades de solo da Bacia entre 1962 a 2005	149
Figura 86 Valores médios de densidade de hidrográfica (Dh) ocorridos nas unidades de solos entre 1962 e 2005	150
Figura 87 Uso e Ocupação das Amostras Circulares - 1962	151
Figura 88 Uso e Ocupação das Amostras Circulares – 2005	152
Figura 89 Área total média das 44 amostras circulares de Uso e Ocupação da Terra.....	153
Figura 42 Amostras circulares Nº3 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).....	197

Figura 43 Amostras circulares Nº4 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).....	197
Figura 44 Amostras circulares Nº6 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).....	198
Figura 45 Amostras circulares Nº10 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).	198
Figura 46 Amostras circulares Nº12 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).	199
Figura 47 Amostras circulares Nº14 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)	199
Figura 48 Amostras circulares Nº15 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).	200
Figura 49 Amostras circulares Nº19 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)	200
Figura 50 Amostras circulares Nº20 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).	201
Figura 51 Amostras circulares Nº22 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).	201
Figura 52 Amostras circulares Nº23 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)	202
Figura 53 Amostras circulares Nº25 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).	202
Figura 54 Amostras circulares Nº28 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)	203
Figura 55 Amostras circulares Nº44 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)	203
Figura 56 Amostras circulares Nº5 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).....	204
Figura 57 Amostras circulares Nº7 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).....	204

Figura 58 Amostras circulares Nº8 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).....	205
Figura 59 Amostras circulares Nº11 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).	205
Figura 60 Amostras circulares Nº17 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	206
Figura 61 Amostras circulares Nº21 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	206
Figura 62 Amostras circulares Nº33 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	207
Figura 63 Amostras circulares Nº34 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	207
Figura 64 Amostras circulares Nº35 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	208
Figura 65 Amostras circulares Nº36 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	208
Figura 66 Amostras circulares Nº37 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	209
Figura 67 Amostras circulares Nº42 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	209
Figura 68 Amostras circulares Nº24 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).	210
Figura 69 Amostras circulares Nº30 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).	210
Figura 70 Amostras circulares Nº31 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1)	211
Figura 71 Amostras circulares Nº32 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).	211
Figura 72 Amostras circulares Nº38 (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1)	212

Figura 73 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV1+PVA10)...	212
Figura 74 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argissololo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV1+PVA10)	213
Figura 75 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa das unidades de solos Argissolo Vermelho-Amarelo + Neossolo Quartzarênico (PVA10 + NQ6)	213
Figura 76 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).....	214
Figura 77 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).....	214
Figura 78 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).....	215
Figura 79 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).....	215
Figura 80 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Latossolo Vermelho (LV39).....	216
Figura 81 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Latossolo vermelho (LV45).....	216
Figura 82 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6)	217
Figura 83 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6).	217
Figura 84 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6).	218
Figura 85 Amostras circulares Nº (10 km ²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6).	218

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Qualidade da classificação associada a um valor estatístico KAPPA	50
Tabela 2 Bacia Hidrográfica baixo curso do Rio São José dos Dourados, sua área total, municípios que a compõe (com as respectivas áreas) e a porcentagem em relação ao total da bacia.....	53
Tabela 3 Caracterização dos Argissolos na área estudada	69
Tabela 4 Caracterização do Latossolos da área estudada	70
Tabela 5 Caracterização dos Neossolos da área da estudada	72
Tabela 6 Culturas Anuais – Ano: 2003	82
Tabela 7 Culturas Perenes e/ou Semi-perenes - Ano: 2003	83
Tabela 8 Pecuária – Ano: 2003	84
Tabela 9 Imagem de satélite Landsat 5 – TM utilizada para a obtenção do mapa de drenagem e do uso e ocupação da bacia.....	102
Tabela 10 Classes hipsométricas da área da Bacia.....	108
Tabela 11 Classes de Declividades.....	110
Tabela 12 Classes hipsométricas (m), suas respectivas áreas e a porcentagem que representa no total da Bacia	128
Tabela 13 Áreas calculadas para cada classe de declividade da Bacia estudada	129
Tabela 14 Classes de solo com as respectivas áreas.....	131
Tabela 15 Classes de uso da terra de 1962, com as respectivas áreas (ha) e em porcentagem na bacia em estudo	135
Tabela 16– Classes de uso e ocupação da terra de 2005, com as respectivas áreas (ha) e em porcentagem na Bacia em estudo.	138
Tabela 17 Classes de uso e ocupação da terra de 1962 e 2005	140
Tabela 18 Classes de declividade das amostras circulares na rede de drenagem, representativas das diferentes unidades de solo	143
Tabela 19 Características dimensionais das amostras circulares da rede de drenagem, de 1962 e 2005, representativas das diferentes unidades de solo.....	145
Tabela 20 Características quantitativas do padrão de drenagem das amostras circulares de 1962, na escala aproximada de 1: 25.000, representativas das diferentes unidades de solo ...	146

Tabela 21 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1)	147
Tabela 22 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)	147
Tabela 23 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	147
Tabela 24 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Latossolo Vermelho (LV39)	148
Tabela 25 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Latossolo Vermelho (LV45)	148
Tabela 26 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6).....	148
Tabela 27 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2) + Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	148
Tabela 28 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1) + Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)	149
Tabela 29 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10) + Neossolo Quartzarênico (NQ6)	149
Tabela 30 Classes de uso e ocupação da terra nas amostras circulares de 1962 e 2005	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese das características hidrogeológicas dos aquíferos	73
Quadro 2 Cronologia histórica do empreendimento	78

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A	Área da bacia
Al	Símbolo químico do alumínio
Aw	Clima tropical chuvoso com inverno seco
Bt	Camada do solo denominada por horizonte B textural, apresentando atributos próprios deste tipo de horizonte, sendo que característico de alguns tipos de solos
C	Cobertura e manejo do solo
C	Símbolo químico do carbono
°C	Temperatura em graus Celsius
Ca	Símbolo químico do cálcio
cm	Centímetro
Ca	Símbolo químico do cálcio
CEPAGRI	Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CLARO	Operadora de celular
d	Dia
DAEE	Departamento de Água e Esgoto do Estado de São Paulo
Dd	Densidade de drenagem (km/km^2)
Dh	Densidade hidrográfica ($\text{N1}/\text{Km}^2$)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações S.A.
EUPS	Equação Universal de Perdas de Solos
FAO	Food and Agriculture Organization
FEAGRI	Faculdade de Engenharia Agrícola
GPS	Global Position System

g.dm^{-3}	Grama por decímetro cúbico
g.kg^{-1}	Grama por quilograma
h	Hora
H+Al	Acidez potencial do solo
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	Instituto Geológico
IGGSP	Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Jksg	Formação Serra Geral
K	Estatística Kappa
K	Símbolo químico do fósforo
K	Susceptibilidade natural do solo à erosão
Ka	Formação Adamantina
kg	Quilograma
kg.m^{-3}	Quilograma por metro cúbico
Km	Quilômetro
Km^2	Quilômetro quadrado
Km^3	Quilômetro cúbico
Ksa	Formação Santo Anastácio
L	Litro
LS	Comprimento de rampa e porcentagem do declive
LV	Latossolo Vermelho
m	Metros
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
mg	Símbolo químico do magnésio

MNT	Modeno Numérico do Terreno
MSS	Multiespectral Scanner subsystem
mg.dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
mg.L ⁻¹	Miligrama por litro
mm	Milímetro
mmol _c .dm ⁻³	Milimol de carga por decímetro cúbico
m ³ .m ⁻³	Metro cúbico por metro cúbico
MO	Matéria orgânica
MW	Megawatts
n	Número de pontos de controle da digitalização
N	Número total de observações incluídas na matriz
N	Símbolo químico do nitrogênio
ND	Número digitais
NQ	Neossolo Quartzarênico
P	Práticas conservacionistas
P	Símbolo químico do fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico, onde pH=-log[H ⁺]
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PV	Argissolo Vermelho
PVA	Argissolo Vermelho Amarelo
R	Erosividade da chuva e enxurrada
r	Número de linhas na matriz de erro
RMS error	Root Mean Square Error
S	Soma de bases (Ca, K, Mg)
S	Sul
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SITIM	Sistema de Tratamento Digital de Imagem

SKYLAB	Estação Orbital estadunidense (“laboratório do céu”, em inglês
SP	São Paulo
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SRHSO	Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras
t	Medida de coordenada na direção dos eixos (x,y), no sistema escolhido
T	Capacidade de troca catiônica
TM	Thematic Mapper
TFSA	Solo seco passado em peneira de 2 mm denominado “terra fina seca ao ar”
TIM	Operadora de celular
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE	Usina Hidrelétrica
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura
US	United States
UTM	Universal Transverse Mercator
V%	Saturação do solo por bases
VIVO	Operadora de celular
W	Oeste
x	Medida da coordenada na direção de um dos eixos (x ou y) do sistema de mesa
x_{ii}	Número de observações na linha “i” e coluna “i” (na diagonal maior)
x_{iT}	Total de observações na linha “i” (indicado na tabela como total marginal à direita da matriz)
x_{Ti}	Total de observações na coluna “i” (indicado como total marginal na base da matriz)
%	Símbolo de porcentagem

VI. RESUMO

É sabido que o arranjo da rede de drenagem é reflexo da interação de um conjunto de variáveis físicas, como clima, relevo, solos, substrato rochoso e vegetação. Assim sendo, torna-se possível tecer considerações acerca dessas variáveis, com base na análise criteriosa da rede de drenagem.

O presente trabalho utilizou a rede de drenagem como geoindicador das modificações ocorridas no período de 43 anos no meio físico na Bacia Hidrográfica do baixo curso do Rio São José dos Dourados que integra a porção baixo curso Rio São José dos Dourados. As mudanças das características da paisagem na Bacia foram estabelecidas com base nos seguintes atributos: (i) modificações ocorridas na rede de drenagem (densidade de drenagem e densidade hidrográfica); (ii) o tipo de atividade antrópica registrada na área; (iii) características referentes ao meio físico: solos e declividade do terreno. A verificação das alterações neste período foi obtida por meio das análises temporais tanto das variáveis morfométricas da rede de drenagem como da caracterização de ocupação do meio físico. Os dados foram obtidos por atividades de campo, interpretação de fotomosaicos aéreos (escala 1:25.000) de 1962 e de imagem de satélite Landsat-5 TM (escala aproximada 1:50.000) de 2005. Os documentos cartográficos gerados pelo *Software* Envi 4.0®, AutoCAD Map2000i® e Idrisi Kilimanjaro foram mapas de hipsometria, declividade, redes de drenagem e uso e ocupação do solo. O sistema da rede de drenagem configurou-se como um adequado indicador das alterações ambientais ocorridas na área de estudo. A análise morfométrica indicou um aumento no número de canais de primeira ordem e no comprimento total dos canais em toda a Bacia. Conseqüentemente, estas mudanças condicionaram as modificações dos parâmetros de densidade de drenagem e de densidade hidrográfica. Tais alterações foram condicionadas pela construção dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Ilha Solteira e Três Irmãos e as alterações no uso e ocupação da terra.

Palavras- chave: bacia hidrográfica; rede de drenagem; densidade hidrográfica; densidade de drenagem; variáveis morfométricas.

VII. ABSTRACT

It is very well known that drainage net design reflects the interaction of a set of physical variables as climate, landscape, soil type, soil substrate as well as vegetation. This way, it is possible to study the behavior of these variables through a detailed analysis of the drainage net.

This research work employed the a drainage net as an indicative of the modifications experienced by the São José dos Dourados river baixo curso watershed physical environment which integrates the São José dos Dourados river baixo curso. Landscape characteristics changes were analyzed under the following attributes, considering a period of 43 years: (i) modifications occurred in the drainage net (drainage density and hydrographic density); (ii) type on antropic activity observed in the area; (iii) characteristics associated to the physical landscape: soil changes and land slope. The alterations observed during the period under study were studied by means of temporal analysis of the net morphological variables as well as land occupation characterization. Obtained data were associated to field activity, photomosaic interpretation (scale of 1:25.000) from 1962 as well of the Landsat-5 TM image (approximate scale of 1:50.000) from 2005. The cartographic documents generated by the Envi 4.0®, AutoCAD Map2000i® and Idrisi kilimanjaro software are represented maps of hypsometry, slope, drainage nets as well as land use and occupation. Drainage net system showed to be adequate to indicate the environmental alterations experienced by the area under study. Morphological analysis indicated an increment on the number of first order channels and on the total channel length in watershed. Consequently, these changes influenced the drainage density and hydrographic parameters. Such alterations were influenced by the constructions Ilha Solteira and Tres Irmãos Hydroelectric Power Plants as well as by the alterations of land use and occupation.

Keywords: drainage net; drainage density; hydrographic density; variables morphometrical.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O mundo passa atualmente por uma exacerbada, porém válida, preocupação com a escassez futura dos recursos naturais e com a qualidade de vida de sua população.

O meio social modificou extremamente o meio natural por meio da ação antrópica, atuando decisivamente na remodelação da paisagem para o melhor aproveitamento econômico das áreas naturais. Esse caminho reduz a paisagem a uma relação de causa e efeito, sendo a causa sempre o uso. Como não se tem parâmetros para medir qual o tipo de uso é mais transformador, podem-se esperar, apenas, cenários diferentes sobre uma natureza modificada ou transformada.

Para PEREZ FILHO *et al.* (2001): “As formas variadas, rápidas e agressivas como o homem tem interferido na dinâmica natural da Terra fornecem elementos para alguns pesquisadores defenderem a idéia de, no presente, estarmos na vigência de uma situação de ocorrência de processos geomorfológicos com gênese antrópica”.

A crescente pressão antrópica sobre o nosso planeta torna cada vez mais urgente a realização de estudos ambientais, os quais possam indicar soluções para os inúmeros problemas que atingem o meio ambiente nas mais diversas escalas de intensidade.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999), uma das formas de investigar a dinâmica do meio ambiente que se tem mostrado mais eficiente é aquela cujo embasamento teórico é a abordagem sistêmica. De acordo com o autor, caracteriza-se como sistema o que se estrutura e funciona como um todo organizado, o qual surge das inter-relações entre os componentes que o integram, ou seja, um sistema ambiental caracteriza-se como uma entidade organizada na superfície terrestre formada pelos subsistemas físico-natural e socioeconômico e suas interações. O subsistema físico-natural é composto por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo, águas e seres vivos; enquanto os componentes e processos do subsistema

socioeconômico são aqueles ligados à população, urbanização, industrialização, agricultura e mineração, entre outras atividades e manifestações humanas.

A qualidade de um sistema ambiental depende das interações entre seus subsistemas. Os desajustes ocasionados pela atividade antrópica nessa relação entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico, levando à degradação ambiental e ao comprometimento da qualidade de vida, alertaram a humanidade a rever seu modo de vida e suas relações com o subsistema físico-natural.

O desenvolvimento urbano e industrial acelerado, o cultivo agrícola intenso, as minerações e as obras viárias são algumas das atividades que têm provocado a degradação ambiental em todo o mundo. LIMA (1997) afirma que já não há lugar para as atividades que se utilizam dos recursos naturais sem que haja um cuidadoso plano de manejo, no qual o aspecto ambiental é de fundamental importância. Todavia, quando se trata de procurar entender o que realmente está por trás das inúmeras alegações de possíveis impactos ambientais ocorridos na natureza, é preciso aprofundar-se na questão para analisar o conflito aparente nos seus mais diversos ângulos.

“Nos países em desenvolvimento como no Brasil a degradação ambiental e a diminuição acelerada dos recursos naturais têm sido os principais problemas causados pelo progresso. Urge, portanto, a necessidade de realização de planejamentos apropriados, que permitam a obtenção dos benefícios econômicos oriundos dos processos tecnológicos, ao mesmo tempo em que seja satisfeita a necessidade de perenização das características ecológicas originais, ou seja, que se possibilitem a utilização dos diversos ecossistemas sem colocar em risco as bases de funcionamento dos mesmos” (GIAROLA, 1994).

A sustentabilidade dos sistemas econômicos, e entre eles os projetos para geração de energia elétrica, tem sido tema de debates recentes. A não consonância dessa atividade econômica com a preservação dos recursos naturais e minimização da degradação ambiental passa a ser destacada, sobre os rumos da produção. A importância do assunto renasce em função dos sérios impactos ambientais gerados nas áreas em torno destes projetos. Os impactos ocorridos foram de tal intensidade que provocaram alterações irreversíveis com relação à biodiversidade e dinâmica hidrológica originais. O que restou do ambiente foi um cenário de degradação, escassez e baixa qualidade de vida ambiental.

Porém, a crise energética que assombra o Brasil nos próximos anos impõe ao Ministério de Minas e Energia que se definam alternativas e se propicie a infra-estrutura essencial ao seu desenvolvimento. O Ministério tem ponderado a volta da exploração da água; encarando a hidroeletricidade como uma alternativa real, por ser o Brasil um país privilegiado em termos de recursos energéticos renováveis e não poluentes, como é o caso da água.

As hidrelétricas, definidas por muitos como uma fonte de “energia limpa” do ponto de vista ambiental, não podem ser consideradas uma ótima solução ecológica. Elas interferem drasticamente no meio ambiente, gerando impactos ambientais na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem.

Na hidrologia, impacta com a alteração do fluxo de corrente, alteração de vazão, alargamento do leito, aumento da profundidade, elevação do nível do lençol freático, mudança de lótico para lântico e geração de pântanos. Impacta no clima alterando temperatura, umidade relativa, evaporação (aumento em regiões mais secas), precipitação e ventos (formação de rampa extensa). Impacta também através da erosão marginal, com perda do solo e árvores; assoreamento, provocando a diminuição da vida útil do reservatório; comprometimento de locais de desova de peixes; e perda da função de geração de energia elétrica. Na flora provoca perda de biodiversidade, perda de volume útil, eleva concentração de matéria orgânica e conseqüente diminuição do oxigênio, produz gás sulfídrico e metano provocando odores e elevação de carbono na atmosfera e eutrofiza as águas. Na fauna provoca perda da biodiversidade, implica resgate e realocação de animais, somente animais de grande porte conseguem ser salvos, aves e invertebrados dificilmente são incluídos nos resgates, e provoca migração de peixes (LEITE, 2005).

As usinas hidrelétricas geram profundas alterações na dinâmica hidrológica de bacias hidrográficas, fato este amplamente comprovado e reconhecido por hidrólogos, ambientalistas, urbanistas e órgãos públicos.

Essas experiências podem ser a alavanca necessária ao desenvolvimento de metodologias que permitam aos órgãos públicos planejar a expansão de usinas hidrelétricas em bacias hidrográficas, determinando os critérios e medidas necessárias para mitigar ou anular os impactos da dinâmica hidrológica sobre a biodiversidade.

Este quadro de retomada da exploração hidrelétrica nos conduz ao estudo de projetos já realizados, como é o caso da construção das usinas hidrelétricas existentes no noroeste

paulista, na perspectiva de compreensão dos impactos ambientais que tiveram ocorrência e no conhecimento da problemática apresentada, de maneira que futuros projetos germinem com condições efetivas de auto-sustentabilidade para os egressos dos empreendimentos.

Das várias conseqüências anteriormente citadas, o surgimento de problemas como o desencadeamento ou a intensificação de processos erosivos é cada vez mais freqüente nas áreas em torno de reservatórios hidrelétricos, ocasionando um pesado ônus à sociedade, não só pela perda de recursos naturais, mas também pelos grandes investimentos destinados ao controle desses fenômenos, muitas vezes sem sucesso pela falta de um melhor entendimento de seu comportamento atual.

Como é sabido, a erosão envolve importantes processos de degradação do meio físico, provocando a perda de solos agricultáveis, a perda de equipamentos urbanos e agrícolas, a deterioração de obras civis e o assoreamento de reservatórios e de cursos d'água. Afeta, também, os recursos hídricos, implicando em queda do volume de recarga dos aquíferos subsuperficiais e no assoreamento dos recursos hídricos os quais acarretam vários outros problemas. Dentre estes problemas, destacam-se as enchentes e o esgotamento das águas para o consumo, seja pela diminuição do suprimento, seja pela perda de qualidade.

Normalmente, estudos sobre erosão objetivam diagnosticar as ocorrências e discriminar as áreas mais suscetíveis aos processos erosivos. No entanto, os objetivos nem sempre incluem o fornecimento de subsídios para entender os prováveis fatores e agentes condicionantes de sua eclosão e da sua evolução. Do conhecimento da origem, evolução e, principalmente, da dinâmica atual depende o sucesso do controle.

Projetos de grande porte, como os caracterizados por construções de grandes barragens e respectivos reservatórios, os quais englobam obras cujos impactos negativos - muitos dos quais irreversíveis -, são não apenas previsíveis, mas a cada dia menos tolerados pela sociedade. Os efeitos exercidos pelo empreendimento se distinguem pela capacidade de induzir transformações na área de influência e pela geração de dinâmicas que não estão presentes na formação de outras aglomerações.

Portanto, o estudo ambiental em áreas sob influência de reservatórios hidrelétricos se justifica à medida que constitui um referencial de conhecimento de práticas de planejamento utilizadas para consecução de um projeto governamental, uma vez que parte da premissa de que uma estratégia de desenvolvimento sustentável implica, necessariamente, na efetiva

disposição política do Estado para estabelecer e aplicar os instrumentos de gestão necessários para tal. Compete então ao Estado garantir sua capacidade de atuação por meio de mecanismos legislativos e fiscais, mas, muito freqüentemente, admitida por governos e organismos internacionais, nem sempre a necessidade de criar mecanismos de planejamento tem sido consolidada nas práticas de desenvolvimento escolhidas.

O enfoque sobre processos erosivos lineares em cabeceiras de drenagens, especificamente sobre voçorocas, é da mesma forma justificado pela crescente necessidade de fortalecer os espaços locais, com projetos auto-sustentáveis que garantam a preservação do meio ambiente e que minimizem a degradação ambiental.

Torna-se comum ver experiências de planejamento e de atividades econômicas (industriais e/ou agropecuárias), denotarem a aceitação do Desenvolvimento Sustentável como principal meta a orientar propostas de ação. Assim, as estratégias e iniciativas de intervenção formuladas pelos diversos setores necessitam voltar-se para o enfoque do Desenvolvimento Sustentável, enfatizando a equidade social, a busca por elevar as condições de vida da população, colocando o crescimento econômico como uma condição fundamental e destacando as condições de preservação ambiental.

A relevância deste estudo está na discussão de alternativas para o aproveitamento de recursos naturais de um determinado sistema, conseqüentemente, na minimização de problemas sociais e males que afetam a sociedade moderna. Afinal, o Desenvolvimento Sustentável não trata somente da redução do impacto da atividade econômica no meio ambiente, mas principalmente das conseqüências dessa relação na qualidade de vida e no bem-estar da sociedade, tanto presente quanto futura.

1.2 Objetivos

Estudos preliminares com fotografias aéreas datadas de 1962/2000, na Bacia do baixo curso do Rio São José dos Dourados, área sobre influência direta dos Reservatórios Hidrelétricos de Ilha Solteira e Três Irmãos mostraram um crescimento acelerado de incisões erosivas nas cabeceiras de drenagens entre essas duas épocas.

PEREZ FILHO *et al.* (2001) associaram este fato às mudanças hidrológicas nas formações superficiais, determinadas pela construção de barragens ao longo do canal do Rio

Paraná. Muitos dos processos erosivos, porém, instalaram-se e evoluíram mesmo quando o uso do solo estava disciplinado no que diz respeito à potencialidade e às práticas conservacionistas.

Os autores também afirmam que “os processos erosivos lineares ocorridos nas cabeceiras de drenagens de canais de 1ª ordem podem estar associados às mudanças hidrológicas nas formações superficiais, determinadas pela construção das barragens”.

Neste contexto, formulou-se a seguinte hipótese:

“Os reservatórios das usinas hidrelétricas da região (Ilha Solteira e Três Irmãos) alteram o nível de base da rede de drenagem da Bacia do Rio São José dos Dourados, e conseqüentemente, esta elevação está associada a um aumento da densidade hidrográfica e densidade de drenagem, provocando mudanças nas cabeceiras das redes de drenagem, intensificando processos erosivos superficiais e provavelmente subsuperficiais que se associam aos processos superficiais”.

O presente trabalho estudou a influência de reservatórios hidrelétricos nas mudanças de nível de base e na gênese e evolução de processos erosivos lineares, especificamente voçorocas em canais de 1ª ordem.

Para a avaliação da hipótese levantada, formularam-se os seguintes objetivos específicos:

- *Avaliar as alterações em componentes da paisagem com base em análise temporal de fotografias aéreas e imagem de satélite;*
- *Avaliar o uso de variáveis morfométricas como indicadores das alterações em bacias hidrográficas;*
- *Avaliar a influência das características de uso e ocupação da terra na área de estudo;*
- *Avaliar o uso de técnicas e aplicativos de geoprocessamento no levantamento de características de uso e ocupação do terreno e na obtenção da rede de drenagem de bacias hidrográficas;*
- *Verificar a relação entre as alterações temporais da rede de drenagem e aqueles decorrentes das atividades antrópicas com as características do meio físico;*
- *Verificar a adequabilidade de uso de bacias hidrográficas como unidade de estudo.*

1.3 Estrutura da tese

A tese está dividida em sete capítulos e os anexos. O capítulo 1 é a introdução do trabalho. No capítulo 2, apresentam-se as revisões bibliográficas sobre o tema. O capítulo 3 destina-se a descrever as principais características geoambientais da Bacia Hidrográfica do baixo curso do Rio São José dos Dourados (SP). O capítulo 4 descreve os métodos empregados para execução da hipótese proposta. O capítulo 5 destina-se a apresentar e discutir os resultados experimentais obtidos. No capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões resultantes da realização das atividades teóricas e experimentais, bem como sugestões e recomendações para estudos futuros. Por fim, o capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas citadas no texto.

No anexo I, encontram-se fotos de voçorocas da área estudada. No anexo II séries históricas de 1961-1990 para cada município que compõe a Bacia com dados de precipitação e temperaturas (mínimas, média e máximas mensais e anuais). Por fim, no anexo III encontram-se as figuras 42 a 85 referentes a amostras circulares de 10 km² da rede de drenagem de 1962/2005.

CAPITULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentos teóricos da pesquisa

A preocupação com os impactos ambientais vem da crescente conscientização de que a vida na Terra necessita dos recursos naturais para se manter em equilíbrio.

Ao mesmo tempo em que o homem precisa de energia elétrica para seu desenvolvimento, precisa encontrar formas para que essa geração não degrade o meio ambiente, que é o grande gerador dos recursos naturais e de importância vital. De acordo com LIMA e QUEIROZ NETO (1997) o ambiente é o resultado de uma relação imbricada de fatores físicos, químicos, biológicos e sociais, interferindo uns sobre os outros e variando no espaço e tempo.

ROSS (1990) afirma que “como toda causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também seus malefícios. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando, às vezes, as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis”.

CHRISTOFOLETTI (1993) faz a seguinte recomendação: “distinguir, com clareza, os impactos ou efeitos da ação humana nas condições do meio ambiente natural (ecossistemas e geossistemas) e os impactos ou efeitos provocados pelas mudanças do meio ambiente nas circunstâncias que envolvem a vida dos seres humanos. O uso do termo impacto ambiental deveria ser aplicado e utilizado, de modo mais adequado, para essa segunda categoria de fenômenos”.

Por definição considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante da atividade natural e/ou antrópica. De acordo com o tipo de alteração pode ser ecológica, social e/ou econômica.

O objetivo de se estudar os impactos ambientais é, principalmente, o de avaliar as conseqüências de algumas ações, para que possa haver a prevenção da qualidade de determinado ambiente que poderá sofrer a execução de certos projetos ou ações, ou logo após a implementação dos mesmos.

2.2 A teoria sistêmica

Por constituir-se o ambiente um sistema, a metodologia para realização do trabalho calca-se na teoria geossistêmica. O cuidado em se estudar o meio físico como um meio integrado e dinâmico na análise sistêmica é expresso por CHRISTOFOLETTI (1986-1987) quando afirma: “A geografia física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesse conjunto”.

A visão geossistêmica ganha destaque na Geografia brasileira a partir da década de 1970, tendo Rio Claro como um dos focos irradiadores. O direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente, com seus elementos, conexões e processos, como um potencial a ser utilizado pelo homem, adquire importância crescente entre diferentes autores dos quais podemos citar: CHRISTOFOLETTI (1999), TROPMAIR (2000), MONTEIRO (2000) e RODRIGUES (2001).

Segundo ZACHARIAS, (2006) a visão sistêmica recebeu atenção na Geografia moderna já com os precursores alemães *Alexander Von Humbolt* (1769/1859) e *Carl Ritter* (1779/1859), quando a Geografia começou a ser produzida e pensada nas Universidades como ciência, passando a preocupar-se com o caráter científico e acadêmico. Esses dois cientistas, naturalistas rigorosos e cientificistas, procuravam técnicas e metodologias que buscassem compreender as conexões entre os fenômenos explicando sua totalidade da forma integrada.

A Geografia adquiriu um método de análise o qual buscou descrever cientificamente as paisagens que compunham a superfície do planeta estabelecendo, quando possível, leis.

Na medida em que a Geografia acadêmica proliferava-se pelo mundo europeu, novas visões surgiram, algumas delas distanciavam-se da visão sistêmica integradora natural-social. Reconhecida oficialmente no século XIX, passa a ser ensinada, então, em diversas escolas, dentre elas na França, surgindo a notória escola francesa.

Sob um novo enfoque integrador, a Geografia francesa ficou conhecida como o método das regionalizações, dos “gêneros de vida”, cujo principal expoente foi *Vidal De La Blache*.

As mudanças ocorridas no século XX, as duas Grandes Guerras Mundiais, o confronto entre países socialistas e capitalistas e a revolução tecnológica, levaram a Geografia a novas correntes de pensamento, procurando-se melhor definir essa ciência de acordo com as transformações do mundo.

A Geografia passou por transformações ao longo do tempo. Atualmente, alguns autores como *Christofolletti* definem-na como a ciência que estuda as organizações espaciais da superfície terrestre. Com base neste seu objeto de análise e sob uma perspectiva geossistêmica, passou-se a estudá-la considerando seus dois subconjuntos básicos: o sistema ambiental físico e o sistema socioeconômico.

Esses subconjuntos da organização espacial, o Físico e Humano, mantêm uma dinâmica entre seus elementos que funciona de trocas de matérias e fluxos de energias segmentadas em diferentes disciplinas e áreas especializadas que contribuem para uma análise integrada da geografia.

Com a fixação da abordagem sistêmica na Geografia, *Sotchava* em 1960 introduziu o conceito geossistêmico na literatura soviética, com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos em substituição ao termo ecossistema, adotado pelos biólogos. Nesta visão os geossistemas foram definidos como classe de sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem.

Sotchava introduziu o termo geossistema baseado na interpretação da organização espacial de seu país, a Ex-União Soviética. Portanto, para o autor, a visão geossistêmica aplicava-se a áreas grandes, com centenas ou mesmo milhares de quilômetros.

BERTRAND (1978) aplicou a mesma teoria para a realidade da França e o fez levando em consideração as dimensões e as escalas daquele país. Desta forma definiu geossistema como resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, constituintes da paisagem, um conjunto único e indissociável, em perpétua transformação.

CHRISTOFOLETTI (1999), MONTEIRO (2000) e TROPPEMAIR (2000) alertam para o fato de que vários geógrafos empregaram o termo geossistema com conteúdo, método, escala e enfoque diferentes. Esses autores, preocupados com a necessidade de repensar sobre

os fenômenos geográficos, físicos ou socioeconômicos, sob análise integrada também deixam contribuições sobre o tema.

CHRISTOFOLETTI (1999) discute o geossistema destacando que a natureza físico-biológica do sistema terrestre organiza-se ao nível dos ecossistemas propostos pelos biólogos e dos geossistemas, propostos por *Sotchava*. Mas é fundamental considerar as interferências da atividade humana nos fluxos de matéria e energia de um sistema, porque modificam o equilíbrio natural tanto dos ecossistemas quanto dos geossistemas.

MONTEIRO (2000) considera que o geossistema constitui um sistema complexo, onde interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos; quanto aos elementos humanos, eles entram no funcionamento do sistema como *inputs*, ocupando e interferindo nos processos de fluxos de matéria e energia do sistema natural.

TROPMAIR (2000) considera geossistema uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade, num espaço grande.

Diante das contribuições dos autores acima citados conclui-se que geossistema estuda os subconjuntos da geografia ligada aos sistemas ambientais físicos, tais como: clima, solo, relevo, vegetação, geologia, que se caracterizam por certa homogeneidade. Porém há necessidade de considerar o sistema socioeconômico e biológico, visto que através de excessivas interferências os chamados *inputs* modificam e alteram o equilíbrio natural desta paisagem física de seus componentes que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica e humana.

Diante do exposto, ROSS (1998) faz a seguinte colocação: “as pesquisas geradas a partir dos Sistemas da Terra, tomem como referencial os padrões de unidades de Paisagens, onde procurar-se-á efetuar uma análise integrada que concentra as características do relevo, solo, geologia, vegetação, uso da terra e socioeconômica”.

A avaliação das transformações ocorridas na superfície terrestre, assim como a análise da integração dos vários elementos dos geossistemas, pode orientar para um uso das terras que evite a degradação do ambiente.

2.2.1 A abordagem sistêmica no planejamento ambiental

“A importância de uma percepção global da realidade, propiciada por uma visão sistêmica, e as novas perspectivas que se abrem a partir dos estudos dos sistemas complexos podem contribuir para direcionarem tomadas de decisão” GONDOLO (1999).

Para MATTOS e PEREZ-FILHO (2003) o que caracteriza um sistema é que ele se estrutura e funciona como um todo organizado, o qual surge das inter-relações entre os componentes que o integram. Dentre os diversos tipos de sistema, os sistemas complexos se diferenciam por apresentarem, concomitantemente, as características de serem abertos, afastados do equilíbrio termodinâmico, não-lineares, possuidores de mecanismos de retroalimentação e auto-organizados de maneira hierarquicamente alinhada.

Dentro da abordagem sistêmica, pode-se dizer que na natureza encontram-se vários sistemas e subsistemas, tanto de caráter antrópico quanto ambiental – sistemas econômicos, políticos, pedológicos, hídricos, atmosféricos etc, e que estes se interagem numa constante troca de energia e matéria (*inputs e output*), temporalmente e espacialmente. No entanto, essas trocas podem ser processadas de forma irregular e desequilibradas, causadas, muitas vezes, pela superposição de um sistema sobre o outro, em que o desenvolvimento econômico das sociedades (ricas ou pobres) não se dá considerando a integralidade do ambiente, inserindo ou desajustando os mecanismos de entrada de energia, ou pela inserção de elementos no ambiente, ou, ao contrário, pela retirada em excesso destes.

Os sistemas produtivos, para atender à demanda cada vez maior do sistema econômico, têm requerido a utilização cada vez mais intensa dos recursos nos sistemas naturais. Esses tipos de utilização muitas vezes alteram o funcionamento do ambiente, necessitando de tempo de compensação para o restabelecimento de sua dinâmica. Dependendo dos tipos de utilização e intensidades de intervenção, fica muito difícil esse restabelecimento da dinâmica anterior (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Pode-se citar como exemplo os reservatórios das usinas hidrelétricas, que interferem drasticamente no meio ambiente, gerando impactos ambientais na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem, revelando uma total variação na dinâmica do ambiente. São inúmeras as causas de desestruturação de uma dinâmica natural, podendo-se citar, dentre outros: os processos erosivos, a poluição hídrica e atmosférica, a perda da biodiversidade, os desmatamentos, aquecimento global, as ocupações não planejadas

nas vertentes, ao aumento da carga de dióxido de carbono na atmosfera e a disposição inadequada de dejetos. Essas desestruturações normalmente revertem-se em processos que geram dispendiosos custos financeiros e humanos em diferentes esferas, seja de ordem local, regional, estadual ou nacional.

Muitos eventos nacionais e internacionais discutem os problemas ambientais, buscando consenso sobre a melhor forma de utilização dos recursos. Portanto, não há como desconsiderar o fato de o sistema econômico ainda ser o principal gestor das decisões intervencionistas ao ambiente.

Para CARRIERI e BASTOS FILHO (1994) o mundo passa por uma exacerbada, porém válida, preocupação com a escassez futura dos recursos naturais e com a qualidade de vida de sua população. Assim sendo, qualquer atividade econômica produtiva que seja desenvolvida em consonância com a preservação dos recursos naturais e minimização da degradação ambiental, passa a ser destacada pelo mérito da sustentabilidade.

A sustentabilidade dos sistemas econômicos, entre eles a volta dos projetos de usinas hidrelétricas para geração de energia, tem sido tema de muitos debates. A importância do assunto renasce dos gravíssimos impactos ambientais gerados ao ambiente como um todo. É preciso urgentemente reordenar seu crescimento no sentido de desenvolvimento sustentado, para preservar o planeta e, conseqüentemente, a nossa sobrevivência.

Apesar de o presente trabalho atuar num campo científico em que a aplicabilidade dos métodos é de caráter técnico, a influência da abordagem sistêmica apresenta-se de forma perceptível, por considerar a integralidade, o funcionamento e a dinâmica dos fatores que compõem os ambientes, procurando oferecer um panorama das trocas de matérias e energia dentro de um sistema.

2.3 Solos

De acordo com DAEE/IPT (1989): “A superfície da terra, onde se desenvolve a quase totalidade das atividades humanas, é, em geral, coberta por solos. O solo é uma camada viva, no sentido do processo permanente de sua formação, através da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, químicos e orgânicos”.

A distribuição e proporção dos diversos constituintes do solo definem o seu tipo, contendo cada solo um número variável de horizontes, com diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas. Esta organização do solo em todos os seus níveis determinará o seu funcionamento e será determinada por ele. Podemos dizer que o funcionamento do solo é a criação, transformação e recriação das suas estruturas que condicionam e são condicionadas pelos fluxos internos de água, solutos e partículas e pela atividade biológica, modelando e sendo modelado pela paisagem. Este processo se dá ao longo de centenas de anos e é contrabalançado pelo processo de erosão, que remove seus constituintes, sobretudo pela ação da água de chuvas.

Na superfície da Terra há um quadro dinâmico, no qual diversos processos atuam de forma contraditória, formando e erodindo os solos. Este é um quadro que reflete o equilíbrio dinâmico existente na natureza e, neste quadro, a erosão é considerada como erosão normal. Entretanto, às vezes, esse equilíbrio é rompido com uma intensificação da erosão, quando, então, se considera uma erosão acelerada que, sendo mais veloz que os processos de formação dos solos, não permite que estes se regenerem.

O solo desempenha grande variedade de funções vitais, de caráter ambiental, ecológico, social e econômico. A intensidade com que os solos realizam cada uma das suas funções é extremamente importante para a sua sustentabilidade. A degradação do solo reduz a sua disponibilidade e viabilidade em longo prazo, reduzindo ou alterando a sua capacidade para desempenhar funções a ele associadas.

Pode-se dizer que de todos os recursos naturais existentes no planeta, o solo é um dos mais instáveis quando modificado, ou seja, o solo é um recurso finito, limitado e não renovável, face às suas taxas de degradação potencialmente rápidas, que têm vindo a aumentar nas últimas décadas (pela pressão crescente das atividades humanas) em relação às suas taxas de formação e regeneração extremamente lentas.

Os processos de degradação do solo constituem um grave problema em nível mundial, com conseqüências ambientais, sociais e econômicas significativas. À medida que a população mundial aumenta, a necessidade de proteger o solo como recurso vital, sobretudo para produção alimentar, também aumenta.

O conhecimento das potencialidades da superfície terrestre para sustentar os diferentes usos do solo é imprescindível para garantir o controle de fenômenos geodinâmicos

indesejáveis (erosão, movimentos de massa, assoreamento, enchente, dentre outros), os quais podem ser naturais ou induzidos pela ocupação do território (ROSS, 1995).

Considerar as limitações e aptidões desse meio é um mecanismo eficiente de análise ambiental, pois as estratégias para o desenvolvimento sustentável baseiam-se na avaliação acurada da capacidade de sustentação do território e da sua recuperação frente à atividade humana. A organização territorial cria, então, situações apropriadas ao desenvolvimento econômico de seus habitantes, em consonância com as condições naturais (SÃO PAULO, 1992).

As principais ameaças sobre o solo são a erosão, a mineralização da matéria orgânica, redução da biodiversidade, a contaminação, a impermeabilização, a compactação, a salinização, o efeito degradante das cheias e dos desabamentos de terras. A ocorrência simultânea de algumas destas ameaças aumenta os seus efeitos, apesar de haver diferentes intensidades regionais e locais (os solos não respondem todos da mesma maneira aos processos de degradação, dependendo das suas próprias características).

Em termos mundiais, a erosão é a principal ameaça ambiental para a sustentabilidade e capacidade produtivas do solo e da agricultura convencional. No Estado de São Paulo, a ocupação inadequada à natureza dos terrenos, vem causando sérios problemas de degradação ambiental e prejuízos econômicos e sociais às comunidades urbanas e rurais.

A erosão advém da remoção das partículas mais finas do solo por agentes como a água, ondas e o vento, que as transportam para outros locais, o que resulta em redução de espessura, perda de funções e, em caso extremo, perda do próprio solo, podendo ainda implicar a contaminação de ecossistemas fluviais e marinhos, assim como danos em reservatórios, portos e zonas costeiras.

O fenômeno erosão poderá ser desencadeado por uma combinação de fatores que agem sempre em conjunto e todos são interdependentes. Segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), fortes declives, clima (considerando-se a pluviosidade e a infiltração), rochas, solo, vegetação, formas de relevo, uso e conservação do solo são alguns dos principais fatores erosivos. Para CHRISTOFOLETI (1974) a meteorização ou intemperismo, o movimento do regolito, a pluviosidade e a ação biológica são fatores morfopedogenéticos.

A erosão tem sido intensificada também por algumas atividades antrópicas. De acordo com BERTRAND (1968), quando o homem se apropria da natureza, através do uso e

ocupação da terra, rompe-se o equilíbrio climático entre o potencial ecológico (clima, relevo e hidrologia) e a exploração biológica (solo, fauna e vegetação), não permitindo a formação dos solos na mesma velocidade de sua remoção pelos processos erosivos.

Como os processos de degradação estão estreitamente interligados, o efeito combinado de ações contra ameaças específicas será benéfico para a proteção do solo em geral. Todos os interesses existentes de conservação e exploração do solo deverão assim ser harmonizado de forma a permitir o desempenho total das suas funções.

2.4 Erosão

O termo erosão, de um modo geral, significa desgaste da superfície terrestre (solo e rocha). Além da própria erosão geológica ou normal que tem por finalidade nivelar a superfície terrestre, existem tipos de erosões que provocam o arraste de partículas constituintes do solo provenientes de fatores naturais como água, vento, gelo, ondas e de organismos vivos (animais e plantas), além da ação antrópica (SALOMÃO e IWASA, 1995). Segundo OLIVEIRA *et al.* (1995), o processo de erosão constitui uma sequência de transformações de um dado sistema ao longo do tempo.

A erosão pela água, também chamada de erosão hídrica, é, em grande parte do nosso planeta, a mais antiga forma de erosão (ZACHAR, 1982). Esta importância é decorrente da grande facilidade com que ela desagrega e transporta o material erodido, principalmente em regiões de clima úmido e onde seus resultados são mais drásticos. Podem ser estabelecidos três tipos principais de erosão hídrica: erosão superficial, também denominada laminar ou superficial; erosão em sulcos; e erosão acelerada (em gargantas ou voçorocas).

2.4.1 Erosão laminar ou superficial

O processo de erosão laminar ou superficial resulta da ação do escoamento superficial de águas pluviais ou servidas, na forma de filetes de água, que lavam a superfície do terreno como um todo, com força suficiente para arrastar as partículas desagregadas do solo. Ocorre principalmente em vertentes pouco inclinadas com solo desprotegido da vegetação (“terras desnudas”). Se medidas de controle da enxurrada não forem adotadas pelo usuário, a ação

erosiva da água da chuva continuando a atuar no terreno pode provocar o seu esgotamento ou degradação.

Para SALOMÃO (1999) as perdas de solo por erosão laminar são comandadas por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos destacadamente a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solos. Conforme esse autor, dependendo da intensidade e distribuição da chuva no tempo e no espaço, a erosão laminar vai ser expressiva ou não.

Segundo BELLINAZZI JUNIOR *et al.* (1981), as pesquisas desenvolvidas no Instituto Agrônomo de Campinas - IAC indicam que a impropriedade da exploração agrícola no Estado de São Paulo causa perdas de solo por erosão laminar de cerca de 200 milhões de toneladas anuais, sendo 40 milhões arrastados para o fundo de rios e lagos. Isto representa prejuízos apreciáveis, como por exemplo, a perda estimada de fertilizantes da ordem de US\$ 200 milhões por ano.

Existe uma estimativa feita pelo DAEE/IPT (1989) em que 80% das terras cultivadas do Estado de São Paulo estejam passando por processos erosivos, além do limite de recuperação natural do solo.

Não há dados atuais disponíveis que constatem a evolução desses índices, porém, estima-se que haja, atualmente, no território paulista, cerca de sete mil voçorocas. O custo das obras corretivas, como hoje concebidas, para estabilização das voçorocas atinge a ordem de 20% do orçamento do Estado.

De acordo com HERNANI *et al.* (2002), as perdas anuais de solo e água em áreas agrícolas brasileiras ocasionadas pela erosão hídrica são da ordem de 822,7 milhões de toneladas e 171 bilhões de m³, respectivamente, estando associada a estes valores uma perda de US\$ 4,2 bilhões por ano, referente aos custos relativos à reposição de corretivos e fertilizantes, à menor produtividade, aos maiores custos de produção, ao tratamento de água, à manutenção de estradas e ao maior consumo de energia, dentre outros. A utilização de modelos capazes de estimar as perdas ocasionadas por erosão hídrica é de fundamental importância para a escolha de práticas de conservação da água e do solo que possam minimizar estes impactos.

Segundo PONÇANO e CHRISTOFOLETTI (1987), a melhor expressão para calcular a erosão dos solos, em função da ação pluvial e de outros fatores, pode ser dada através da

Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Os autores ressaltam a necessidade de sua adaptação regional, devido às variações climáticas, pedológicas e de relevo, inerentes a cada local.

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) é um modelo empírico que possibilita prever a perda média anual de terra por erosão hídrica, com base no conhecimento dos fatores locais que influenciam a erosão: erosividade da chuva e enxurrada a ela associada (fator R), susceptibilidade natural do solo à erosão (fator K), associação do comprimento da rampa e percentagem do declive (fator LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas de suporte (fator P) (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

No Brasil a utilização da EUPS para planejamento de propriedades rurais não tem transcorrido de maneira sistemática por falta de dados para dimensionar seus fatores, dificultando, assim, seu uso com segurança. Esforços iniciais concentrados para o uso da EUPS pelos extensionistas estão ocorrendo principalmente no Estado de Santa Catarina, com o treinamento de técnicos e publicação de um manual prático para sua utilização (De MARIA, 1995).

No Estado de São Paulo, pesquisas nesse sentido foram desenvolvidas por vários pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, dentre os quais podemos citar: BERTONI (1959), BERTONI *et al.* (1975), BELLINAZZI JUNIOR *et al.* (1981), BERTONI e LOMBARDI NETO (1990) e LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER (1992).

De acordo com SOUZA (2001) ao convergir para pequenas depressões do terreno, o escoamento superficial se transforma em concentrado, diferenciando-se do escoamento anastomosado inicial podendo dar origem a processos de erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas), dependendo do volume do fluxo e continuidade do evento chuvoso. FAO (1967) já declarava não haver um limite preciso que assinalasse o final da erosão laminar e o início da erosão em sulcos.

2.4.2 Erosão em sulcos (canais ou ravinas)

O processo de erosão em sulcos (canais ou ravinas) apresenta sulcos sinuosos ao longo dos declives, estes formados pelo escoamento das águas das chuvas no terreno. Em algumas encostas, a água que escorre de pequenos sulcos converge para outros, mais acentuados,

formando no terreno uma estrutura semelhante à de mão. Por isso, a erosão em sulcos recebe a denominação de erosão-em-dedo.

Uma erosão superficial pode evoluir para uma erosão em sulcos, o que não indica que uma iniciou em virtude da outra. Vários fatores influem para o seu surgimento, um deles é a aração que acompanha o declive, resultando em desgaste, empobrecimento do solo e posterior dificuldade para manejo com sulcos já formados.

Sulcos e ravinas são em geral diferenciados pela profundidade da erosão linear em forma de canal originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE (1966) classifica por ravinas aquelas quando os canais formados não podem ser obliterados por operações normais de preparo do solo.

Segundo SALOMÃO (1994), com a formação e aprofundamento dos sulcos, interceptando o lençol freático, pode-se observar um somatório de processos erosivos pela ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais, fazendo com que o ravinamento atinja grandes dimensões, a esse estágio do fenômeno erosivo, dá-se o nome de voçoroca ou boçoroca.

2.4.3 Voçorocas ou boçorocas

As voçorocas modificam substancialmente a fisionomia local da paisagem, alteram o sistema hídrico através da interceptação do lençol freático com aumento do gradiente hidráulico, removem enormes quantidades de solo e ocasionam o assoreamento dos cursos d'água a jusante, freqüentemente ligado a movimentos de massa dos seus taludes (SOUZA, 2001).

Para IWASA e PRANDINI (1980), o fenômeno chamado voçoroca corresponde a um avançado processo de degradação do solo, cujo poder destrutivo local é superior ao das outras formas, e, portanto, de difícil contenção. Esta é a forma que demanda maiores recursos financeiros para seu controle, pois exige técnicas mais apuradas de intervenção através de obras de engenharia e da aplicação de práticas conservacionistas na sua área de contribuição.

VIEIRA (1978) e OLIVEIRA (1999) diferenciam ravinas de voçorocas da seguinte forma: as ravinas se processam em função da erosão superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canais profundos, estreitos e longos; as voçorocas formam-se

tanto devido à erosão superficial como à erosão subterrânea, com tendência tanto para alargar-se como para aprofundar-se até atingir o seu equilíbrio dinâmico.

Entre os processos básicos envolvidos na gênese dessas formas, citam-se os escoamentos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos; os movimentos de massa originados pelo solapamento do canal, ou pelas ressurgências na base dos taludes laterais e principalmente na cabeceira que avança para montante.

Burton em 1868, citado por FURLANI (1980), foi o primeiro pesquisador a descrever a voçoroca como um fenômeno erosivo à ação conjugada das águas superficiais e subsuperficiais. A partir de então essa conjugação foi mencionada por vários pesquisadores em diferentes épocas, entre os quais FREIRE (1939), (FREIRE 1965), SETZER (1949), TERZAGHI (1950), PICHLER (1953), CHRISTOFOLETTI (1968), PRANDINI (1974), BIGARELLA (1974), GUIDICINI e NIEBLE (1976), VIEIRA (1978), FURLANI (1980), RODRIGUES (1982 e 1984), OLIVEIRA e MEIS (1985), DAEE/IPT (1989), SALOMÃO e IWASA (1995) e INFANTE Jr. e FORNASARI FILHO (1998).

SALOMÃO (1994) destaca que: “As evidências de fenômenos de erosão interna no solo, relacionado à ocorrência freqüente de voçorocas em cabeceiras de drenagem e junto a fundo de vales, mostram a necessidade de pesquisas procurando subsidiar as condições de seu desenvolvimento, especialmente aquelas relacionadas ao comportamento hídrico nas vertentes”.

Dada a ocorrências de muitas voçorocas instaladas nas cabeceiras de drenagem da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados (área de estudo desta pesquisa), será dado maior ênfase a esse fenômeno.

O nome voçoroca vem de um termo regional paulista derivado do tupi-guarani, cujo significado etimológico, segundo *Theodoro Sampaio*, citado por PICHLER (1953) é “terra rasgada” (yby-loroc ou ubu-çoroc). Popularmente, no Brasil, esta feição erosiva é conhecida por buracão, grota, desbarrancado, soroca, cavão, (ALMEIDA, 1995). Na literatura estrangeira MOREIRA (1992) cita lavakas (República Malgaxe), barroca (Portugal), *gully erosion* (países anglo-saxões), *donga* (África do Sul) e *arrojo* ou *carcarás* (espanhol).

O termo voçoroca aplica-se às formas erosivas semelhantes a profundos vales de erosão ou grandes escavações com geometria e tamanho variados, que removem grandes volumes de material intemperizados, afetando rochas, solos e relevos diversos (MOREIRA,

1992). De acordo com a autora, há também, grande variação na combinação de fatores condicionantes do fenômeno erosivo, resultando no único ponto de vista comum a todos os pesquisadores, no que se refere a essa modalidade erosiva – a sua complexidade.

SALOMÃO (1994) destaca as voçorocas como as principais feições erosivas lineares e complexas, além de serem, segundo ele, as maiores produtoras de sedimentos.

São várias as correntes de pensamento em relação à origem das formas erosivas do tipo voçoroca. MOREIRA (1992) apresenta de forma sucinta e prática essas diferentes correntes e os autores que partilham delas:

- 1) A atuação do homem removendo a vegetação natural, o superpastoreio, às técnicas agrícolas inadequadas, a urbanização. Entre os autores que partilham desta opinião podemos citar: SETZER (1949); *Saboureaux, Segalen e Guilcher*, citados por FURLANI (1980); RUELLAN (1953); TRICART (1965); GUERRA (1965); AB´SABER (1968); GUIDICINE e NIEBLE (1976); e BERGSMA (1978);
- 2) O fenômeno como natural, policíclico, provocado por modificações exteriores ao sistema (climáticas ou tectônicas), que acarretam um desequilíbrio hidrológico, cujo resultado é a expansão das cabeceiras de drenagem e adaptação das vertentes a novas condições (climáticas ou de nível de base). As voçorocas recentes seriam então, reativações de fenômenos mais antigos. As ações antrópicas agiriam no sentido de amplificar ou catalisar uma tendência natural da área. Participam deste ponto de vista autores como: MORÃES REGO (1932); ROUGERIE (1966); PETIT e BOURGEAT (1966); BOURGEAT (1972); PRANDINI (1974); VIEIRA (1978); IWASA e PRANDINI (1980); *Popp e Bigarella*; além de *Muratori*, citados por BIGARELLA e MUZUCHOWSKI (1985); JUSTUS *et al.* (1985); MEIS *et al.* (1985); OLIVEIRA e MEIS (1985); MOURA (1990); e SILVA (1991);
- 3) O papel da tectônica como desencadeadora do processo erosivo por voçoroca. Compartilha desta corrente: MORÃES REGO (1932) e BOURGEAT (1972); SILVA (1991); GUERRICHIO e MELIDORO (1982); EGBOKA e ORAJAKA (1987); ANANABA (1991); *Arid e Barcha* referidos por SILVA (1991); *Popp e Bigarella*, além de *Muratori*, citados por BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985); e IWASA e PRANDINI (1980);

- 4) A influência das mudanças climáticas no desenvolvimento das voçorocas foi postulada por PETIT e BOURGEAT (1966); BOURGEAT (1972); VIEIRA (1978); FURLANI (1969, 1980); e MOURA (1990).

De acordo com a UNESCO (1985), as discussões sobre as origens das voçorocas têm perdido espaço para delineação e mensuração dos processos básicos envolvidos na instalação e desenvolvimento deste tipo de erosão. Isto se deve ao fato de que só a identificação correta dos processos permitirá a previsão do controle efetivo das voçorocas.

São vários os mecanismos que atuam na evolução das voçorocas, e de acordo com OLIVEIRA (1999), “variadas são igualmente as escalas de tempo nos quais esses mecanismos atuam”. Por isso elas são entendidas por muitos autores como as feições complexas do modelado das vertentes.

O “*piping*”, também conhecido como erosão interna ou em tubos, é um dos mecanismos mais atuantes numa voçoroca. Decorre do colapso do solo da parte superior de túneis e tubos escavados pela erosão interna que carrega os grãos do solo pelas forças de percolação. Normalmente esse tipo de erosão inicia-se nos segmentos inferiores da vertente e progride para montante resultando na formação de tubos e túneis (SALOMÃO, 1994 e GUERRA, 1998).

Um exemplo prático do fenômeno é relatado por RODRIGUES e VILAR (1984) em pesquisas realizadas nos municípios de Casa Branca-SP e São Pedro-SP. Os autores analisaram as condições de atuação das águas subterrâneas como mecanismo de erosão interna, aplicando a teoria do carreamento de partículas constituintes do solo desenvolvidas por SILVEIRA (1964), onde verificaram que a ocorrência de túneis de erosão parece estar restrita a pontos particulares, tais como contatos, fraturas, zonas de menor coesão ou de maior gradiente piezométrico, e que os materiais dessas voçorocas submetidas aos fenômenos de “*piping*” apresentam características granulométricas satisfatórias para o carreamento da fração fina por entre os vazios de um hipotético filtro constituído pela fração grossa.

SALOMÃO (1994) acrescenta que essas observações levam a concluir que as condições de ocorrência de fenômenos de “*piping*” em voçorocas relacionam-se tanto às características hidráulicas dos materiais da zona de percolação das águas superficiais, como às características do gradiente hidráulico, ou do comportamento piezométrico do lençol freático,

características estas possíveis de serem determinadas em coberturas pedológicas desde que a abordagem se estenda à vertente como um todo.

PRANDINI (1985) ressalta, na revisão feita sobre erosão por voçorocas nos solos tropicais, as lacunas existentes com relação ao conhecimento dos problemas de “*piping*”. O autor acrescenta que trabalhos detalhados envolvendo observações por longos períodos são encontrados somente na literatura estrangeira.

OLIVEIRA (1999) destaca os principais mecanismos que atuaram na formação de voçorocas em diferentes escalas espaciais e temporais, comandados pelos fluxos de água que ocorrem na superfície e em subsuperfície.

Apresenta-se de forma sucinta, a descrição dos mecanismos citados pelo autor:

- (i) Deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva;
- (ii) transporte de partículas de solo pelo escoamento superficial difuso depende da geração de fluxos de água, e sua escala temporal de atuação depende da duração e da intensidade dos eventos chuvosos;
- (iii) Transporte de partículas por fluxos concentrados depende de fatores de caráter local (declividade, comprimento de rampa, forma da vertente, características mecânicas dos materiais, etc.) e da intensidade e volume das chuvas;
- (iv) erosão por queda d’água origina-se a partir do escoamento superficial que deságua no interior de feições erosivas, em forma de cascata. Sua intensidade depende da coesão dos materiais erodidos, bem como, da característica da chuva – volume e duração;
- (v) solapamento da base de taludes ocorre pela atuação dos chamados filetes subverticais de escoamento superficial que podem surgir em todo e qualquer corte topográfico através do molhamento do talude da voçoroca pela chuva ou pela diminuição do fluxo de escoamento superficial que deságua na erosão em forma de cascata;
- (vi) liquefação de materiais do solo ocorre quando materiais inconsolidados são submetidos a fracas tensões cisalhantes de natureza cíclica;
- (vii) movimentos de massa localizados são comandados por fatores que contribuem para aumentar o cisalhamento e/ou diminuir a resistência às tensões cisalhantes nos taludes erosivos. Os fatores que aumentam as tensões cisalhantes nas paredes das voçorocas são: sobrecarga, solapamento, pressão lateral, remoção de suporte lateral, tensões transitórias de origens diversas. Fatores que diminuem a resistência ao cisalhamento:

textura e composição, reações físico-químicas, modificações de estrutura, desmatamento, efeitos da água matricial;

(viii) arraste de partículas por fluxos concentrados em túneis ou dutos ocorre tanto em função da água superficial como da subsuperficial.

DAEE/IPT (1989) afirma que os processos de ação da água de superfície e de subsuperfície, responsáveis pelo desenvolvimento de voçorocas no Estado de São Paulo, dependem da conjugação de fatores naturais e do uso e ocupação de solo, destacando-se entre os fatores naturais, o clima, especialmente a pluviosidade, o tipo de solo, o relevo, e o tipo de substrato geológico.

A influência dos diferentes fatores no desenvolvimento de voçorocas é abordada por vários autores. No Estado de São Paulo podem-se citar as seguintes referências: VIEIRA (1978); FURLAN (1980); RODRIGUES e VILAR (1984); OLIVEIRA e MEIS (1985); IPT (1986); PONÇALO e PRANDINI (1987); BERTONI e LOMBARDI NETO (1990); SALOMÃO (1994), OLIVEIRA *et al.* (1995), FACINCANI (1995), ROSS (1998), etc.

Podem-se citar também como outras fontes de referências para consulta os anais dos Simpósios Nacional de Erosão; Congresso Brasileiro de Ciência do Solo; Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos; Simpósio de Geologia do Sudeste; Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia; Simpósio Regional de Geologia; Simpósio de Geografia física aplicada; Congresso Brasileiro de Geologia, etc.

Dada a complexidade dos processos erosivos por voçorocas, permanece ainda muita incerteza sobre a sua origem. Para o seu entendimento necessita-se de enfoques multidisciplinares envolvendo vários campos do conhecimento (geologia, geomorfologia, hidrologia, pedologia, climatologia, engenharia, etc.) com abordagem metodológica voltada à integração das questões relacionadas às causas e condicionantes (SALOMÃO, 1994).

A falta de diagnóstico preciso da ação erosiva, especificamente das águas subsuperficiais provenientes do lençol freático ou de lençóis suspensos é considerada como a causa principal da inconsistência das concepções de projeto de contenção de erosões lineares. Essas questões, para que sejam esclarecidas, merecem pesquisas mais aprofundadas, de maneira a contribuir com o equacionamento do controle efetivo dos processos erosivos.

2.5 Erosões em áreas de cabeceiras de drenagens

De acordo com DIETRICH e DUNNE (1993) as cabeceiras de drenagem são setores de fundos dos vales que possibilitam a conexão dinâmica entre a estruturação da rede de drenagem e a evolução do modelado, ou seja, nesses setores podem ser encontrados os principais processos atuantes na gênese de incisões erosivas e, conseqüentemente, da formação de canais. Os setores referem-se às áreas côncavas de captação de águas situadas a montante do canal de primeira ordem.

Acredita-se que a gênese e a evolução das cabeceiras de drenagem (PAISANI, 1998) estejam relacionadas a duas hipóteses:

- 1ª) Geomecânica – sugere o desenvolvimento por movimentos de massa, com fases de erosão linear acelerada, ambos gerados por variações ambientais;
- 2ª) Geoquímica – os processos lineares de dissolução da rocha seriam impulsionados por fatores estruturais (falhas ou fraturas).

Para o autor (op.cit.): “Independentemente desta questão, as características dos materiais das cabeceiras de drenagem refletem sua história evolutiva. Em certas circunstâncias, a geometria subsuperficial de tais materiais nem sempre está em conformidade com a morfologia superficial. Assim, os eixos centrais das cabeceiras de drenagem, setores onde se concentram os fluxos d’água, podem apresentar rotas preferenciais de fluxo em função da geometria dos materiais. Essas rotas preferenciais de fluxo constituem um dos fatores que determinam os processos hidrológicos nesses setores. Deve-se ainda atentar para o fato de paleoeixos de drenagem condicionarem a dinâmica hidrológica atual”.

A princípio a gênese de canais de drenagem estava relacionada à ação do escoamento superficial (estudos de *Robert Elmer Horton*, citado por CHORLEY, 1978). Hoje, sabe-se que existem outros processos envolvidos, entretanto, por mais variados que sejam, ainda não estão suficientemente claros os mecanismos envolvidos na gênese e na evolução desses canais.

2.6 Bacia Hidrográfica, uma alternativa para planejamento e gerenciamento ambiental

Bacia hidrográfica: conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. A noção de bacias hidrográfica inclui naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, curso d'água principal, afluente, subafluente, etc. Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede hídrica e a água se escoar normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisórias de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia.

Uma das formas de investigar a dinâmica do meio ambiente que se tem mostrado eficiente é aquela que toma como unidade de análise as bacias hidrográficas por serem áreas onde o impacto ambiental causado pela ação antrópica é evidentemente verificado, conforme citado por PEREZ FILHO *et al.* (2001), KURTZ (2000), GUERRA e CUNHA (1996), BELTRAME (1994) e ROCHA (1991).

De fato, uma bacia hidrográfica qualquer constitui uma unidade geográfica natural para esses estudos, e ideal para a conservação e manejo dos recursos naturais, como a água e o solo.

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1974) as bacias hidrográficas começaram a ser focalizadas como unidades geomorfológicas fundamentais, tendo em vista o funcionamento integrado de seus elementos.

No enfoque sistêmico as bacias hidrográficas podem ser consideradas como um sistema aberto, caracterizado pela atuação dinâmica de processos naturais ou antrópicos no ambiente, os quais podem promover mudanças no meio físico. O *input* de energia deste sistema é constituído pelo clima e pelas forças endogenéticas, gerando o transporte de água e sedimentos, tanto no interior do sistema quanto nas vertentes, canais e abaixo da superfície. O *output* é caracterizado pela evapotranspiração e pela vazão de água e sedimentos pela foz da bacia (GREGORY e WALLING, 1973).

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica se dá em função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e do tipo da cobertura vegetal existente (LIMA, 1986). Portanto, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, entre outros fatores, a infiltração, a quantidade de água produzida como

deflúvio, a evapotranspiração, o escoamento superficial e subsuperficial. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico.

PROCHNOW (1990) relata que os fatores de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica refletem as condições ambientais predisponentes e as condições socioeconômicas da área. Estes fatores são subdivididos em dois grupos:

- A. Fatores naturais: associados à predisposição do meio físico à degradação ambiental (Principais: clima, geologia, geomorfologia, pedologia, rede de drenagem e vegetação natural);
- B. Fatores de natureza antrópica: resultantes das atividades humanas vinculadas à organização e à ocupação do meio físico (atividades agropecuárias e agro-industriais, ocupação humana, desmatamento, alterações no relevo/topografia).

De acordo com ROSS e DEL PRETTE (1998) devem ser considerados conjuntamente os componentes dos recursos naturais (solos, relevo, atmosfera, substrato rochoso, fauna e flora) e os componentes socioeconômicos, levando-se em conta sua interação regional e sua articulação como os problemas nacionais. Compreendida dessa forma, a bacia hidrográfica representa uma unidade ideal de planejamento.

O Programa de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas busca concentrar esforços das diversas instituições presentes nas várias áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas dentro da bacia sejam desenvolvidas de forma sustentável e trabalhadas integradamente.

BRANDT e OLIVEIRA (1973) definem planejamento como a maneira de prever o mais detalhadamente possível o que vai acontecer a fim de todas as ações e tomadas de decisão ocorram no tempo e lugar certo.

LANNA (1993) destaca algumas vantagens e desvantagens quando considera a bacia hidrográfica como uma das alternativas para o planejamento e gerenciamento ambiental. Dentre as vantagens, destaca-se a importância da rede de drenagem como um dos caminhos preferenciais das relações de causa-efeito que envolve o meio físico. Como desvantagem comenta que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia.

Para *Lazlo*, citado por SALATI (1996), planejar uma bacia hidrográfica corresponde à estruturação de um conjunto de procedimentos capazes de assegurar o uso ambiental correto dos recursos naturais, cujos principais objetivos são: promover o desenvolvimento sustentado da bacia, melhorar a qualidade de vida das populações e garantir a preservação ambiental.

2.6.1 Rede de drenagem

O arranjo da rede de drenagem é reflexo da interação de um conjunto de variáveis físicas, como clima, relevo, solos, substrato rochoso e vegetação.

Em 1802 *Phayfair* observou que todo rio consistia de tronco principal alimentado por vários ramos, cada qual correndo em um vale proporcional ao seu tamanho, formando um conjunto de sistema de vales comunicantes que possuíam um ajustamento adequado de suas declividades, de modo que nenhum deles se unia ao vale principal em um nível demasiado superior ou inferior. Esta afirmativa, geralmente conhecida como a lei das junções concordantes, considera os rios responsáveis por seus vales e, ao mesmo tempo, em concordância com eles, FRANÇA (1968).

Como o trabalho de *Phayfair* fundamentou-se em observações visuais, coube a HORTON (1945) a primazia de fazer a interpretação numa base quantitativa. Esse autor estabeleceu duas leis que conferem à lei de *Phayfair* um significado quantitativo. As leis de *Horton* relacionam o número e o comprimento de rios às diversas ordens de ramificação da rede hidrográfica. Para tal, *Horton* precisou inverter a seqüência de numeração da hierarquia fluvial usada pela classificação européia descrita por *Gravelius*, em 1914 - o rio principal ou tronco é geralmente designado como sendo de 1ª ordem, seus tributários imediatos como de 2ª ordem e assim sucessivamente - argumentando que estes tributários menores têm características semelhantes, embora se situando em bacias hidrográficas diferentes. *Horton* então considerou os tributários menores, não ramificados, como sendo de 1ª ordem, atribuiu à ordem mais elevada ao rio principal. Esta inversão no sistema de numeração das ordens de ramificação dos rios facilitou a análise e a comparação das redes de drenagens, pois somente são comparáveis os elementos de mesma ordem de ramificação.

STRAHLER (1957) propôs a seguinte sistemática de classificação, com modificação à hierarquia fluvial proposta por HORTON (1945), onde:

- I) os canais de 1ª ordem são considerados os canais menores sem tributários, estendendo-se da nascente até a confluência;
- II) os canais de segunda ordem surgem a partir da confluência de dois canais de primeira ordem;
- III) os canais de terceira ordem surgem a partir da confluência de dois canais de segunda ordem e podem receber tributários de primeira ordem e, assim, sucessivamente;
- IV) o canal principal apresenta o maior número de ordens variáveis, pois a cada confluência de mesma ordem ele passa a apresentar uma posição hierárquica superior.

FRANÇA (1968) comentou que os sistemas fluviais despertaram o interesse de pesquisadores em ciências da terra, especialmente geólogos, fisiógrafos e geomorfólogos e, também, em especialistas de outros setores, como engenheiros de estradas, hidrólogos e cientistas de solos. O interesse desses especialistas surgiu das observações feitas em muitos estudos, as quais permitiam concluir que as redes de drenagem refletiam certas características dos materiais superficiais sobre os quais se desenvolveram. A partir de então muitos estudos sobre padrões de drenagem foram descritos e classificados, procurando correlacioná-los à natureza dos solos e dos substratos rochosos e/ou à presença de estruturas geológicas. Segundo o autor, com o impulso dado por *Horton* em 1945 e sob a compreensão crescente de que a análise descritiva clássica tem valor limitado, alguns pesquisadores começaram a tentar, na análise de bacias hidrográficas e suas redes de drenagem, linhas de estudo quantitativas.

ALVES e CASTRO (2003) concluíram que para investigar as características das diversas formas de relevo, as bacias hidrográficas se configuram como feições importantes, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície terrestre. Entretanto, a maioria dos trabalhos científicos acerca de bacias hidrográficas evidencia qualitativamente os aspectos formais o que, em geral, é insuficiente para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo. Assim, é evidente a necessidade do emprego de métodos quantitativos para estudos desta natureza.

Para KNIGHTON (1984) o desenvolvimento e a estruturação das redes hidrográficas resultam de processos pretéritos e presentes. Quanto ao presente, refere-se ao período de tempo no qual as condições de *input* e *output* de energia e de matéria têm permanecido constante.

Essas condições atuais e passadas de input e output de energia na bacia refletem a interação de diversos elementos do ambiente, tais como a natureza geológica, o relevo, as condições climáticas, as coberturas pedológicas e vegetacional e as propriedades hidrodinâmicas do relevo (CHORLEY *et al.*, 1984).

Normalmente, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é efetuada por meio da utilização de variáveis lineares e areais que descrevem o aspecto dos canais de drenagem e da superfície do terreno.

GUERRA e GUERRA (2003) definem, resumidamente, a morfometria como sendo o estudo quantitativo das formas de relevo. No entanto, a morfometria fluvial corresponde ao estudo das bacias hidrográficas com vista a uma análise linear, areal e hipsométrica.

As variáveis lineares referem-se às medições efetuadas ao longo das linhas de escoamento e incluem a razão de bifurcação, razão entre comprimentos médios, comprimento do rio principal e extensão do percurso superficial.

As variáveis areais envolvem medições planimétricas, além de medições lineares e incluem a área e o comprimento da bacia, o índice de circularidade, a densidade hidrográfica, a densidade de drenagem e o coeficiente de manutenção.

As variáveis hipsométricas envolvem inter-relações existentes entre unidades lineares e planimétricas e suas relações com as variações altimétricas e incluem a amplitude altimétrica máxima da bacia, a relação de relevo e o índice de rugosidade.

Um parâmetro fundamental a ser considerado inicialmente no processo de caracterização morfométrica é a classificação da bacia conforme a ordem de seus cursos d'água, estabelecendo assim a hierarquia fluvial.

A ordenação de canais, segundo MACHADO (1983), passa a ser o primeiro passo para coleta de dados morfométricos, decompondo a rede em determinado número de segmentos discretos, cada um composto de um ou mais segmentos de acordo com as regras do sistema de ordenação empregado.

Os estudos dos processos, do ponto de vista quantitativo, utilizado o método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, densidade hidrográfica, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, forma da bacia, dentre outros. Tais parâmetros, passíveis de serem determinados nos mapas de drenagem obtidos a partir de fotografias aéreas e/ou imagem de satélite. Estes parâmetros podem revelar

indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais.

De acordo com SIMÕES (1997), esses indicadores físicos descrevem processos e/ou parâmetros ambientais que podem provocar alterações com ou sem interferência da ação antrópica. Neste mesmo trabalho, o autor ressalta a importância da utilização dos geoindicadores como subsídio em programas de monitoramento e avaliação de impactos ambientais. Contudo, às vezes é necessária avaliação conjunta de mais de um geoindicador, devido à dinâmica ambiental de uma determinada região.

Estudos de parâmetros morfométricos e análise de sua influência na caracterização ambiental de bacias hidrográficas têm sido efetuados por muitos pesquisadores. A seguir, ressaltam-se alguns desses estudos.

HORTON (1945) observou que quando se iniciam os processos erosivos na superfície de terrenos recentemente expostos, formava-se inicialmente uma série de canais bem espaçados, começando a uma certa distância do divisor de águas. Conseqüentemente, esses canais, paralelos ao declive original, transformavam-se nos rios principais das bacias de drenagem finais. Na continuação destes processos, iam-se desenvolvendo novas ordens de tributários, processos estes que, explicavam satisfatoriamente as séries geométricas das leis dos números e de comprimentos de rios. Com base nestas observações, HORTON (1945), propôs duas relações para expressar quantitativamente o grau de desenvolvimento da drenagem superficial de uma bacia hidrográfica, em adição à ordem de rios: a densidade de drenagem e a densidade hidrográfica.

A densidade de drenagem dimensiona o comprimento total de canais por unidade de área, enquanto a densidade hidrográfica expressa a relação entre o número total de canais de drenagem e a área da bacia.

STRAHLER (1957) considerou a densidade de drenagem como um índice importante da escala linear dos elementos de forma do terreno em uma bacia hidrográfica, uma vez que a divisão do comprimento total de canais pela área produz um número com a dimensão do inverso do comprimento. Assim, em geral, ao aumento do valor numérico da densidade de drenagem corresponde, proporcionalmente, a diminuição do tamanho das unidades de drenagem, como, por exemplo, as áreas das bacias de 1ª ordem.

Para ZINKE (1960), a densidade de drenagem é uma expressão da precipitação pluvial e da capacidade de infiltração, podendo ser considerada como uma descrição física quantitativa da bacia hidrográfica.

Segundo RAY (1963), a densidade de drenagem em um dado ambiente climático relaciona-se principalmente com a resistência à erosão dos materiais aí presentes, e a densidade aumenta na medida em que diminui a resistência à erosão.

RAY e FISCHER (1960), usando a área de bacias hidrográficas e a área de amostras circulares de 10 km² para o cálculo de densidade de drenagem em estudo sobre a litologia, concluem que as amostras circulares forneceram determinações mais consistentes deste índice, para qualquer tipo de rocha, do que as amostras representadas por pequenas bacias.

BURINGH (1960), em estudos sobre as aplicações de fotografias aéreas em levantamentos de solos, salientou o uso de amostras circulares, que podem variar em área de 10 a 100 km², abrangendo locais mais homogêneos.

FRANÇA (1968), aplicando o método das amostras circulares para o estudo de solos da região de Piracicaba, obteve resultados significativos para a identificação dos solos. De acordo com o autor, entre os elementos da drenagem que permitiram fazer a distinção entre solos, revelaram-se parâmetros úteis: a razão de ramificação, a razão de comprimento e o comprimento médio dos segmentos de rios das diversas ordens, a razão de textura média, a densidade de drenagem determinada em amostras circulares e, em menor extensão, o tipo e certos aspectos descritivos do padrão de drenagem.

Os resultados apresentados por FRANÇA (1968) foram confirmados por outros pesquisadores tais como: FADEL (1972); VASQUES FILHO (1972); LEÃO (1972); SOUZA (1975); KOFFLER (1976); FREIRE (1977); CARVALHO (1977); NOGUEIRA (1979); POLITANO (1980); MANECHINI (1981); PFEIFER (1984); ÂNGULO FILHO (1986) e ROSSI *et al.* (1991).

As redes de drenagem das áreas estudadas por ESPÍNDOLA (1977) mostraram-se significativamente distintas, por intermédio dos índices densidade de drenagem e densidade hidrográfica, refletindo as diferenças entre a relação infiltração/deflúvio de cada área estudada.

Para GARCIA *et al.* (1979), os mais significativos índices quantitativos da rede de drenagem são: razão de ramificação, razão de comprimento, densidade de drenagem, densidade hidrográfica, comprimento médio e razão de textura.

PFEIFER (1984) considera a análise quantitativa dos padrões de drenagem eficiente para diferenciação entre solos morfogeneticamente distintos.

LIMA (1987), afirma que, dos parâmetros de composição da rede, o comprimento total e o número total de segmentos dos rios foram os mais eficientes para diferenciar três unidades de solo.

CARDOSO (1988) afirma que as variáveis: densidade de drenagem, densidade hidrográfica e razão de textura, analisadas segundo bacias hidrográficas e amostras circulares, permitiram inferir que o comportamento das redes de drenagem manteve-se pouco alterado nos períodos de estudo.

COLLARES (2000) e RIBEIRO (2002) aplicaram uma proposta metodológica, com base em análise morfométrica temporal das redes de drenagens de microbacias, visando à avaliação das alterações ocorridas no meio físico.

Para COLLARES (2000) alteração temporais, seja por mudanças na sua estruturação ou forma, seja pela perda ou aparecimento de novos canais, fazem da rede de drenagem um geoindicador das condições ambientais da bacia, uma vez que refletem a ocorrência de processos antrópicos ou naturais recentes, determinando nova dinâmica para o escoamento superficial das águas.

Os geoindicadores funcionam como um termômetro na medida dos processos e fenômenos do meio físico que ocorrem em períodos curtos (menos de 100 anos) e refletem as alterações ambientais do sistema (BERGER, 1996).

2.6 Impactos ambientais sobre a rede de drenagem

São os processos do meio físico e/ou tecnológicos que conferem dinamismo ao meio ambiente, impondo-lhe mudanças. A caracterização destes processos, em termos qualitativos e/ou quantitativos, constitui um alicerce nos planos de estudos ambientais.

Dentre as atividades que podem provocar alterações profundas na paisagem ou em características físicas ou químicas das águas em uma bacia hidrográfica, pode-se destacar a construção de grandes barragens e a formação dos respectivos reservatórios.

Às mudanças no meio ambiente decorrentes dessa atividade dá-se o nome de alterações ambientais. Quanto às alterações consideradas significativas, denominam-se-lhes impactos.

KOZMA e BIDEGAIN (1984) ressaltam que: “Uma região com determinada dinâmica em suas relações ecológicas e sociais, ao ter subitamente um rio transformado em extenso lago artificial, sofre uma série de transformações, ou impactos ambientais sobre os elementos físicos, biológicos e socioeconômicos”.

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1979), quando um evento influi na entrada (input), de forma a ultrapassar o limiar compatível com a organização de um sistema, alterando-lhe profundamente, verifica-se que a tendência deste mesmo sistema em reajustar-se à nova situação que se lhe impõe. Neste reajustamento, o sistema pode voltar a um estado semelhante ao precedente, ou atingir um estado estacionário, em novo posicionamento, podendo contrair outra dinâmica. O tempo de readaptação varia conforme a existência de elementos de maior resistência à mudança no seu interior. Para o autor, essa readaptação ocorre pela ação de relações retroalimentadoras inerente ao próprio sistema, resultando que este todo atinja o equilíbrio após passar por estados transitórios. Esses processos podem ser reversíveis ou irreversíveis.

2.7 Técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento em estudos ambientais

As imagens de sensoriamento remoto vêm servindo de fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, oceanográficos entre outros. Acima de tudo, as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam (CRÓSTA, 1992). Todavia, este avanço ficaria sem sentido se não ocorresse simultaneamente a contrapartida em relação às técnicas de processamento das informações contidas nas imagens de sensoriamento remoto.

VALÉRIO FILHO *et al.* (1997), ao utilizarem dados digitais do Landsat/TM (Thematic Mapper) e geoprocessamento para o monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias, concluíram que, mesmo não sendo possível maior detalhamento das classes de uso e cobertura vegetal das terras, face às limitações dos produtos de sensoriamento remoto ao nível orbital, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são ferramentas úteis para o monitoramento da dinâmica de uso e cobertura

vegetal e a adequação de uso das terras ao nível de microbacias hidrográficas, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e ser economicamente viável.

ROCHA *et al.* (1998) comentam que, apesar de distintas, as áreas de sensoriamento remoto e de processamento de imagens desenvolveram várias tecnologias, as quais vêm sendo muito utilizadas nos últimos anos, tornaram-se interdependentes e integradas em estudos geoambientais. Atualmente, não se concebe a utilização de uma sem o apoio da outra.

2.7.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a arte de se obter informações sobre determinado alvo, área ou fenômeno, por meio da análise de dados coletados por sensores, sem entrar em contato direto com o alvo, área ou fenômeno em questão (GARCIA, 1982).

Segundo o autor, as técnicas de sensoriamento remoto podem ser divididas em dois grupos: o de fotografias aéreas, obtidas por aviões (tanto pancromáticas como coloridas); e o de técnicas que compreendem o uso de outros sensores instalados em plataformas aéreas (aviões) ou orbitais (satélites).

As fotografias aéreas têm sido utilizadas há várias décadas no estudo da superfície da terra. Segundo MAGUIRE (1990), o uso de fotografias aéreas foi a primeira grande técnica de sensoriamento remoto, e ainda hoje, predomina nos estudos em grandes escalas.

De acordo com CHIOSI (1983), tanto as fotografias aéreas, como os mapas obtidos a partir delas, são de valiosa aplicação, seja na engenharia civil, no setor de implantação de barragens, na geologia no estudo do aspecto da superfície terrestre (relevo), seja na agricultura, na extração de minérios, etc.

Em estudos que envolvem estimativas de perdas de solo por erosão e/ou acúmulo de sedimentos, o sensoriamento remoto torna-se uma importante fonte de informações para os modelos que requerem o conhecimento do uso da terra e de outras condições superficiais do solo (PELLETIER, 1985).

De acordo com PINTO (1991), a detecção e o acompanhamento da erosão acelerada do solo, obtidos por técnicas de sensoriamento remoto, associadas às outras fontes de

documentação, podem fornecer registros dos fatores intervenientes, especialmente os relacionados às características da superfície do terreno.

Os dados de sensoriamento remoto têm ampla aplicação na descrição quantitativa de bacias hidrográficas e redes de drenagem. Assim, uma série de estudos morfométricos, antes realizados a partir de dados extraídos de cartas topográficas, passou a realizar-se com base em dados de sensoriamento remoto, ou seja, nas imagens coletadas por sensores remotos (NOVO, 1992).

ALVES *et al.* (1998) comentam que o uso de imagens de satélite tem possibilitado o estudo do desflorestamento em várias regiões do Planeta, particularmente em regiões tropicais, onde extensões significativas de florestas não poderiam ser monitoradas facilmente sem o recurso dos satélites de sensoriamento remoto.

CURRAN (1985) diz que o sensoriamento remoto ampliou a capacidade do homem em obter informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, colocando-se como mais uma ferramenta complementar para facilitar trabalhos temáticos e de levantamentos.

Algumas aplicações de sensoriamento remoto no estudo uso da terra são discutidas a seguir.

PINTO (1983) empregou dados Landsat/MSS (Multispectral Scanner Subsystem) para a identificação de áreas com risco de erosão do solo. Com base na correlação de dados de frequência de ravinas (extraídos de fotografias aéreas), com dados de densidade de cobertura vegetal (extraídos de imagens de satélite), chegou a compor uma escala de risco de erosão. Concluiu que os dados do MSS permitiram o levantamento indireto de áreas de risco de erosão, principalmente, por meio da variação do índice de cobertura vegetal.

FORMAGIO *et al.* (1995) identificaram 14 classes de solo de maior ocorrência e de grande significância pedológica e agrícola do Estado de São Paulo. Considerando as características multiespectrais destes solos, eles definiram 4 tipos padrões de curvas espectrais.

MORAIS *et al.* (1995) elaboraram um mapa de uso da terra de uma área reconhecidamente ocupada por florestas e pastagens na região de Rondônia e, em seguida, extrapolaram a classificação do uso dessa terra para uma área maior. Para tanto, utilizaram técnicas de processamento digital em imagens Landsat-5/TM.

DEMATTE e GARCIA (1995), utilizando dados digitais do Landsat-5/TM processado pelo SITIM (Sistema de Tratamento Digital de Imagens), na discriminação de solos

desenvolvidos em rochas eruptivas no Estado do Paraná, concluíram que as aplicações de técnicas multiespectrais podem trazer informações complementares para o mapeamento de solos, havendo com isso, ganho de tempo e maior precisão na delimitação das unidades de mapeamento. SIMÕES *et al.* (1996) propuseram a criação de uma cooperativa de dados ambientais, através do Sistema de Informações Georrefenciadas de solos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Na alimentação deste sistema poderiam ser destacadas as imagens de satélites como fontes de informações geográficas.

SANTOS *et al.* (1995), objetivando demonstrar a eficiência de produtos orbitais, utilizaram imagens Landsat-5/TM no mapeamento do uso atual das terras e da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Canduru-Açu. Obtiveram resultados satisfatórios com imagens em composição colorida na escala 1:100.000.

2.7.2 Fotointerpretação

De acordo com PIEDADE (1983), a aerofotogrametria se ocupa da obtenção de informações de natureza topográfica, enquanto a fotointerpretação tem por objetivo atender a informações de interesse das diversas ciências (Agricultura, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrologia, Silvicultura, etc.).

Interpretar uma imagem é examiná-la com o propósito de identificar os objetos representados pelas variações tonais e texturais e descobrir seu significado, levando em consideração as variações sazonais e temporais destes objetos. Para dados de sensoriamento remoto, tenta-se por meio de processos lógicos, detectar, identificar, medir e avaliar o significado das feições, seus padrões e sua relação espacial com o ambiente no qual se encontram (REEVES *et al.*, 1983).

O processo de interpretação de uma imagem compreende três etapas que podem ser executadas simultaneamente: medida das feições na imagem, identificação das feições e solução do problema proposto ao intérprete pelo uso das informações obtidas (ANDERSON, 1982). A seguir, detalha-se cada uma destas etapas:

- a. Medição: Consiste numa estimativa visual do tamanho e da forma das feições presentes na imagem; uma estimativa correta das dimensões das feições tende a facilitar o processo de identificação;

- b. Identificação: É feita através do estímulo e da sensibilidade do intérprete a variações de tons, textura, padrões e outras características presentes na imagem. Para imagens em preto e branco (tons de cinza), a identificação dos objetos é feita pelas sombras, pelas bordas abruptas e pelas variações tonais; já para as imagens coloridas a identificação pode ser feita pelas diferenças de cores na imagem;
- c. Solução: Nesta etapa, busca-se uma associação entre os objetos identificados na etapa anterior. Uma das formas de resolver um problema de fotointerpretação é a identificação de estruturas complexas através dos elementos que compõem a imagem.

Segundo JUDD (1975) e MATHER (1987), o olho humano é mais sensível às mudanças de cores do que à intensidade luminosa, sendo possível extrair maior quantidade de informações em imagens coloridas do que em imagens em preto e branco. No entanto, em se tratando da discriminação de feições geológicas em imagens Landsat-5/TM, as cores muitas vezes interferem na obtenção da informação, mascarando-a; neste caso, as imagens em níveis de cinza revelam-se mais eficientes, pois realçam melhor o relevo que representa a geologia.

Para RAY (1963) e RICCI e PETRI (1965) a interpretação de fotografias aéreas constitui-se num processo que pode ser considerado em duas etapas. Na primeira inclui-se a observação, coleta de dados, medição e identificação de aspectos visíveis nas fotografias aéreas, o que corresponderia à fotoidentificação e à fotoanálise. A segunda etapa caracteriza-se pelo desenvolvimento de processos mentais, dedutivos e ou indutivos usando a formação obtida na solução de um problema, ou seja, o que se chama de fotointerpretação propriamente dita.

2.7.2.1 Elementos das imagens (aerofotogramétricas e/ou satélites)

Os elementos das imagens identificados no processo de fotointerpretação são: textura, estrutura, forma, tonalidade e sombra (REEVES *et al.*, 1983). A seguir, descreve-se cada um destes elementos:

- 1) Textura: resultante do arranjo de muitos elementos iguais ou similares presentes na imagem, que estão numa mesma área ou que, em conjunto, constituem um objeto. Com o uso da textura é possível diferenciar áreas que apresentam a mesma tonalidade. A textura tem grande significado na interpretação geológica, já que algumas dessas

feições têm sua identificação relacionada a elementos de densidade textural (superfícies rugosas ou lisas);

- 2) Estrutura: determinada pela organização dos padrões dentro do espaço dos elementos texturais. Através da análise dos padrões de drenagem, obtêm-se informações importantes sobre as rochas, como dureza, permeabilidade, composição mineralógica e estruturas geológicas. Os principais padrões de drenagem são: treliças, paralelos, retangulares, radial, anular e anastomosado;
- 3) Contexto: mostra a relação entre uma dada feição e outras feições que lhe estão associadas;
- 4) Forma: indica a disposição espacial dos elementos texturais com propriedades comuns; a forma, como um critério para interpretação geológica, tem significância apenas no seu sentido mais amplo, que envolve o relevo;
- 5) Tonalidade: representa a intensidade da radiação solar que é refletida por um objeto, podendo variar do branco até o preto, passando pelas várias nuances do cinza (níveis de cinza) ou em intensidade/saturação/matiz para uma composição entre bandas formando imagens coloridas;
- 6) Sombra: as formas de qualquer objeto que se interpõem à propagação da radiação eletromagnética provocam o obscurecimento de uma área; as sombras são uma valiosa propriedade para a interpretação, por exemplo, das estruturas geológicas por prover ao foto-intérprete a sensação de relevo.

Como em regiões tropicais o manto de intemperismo é bastante espesso e a vegetação é bem desenvolvida. MARCHETTI e GARCIA (1977) e RICCI e PETRI (1965) discorrem que, em geral, o processo de fotointerpretação deve ser realizado com base nos seguintes elementos de reconhecimento: tonalidade, textura, formas de relevo, padrões de drenagem, forma e tamanho das feições, sombreamento e as mudanças de algumas destas características com o tempo, o que possibilita a delimitação de uma área maior em zonas homogêneas menores.

SOUSA (2000) utiliza técnicas de realce em fotografias aéreas digitalizadas para testar a viabilidade de se traçar a rede de drenagem de bacias hidrográficas pela tela do computador, em detrimento do processo manual com uso de estereoscópio. O autor, ciente de que os resultados não produziram o efeito desejado, recomenda a técnica para bacias com rede de

drenagem muito bem definida, preferencialmente com ocorrência sistemática de matas ciliares.

FRANÇA (1968) emprega fotografias aéreas do tipo vertical para o levantamento de solos da região de Piracicaba. O autor considerou os estudos de interpretação fotográfica um valioso recurso para aumentar o rendimento e a precisão dos mapeamentos, pela combinação dos trabalhos de campo e de laboratório.

Segundo AMARAL e AUDI (1972), a fotografia aérea apresenta-se como material de trabalho indispensável no levantamento de solos, oferecendo ganho de tempo, precisão de limites e visão global da paisagem com riqueza de detalhes. Serve como base cartográfica preliminar, auxiliando os trabalhos de campo no traçado de roteiros mais interessantes, possibilitando ainda a separação das unidades de solos diretamente sobre as fotografias.

KOFFLER (1976) utiliza-se de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do arenito Bauru. O autor conclui que a análise e interpretações dos padrões de drenagem forneceram dados suficientes para caracterizar as unidades de solo estudadas, em fotografias obtidas por aeronaves e pelo SKYLAB.

NOGUEIRA (1979) desenvolve pesquisa utilizando-se de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solos.

FAVRIN (1985) analisou quantitativamente as alterações da cobertura vegetal ocorrida durante o período de 1962-1977, no município de Campos de Jordão-SP, utilizando metodologia que permite aplicação de técnicas fotointerpretativas associadas a bases cartográficas.

CASETA e CONSTÂNCIO (1986) consideram o processo de fotointerpretação uma técnica de grande valia para identificação e mapeamento do uso do solo agrícola e urbano.

MANZOLI JÚNIOR (1987), em pesquisa semelhante à de FAVRIN (1985), analisou as alterações de cobertura para o município de Sud Mennucci entre dois períodos (1962/1977).

CARDOSO *et al.* (1988) utilizaram fotografias aéreas de 1962 a 1972 e 1972 a 1977 para decalcar as redes de drenagem em áreas reflorestadas com eucalipto no município de Botucatu. De acordo com os autores, o estudo da drenagem como um todo, através de fotografias aéreas, tem permitido correlacionar as suas particularidades com os solos.

2.8 Geoprocessamento

A informação analógica passou a ser concebida como informação digital, georreferenciada e armazenada na forma de layers com estruturas vetorial e raster; a este conjunto de tecnologias para análise da informação espacial, tem sido atribuído o termo Geoprocessamento.

ROCHA (2000) define Geoprocessamento como: “Uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, métodos e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados”.

Para CÂMARA e MEDEIROS (1998) o termo Geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas.

RODRIGUES (1990) define geoprocessamento como um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações, e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam, envolvendo atividades como sensoriamento remoto, modelagem numérica de terreno, processamento de imagens e outras atividades de captura de dados.

Portanto, geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistema de Informação Geográfica (SIG), o geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies (SPRING, 2003).

2.8.1 Sistema de Informações Geográficas

O geoprocessamento gerou uma variedade de ferramentas para atender às diversas necessidades dos usuários. Dentre elas, cabe destacar o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser definido como uma poderosa ferramenta usada para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais a partir da verdade terrestre ou, ainda, como um sistema que apóia decisões envolvendo a integração de dados especialmente referenciados no ambiente de resolução do problema (BURROUGH, 1987; MAGUIRE, *et al.* 1991).

De acordo com CÂMARA (1993), as principais características de um sistema de informação geográfica são: integrar, em uma única base de dados, informações provenientes de diferentes fontes, tais como, dados cartográficos, imagens de satélite, redes de modelo numérico do terreno (MNTs), entre outros; combinar as várias informações utilizando algoritmos; consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados.

A estrutura interna de um SIG pode ser dividida basicamente em quatro partes (MAGUIRE *et al.*, 1991):

- (i) Entrada de dados - esta etapa consiste na entrada das informações no sistema, a qual pode ser feita por digitalização ou através de *scanner*;
- (ii) Armazenamento de dados - contempla a forma na qual os dados são armazenados dentro do sistema. FELGUEIRAS *et al.* (1990) descreve como sendo quatro os formatos nos quais os dados podem ser estruturados para armazenamento;
 - a) Formato vetorial, que representa entidades (rios, isolinhas, lineamentos, estradas, entre outras) como um conjunto de pontos definidos no espaço 2-D, estas entidades estão definidas pelas coordenadas (x, y) e a elas estão associadas um atributo;
 - b) Formato imagem, que representa uma área da superfície terrestre em uma matriz de pontos (*pixels*) que estão distribuídos regularmente no espaço 2-D. No formato imagem, a cada ponto da matriz é atribuído um valor de nível de cinza que representa uma informação, seja ela reflectância, nível de declividade a teor geoquímico, entre outras;

- c) Formato amostra 3-D, que representa amostras do comportamento de uma variável z dentro de uma região definida no espaço (x, y) , como pontos definidos no espaço (x, y, z) ;
 - d) Formato grade, que representa um conjunto de pontos definidos em um arranjo de celas (raster), em que cada uma é referenciada por linha e coluna, sendo o atributo a ser mapeado representado por um número.
- (iii) Manipulação e análise dos dados - esta fase consiste na manipulação e análise dos dados, através de rotinas de remoção de erros e de manipulação de informações;
 - (iv) Saída dos dados - a forma como os resultados (mapas, figuras, tabelas ou MNTs) são apresentados, seja no formato vetor ou *raster*.

Um SIG é toda ferramenta de gerenciamento de informações capaz de: coletar, armazenar e recuperar informações baseadas nas suas localizações espaciais; identificar locais dentro de um ambiente que tenha sido selecionado a partir de determinados critérios; explorar relações entre os dados espaciais para subsidiar os critérios de formulação de decisões; facilitar a exportação de modelos analíticos capazes de avaliar alternativas de impactos do meio ambiente; exibir e selecionar áreas, tanto gráfica como numericamente, antes e ou depois das análises (SOUZA *et al.*, 1993; HANIGAN, 1988; BURROUGH, 1987).

Um SIG tem como principal característica a indexação dos dados pela localização como forma fundamental de organizá-los e manipulá-los, estabelecendo a associação entre o dado e o local onde ocorre. Ele permite explorar a capacidade dos dados para gerar informações por meio de análises espaciais interativas, que fornecem soluções rápidas e precisas para problemas relacionados com a distribuição, espacial e temporal, dos dados.

Segundo DONZELI *et al.* (1992), a integração de informações pelo sistema computacional do tipo SIG constitui importante ferramenta de trabalho que possibilita classificar áreas com base em dados multivariados.

Apesar de os SIGs terem potencial para agilizar muitos tipos de informação, sua implementação exige substancial esforço, principalmente no que se refere a tempo para automatização dos dados, treinamento de pessoal, organização, etc. Existe também o aspecto dos equipamentos necessários que são caros e sofisticados (VENTURA, 1993).

Para VALÉRIO FILHO (1994), um SIG pode atuar de forma eficiente no planejamento de todas as aplicações que fazem uso de mapas. Assim, todas as atividades que envolvem a

coleta de dados sobre a superfície terrestre podem ser beneficiadas por um sistema dessa natureza, aumentando, por exemplo, a eficiência no manuseio de dados cartográficos, como também possibilitando a combinação de informações geográficas em grande variedade de formas.

SHENG *et al.* (1997) sugerem o uso de SIGs na classificação e avaliação de bacias hidrográficas em países em desenvolvimento e destacam a importância de ferramenta com Modelo Digital do Terreno (MDT) na obtenção de parâmetros como borda da bacia, elevações e características das encostas e em combinação com outros fatores, como mapa geológico e de solos, para derivar cartas interpretativas.

2.8.2 Processamento digital de imagens

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar informações de interesse para determinados fins, com base em uma enorme quantidade de dados que usualmente compõem essas imagens, ou seja, consiste em técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais por sistemas computacionais, em que as imagens originais (brutas) são processadas com a finalidade de produzir outras imagens contendo informações específicas, extraídas e realçadas, de tal modo que estas sejam mais facilmente discerníveis pelo intérprete (NOVO, 1992 e CRÓSTA, 1992).

Para CRÓSTA (1992) o processamento digital de imagens deve ser compreendido como um estágio preparatório, embora quase sempre obrigatório, da atividade de interpretação de imagens de sensoriamento remoto. Segundo o autor, o processamento digital de imagens pode envolver três estágios de processamento: (i) - Técnicas de pré-processamento de imagens: incluem a correção das imperfeições geométricas e radiométricas; (ii) - Técnicas de realce: são técnicas utilizadas no melhoramento visual das imagens; (iii) - Técnicas de análise (classificação) digital: são técnicas que envolvem a extração de informações temáticas.

2.8.2.1 Técnica de pré-processamento

O pré-processamento pode ser definido como o método de correção de dados brutos, seja para atenuar distorções radiométricas causadas pela atmosfera ou por falhas nos equipamentos imageadores, por meio de correção radiométrica; seja para corrigir distorções geométricas, resultantes do movimento de rotação da Terra e das variações na altitude, atitude e velocidade do satélite, considerando a correção geométrica (SCHOWENGERDT, 1983; CHUVIECO, 1990).

➤ Correção radiométrica

A correção radiométrica é um termo genérico, que designa as técnicas que modificam os números digitais (ND) originais, para torná-los mais próximos dos valores que deveriam estar presentes na imagem. Esta correção engloba as distorções provocadas pela atmosfera e os problemas derivados do mau funcionamento dos sensores (RICHARDS, 1993). Existem diferentes métodos que permitem a atenuação dos efeitos atmosféricos, cuja seleção dependerá da disponibilidade de dados para tal fim.

➤ Correção geométrica

A correção geométrica altera a geometria da imagem com a finalidade de corrigir distorções produzidas pela curvatura da Terra ou por pequenas variações na altitude, atitude ou velocidade da plataforma (RICHARDS, 1993). Para CRÓSTA (1992), esta série de distorções, a que estão sujeitas imagens de sensores remotos de qualquer tipo, ocasiona a falta de precisão cartográfica e, conseqüentemente, de posicionamento de objetos. Portanto, dependendo da precisão requerida para aplicação em mapeamento e/ou da necessidade de junção de imagens (mosaicagem), essas distorções precisam ser corrigidas e um sistema de projeção cartográfica de referência precisa ser estabelecido.

Segundo o RICHARDS (1993), existem duas técnicas que podem ser usadas para corrigir os vários tipos de distorções geométricas presentes em uma imagem digital. A primeira modela a natureza e a magnitude da fonte de distorção, estabelecendo uma fórmula

de correlação; esta técnica mostra-se eficaz quando a distorção é causada pela rotação da Terra. A segunda técnica estabelece uma relação matemática entre a posição do *pixel* na imagem e a correspondente coordenada deste ponto no terreno. Para isto, é preciso realizar o registro da imagem e a posterior reamostragem dos *pixels*. Esta relação pode ser usada para corrigir a geometria da imagem, independentemente da causa da distorção. O registro pode ser feito com uma outra imagem ou com uma base cartográfica, através da aquisição de pontos de controle na imagem a registrar, associando-os à imagem ou ao mapa de referência. A reamostragem dos *pixels* pode ser implementada por diferentes métodos, sendo os mais utilizados os de vizinho mais próximo, interpolação bilinear e convolução cúbica (CHUVIECO, 1990; RICHARDS, 1993).

JONES *et al.* (1993) comentam que a maioria dos programas de digitalização apresenta uma forma de estimativa de precisão do processo de digitalização (sistema de mesa ou display). Esta estimativa compreende uma análise estatística na forma de erro médio quadrático (RMS error – Root Mean Square error), que expressa o grau de variação entre as medidas de coordenadas do sistema da mesa e do programa. Parte, portanto, da suposição de que os erros ocorrem ao acaso e, desta forma, serão distribuídos normalmente ao redor das coordenadas definidas como verdadeiras. Assim o RMS equivale ao desvio padrão desta distribuição, sendo determinado pela seguinte expressão:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum (x-t)^2}{n-1}} \quad (1)$$

Onde:

- x = medida da coordenada na direção de um dos eixos (x ou y) do sistema de mesa;
- t = medida da coordenada na direção do mesmo eixo acima, no sistema escolhido;
- n = número de pontos de controle da digitalização.

No caso de digitalização em tela, as coordenadas do sistema da mesa devem ser substituídas pelas coordenadas do sistema de *display*, isto é, as coordenadas que são lidas na tela, quando o cursor percorre a imagem.

A distribuição e as quantidades desses pontos no terreno devem ser planejadas para que o georreferenciamento seja confiável.

Pesquisadores FARRET e GIOTO (1997), ao relacionarem o geoprocessamento de fotografias aéreas, verificaram várias geometrias para quatro pontos bem definidos e observaram que o menor valor de RMS ocorreu com a distribuição dos pontos nos quatro cantos da fotografia. Além desta, a geometria que definiu os quatro pontos localizados na metade dos lados apresentou RMS próximo ao menor valor.

JONES *et al.* (1993) relatam que a decisão de aceitar um certo valor de RMS (no limite do erro aceitável) é provavelmente mais segura quando este é calculado sobre uma amostragem mais ampla de pontos do que sobre quatro pontos de controles.

➤ **Realce de imagens**

O objetivo do realce é melhorar a visualização da cena, tornando as informações brutas mais claramente visíveis ao intérprete (MATHER, 1987). O realce inclui a manipulação de contraste, filtragem espacial e rotação de imagens. A manipulação de contraste consiste na modificação da forma do histograma, transformando os níveis de cinza da imagem original, que facilita a discriminação visual de características em cenas com baixo contraste. A manipulação de contraste mais utilizada é o aumento linear de contraste, que redistribui os *pixels* da imagem original ao longo de toda a faixa de níveis de cinza alterando seus limites superiores e inferiores e expandindo para o intervalo de 0 a 255.

Filtragem espacial consiste em realçar seletivamente as feições de alta, média ou baixa frequência que compõem as imagens de sensoriamento remoto. De maneira geral, as filtrações espaciais são úteis em processamento de imagens de sensoriamento remoto para realçar bordas, feições lineares de determinadas direções e padrões de textura. Isso tudo é feito pelo realce ou pela supressão de determinadas frequências espaciais (CRÓSTA, 1992).

Existem duas maneiras de aplicação das técnicas de filtragem de frequência:

- 1) Convolução: opera no domínio espacial da imagem. São três os tipos básicos de filtros de convolução: filtros passa baixas, passa altas e direcionais. Considerada uma técnica simples e facilmente operável, atende de forma satisfatória à grande maioria das necessidades em termos de imagens de sensoriamento remoto;
- 2) Análise de Fourier: opera no domínio das frequências que compõem a imagem. É considerada uma técnica poderosa e precisa, mas é também muito complexa.

➤ Classificação

O processo de classificação consiste em atribuir cada *pixel* da imagem a uma classe. Essa atribuição é feita com base em observações no *pixel* em si e na vizinhança.

JENSEN (1986) agrupa os critérios de classificação em grupos:

- (I) Classificação supervisionada;
- (II) Classificação não supervisionada;
- (III) Interpretação visual (método manual, descrito anteriormente no item de fotointerpretação).

Na análise supervisionada, é necessário que o próprio operador faça a seleção de áreas de treinamento, auxiliando na tomada de decisões, enquanto na análise não-supervisionada o próprio programa procura identificar agrupamentos naturais de dados, por meio de algoritmos especiais.

A classificação supervisionada é a mais comumente utilizada para extração de informações temáticas referente ao uso e à ocupação da terra. De acordo com NOVO (1992), para efetuar este tipo de classificação necessita-se de um conhecimento prévio sobre a área a ser classificada. As informações conhecidas serão convertidas em amostras de treinamento, que representam o comportamento médio de cada uma das classes a serem mapeadas.

No processamento, os *pixel* da imagem não pertencentes às amostras de treinamento são classificados como pertencentes a uma das classes preestabelecidas. Os métodos estatísticos mais comumente utilizados são:

- (i) Método do Paralelepípedo;
- (ii) Método da Distância Mínima;
- (iii) Método da Máxima Verossimilhança.

No que se refere aos métodos estatísticos, o mais utilizado é o da Máxima Verossimilhança. Este método tem como suporte matemático a estatística paramétrica multivariada, em que as classes são definidas, com base nas amostras de treinamento, pelos vetores das médias e matrizes de covariância. No processo de classificação, cada *pixel* passa a ser definido por um vetor X , que expressa a sua probabilidade de pertencer a cada uma das classes. Classifica-se, pois, o *pixel*, segundo a classe de maior probabilidade. Este método é

recomendado quando se conhece bem a área a ser classificada, permitindo a definição de amostras de treinamento bem representativas.

➤ **Avaliação da exatidão da classificação**

Os produtos gerados a partir de técnicas de classificação de imagens, seja supervisionada, seja não-supervisionada, devem passar por uma avaliação de sua exatidão.

A maneira mais comum de expressar a exatidão da classificação é pela preparação de uma matriz de erro da classificação (também chamada de matriz de confusão ou tabela de contingência).

As matrizes de erro comparam as relações entre os dados de referência conhecidos (verdade de campo) e os resultados correspondentes de uma classificação automática. Tais matrizes são do tipo quadrado, com números de linhas, e colunas iguais ao número de categorias, cuja exatidão da classificação esta sendo avaliada.

➤ **Utilização da estatística KAPPA (k)**

A estatística KAPPA é utilizada para testar a concordância entre os resultados observados e os classificados em uma tabela de contingência (matriz de erro), usando o método da máxima probabilidade. KAPPA pode ser entendido como uma medida das diferenças entre: a concordância real entre os dados de referência e aqueles gerados pelo classificador automático e, a possibilidade de concordância entre os dados de referência e um classificador aleatório.

Essa estatística funciona como um indicador de como os valores indicados como porcentagem de acertos, de uma matriz de erro, estão relacionados a uma concordância real e não a uma concordância ao acaso. O valor de 1 indica uma concordância real, enquanto o valor 0 indica uma concordância totalmente ao acaso. Os valores de KAPPA podem variar dentro desse limite.

O KAPPA é calculado conforme expressão abaixo:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (2)$$

Onde:

- r = número de linhas na matriz de erro;
- x_{ii} = ao número de observações na linha i e coluna i (na diagonal maior);
- x_{i+} = total de observações na linha i (indicado na tabela como total marginal à direita da matriz);
- x_{+i} = total de observações na coluna i (indicado como total marginal na base da matriz);
- N = número total de observações incluídas na matriz;

De acordo com GUPTILL e MORRISON (1995), o valor mínimo necessário para uma classificação ser aceitável é de 85%, em relação à exatidão geral, do ponto de vista do usuário da classificação.

LANDIS e KOCH (1977) associam valores de KAPPA à qualidade da classificação de acordo com a tabela 1 abaixo:

Tabela 1 Qualidade da classificação associada a um valor estatístico KAPPA

KAPPA	QUALIDADE
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito Boa
0,80 - 1,00	Excelente

(LANDIS e KOCH, 1977).

CAPITULO 3

3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Área de estudo

O Estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). As UGRHIs têm como base a Bacia Hidrográfica e, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (1991), foram criadas com o intuito de favorecer o planejamento, a utilização integrada dos recursos hídricos do Estado e para auxiliar na resolução de conflitos como, por exemplo, o desequilíbrio entre a demanda e disponibilidade de água e a manutenção de uma boa qualidade de água.

A área objeto de estudo deste trabalho pertence à Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, definida como a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 18 (UGRHI-18) pela Lei nº 9.034/94, de 27/12/1994, que dispôs sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos para o biênio 1994/95.

A UGRHI-18 possui 6.142 km² de extensão territorial (DAEE–SRHSO 1997) e localiza-se na porção norte-noroeste do Estado de São Paulo, abrangendo cerca de 40 municípios, dos quais 25 com sede em seu território. A Bacia do São José dos Dourados faz limite: ao norte e a leste, com a UGRHI-15 (Turvo Grande); a oeste, com o estado do Mato Grosso do Sul, pelas águas do reservatório de Ilha Solteira; a sudeste, com a UGRHI-16 (Tietê-Batalha); e, ao sul, com a UGRHI-19 (Baixo Tietê). A localização da Bacia do São José dos Dourados no Estado e seus limites são mostrados na figura 1.

De acordo com a Minuta do Relatório 40.675 (Relatório Zero), o Rio São José dos Dourados foi subdividido em três trechos: Alto, Médio e Baixo São José dos Dourados. Desta forma, a área da UGRHI-18 foi apresentada com 06 sub-bacias, as quais foram designadas com o nome do curso d'água principal ou com dois nomes das drenagens principais (Figura 2).

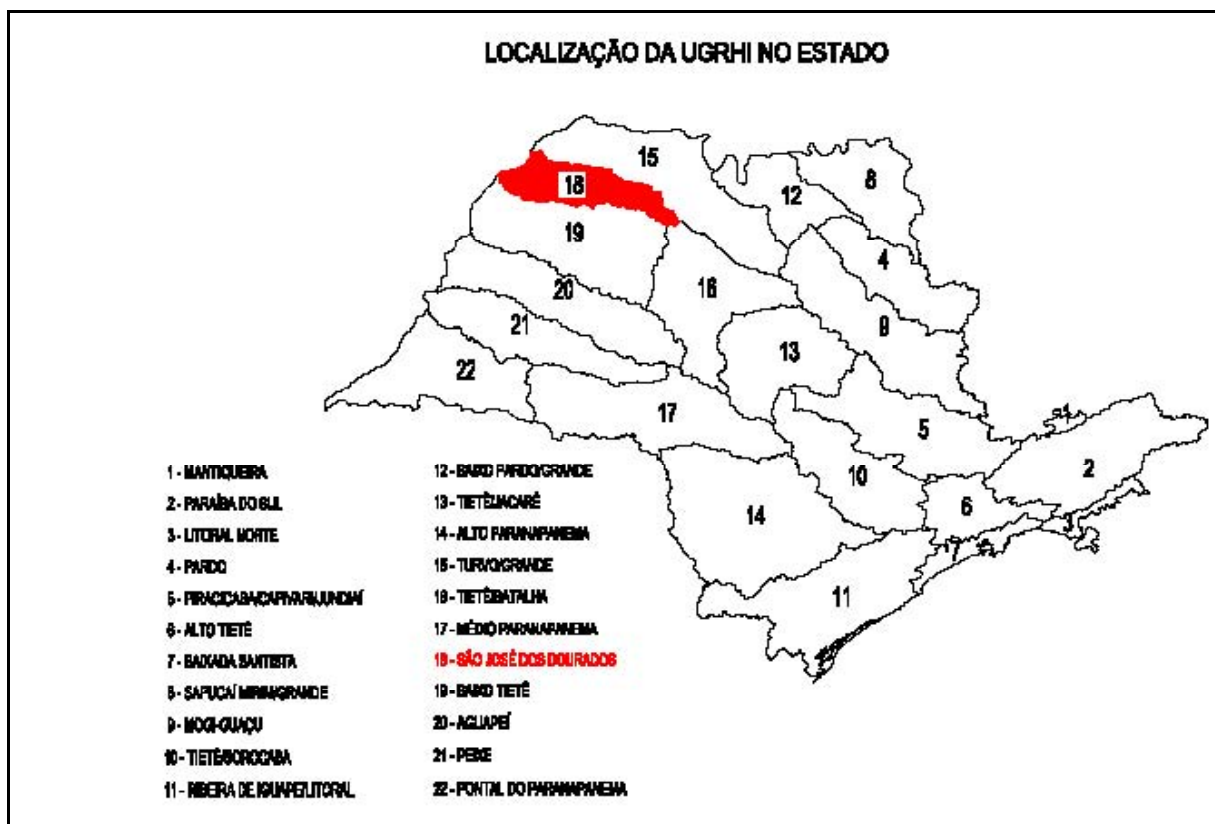


Figura 1 Localização da Bacia São José dos Dourados no Estado de São Paulo (Minuta do Relatório 40675 (Relatório Zero) da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados)

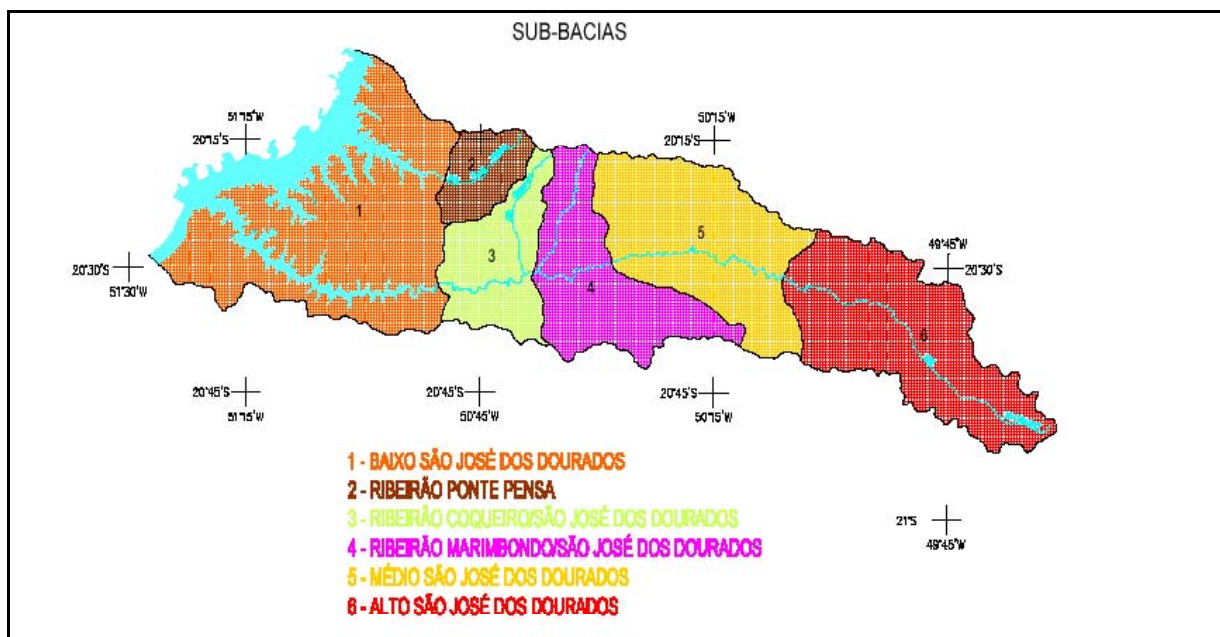


Figura 2 Localização das Sub-Bacias (Minuta do Relatório 40675 (Relatório Zero) da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados)

A Bacia Hidrográfica denominada baixo curso do Rio São José dos Dourados, que fica sob a influência mais direta do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, foi definida como a área de estudo para este projeto. Esta área, localizada no extremo oeste da UGRHI-18, corresponde a uma porção da sub-bacia Baixo São José dos Dourados, entre os paralelos 20°35' a 20°64' S e entre os meridianos 50°76' a 51°34' Wgr, sendo apresentada na figura 3.

O Rio São José dos Dourados, incluindo seus tributários, drenam diretamente para o reservatório de Ilha Solteira, com contribuição também para o Canal de Pereira Barreto, que liga os Rios São José dos Dourados e Tietê, parte integrante da Hidrovia Tietê-Paraná.

A Bacia em estudo, com área total de cerca de 1.052 Km², ocupa as terras de menor altitude da UGRHI-18, abrangendo sete municípios. A figura 4 e a tabela 2 apresentam os municípios que compõe (parcial ou totalmente) a Bacia Hidrográfica denominada baixo curso do Rio São José dos Dourados, quer pertençam a UGRHI-18, quer não, e, também, as percentagens que a área de cada município representa no total da Bacia.

Tabela 2 Bacia Hidrográfica baixo curso do Rio São José dos Dourados, sua área total, municípios que a compõe (com as respectivas áreas) e a porcentagem em relação ao total da bacia.

NOME DA BACIA	ÁREA TOTAL (Km²)	MUNICÍPIO	ÁREA (Km²)	%
Baixo curso do Rio São José dos Dourados	1.051,91	Aparecida d'Oeste	177,72	16,90
		Ilha Solteira	158,14	15,03
		Marinópolis	77,84	7,40
		Palmeira d'Oeste	42,32	4,02
		Pereira Barreto	185,59	17,64
		Sud Mennucci	150,35	14,29
		Suzanápolis	259,95	24,71
TOTAL			1.051,91	100

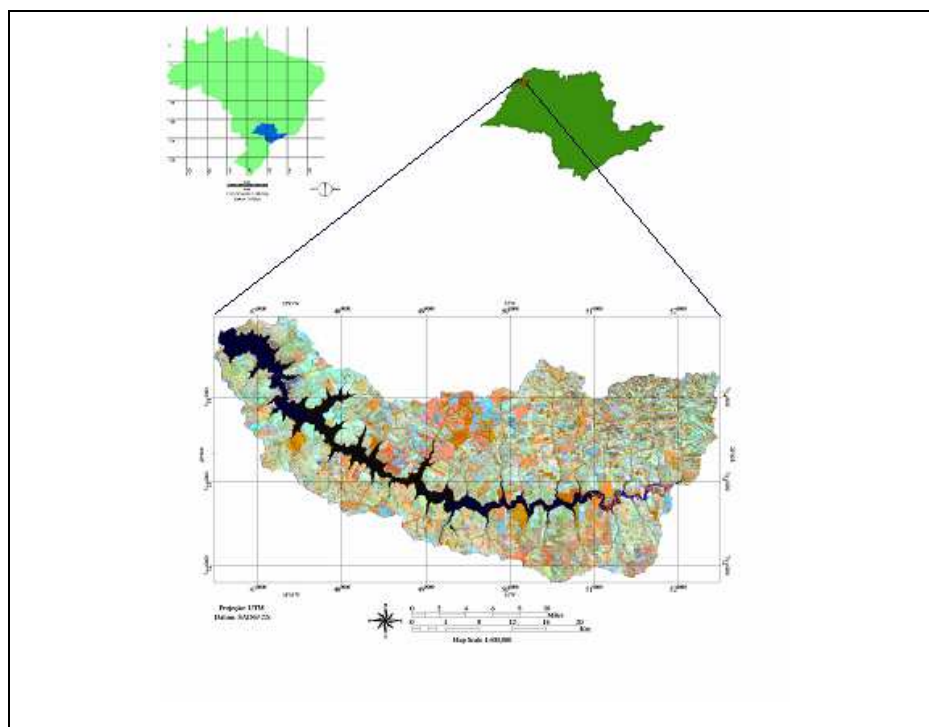


Figura 3 Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados

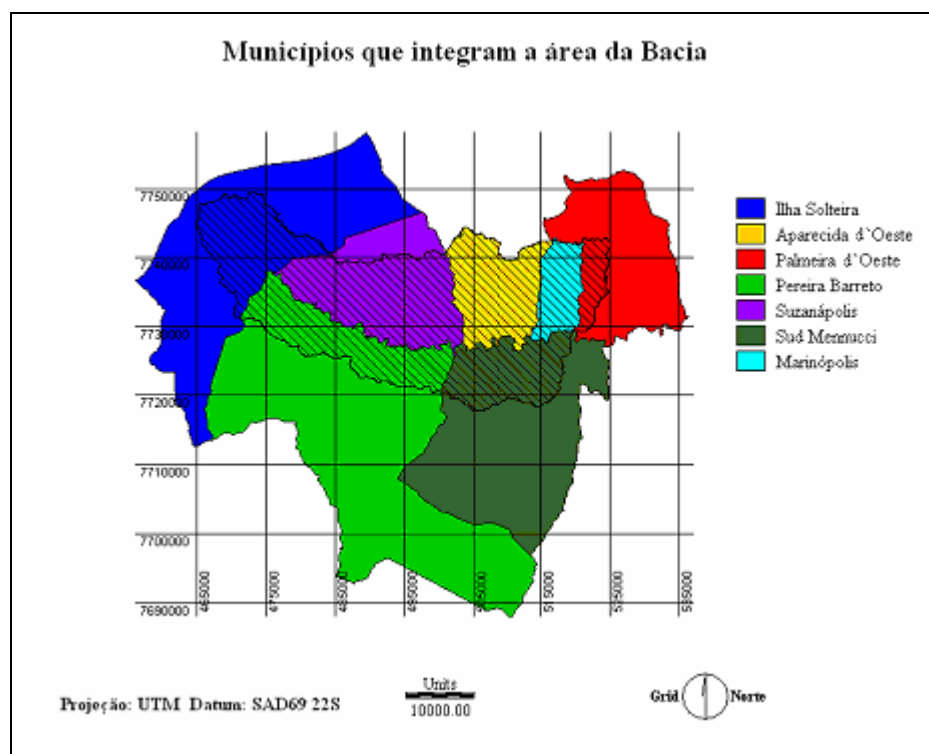


Figura 4 Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados com a divisão dos municípios.

O maior aglomerado urbano é o de Ilha Solteira, situado no extremo sudoeste, onde ocorrem às cotas mais baixas (ligeiramente inferiores a 300 m); cotas intermediárias (cerca de 370 m) situam-se próximo a Aparecida d'Oeste; estando o ponto mais alto desta sub-bacia (cerca de 447 m) localizado nas cabeceiras de drenagem, entre os municípios de Aparecida d'Oeste e Palmeira d'Oeste.

3.1.1 Regiões Administrativas e Regiões de Governo

Os municípios que compõem área da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados distribuem-se em duas regiões Administrativas do Estado de São Paulo (Araçatuba e São José do Rio Preto) e duas Regiões de Governo (Jales e Andradina), as quais são mostradas, respectivamente, nas figuras 5 e 6.

A Região Administrativa de Araçatuba contém quatro municípios com área na Bacia do baixo curso do Rio São José dos Dourados: Ilha Solteira, Suzanápolis, Pereira Barreto e Sud Mennucci, sendo os dois primeiros com sede na UGRHI-18 e os outros dois na UGRHI-19 (Baixo Tietê). Na Região Administrativa de São José do Rio Preto são três municípios: Aparecida d'Oeste, Marinópolis e Palmeira d'Oeste, sendo todos com sede na UGRHI-18.

A região de Governo de Jales contém três municípios: Aparecida d'Oeste, Marinópolis e Palmeira d'Oeste, sendo todos com sede na UGRHI-18; enquanto a Região de Governo de Andradina contém quatro municípios, sendo dois com sede na UGRHI-18 (Ilha Solteira e Suzanápolis) e os outros dois (Pereira Barreto e Sud Mennucci) com sede na UGRHI-19 (Baixo Tietê).

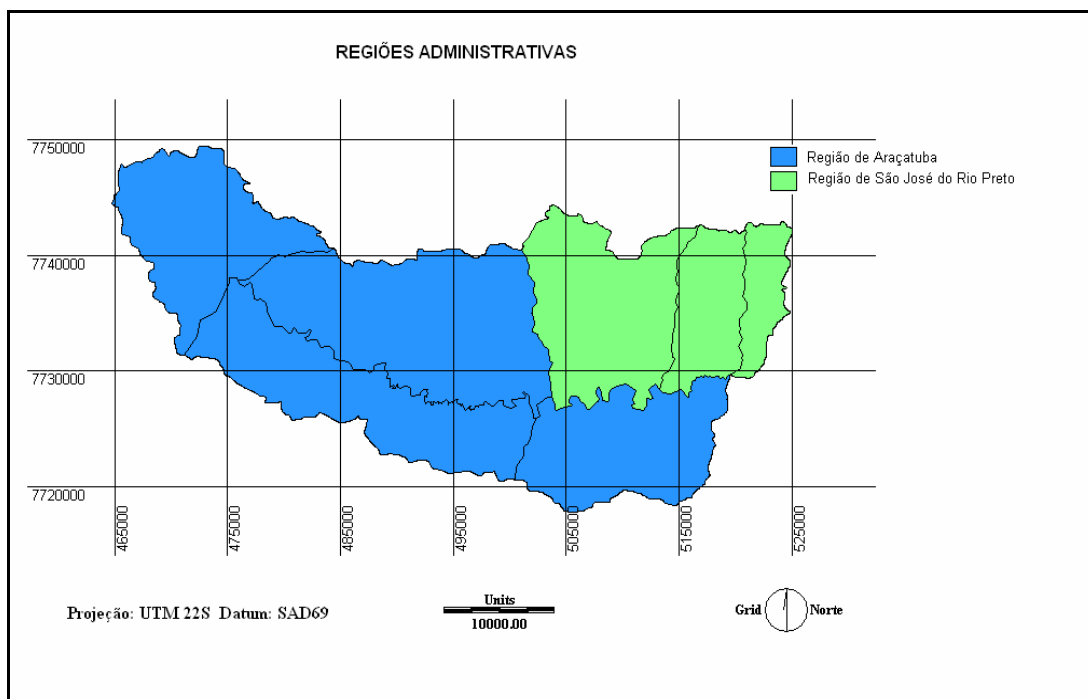


Figura 5 Regiões Administrativas a qual pertencem os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados

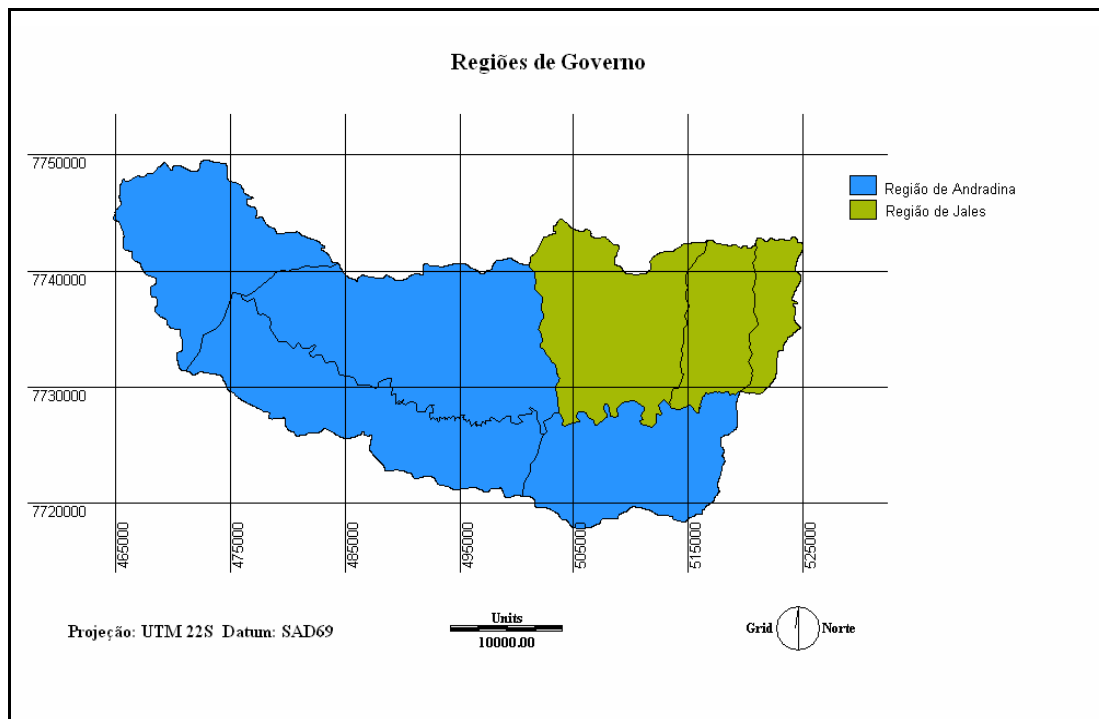


Figura 6 Regiões de Governo a qual pertencem os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados.

3.1.2 Caracterização do meio físico

3.1.2.1 Hidrografia

A área estudada, uma subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, é drenada pelo Rio São José dos Dourados e seus tributários, como pode ser observado na figura 7. O Rio São José dos Dourados nasce no município de Mirassol, desaguando no Rio Paraná, cortando o município de Ilha Solteira e, hoje, está ligado ao Rio Tietê por meio do Canal de Pereira Barreto, o qual incorporou os 400 Km do tramo norte à Hidrovia Tietê-Paraná.

De modo geral, a área da bacia apresenta ampla disponibilidade hídrica superficial, possuindo grande potencialidade para a agricultura irrigada, além de substancial potencial para abastecimento urbano, bem como para o repesamento.

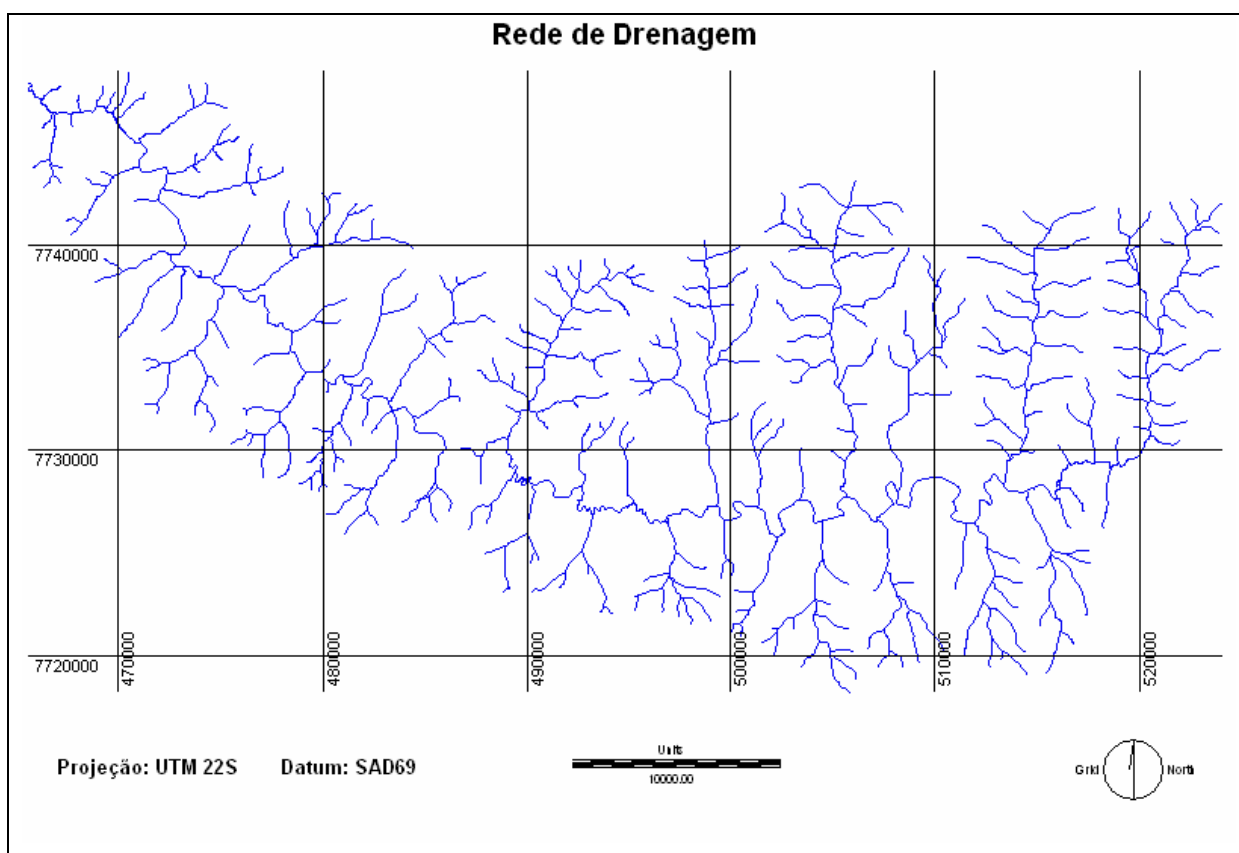


Figura 7 Rede de drenagem extraída das cartas topográficas na escala de informação de 1: 50.000

3.1.2.2 Relevô

O relevô do Estado de São Paulo é subdividido nas seguintes unidades geomorfológicas (IPT, 1981 b):

1. *Província Costeira*: incluem as baixadas litorâneas, as serras da costa (Serra do Mar, de Paranapiacaba e de Itatins) e os morros da costa e do Vale do Ribeira;
2. Planalto Atlântico: abrange a faixa de rochas cristalinas que vai da região sul do Estado (Guapiara) até a região nordeste, na divisa com o Estado de Minas Gerais (Campos do Jordão);
3. Depressão Periférica: região que se estende desde o Planalto Atlântico para o oeste paulista, pelos vales do Médio Tietê, Paranapanema e Mogi-Guaçu;
4. Cuestas Basálticas: formadas pelos remanescentes erosivos das camadas de rochas vulcânicas basálticas da Bacia do Paraná, na faixa que vai desde Ituverava e Franca a nordeste, até Botucatu e Avaré a sudoeste;
5. Planalto Ocidental: incluem os planaltos das regiões de Marília, Catanduva e Monte Alto.

De acordo com a divisão regional do Estado de São Paulo, a área de estudo está localizada na Província Geomorfológica do Planalto Ocidental entre as latitudes de 20° e 21°S e as longitudes de 50° e 51°W (Figura 8).

Segundo ROSS e MOROZ (1997) nesta unidade predominam as formas de relevô denudacionais, marcadamente formadas por colinas amplas e baixas com topos convexos, aplanados ou tabulares. Os entalhamentos médios dos vales apresentam-se inferiores a 20 m, as dimensões interfluviais médias estão entre 1.750 e 3.750 m, as altitudes variam entre 400 e 700 m e as declividades médias das vertentes entre 2% e 10%. Os rios apresentam padrão paralelo com traçados ligeiramente inclinados em direção ao rio Paraná. A densidade de drenagem é baixa e os vales são pouco entalhados, apresentando baixa dissecação. Em geral, apresenta-se com baixo nível de fragilidade potencial, no entanto, as vertentes mais inclinadas são extremamente susceptíveis aos processos erosivos.

KOFFLER (1976) afirma: “A característica fundamental do Planalto Ocidental é uma sucessão de terrenos ondulados, de relevô extremamente suavizado, de cimos ondulados,

configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios que buscam as águas do Paraná, e separando seus afluentes. Este relevo pode ser localmente mais movimentado, quando a erosão disseca o terreno. O paralelismo da drenagem principal parece indicar que os rios estabeleceram seus traçados numa superfície essencialmente planas, inclinadas para o Rio Paraná”.

Para o IPT (1988) o relevo da área de estudo faz parte de um conjunto dos Morros e Espigões, compreendido por colinas de média expressão, como topos arredondados a aplainados, restritos e extensos, com vertentes retilíneas, tendendo a convexas, e declividades baixas, com baixa densidade de drenagem.

De acordo com PEREZ FILHO (1977), os principais sistemas de relevo definidos para o Planalto Ocidental Paulista, as formas de relevo da região estudada apresentam suavizadas e com fraca amplitude topográfica.

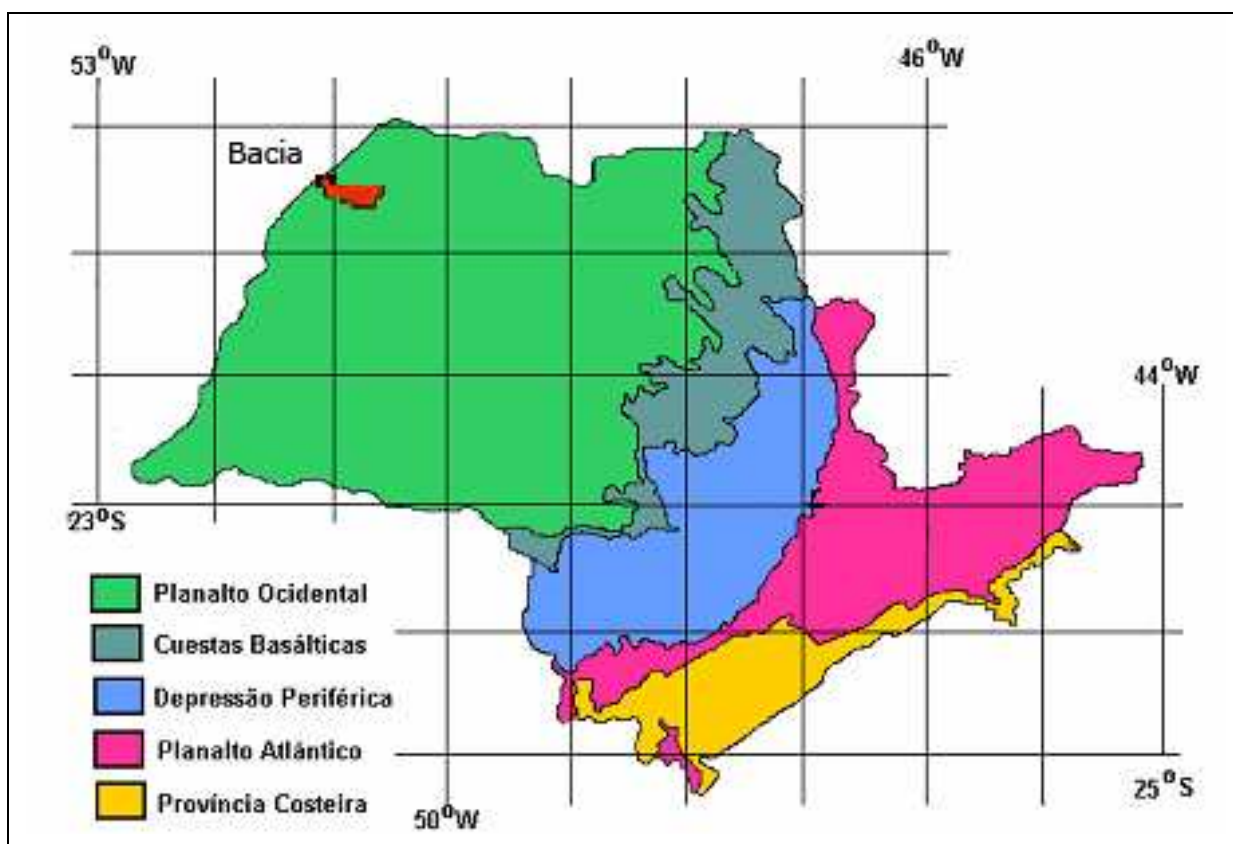


Figura 8 Divisão Regional do Estado de São Paulo (Unidades geomorfológicas do Estado de São Paulo - IPT 1981 b, modificado pela autora)

3.1.2.3 Geologia

As unidades litológicas que afloram na área da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados são rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral (pertencentes ao Grupo São Bento), rocha sedimentar de Formação Santo Anastácio e Formação Adamantina (pertencentes ao Grupo Bauru) e os sedimentos quaternários associados à rede de drenagem (Figura 9).

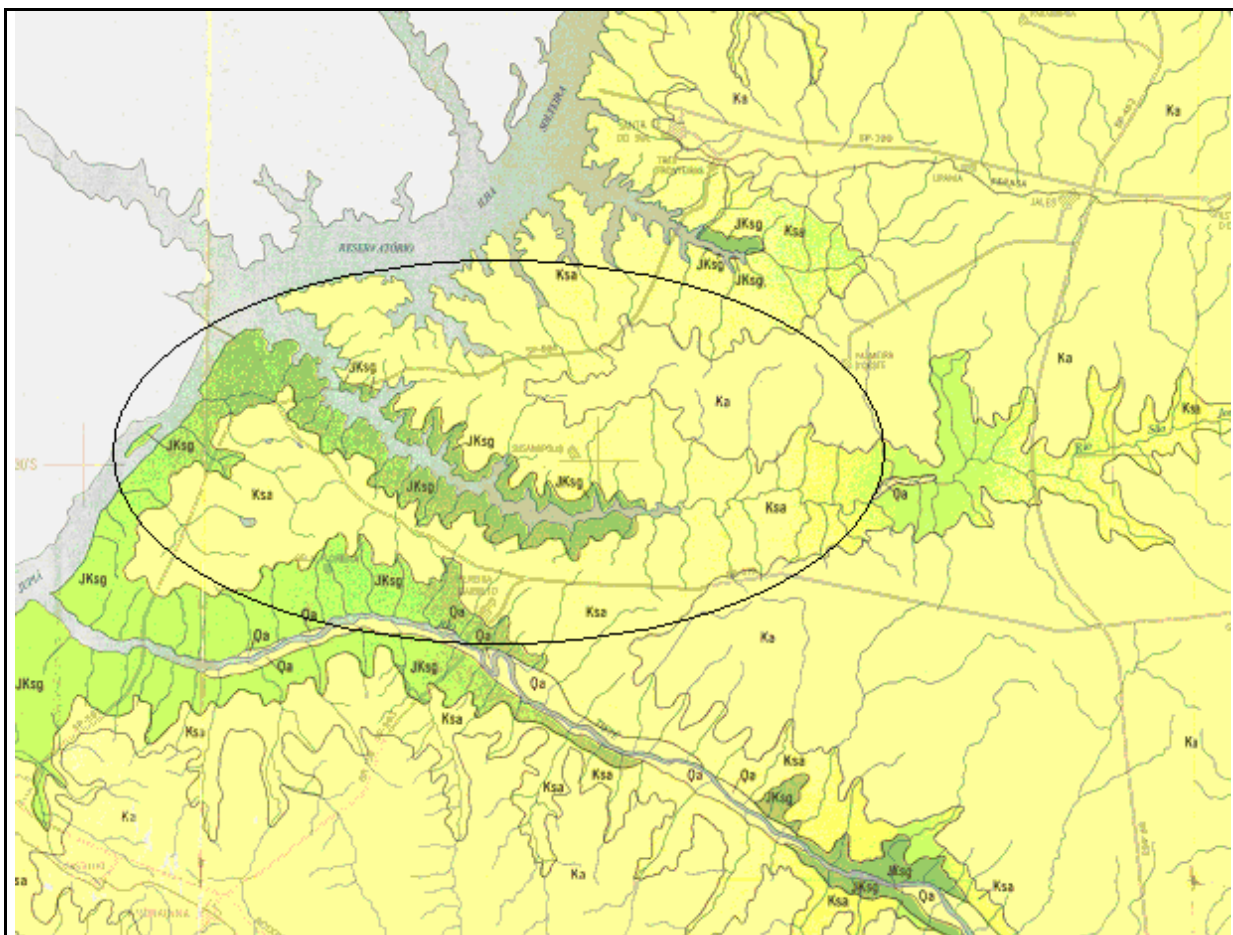


Figura 9 Recorte do Mapa Geológico do Estado de São Paulo com a localização da área de estudo (Mapa Geológico do Estado de São Paulo, IPT 1981 a)

➤ Formação Serra Geral (Jksg)

As rochas eruptivas desta formação constituem um conjunto de derrames de basaltos toleíticos de espessura individual bastante variável, desde poucos metros a mais de 50 m, e extensão também individual que pode ultrapassar a dez quilômetros. Neles intercalam-se

arenitos com as mesmas características dos arenitos da Formação Botucatu, a maioria com estruturas típicas de dunas e outros indicando deposição subaquosa.

A espessura dos derrames da formação obtidos em poços profundos no município de Jales próximo a área da bacia varia entre 888 a 901 m.

Na área da bacia expõe-se principalmente no extremo oeste-sudoeste, junto às margens do reservatório de Ilha Solteira e à margem esquerda do Rio São José dos Dourados, onde a faixa de rochas basálticas atinge largura da ordem de 5 km. A área de ocorrência avança significativamente pelo vale do Rio São José dos Dourados, numa faixa de 3 a 8 km de largura, até um pouco a sudeste de Suzanápolis.

Os derrames são constituídos por rochas de coloração cinza escura a negra, em geral afaníticas. Nos derrames mais espessos, a zona central é maciça, microcristalina e apresenta-se fraturada por juntas subverticais de contração (disjunção colunar). Na parte superior dos derrames, numa espessura que pode alcançar a 20 m, aparecem vesículas e amígdalas (estas parcial ou totalmente preenchidas por calcedônia, quartzo, calcita, zeólitas e nontronita), além de grandes geodos que podem ocorrer na sua parte mais profunda. A porção basal dos derrames também pode apresentar tais características, porém em espessura e abundância sensivelmente mais reduzidas.

Tanto a base como o topo dos grandes derrames apresenta juntas horizontais, o que deve ser resultado, pelo menos em parte, do escoamento laminar da lava no seu interior.

O contato superior da formação com as unidades do Grupo Bauru é discordante, marcado por importante superfície erosiva, cujo desenvolvimento resultou na destruição dos aparelhos vulcânicos e na exposição de diques e outras estruturas subvulcânicas (ALMEIDA, 1986).

➤ **Formação Santo Anastácio (Ksa)**

Ocorre às margens do reservatório de Ilha Solteira, avançando principalmente pelos vales do Rio São José dos Dourados. Constitui-se de estratos tabulares e arenitos de aspecto maciço, com espessura em geral decimétrica e raras intercalações de lamitos e argilitos.

Os arenitos são marrom-arroxado claro, finos a muito finos, quase sempre maciços, pobremente selecionados, grãos subangulosos e subarredondados, foscos, encobertos por

película de óxido de ferro e apresentam pequena quantidade de matriz silto-argilosa. Os arenitos são predominantemente quartzosos, mas podem ocorrer subordinadamente grãos de feldspatos, dando-lhe um caráter arcoseano. É comum, onde os arenitos se sobrepõem aos basaltos, a presença de cimentação e nódulos carbonáticos. Estes arenitos, além de estrutura maciça, podem apresentar também estratificação mal definida, plano-paralela ou cruzada de baixo ângulo. São relacionados a depósitos de lençóis de areia acumulados em extensas e monótonas planícies desérticas; os lamitos que se intercalam, de estrutura maciça ou com estratificação cruzada, constituem prováveis depósitos de lagoas efêmeras (FERNANDES, 1998). Para este autor, esta unidade aparece na área da bacia entre as cotas 350 (pouco abaixo) e 400 m, de modo que as espessuras devem situar-se um pouco acima de 50 m.

Seus litotipos apresentam contatos transicionais com as rochas das formações Rio Paraná e Vale do Rio do Peixe, com as quais se interdigitam.

➤ **Formação Adamantina (Ka)**

Esta formação (ka) ocorre por vasta extensão do oeste do Estado de São Paulo, constituindo os terrenos da maior parte de Planalto Ocidental, só deixando de aparecer nas porções mais rebaixadas dos vales dos principais rios, onde já foi removida pela erosão. Caracteriza-se por apresentar notável uniformidade litológica. A Formação Adamantina abrange um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulação de fina a muito fina, cor de róseo a castanho, portanto estratificação cruzada, com espessuras variando entre 2 a 20 m, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho-avermelhado a cinza-castanho, maciços ou com acamamento plano paralelo grosseiro, freqüentemente com marcas de onda a microestratificação cruzada. É comum a ocorrência de seixos de argilito da própria unidade, cimento e nódulos carbonáticos.

De acordo com ALMEIDA *et al.* (1980), a Formação Adamantina tende, no geral, a apresentar sedimentos mais finos e bem selecionados, freqüentemente com mica e mais raramente feldspato, sílica amorfa e opacos, e com maior variedade de estruturas sedimentares. Estas características indicam maior maturidade textural e mineralógica, deposição em sistema flúvio-lacustre mais organizado que aquele da Formação Santo Anastácio, bem como maior diferenciação das áreas-fonte de sedimentos para a Formação Santo Adamantina, que segundo

COIMBRA (1976), compreenderiam principalmente áreas de sedimentos fanerozóicos pré-existentes a noroeste e sudeste, áreas de rochas básicas do Grupo São Bento, metamórficas dos grupos Araxá e Canastra e alcalinas do Triângulo Mineiro a nordeste. As conclusões deste autor basearam-se principalmente na análise da distribuição de parâmetros granulométricos e da frequência relativa de minerais pesados, entre eles cianita, turmalina, granada, epídoto, estauroлита e rutilo.

As maiores espessuras da Formação Adamantina ocorrem geralmente nas porções ocidentais dos espigões entre os grandes rios. Atinge 160 m entre os Rios São José dos Dourados e Peixe. O contato inferior da Formação Adamantina normalmente se dá com a Formação Santo Anastácio ou diretamente com o embasamento basáltico. A passagem para a Formação Santo Anastácio é transicional e interdigitada, observando-se localmente recorrências e contatos bruscos entre termos litológicos atribuíveis às duas unidades. O contato com os basaltos da Formação Serra Geral é erosivo, aparecendo às vezes um delgado nível de brecha basal (1 m de espessura ou menos) com fragmentos geralmente angulosos de basalto com matriz areno-argilosa.

3.1.2.4 Clima

O clima é considerado um dos mais ativos e importantes fatores de formação do solo. De acordo com OLIVEIRA, JACOMINE e CAMARGO (1992), destacam-se, pela ação direta na formação do solo, a temperatura, a precipitação pluvial, a deficiência e o excedente hídricos.

Em função de avanços e recuos das massas de ar, tem-se ao longo do ano diferente característica climática. Os anos de pluviosidade mais elevada estão diretamente relacionados com a atividade das massas polares; os anos mais secos resultam de maior atuação das massas intertropicais; e aqueles de pluviosidade média correspondem a um equilíbrio entre os dois sistemas.

No Estado de São Paulo, a distribuição das chuvas está associada ao domínio das massas tropicais (continental e marítima) e polares, com correntes de sul e leste; à disposição do relevo e à proximidade ou não do mar.

MONTEIRO (1973) e SANT'ANNA NETO (1995) concordam que, devido a essas características, cerca de 70 a 80% das chuvas no Estado de São Paulo são originadas dos sistemas extras tropicais, através da Frente Polar Atlântica.

No Estado de São Paulo, os índices pluviométricos anuais variam de 1.100 a 2.000 mm. Existem pequenas manchas isoladas com índices inferiores a 1.100 mm e outras (áreas serranas do Litoral) com índices mais elevados do País, variando em torno de 4.500 mm, MONTEIRO (1973).

As chuvas no Estado distribuem-se da seguinte maneira: período de maior concentração ocorre de outubro a março, com diferenciações quanto ao trimestre mais chuvoso. O período de menor pluviosidade ocorre de abril a setembro, com o trimestre mais seco distribuído entre junho a agosto, como acontece em praticamente todo o Estado.

De acordo com SANT'ANNA NETO (1995) as precipitações no Estado de São Paulo diminuem do litoral para o interior, em função da continentalidade, não prevalecendo essa constatação para aquelas áreas com relevo mais elevado, como as linhas de costas e a Serra da Mantiqueira.

Para a caracterização climática da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados, consideram-se trabalhos existentes, com ênfase maior para aqueles que tratam das chuvas, elemento considerado de grande importância em estudos propostos nesta pesquisa.

A classificação climática na bacia é definida como tipo Aw de Köppen, indicando um clima tropical úmido com estiagem no inverno. O total de chuva no período seco é inferior a 30 mm; a temperatura média no mês mais quente é superior a 22°C e no mês mais frio superior a 18°C (SETZER, 1946).

Segundo AUDI (1972), o clima da região decorre da presença das massas de ar Polar Atlântica, Equatorial Continental, Tropicais Continentais e Tropicais Atlântica, responsáveis pelos mecanismos frontológicos, orientação dos ventos, deslocamentos e natureza das chuvas. O tipo de relevo plano e ondulado, com declividade geral para o Rio Paraná, não altera substancialmente os efeitos da circulação geral, evidenciando condições típicas de continentalidade.

MONTEIRO (1973), trabalhando com a dinâmica das chuvas do Estado de São Paulo, identificou para o Estado nove unidades climáticas. A Bacia do São José dos Dourados está

inserida na unidade VIII, denominada Oeste. Essa unidade é caracterizada por clima tropical com períodos secos e úmidos, e está sob maior atuação das massas equatoriais e tropicais.

SANT'ANNA NETO (1995), com base na classificação climática apresentada por Monteiro em 1973 e nas análises dos dados obtidos em 394 postos pluviométricos (1971/1993), além de considerar a dinâmica atmosférica e a configuração do relevo, apresentou uma carta síntese da variação temporal e espacial das chuvas, definindo oito “unidades regionais” e vinte e cinco “subunidades homogêneas” para o Estado de São Paulo.

Entre as unidades descritas pelo autor, a Bacia do São José dos Dourados está inserida na unidade Oeste, subunidade Rio Grande/São José dos Dourados, a qual está sob maior atuação dos sistemas tropicais e de altitudes que variam entre 400 a 600 m, com totais anuais médios de chuvas de 1.300 a 1.500 mm. A atuação da Massa Tropical Continental e das ondas de oeste para noroeste, impede a entrada de ar polar, ocasionando a diminuição das chuvas principalmente no inverno. Diante disso, 85% das chuvas ocorrem na primavera-verão e 15% no inverno. O período mais chuvoso ocorre de outubro a março, com trimestre mais chuvoso de dezembro a fevereiro: e o mais seco de abril a setembro, com o trimestre mais seco de junho a agosto.

Os dados pluviométricos de cada município que compõe a bacia (séries históricas de 1961-1990), foram obtidos no Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI/UNICAMP. Constatou-se que a pluviometria média anual entre os municípios é de cerca de 1310 mm (Figura 10), corroborando as tendências apresentadas por SANT'ANNA NETO (1995), verificando-se a ocorrência do período chuvoso entre os meses de outubro a março, sendo janeiro o mais chuvoso, e o período de estiagem entre abril e setembro, tendo julho como o mês mais seco (Figura 11).

As temperaturas estão condicionadas pela altitude e latitude de cada lugar, na região de estudo a temperatura média anual varia entre 24°C a 25°C (Figura 12), com média mensal máxima de aproximadamente 31,01°C e a mínima de 17,3°C. A umidade relativa do ar média mensal máxima é de 78% em janeiro, e a mínima de 60% em agosto.

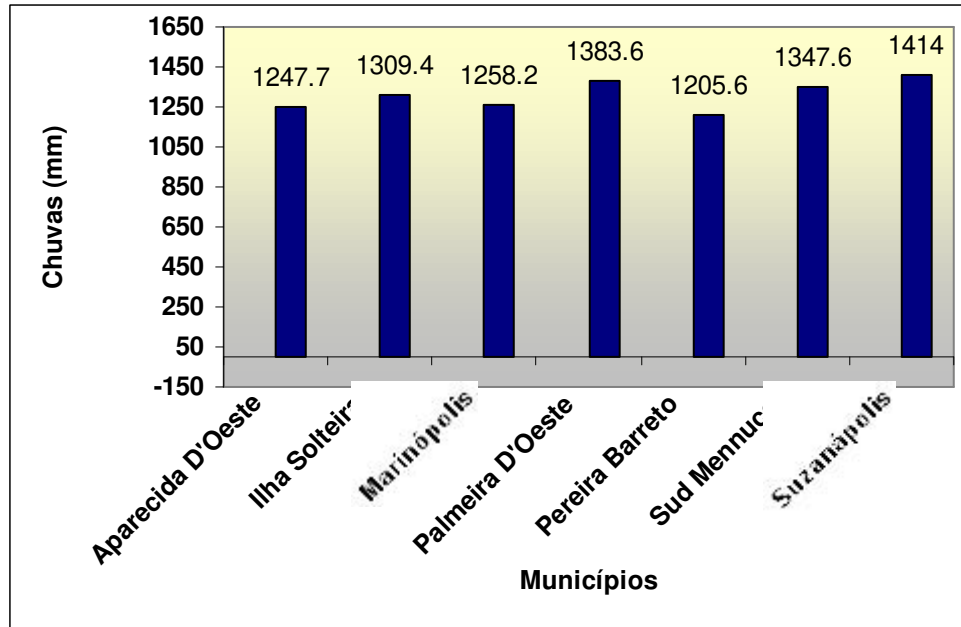


Figura 10 Precipitação média anual dos municípios que compõem a bacia (Relatório de monitoramento agrometeorológico Site: www.embrapa.br - Série Histórica 1961-1990)

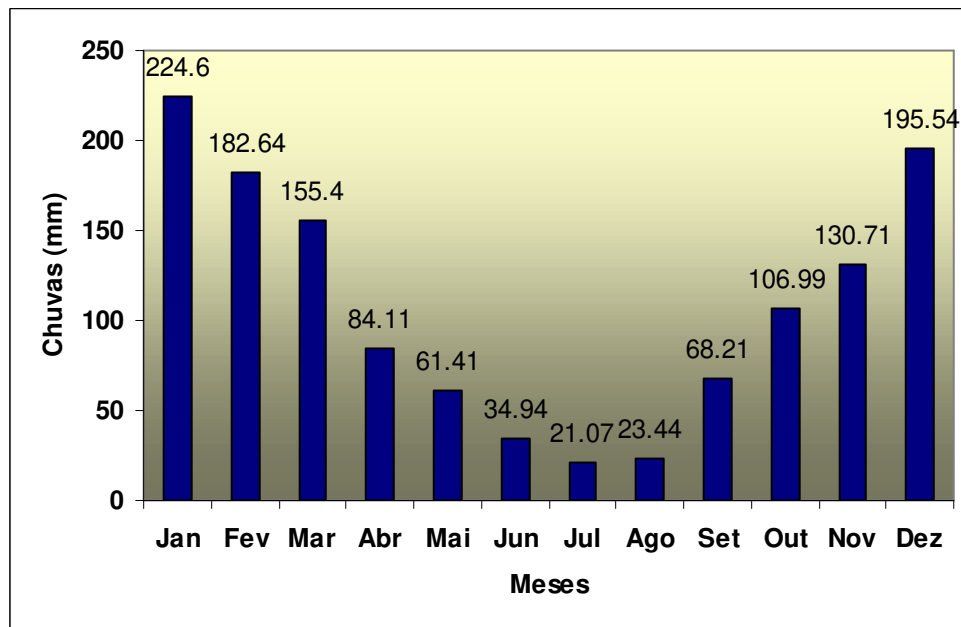


Figura 11 Precipitação média mensal na área dos municípios que compõem a bacia (Relatório de monitoramento Agrometeorológico Site: www.embrapa.br - Série Histórica 1961-1990)

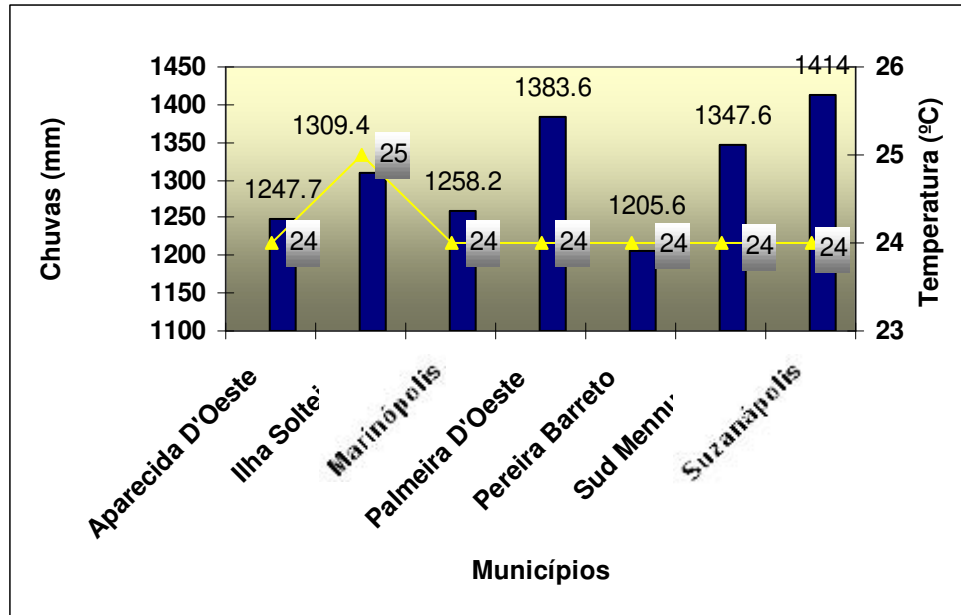


Figura 12 Precipitação e temperatura média anuais na área da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados (Relatório de monitoramento Agrometeorológico Site: www.embrapa.br - Série Histórica 1961-1990)

De acordo com o Relatório 40675 (Relatório Zero) “Assim como o clima exerce influência sobre as atividades humanas, acredita-se que ações antrópicas inadequadas provoquem alterações nas condições climáticas, interferindo no ciclo hidrológico e na disponibilidade de água superficial. Entre as ações antrópicas estão o desmatamento em grandes extensões, as queimadas, a urbanização e industrialização, o desencadeamento de processos erosivos e o assoreamento dos corpos d’água, por exemplo”.

3.1.2.5 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal primitiva predominante na bacia é a Floresta Latifoliada Tropical, sendo também chamada de mata úmida e Floresta Latifoliada Tropical semidecídua ou mata seca, associadas aos solos férteis, de estrutura média a argilosa. Pode ocorrer, em menor escala, a vegetação de cerrado e cerradão, sobre solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade (CESP, 1990 e SILVA, 1991). Devido ao processo de expansão cafeeira e pecuarista, a maior parte desta cobertura original foi devastada restando apenas pequenas áreas testemunhas deste tipo de vegetação. A cobertura principal do solo, atualmente, é representada pelos campos antrópicos, ou seja, pastagem.

3.1.2.6 Solos

Conforme OLIVEIRA et al. (1999), o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, permite a classificação dos solos ocorrentes na área de estudo, a saber: Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico.

➤ Argissolos

Os Argissolos são constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E e apresentando, ainda, os seguintes requisitos:

- (i) Horizonte plântico, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural;
- (ii) Horizonte glei, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural.

Os Argissolos tendem a ocupar o terço inferior das colinas e morros. O acúmulo de argila no horizonte B reduz muito a permeabilidade deste solo; somando-se o fato de o horizonte superficial muitas vezes ser arenoso, faz com que a grande limitação agrícola do Argissolos seja o risco de erosão, devendo-se atentar para o uso e o manejo deste solo.

Na bacia existem três unidades de Argissolos:

- a) PV1 - Argissolo Vermelho eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos - ambos A moderado textura arenosa/média e média, com relevo suave ondulado;
- b) PV2 - Argissolo Vermelho eutróficos + Argissolo Vermelho-Amarelos eutróficos - ambos abruptos A moderado, textura arenosa/média, com relevo suave ondulado e ondulado;
- c) PVA10 - Argissolo Vermelho-Amarelo eutróficos + Argissolos Vermelhos distróficos e eutróficos ambos textura arenosa/média e média, relevo suave ondulado + Latossolo Vermelhos distróficos textura média, relevo plano todos A moderado.

Tabela 3 Caracterização dos Argissolos na área estudada

ATRIBUTOS FÍSICOS (VALORES MÉDIOS)									
Profundidade (cm)	Areia total (g/kg)			Argila (g/kg)			Silte (g/kg)		
	779			110			110		
0-20	736			153			111		
80-100	667			200			200		
180-200									
ATRIBUTOS QUÍMICOS (FERTILIDADE)									
Profundidade. (cm)	M.O. %	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V%
			mg.dm ⁻³	Cmol					
0-20	2,6	5,6	8,0	0,19	1,6	1,2	1,9	4,89	61,15
80-100	2,2	5,1	4,0	0,08	1,2	1,0	2,0	4,28	53,27
180-200	1,0	4,9	2,0	0,08	0,8	1,0	1,8	3,68	51,09

M.O. - Matéria Orgânica

H+Al - acidez potencial

T - Capacidade de Troca Catiônica

V% - Saturação por bases

➤ Latossolos

São, em geral, solos com boas propriedades físicas, apresentando excepcional porosidade total, sendo comuns valores de 50-60%, e com elevada friabilidade, o que permite serem facilmente preparados para o cultivo. O relevo (com exceção dos solos situados na região serrana) é pouco movimentado, com declives inferiores a 5%, permitindo o uso intensivo de máquinas agrícolas.

É qualificado como um dos mais adequados à agricultura extensiva no Estado de São Paulo. Sua limitação se prende à baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e à toxicidade por Al³⁺ quando álicos. Em geral são solos com boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa.

LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) comentam que os latossolos apresentam boa tolerância à perda por erosão e baixa relação de erosão.

Na bacia temos três unidades de latossolos:

- (i) LV4 - Latossolo Vermelho eutroféricos e distroféricos + Latossolos Vermelhos distróficos textura média ambos A moderado, relevo suave ondulado;
- (ii) LV39 - Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura argilosa, relevo plano e suave ondulado;
- (iii) LV45 - Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura média relevo plano e suave ondulado.

A distribuição geográfica destes solos na bacia ocorre com maior área de incidência nos municípios de Ilha Solteira, Pereira Barreto, Suzanápolis e Aparecida d'Oeste.

Tabela 4 Caracterização do Latossolos da área estudada

ATRIBUTOS FÍSICOS (VALORES MÉDIOS)									
Profundidade (cm)	Areia total (g/kg)			Argila (g/kg)			Silte (g/kg)		
	570			340			90		
	560			380			60		
	450			510			40		
ATRIBUTOS QUÍMICOS (FERTILIDADE)									
Profundidade. (cm)	M.O. %	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V%
			mg.dm ⁻³	Cmol					
0-20	27	4,10	16,00	0,10	0,06	0,02	42,00	50,10	36
80-100	5	4,00	4,00	0,06	0,04	0,02	15,00	21,06	24
180-200	1	4,10	1,00	0,02	0,10	0,01	3,60	4,00	5

M.O. - Matéria Orgânica

H+Al - acidez potencial

T - Capacidade de Troca Catiônica

V% - Saturação por bases

➤ Neossolos

Os Neossolos são constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo os seguintes requisitos:

- 1) Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50 cm da superfície do solo, ou entre 50 a 120 cm de profundidade, se os

horizontes sobrejacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante;

- 2) Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A;
- 3) Ausência de horizonte plântico dentro de 40 cm, ou dentro de 200 cm da superfície, se imediatamente abaixo do horizonte E ou procedidos de horizonte de coloração variada ou mosqueados em quantidades abundante, com uma ou mais das seguintes cores: - matriz 2,5 YR pi %YR; ou – matrizes 10YR a 7,5YR com cromas baixos, normalmente igual ou inferior a 4, podendo atingir 6, no caso de matriz 10YR; (iv) Ausência de A chermozêmico conjugado a horizonte cálcico ou C carbonático.

Na bacia tem-se a unidade de NQ6 - Neossolo Quartzarênico órticos + Latossolos Vermelhos textura média ambos distróficos A moderado, relevo plano e suave ondulado.

Neossolos Quartzarênicos são solos com seqüência de horizonte AC, sem caráter litóide dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, à profundidade de 150 cm a partir da superfície ou até presença de caráter litóide, essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo e, praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). Isso determina que sejam virtualmente desprovidos de minerais primários intemperizados, que apresentem atividade coloidal muito baixa, além de baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água. Em função da baixa adesão e coesão apresentam elevada erodibilidade. São em geral solos muito profundos. Em função da textura grosseira, são muito porosos e com elevada permeabilidade.

Com relação à distribuição geográfica, estes solos ocorrem com maior área de incidência nos municípios de Suzanápolis e Aparecida d'Oeste. O relevo apresenta-se plano ou suave ondulado.

Quanto ao uso agrícola, estes solos são pouco aproveitados, tendo em vista a baixa fertilidade natural e a textura muito arenosa. Destacam-se na sua grande totalidade, as culturas de mandioca, milho e feijão.

Tabela 5 Caracterização dos Neossolos da área da estudada

ATRIBUTOS FÍSICOS (VALORES MÉDIOS)									
Profundidade (cm)	Areia total (g/kg)			Argila (g/kg)			Silte (g/kg)		
	846			88			66		
0-20	717			191			93		
80-100	699			199			103		
180-200									
ATRIBUTOS QUÍMICOS (FERTILIDADE)									
Profundidade. (cm)	M.O. %	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V%
			mg.dm ⁻³	Cmol					
0-20	1,9	5,2	10,0	0,12	1,5	0,7	2,2	4,52	51,33
80-100	1,0	5,6	6,0	0,09	1,6	1,1	0,9	3,69	75,61
180-200	1,4	5,3	4,0	0,11	1,4	1,0	1,6	4,11	61,07

M.O. - Matéria Orgânica

H+Al - acidez potencial

T - Capacidade de Troca Catiônica

V% - Saturação por bases

3.1.2.7 Recursos hídricos subterrâneos

De acordo com estudos realizados pelo DAEE (1976), DAEE (1984), CAMPOS (1993) e IG/CETESB/DAEE (1997), a ocorrência das águas subterrâneas na UGRHI-18 é condicionada pela presença de três unidades aquíferas: Sistema Aquífero Bauru, Aquífero Serra Geral e Aquífero Botucatu.

De acordo com esses estudos, os aquíferos Bauru e Botucatu são classificados como aquíferos “permeáveis por porosidade granular” e o aquífero Serra Geral é classificado como “permeável por porosidade de fissuras”.

O quadro 2 contém uma síntese das características hidrogeológicas gerais das três unidades aquíferas.

Quadro 1 - Síntese das características hidrogeológicas dos aquíferos

Aquífero	Unidade Geológica	Características Hidrogeológica dos Aquíferos			Litologia
		Tipos e ocorrências	Permeabilidade Aparente (m/dia)	Transmissividade Aparente (m ² /dia)	
Bauru	Formação Adamantina	Livre a localmente confinado; porosidade granular; contínuo e não uniforme	0,1 a 0,3	30 a 50	Arenitos grosseiros imaturos, com matriz carbonática, intercalados por lamitos e siltitos.
	Formação Marília	Livre a localmente confinado; granular; contínuo e não uniforme	Não definida	Não definida	Arenitos argilosos, finos a grosseiros, matriz carbonática.
Serra Geral	Formação Serra Geral	Livre a semi-confinado, poros de fissuras, descontínuo, elevada anisotropia;	Valores variáveis, associados as discontinuidades e falhas.	Valores variáveis, associados as discontinuidades e falhas.	Basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos
Botucatu (*)	Form. Botucatu e Form. Pirambóia	Regional, confinado, contínuo e uniforme, granular, isotrópico e homogêneo	1 a 4	300 a 800	Arenitos eólicos, finos, bem selecionados; níveis de lamitos na parte inferior

(*) Não aflora em superfície na bacia, ocorrendo em profundidade, confinado sob o basalto (CBH-TB Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê/Batalha. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de UGRHI 16)

Segundo CETESB (1998), a área aflorante do Aquífero Bauru corresponde a 94% de toda a área da bacia. Os 6% restantes correspondem à área de afloramento do Aquífero Serra Geral e o Aquífero Botucatu ocorre apenas em subsuperfície.

➤ Sistema Aquífero Bauru

O sistema Aquífero Bauru caracteriza-se como uma unidade hidrogeológica sedimentar, permeável por porosidade granular, destacando-se pela sua extensa área de afloramento no Estado de São Paulo.

Na bacia, inclui os sedimentos das formações Santo Anastácio e Adamantina, apresentando regionalmente comportamento de aquífero livre, com recarga natural

diretamente de infiltração de água de chuvas. Os níveis d'água são relativamente rasos, acompanhando o relevo e com sentidos de fluxo principais rumo às drenagens.

Estudos realizados pelo DAEE (1976) nas regiões administrativas de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba, apresentam a espessura saturada do aquífero variável entre 100 a 150 m, condicionada pela morfologia de superfície e pelo substrato rochoso, representado pelos basaltos da Formação Serra Geral. A amplitude das variações sazonais situa-se entre 2 e 4 m, verificados em poços de observação entre 1973 e 1976.

O DAEE considera o Aquífero Bauru como moderadamente permeável, devido ao teor relativamente elevado de material argiloso e siltoso. Os valores de transmissividade variam de 10 m²/dia a 100 m²/dia, com média de 35 m²/dia, e porosidade efetiva entre 5% e 15%. Coeficientes de armazenamento entre 10⁻³ e 10⁻⁵ indicam localmente condições de semiconfinamento a confinamento do aquífero. Essas características hidráulicas resultam em vazões consideradas pequenas, com médias entre 12 e 13 m³/h, porém de grande importância devido a sua extensa distribuição no Estado e facilidade de captação por poços relativamente rasos (75 a 125 m de profundidade).

Levantamento de poços cadastrados, realizado no âmbito da análise de demandas da UGRHI 18, indicam que o aquífero produz vazões desde 1,8 até 120 m³/h, com média de 14,7 m³/h, em poços com profundidades entre 63,6 e 251 m, totais ou parcialmente penetrantes. As vazões específicas resultantes variam de 0,024 a 7,059 m³/h/m, com média de 0,725 m³/h/m.

➤ Sistema Aquífero Serra Geral

Os basaltos da Formação Serra Geral constituem um aquífero de extensão regional, porém com condições restritas, definidas em função de descontinuidades (juntas, fraturas e falhas), e/ou pela presença de pacotes de arenitos inter-derrames.

Os basaltos apresentam espessuras variáveis de 100 a 1.200 m, sendo mais espessos no sentido do Rio Paraná. As transmissividades extremamente baixas na direção vertical, aliado a sua grande espessura, condicionam o basalto como o substrato hidrogeológico do Aquífero Bauru e a camada confinante do Aquífero Botucatu subjacente (DAEE, 1976).

Como o fluxo das águas subterrâneas ocorre essencialmente nas fraturas da rocha, as quais são usualmente descontínuas, os parâmetros hidráulicos do aquífero (transmissividade,

permeabilidade, porosidade) não possuem o mesmo significado que nos aquíferos granulares, não servindo, portanto, para previsões de disponibilidade hídrica.

O DAEE (1976) relatou a presença de grupos de transmissividades muito baixas (1 a 9 m²/d) ou muito altas (100 a 200 m²/d) na área da UGRHI 18, com porosidade efetiva entre 1% e 5% e vazões extremamente variáveis.

Embora a área aflorante do basalto seja de apenas 6% em toda a UGRHI 18, a sua ocorrência em subsuperfície abrange sua totalidade.

➤ **Sistema Aquífero Botucatu**

Sob a denominação de Aquífero Botucatu são incluídas as formações Botucatu e Pirambóia. Em toda a UGRHI 18, o Aquífero Botucatu não apresenta área de afloramento, mas ocorre em subsuperfície, tendo os basaltos da Formação Serra Geral como unidade confinante.

Apresenta características de unidade hidrogeológica sedimentar, permeável por porosidade granular, com substrato formado pelas camadas argilosas do Grupo Passa Dois e mergulhos suaves no sentido oeste.

A espessura do Aquífero Botucatu varia entre 250 a 580 m, com médias em torno de 350 a 400 m. As recargas ocorrem principalmente nas áreas de afloramento das formações, situadas a leste da UGRHI 18, induzindo ao fluxo das águas essencialmente horizontal. As contribuições ou perdas por meio dos basaltos são bastante restritas, resultando em altas pressões de confinamento, capazes de gerar artesianismo em determinados locais. O Aquífero apresenta permeabilidade média de 3,5 m/d, coeficiente de transmissividade entre 350 m²/d e 500 m²/d, e porosidade total entre 16% e 24%. As pressões de confinamento resultam em coeficientes de armazenamento extremamente baixos, de 10⁻⁴ a 10⁻⁵.

Conforme GOMES (2005) o enchimento dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas (Ilha Solteira e Três Irmãos) acarretou uma série de impactos na Bacia hidrográfica, modificando o funcionamento dos regimes superficiais e subterrâneos. De acordo com IPT (1989) com a construção dessas represas ocorreu uma elevação induzida generalizada da superfície potenciométrica.

CHRISTOFOLETTI (1979) afirma que neste de tipo de intervenção a dinâmica do sistema hidrogeológico costuma passar por adaptações do nível piezométrico, convertendo primeiramente o fluxo subterrâneo no sentido represa-aquífero e após o tempo de readaptação retorna ao sentido inverso (aquífero-represa). Esta readaptação ocorre pela ação de relações retroalimentadoras inerente ao próprio sistema, até que este todo atinja o equilíbrio após passar por estados transitórios.

De acordo com GOMES (2005): “O pacote subterrâneo é composto, do topo para a base, por aluviões, coluviões, solo de alteração arenito, arenitos (sobretudo da Formação Santo Anastácio, localmente com as Formações Caiuá e Adamantina associadas) e solo de alteração de basalto, compreendendo o sistema aquífero superficial da área”.

3.1.3 Caracterização socioeconômica

3.1.3.1 Histórico da Ocupação e Desenvolvimento Regional

A área da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados teve seu desenvolvimento impulsionado na década de 20, com a chegada dos imigrantes japoneses para o município de Pereira Barreto, onde se deu o início da derrubada das matas e a utilização do solo fértil para a agricultura. A colonização foi intensificada com o advento da 2ª Guerra Mundial e com a migração dos nordestinos que se fixaram na região.

Com a mão-de-obra abundante, alguns proprietários dedicaram-se à exploração da cultura de arroz, milho, algodão, bicho-da-seda, amendoim e, principalmente, café. A produção era voltada ao mercado externo, sofrendo oscilações causadas pelas crises financeiras ou guerras, tornando a economia regional muito instável. As dificuldades de financiamentos para agricultura levaram muitos proprietários a venderem suas terras para pagamento de dívidas. Essas instabilidades econômicas, somadas a outros problemas, vieram a mudar o panorama da região. A produção agrícola calcada no café e no algodão foi substituída pela pecuária extensiva de corte. As pastagens eram formadas após as derrubadas e queima do mato nativo. Iniciou-se, a partir de então, (após a década de 60) a retirada do homem do campo para a cidade (VELASCO, 1988).

O industrialismo firmou-se como ideologia dominante na América Latina (década de 50), constituindo-se no argumento central conciliador de interesses de um conjunto heterogêneo de forças sociais favoráveis ao desenvolvimento capitalista. O fortalecimento da produção energética era condição primordial para que os demais investimentos industriais, sobretudo os da indústria de base, pudessem ser viabilizados tanto em termos produtivos quanto em termos competitivos no mercado externo.

A reduzida oferta de energia elétrica na década 50, decorrente da capacidade geradora deficiente e das longas estiagens, provocou uma crise no fornecimento de eletricidade, o que resultou em racionamento, adotado em âmbito nacional. Os estudos e as previsões para resolução deste problema definiram o desafio de elevar rapidamente a capacidade geradora na Região Sudeste e desta forma garantir o fornecimento de eletricidade para consumo público, industrial e agrícola. Foi a partir daí que se criou a Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Paraguai, objetivando a expansão do aproveitamento hídrico-energético destas bacias.

Em função das características do seu sistema hidrográfico, a região do trecho do Rio Paraná, conhecida por “Salto de Urubupungá”, compreendida a noroeste do Estado de São Paulo, na divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, correspondendo no lado paulista à região oeste do Estado, foi escolhida para a construção do Complexo Urubupungá.

O termo Urubupungá precede do tupi urubu pun gab e significa grasnado de urubus, e a denominação “Salto de Urubupungá” caracterizou um trecho do Rio Paraná, o qual possuía um acidente geográfico, e originou também a denominação de toda a região. Esta parte do Rio Paraná possuía corredeiras e pedras as quais se destacavam, além de sua beleza, por constituírem um sério obstáculo à navegação. A força hidráulica propiciava o aproveitamento para geração de energia elétrica, o que se tornou possível pela convergência dos fatores como tecnologia adequada, demanda proporcional e a capacidade de transmissão a longas distâncias (CESP, 1988).

Em decorrência de um planejamento sem nenhuma forma de participação dos representantes da região que abrigaria a usina, a aprovação do Projeto Urubupungá transcorreu de maneira rápida e sem maiores transtornos. Segue abaixo (Quadro 1) a cronologia do empreendimento até o início das obras de Ilha Solteira:

Quadro 2 Cronologia histórica do empreendimento

DATA	OCORRÊNCIA
27/08/1904	Conferência do Engenheiro Frederico Liberalli, no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, onde apresenta a primeira referência sobre o aproveitamento de energia em Urubupungá.
20/02/1905	Conferência do Dr. H.Von Ihering, no Instituto Histórico e Geográfico de São Paulo, sobre pesquisas de estudos na região do Rio Paraná. Orville Derby faz alusão a Urubupungá e elogia o trabalho do conferencista.
06/07/1922	O Engenheiro Álvaro de Souza Lima, em relatório, faz referência a Urubupungá.
1950	Crise no fornecimento de energia, provocada pela baixa oferta de energia elétrica, devido às estiagens, e resultou em racionamento.
06/09/1951	I Conferência de Governadores, propondo e autorizando o início dos estudos.
15/05/1952 23/12/1952	Instalação da comissão técnica, no Palácio dos Campos Elíseos. Lei 2.017 de 23/12/1952, aprovação do convênio entre os governos dos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Rio Grande do Sul. Lei 2.018, organizando a CIBPU.
1953 12/02/1953	O Governo do Estado de São Paulo encomenda à Companhia Brasileira de Engenharia, estudo sobre as possibilidades de eletrificação do Estado. O decreto 1506 aprova o convênio celebrado entre os Estados para análise, estudo e planejamento da Bacia Hidrográfica Paraná-Uruguaí e a primeira inspeção ao local.
09/1954	A CIBPU autoriza o início dos primeiros estudos topográficos, os mapas das condições geográficas da área, e o levantamento aerofotogramétrico.
01/1955 05/1955	Contrato com a Societá Edison de Milão, por meio da Edisonbrás S/A e o início dos estudos geológicos. Autorização para constituição da sociedade de economia mista, e pedido de Concessão, pelo governo do Estado de São Paulo. A concessão foi dada ao Estado de São Paulo porque a legislação federal não permitia outorga-la a CIBPU por lhe faltar personalidade jurídica.
1956	Apresentação pela Companhia Brasileira de Engenharia, do Plano de Eletrificação do Estado de São Paulo, que subsidiou a política de energia elétrica do governo paulista.
19/06/1957	Apresentação solene do projeto Jupiá-Ilha Solteira ao Governador de São Paulo, então Presidente da CIBPU.
24/04/1958	Aprovação do projeto pelo Ministério da Agricultura.
11/11/1959	Primeiro contrato c/ a Construções e Comércio Camargo Correia S/A, para obras iniciais.
03/01/1961	Criação da Centrais Elétricas de Urubupungá S/A – CELUSA e autorização do funcionamento como empresa de energia elétrica. Execução do detalhamento do projeto da Usina de Jupiá (atual Engenheiro Souza Dias) pela empresa projetista THEMAG Engenharia Ltda. Em maio inicia-se a construção da Usina de Jupiá, pela empresa Construções e Comércio Camargo Correa, vencedora da concorrência pública. A TENENGE – Técnica Nacional de Engenharia encarrega-se pela montagem eletromecânica.
30/08/1965	Apresentação dos estudos preliminares e anteprojeto, em conferência realizada pelo Engenheiro Cláudio Marcelo (diretor da Societá Edison de Milão), no Instituto de Engenharia de São Paulo. Começa a ser construída a UHE de Ilha Solteira.
1966	Em 03 de Abril iniciam-se oficialmente as obras de Ilha Solteira, com a vinda do Presidente Castelo Branco.
1976	Começa ser construída a UHE de Três Irmãos em conjunto com o Canal Pereira Barreto, interliga os reservatórios de Ilha Solteira e Três Irmãos, propiciando a operação energética integrada dos dois aproveitamentos hidrelétricos.
1994	Término das obras do Complexo Urubupungá

(Adaptado de Silveira (1970) e CESP (1988)).

A Usina Hidrelétrica Ilha Solteira é a maior usina hidrelétrica da CESP e do Estado de São Paulo e a terceira maior usina do Brasil. Está localizada no Rio Paraná, entre os municípios de Ilha Solteira (SP) e Selvíria (MS). Sua potência instalada é de 3.444,0 MW e tem 20 unidades geradoras com turbinas tipo Francis. A usina foi concluída em 1978. É uma usina com alto desempenho operacional que, além da produção de energia elétrica, é de fundamental importância para o controle da tensão e frequência do Sistema Interligado Nacional. Sua barragem tem 5.605 m de comprimento e seu reservatório tem 1.195 km² de extensão (Figura 13).



Figura 13 Vista da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (CESP, 1988)

O projeto da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira foi desenvolvido pela própria CESP, junto ao canteiro de obras, em Urubupungá. A responsabilidade da obra ficou a cargo dos profissionais brasileiros, seguindo as experiências feitas no próprio local da obra. A engenharia nacional evoluiu com a grandiosidade da construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, que compõe com a Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá), o Canal de Pereira Barreto e a Usina Hidrelétrica de Três Irmãos, um dos maiores complexos hidrelétricos do mundo (Figura 14).



(a)



(b)



(c)

Figura 14 Complexo Urubupungá -(a) - Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira; (b) - Usina Hidrelétrica de Jupia (c) - Usina Hidrelétrica de Três Irmãos

Um complexo energético de tal magnitude, além de haver determinado total modificação na paisagem e na história regional, foi também responsável por muitos impactos, desde sua construção, que mobilizou grande contingente de pessoas e representou um avivamento nos aspectos econômicos e estruturais da região, até seu funcionamento, cujos impactos ambientais estenderam-se à área em torno de seus reservatórios, como é o caso da bacia aqui estudada, considerando-se, especificamente, as Usinas Hidrelétricas de Ilha Solteira e Três Irmãos.

3.1.3.2 Aspectos Econômicos

Uma das principais características da região da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados é o clima quente o ano todo, o que torna o lugar agradável de viver.

O turismo e a pesca esportiva representam fortes atividades desenvolvidas na região. Nos últimos tempos, têm impulsionado não somente a economia local, como também a ocupação do espaço, representada pelos inúmeros loteamentos surgidos e correspondente especulação imobiliária.

Quanto ao uso e ocupação da área, segundo dados do IBGE 2003 (Tabelas 6, 7 e 8), os municípios que compõem a área da bacia são constituídos basicamente de culturas perenes e/ou semi-perenes, culturas anuais, pecuária, vegetação natural e/ou reflorestamento e áreas inaproveitadas.

As culturas anuais compreendem as culturas de ciclo curto colhidos anualmente. Na área estudada, elas são representadas por: abacate, banana, borracha, café, coco-da-baia, laranja, limão, manga, mamão, palmito, tangerina, urucum e uva (Tabela 6).

As culturas perenes e/ou semi-perenes são culturas de ciclo longo entre o plantio e a renovação dos talhões representados na área de estudo por: abacaxi, algodão, amendoim, arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, melancia, melão, milho, soja, sorgo e tomate (Tabela 7).

Quanto à pecuária, os municípios dedicam-se à criação de: assininos, bubalinos, bovinos, caprinos, equinos, galinhas, galos-frangos-pintos, muares, ovinos, suínos e vacas ordenhadas (Tabela 8).

Tabela 6 Culturas Anuais – Ano: 2003

CULTURAS ANUAIS (ha)	MUNICÍPIOS						
	Aparecida d' Oeste	Ilha Solteira	Marinópolis	Palmeira d' Oeste	Pereira Barreto	Sud Mennucci	Suzanápolis
Abacate				18			
Banana	300	400	200	150	100	10	500
Borracha	11	1	35	25	24	150	40
Café	702	8	102	450	10	36	10
Coco-da-Baia	105	48	1	32	22		29
Laranja	656	203	625	1000	403	650	50
Limão	59	1	112	895		52	
Manga	90	7	60	135	224		
Mamão				2			
Palmito		3					
Tangerina			2				
Urucun			36			3	
Uva		1		204			3
TOTAL	1.923	672	1.173	2.911	783	901	632

Fonte: IBGE @ cidades (<http://www.ibge.gov.br>)

Tabela 7 Culturas Perenes e/ou Semi-perenes - Ano: 2003

CULTURAS PERENES E/OU SEMI-PERENES (ha)	MUNICÍPIOS						
	Aparecida d'Oeste	Ilha solteira	Marinópolis	Palmeira d'Oeste	Pereira Barreto	Sud Mennucci	Suzanápolis
Abacaxi					45		35
Algodão	100	25	10	210	100	32	
Amendoim					10		5
Arroz	70	15	5	18	10		12
Cana-de-açúcar	210				2127	4662	731
Feijão	170	4290	150		1450	60	4200
Mandioca	10	45	2	50		3	
Melancia				8			
Melão					14		
Milho	520	3200	130	190	2420	900	3012
Soja		210	150	120	881	10	
Sorgo		200					
Tomate				2			
TOTAL	1.080	7.985	442	598	5.057	5.617	7.995

Fonte: IBGE @ cidades (<http://www.ibge.gov.br>)

Tabela 8 Pecuária – Ano: 2003

PECUÁRIA	MUNICÍPIOS						
	Aparecida d'Oeste	Ilha Solteira	Marinópolis	Palmeira d'Oeste	Pereira Barreto	Sud Mennucci	Suzanápolis
Asininos	2	12	1		28	9	13
Bubalinos	65				100		60
Bovinos	18596	55652	6392	41134	108462	49831	34347
Caprinos	37	50	13	45	50	60	21
Equinos	573	712	216	1090	1543	1400	477
Galinhas	2158	15225	1970	7639	284913	7500	45000
Galos, frangos, pintos	4573	33120	2382	10231	39181	3900	32000
Muare	66	300	29	80	350	280	60
Ovinos	534	339	242	930	3736	650	1182
Suínos	1161	541	342	3530	2125	600	430
Vacas ordenhadas	3692	4723	1362	7824	8630	3195	2310
TOTAL	31.457	110.674	12.949	72.503	449.118	67.425	115.900

Fonte: IBGE @ cidades (<http://www.ibge.gov.br>)

Na tabela 6, as culturas em destaque são: banana, laranja, café e limão. Na tabela 7, destaque para as culturas de cana-de-açúcar, feijão e milho.

As atividades da pecuária são marcadas, principalmente, pela bovinocultura, avicultura, seguidas da suinocultura, eqüinos, muares e caprinos.

A pesca é outra atividade praticada nos municípios pertencentes à área da bacia, constituindo uma fonte de renda para os seus moradores. Os principais produtos ligados à atividade mineral são os não-metálicos, como a argila, areia, calcário, diatomita, entre outros.

Atualmente, a área da Bacia é considerada, em termos econômicos, como agrocomercial, predominando a pecuária como forma de produção, apresentando ainda milho, soja, laranja, manga, etc. Em destaque, a cana-de-açúcar, que vem expandindo-se aceleradamente em toda a região.

3.1.3.3 Infra-Estrutura Disponível

Sua principal via de acesso pela Capital é a Rodovia Washington Luiz (SP-310), que tem início na altura do km 154 da Rodovia Anhanguera (SP-330), bordejando a área pelo sul, de sudeste para noroeste, até a cidade de Ilha Solteira. Pelo extremo norte, no mesmo sentido, tem-se a SP-320, a partir da cidade de Mirassol, até praticamente o extremo noroeste da bacia. São duas importantes vias de ligação com o centro-oeste do país pelo Estado do Mato Grosso do Sul. Além destas rodovias, extensa malha viária corta a área da bacia, destacando-se a SP-463, que faz ligação com o Estado de Minas Gerais, pelo Rio Grande um pouco a jusante da Usina José E. de Morães.

A Hidrovia Paraná-Tietê está sendo preparada para ser navegada no trecho: do canal Pereira Barreto, que liga o lago das barragens da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos, no Rio Tietê, ao Rio São José dos Dourados, afluente da margem esquerda do Rio Paraná, no Estado de São Paulo, numa extensão de 53 km, sendo 36 km no rio São José dos Dourados e 17 km no canal Pereira Barreto propriamente dito.

Toda a distribuição da energia elétrica na bacia é executada pela Companhia Energética de São Paulo – CESP. A distribuição da água é feita pelo Departamento de Água e Esgoto de São Paulo – DAEE. Os serviços de telefonia fixa podem ser atendidos pela TELEFÔNICA e EMBRATEL. A telefonia móvel é realizada pela VIVO, CLARO e/ou Tim.

CAPÍTULO 4

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedimentos Gerais

Paisagem é a composição dinâmica dos elementos do meio físico, biótico e abiótico em um determinado espaço, interagindo uns sobre os outros em constante evolução e, formando um conjunto único, indissociável, BERTRAN (1972).

A complexidade dos estudos para caracterização e delimitação dos componentes e das relações que formam uma paisagem determinou a decisão pela escolha de uma bacia hidrográfica, pois segundo PEREZ FILHO *et al.* (2001), uma Bacia Hidrográfica qualquer se constitui como a mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, pois seus limites são imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área. Assim, o disciplinamento do uso e da ocupação dos solos da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram.

O estudo da erosão linear (voçorocas), considerada como hídrica, ou seja, como fenômeno ligado à circulação da água superficial e subsuperficial, requer escalas apropriadas para melhor compreensão. As bacias hidrográficas vêm se mostrando como as categorias espaciais mais adequadas, pois permitem o intercruzamento dos condicionantes (naturais ou antrópicos) dentro de limites que são comandados pela circulação hídrica contida entre os divisores e o canal de drenagem, bem como o fácil cadastramento das ocorrências, contribuindo para que seu comportamento hidrológico possa ser mais bem medido, monitorado e interpretado.

Assim optou-se pela abordagem da análise temporal por meio da caracterização morfométrica da rede de drenagem.

Para alcançar os objetivos propostos, os elementos do meio físico foram compartimentados para elaboração dos mapas temáticos, propiciando, primeiramente, o estudo individualizado de cada um dos atributos, os quais, na seqüência, puderam ser integrados por meio de amostras circulares, o que possibilitou o estabelecimento de relações entre os elementos da paisagem em planilhas e gráficos, numa análise conjunta.

4.2 Roteiro metodológico da pesquisa

- a) Revisão bibliográfica sobre o tema, os métodos de estudo, os conceitos e definições operacionais correlacionados ao trabalho, visando à obtenção das bases teóricas e metodológicas da investigação, já expostas;
- b) Dados cartográfico e fotográfico relativos à área de estudo;
- c) Dados bibliográficos e cartográficos disponíveis relativos à geografia, geologia e pedologia da área de estudo;
- d) Obtenção de dados climatológicos da região;
- e) Visitas a campo para reconhecimento, análises e coletas de solos;
- f) Execução dos ensaios convencionais (análises físicas e químicas);
- g) Execução de um cadastro de todas as informações obtidas;
- h) Elaboração de mapas temáticos para análise de resultados;
- i) Análise dos resultados;
- j) Conclusões finais.

4.3 Material e instrumentos de apoio

- Na preparação da base cartográfica da bacia em estudo foram utilizadas 6 folhas planialtimétricas do Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo – IGG-SP, em escala 1:50.000 e equidistância das curvas de nível de 10 m. A bacia abrange as seguintes folhas: SF-22-C-II-3 (1965), SF-22-C-II-4- (1965), SF-22-D-I-3 (1966), SF-22-C-IV-1 (1967), SF-22-C-IV-2 (1967), e SF-22-D-III-1 (1967), as quais correspondem, respectivamente, a Ilha Solteira, Esmeralda, Palmeira d'Oeste, Bela Floresta, Pereira Barreto e Sud Mennucci;

- Imagem de Satélite Landsat 5/TM, bandas 453, composição colorida, na escala aproximada de 1:50.000 sistema de Referência Mundial (WRS) 222 ponto 74, quadrante C, com passagem obtida em 27/05/2005, produzidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE;
- Fotoíndices de 1962 – Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, na escala aproximada de 1:100.000, realizado pela Aerofoto Natividade Ltda para o Instituto Agrônomo de Campinas – I AC;
- Fotografias aéreas de 1962 – Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, na escala aproximada de 1:25. 000, realizado pela Aerofoto Natividade Ltda para o Instituto Agrônomo de Campinas – I AC;
- Fotomosaicos semicontrolados de 1962 - Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, na escala aproximada de 1:25. 000, realizado pela Aerofoto Natividade Ltda para o Instituto Agrônomo de Campinas – I AC;
- Fotoíndices de 2000 – Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, Coloridos, na escala aproximada de 1:100.000, realizado pela Base Aerofotogrametria e Projetos S.A. para a CATI/Campinas-SP;
- Fotografias aéreas de 2000 – Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, coloridas, na escala aproximada de 1:30.000, realizado pela Aerofotogrametria e Projetos S.A. para a CATI/Campinas;
- Modelo Digital do Terreno obtido por um mosaico de imagens de dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission - <http://srtm.usgs.gov/mission.html>), gerado pelo Laboratório de Geoprocessamento, do Centro de Ecologia da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul - <http://srtm.usgs.gov/mission.html>);

- Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, publicação IPT 1184, de 1981.a;
- Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, publicação IPT 1183, de 1981.b;
- Mapa de Solos na escala 1:500. 000, compreendendo toda a área em estudo (OLIVEIRA *et al.*, 1999), fornecido pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC;
- Boletim Científico nº 45 (OLIVEIRA *et al.*, 1999) – Estado de São Paulo com informações de solos, publicado pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC;
- Sistema de Posicionamento Global (GPS) da marca Geo Explorer III da Trimble;
- Instrumentos de cartografia como estereoscópio de espelho Wild modelo ST-4, lupa iluminada e mesa retroiluminada;
- *Softwares* utilizados: ArcGis 8.3; ArcView 3.2; Idrisi Kilimanjaro 14.02®; Envi 4.0®; Auto CadMap2000®; CartaLinx 1.02®;
- *Hardware*: Microcomputador Intel ® Pentium® IV, CPU 3.2 GHz, espaço em HD de 100 GB, placa de vídeo “off board” NVIDIA GeForce4 MX 4000 e memória RAM de 1 GB;
- Dados climatológicos (Série Histórica de 1961-1990 obtidos no Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI/UNICAMP);
- Dados socioeconômicos obtidos em publicação oficial do IBGE.

4.4 Abordagem metodológica

O presente trabalho baseia-se em duas abordagens distintas: o trabalho de campo e o trabalho de laboratório.

4.4.1 Trabalho de Campo

O trabalho de campo teve como objetivo principal verificar e identificar *in loco* os processos erosivos acelerados nas cabeceiras de drenagem ao longo de toda a bacia e também conhecer melhor a área de estudo no que diz respeito aos aspectos físicos, socioeconômicos e dos distintos níveis de manejo.

Nesta etapa de trabalho objetivou-se também, auxiliar a classificação da imagem de satélite, referente a 2005, para elaboração dos mapas de uso das terras.

Os levantamentos ocorreram entre 2002 e 2005, quando foram coletados dados sobre o uso e ocupação em 154 pontos. Com auxílio de Sistema de Posicionamento Global (GPS) da marca Trimble, modelo Geo Explorer III, foi percorrida quase toda a área da bacia (1.052 km²). Para cada ponto de observação, foram anotadas as coordenadas, caracterizado o uso e manejo do solo (Figura 15). Além disso, foram coletadas amostras deformadas de solos para análises físico-químicas em cada local identificado com voçorocas. As amostras foram coletadas a três profundidades: (0-0,20, 0,80-1,00 e 1,80-2,00 m) com auxílio de um trado formato holandês. Foram realizados registros fotográficos em todas as etapas (ANEXO 2 – Fotos de visitas a campo).

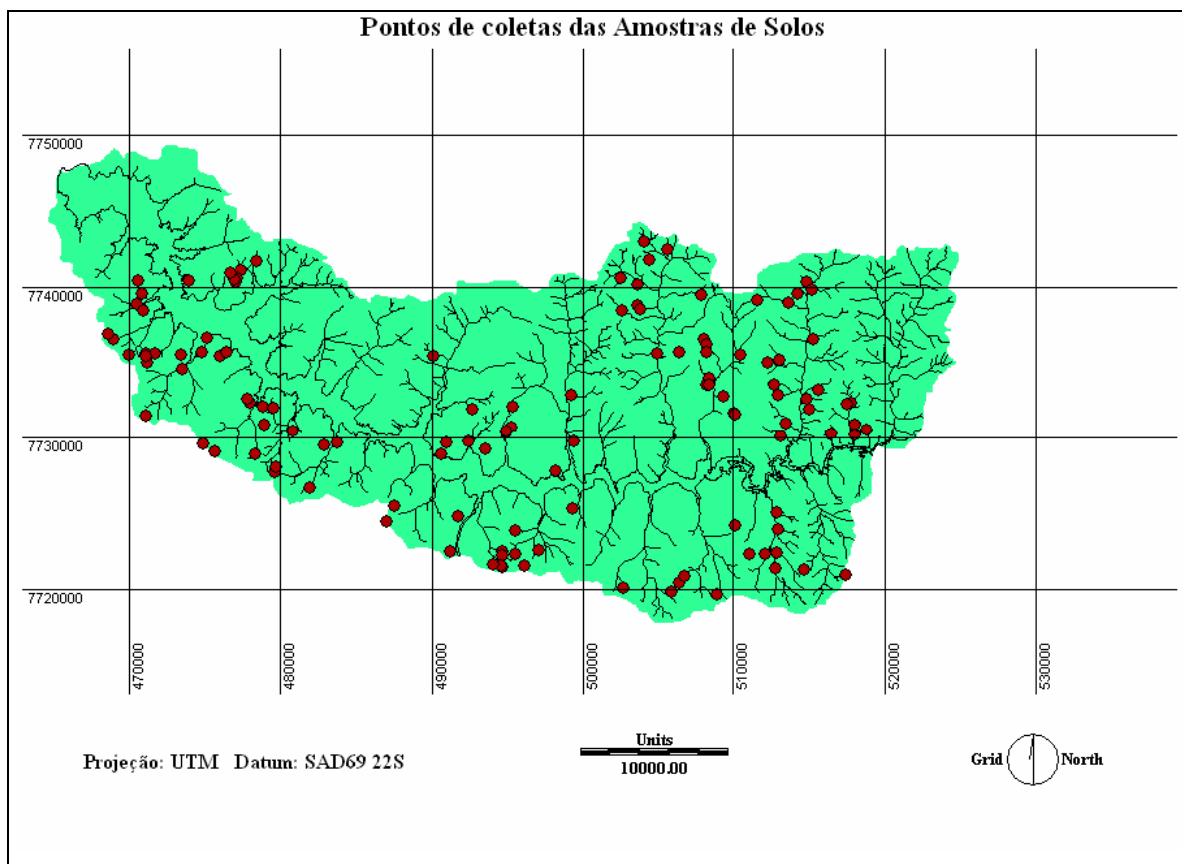


Figura 15 Pontos de observação no campo

Diversas entrevistas foram feitas com proprietários rurais e empresas atuantes em variadas atividades, dentre as quais podem ser destacadas a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e secretarias Municipais dos municípios que compõem.

4.4.2 Trabalho de Laboratório

O trabalho de laboratório abrangeu a geração de um banco de dados digital, que armazena uma gama de informações sobre as características físicas e ambientais da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados.

As técnicas de geoprocessamento tornaram-se uma ferramenta indispensável no desenvolvimento de estudos geoambientais de bacias hidrográficas. COLLARES (2000) ressalta que com o advento de recursos de sensoriamento remoto mais aperfeiçoados, os levantamentos das informações tendem a ser mais precisos e rápidos e com o avanço nos

sistemas de comunicações via rede, deverá haver maior facilidade para disponibilização, troca de informações e atualização de dados.

Com a grande quantidade de informações a ser digitalizada e processada, aliada à necessidade de manipulação recíproca entre dados vetoriais e rasterizados, optou-se por programas que fossem ágeis na inserção de dados e que apresentassem duas características básicas: interação e versatilidade.

Para construir este banco de dados, foram utilizadas várias ferramentas SIGs, a saber:

- ✓ ArcGis 8.3;
- ✓ ArcView 3.2;
- ✓ Idrisi Kilimanjaro 14.01;
- ✓ Envi 4.0;
- ✓ CartaLinx 1.02.

Os SIGs - Sistemas de Informações Geográficas - são considerados ferramentas essenciais para estudos ambientais, devido a sua incomparável eficiência em manipular e operacionalizar dados complexos, espacializar os dados facilmente, além de apresentar saídas gráficas de fácil visualização, confortável e segura para o usuário.

4.4.2.1 Geração da base de dados digital

Neste item é apresentada uma sistemática de trabalho, com uso de técnicas de geoprocessamento, para geração dos mapas temáticos, com a utilização dos SIGs:

- ✓ Limite da bacia hidrográfica;
- ✓ Modelo Digital de Elevação;
- ✓ Hipsometria;
- ✓ Declividade;
- ✓ Curvas de nível de 10 m;
- ✓ Hidrografia;
- ✓ Solos;
- ✓ Uso e ocupação do Terra de 1962 e 2005;
- ✓ Áreas circulares de 10 km².

4.4.2.2 Metodologia adotada

O esquema de desenvolvimento a seguir será adotado para nortear a seqüência de geração de produtos intermediários até se chegar aos objetivos propostos. Cada quadro representa os passos dados a serem tratados naquele exato momento. Também são descritas algumas operações, condições e restrições, já pré-definidas nos objetivos do projeto, que devem ser levadas em consideração, para a produção dos resultados esperados.

4.4.2.3 Digitalização do perímetro da bacia a partir da base cartográfica

Para delimitação do perímetro da bacia foram utilizadas 6 cartas topográficas do Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo (IGGSP), na escala 1:50.000.

A seqüência dos procedimentos adotados no processamento das cartas é mostrada no esquema a seguir (Figura 16).

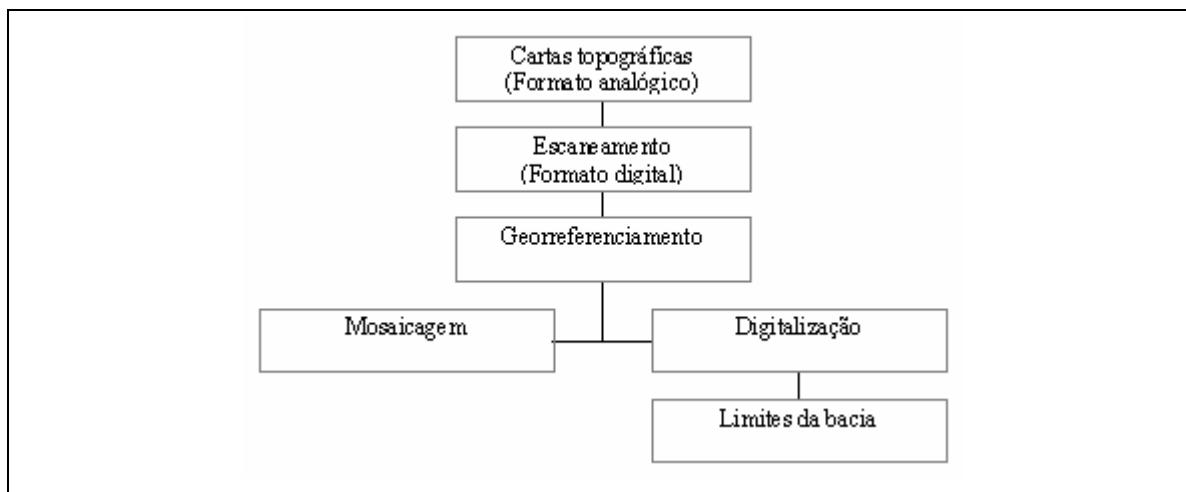


Figura 16 Fluxograma da metodologia utilizada

As cartas topográficas foram convertidas do formato original (formato analógico) para o formato digital, via *scanner*, com resolução de 300 dpi. Em seguida, as cartas foram georeferenciadas uma a uma no sistema de projeção UTM (Universal Transverse Mercator), fuso 22S e Datum Córrego Alegre de acordo com as próprias informações cartográficas. A seqüência destes procedimentos segue abaixo:

REGISTER→SELECT GROUND CONTROL POINTS→IMAGE TO MAP→ “IMAGE TO MAP REGISTRATION”→(selecionar o sistema de coordenadas e o tamanho do *pixel*)→ “GROUND CONTROL POINTS SELECTION”→(selecionar pontos na imagem→CTRL + MOUSE ESQUERDO→inserir coordenadas do ponto→ADD POINTS)→OPTIONS→WARP FILE→(selecionar imagem a ser georreferenciada)→“REGISTRATION PARAMETERS”→(selecionar parâmetros de georreferenciamento)→OK.

Para cada carta foram coletados, em média, 10 pontos de controle, escolhidos, preferencialmente, em cruzamentos de estrada ou ruas, pontes e interseções de canais de drenagem. A averiguação da precisão no momento da inserção dos pontos de controle foi obtida instantaneamente, com base nos valores do RMS *error* (erro médio quadrático). Em cada arquivo de imagem foi obtido um valor do RMS abaixo de 0,2. Isto significa que a diferença máxima entre as coordenadas reais de um conjunto de pontos e seu equivalente na imagem foi de 20% do tamanho do *pixel*, estando compatível com a escala de trabalho.

Após este procedimento, as cartas foram submetidas ao processo de construção de mosaico através do *software* Envi 4.0:

REGISTER → MOSAIC IMAGES → GEOREFERENCED IMAGES→ “GEOREFERENCED IMAGE MOSAICKING” → IMPORT → IMPORT FILE WITH FEATHERING ou IMPORT FILE WITHOUT FEATHERING → “MOSAIC INPUT FILE” → (seleciona-se uma das imagens) → “IMPORT → IMPORT FILE WITH FEATHERING ou IMPORT WITHOUT FEATHERING → (seleciona-se a outra imagem) → FILE → APPLY → “MOSAIC PARAMETERS” →(seleciona-se os parâmetros) →OK

O arquivo georreferenciado e mosaicado foi salvo com as opções de coordenadas de mapa: Projeção UTM, fuso 22S, Datum SAD69 e tamanho do *pixel* 30 m.

Efetuuou-se a delimitação do perímetro da bacia, considerando-se pontos de controle retirados dos divisores de águas reconhecidos nas cartas topográficas do IGG-SP. Estes pontos, em seguida, foram transpostos para a imagem mosaicada e permitiram, assim, delinear o perímetro da bacia.

Na fase seguinte, após todo o processamento com as cartas topográficas, para destacar na imagem apenas a área da bacia, aplicou-se uma máscara com base no polígono que define o limite da bacia. A sequência de procedimentos utilizados para a delimitação do perímetro da bacia foi a seguinte:

a) Construir a máscara

BASICTOOLS→MASKING→BUILD MASK→ “MASK DEFINITION” →(seleciona-se o *display* onde está a imagem pura) →OPTINS→IMPORT ANNOTATION ou IMPORT ROIS (arquivo vetorial com a borda) →(seleciona-se o arquivo) →MASK DEFINITION→OK

b) Aplicar a máscara

BASIC TOOLS→MASKING→APPLY MASK→ “APPLY MASK INPUT FILE”→(seleciona-se a imagem pura)→SELECT MASK BAND→(seleciona-se a máscara)→”APPLY MASK PARAMETERS”→OK

A Figura 17 apresenta a articulação destas cartas e a porção da área da bacia a que correspondem, bem como os limites da bacia.

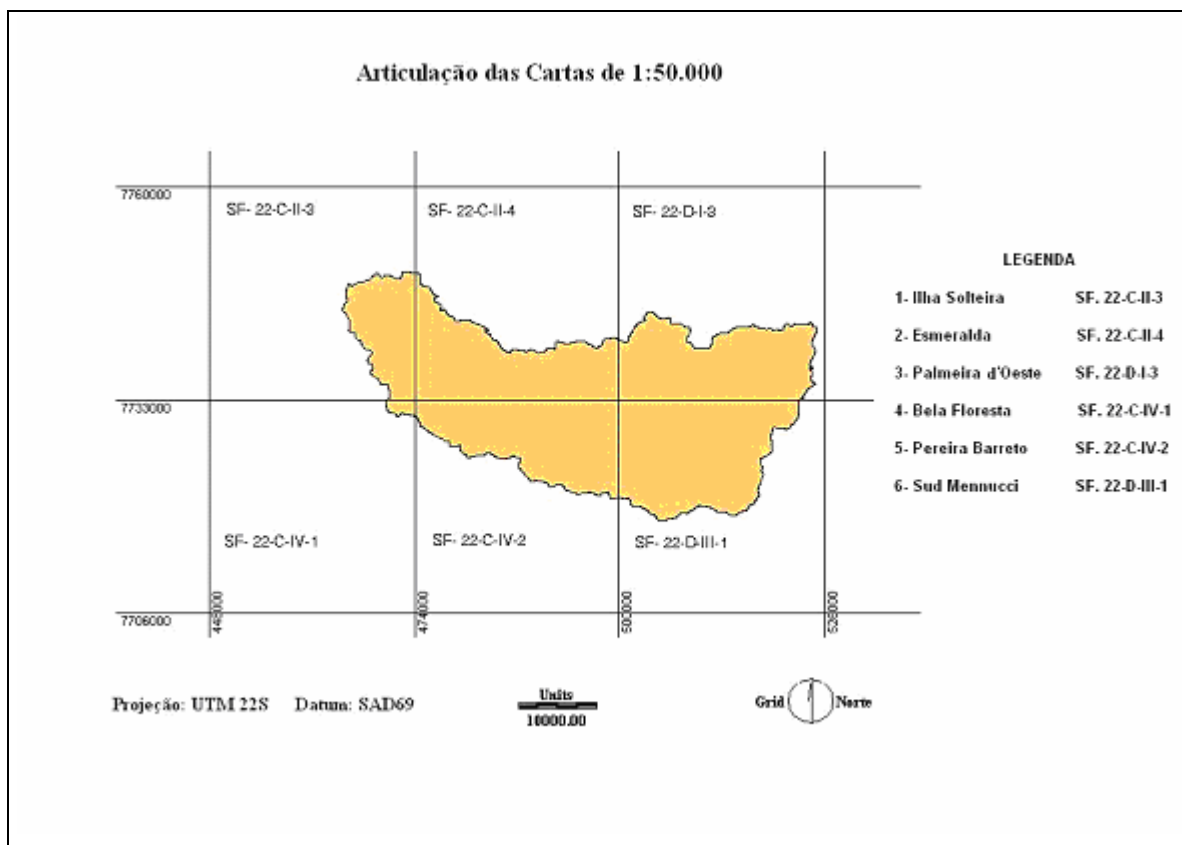


Figura 17 Articulação das cartas de 1:50: 000 para processo de georreferenciamento e mosaicagem.

4.4.2.4 Fotoíndices, fotografias aéreas de 1962 e 2005

Na fase inicial do projeto os fotoíndices de 1962/2000 na escala 1:100.000 foram às bases para selecionar as fotos de abrangência da área em estudo.

Foram selecionadas fotografias aéreas verticais, provenientes das coberturas aerofotogramétricas de 1962 e 2000, com escalas nominais aproximadas de 1:25.000 e 1:30.000 respectivamente. O recobrimento entre fotografias é de cerca de 60% no sentido da faixa de voo e de 30% entre as faixas, o que permite uma visão estereoscópica de pares fotográficos, ou seja, a percepção da terceira dimensão.

Para a observação estereoscópica dos pares de fotografias aéreas, foi utilizado estereoscópio de espelhos Wild modelo ST-4.

Primeiramente, fez-se a fotointerpretação de fotografias aéreas em seus respectivos períodos (1962/2000), para identificação dos processos erosivos. Esse procedimento foi necessário em vista da hipótese levantada e dos objetivos propostos.

Paralelamente a esse procedimento foi feita a interpretação para identificação do uso e ocupação do solo de acordo com os procedimentos sugeridos por CHIARINI *et al.*, (1976).

O uso de fotografias aéreas foi fundamental na identificação dos processos erosivos e na análise de uso e ocupação da terra. Eliminou as dificuldades de acesso, facultando uma visão tridimensional da paisagem.

4.4.2.5 Processamento das imagens da bacia

➤ Fotomosaicos

Os fotomosaicos ou mosaicos semicontrolados são reproduções fotográficas dos mosaicos originais confeccionados na mesma escala das fotografias, ou seja, 1:25.000.

Para geração de mapas de rede de drenagem e uso e ocupação da bacia, para o ano de 1962, optou-se pela utilização do fotomosaicos correspondentes a área. Num total de 14 fotomosaicos, o georreferenciamento seguiu, a princípio, os mesmos procedimentos adotados para as cartas topográficas, ou seja, foram escaneados e georreferenciados um a um.

Na etapa de mosaicagem, utilizando-se do *software* Envi 4.0, percebeu-se que não havia o fechamento do mosaico. Acredita-se que este problema esteja relacionado às irregularidades nas faixas de vôos, pois, na fase de interpretação da área utilizando as fotografias, muitos dos pares estereoscópicos não tinham o seu recobrimento normal (cerca de 60% no sentido da faixa de vôo e de 30% entre as faixas). Diante dos fatos ocorridos, optou-se por montar o mosaico no Adobe Photoshop CS, que permitiu uma distribuição dos erros entre os fotomosaicos aéreos (Figura 18).



Figura 18 Mosaicagem de Fotomosaicos Aéreos de 1962

Com o mosaico pronto e salvo como imagem com extensão *tiff*, partiu-se para o georreferenciamento da imagem no *software* Envi 4.0. Nesta etapa, utilizou-se como imagem base uma cena do Landsat 5/TM de 2003 dos arquivos do Laboratório de Geoprocessamento da FEAGRI/UNICAMP. O procedimento relativo ao georreferenciamento segue abaixo:

(abrir as duas imagens no *display*) →REGISTER→SELECT GROUND CONTROL POINTS→IMAGE TO IMAGE→ “IMAGE TO IMAGE REGISTRATION” →(selecionar a imagem base e a imagem a ser georreferenciada) → “GROUND CONTROL POINTS SELECTION” →(selecionar pontos na imagem base) →CTRL + MOUSE ESQUERDO→selecionar pontos na imagem a ser georreferenciada→ CTRL + BOTÃO ESQUERDO DO MOUSE→ADD POINT) →OPTIONS→WARP FILE→(selecionar imagem a ser georreferenciada) →”REGISTRATION PARAMETERS” →(selecionar parâmetros de georreferenciamento) →OK

Em função da distribuição de erros no processo de mosaicagem, optou-se por trabalhar com um número maior de pontos de controle da imagem (50 pontos), escolhidos preferencialmente entre cruzamentos de estradas, ruas, pontes e interseções de canais de drenagem. O valor do RMS para cena ficou abaixo de 0,19.

Após imagem georreferenciada, aplicou-se a máscara para o recorte da bacia (Figuras 19 e 20).

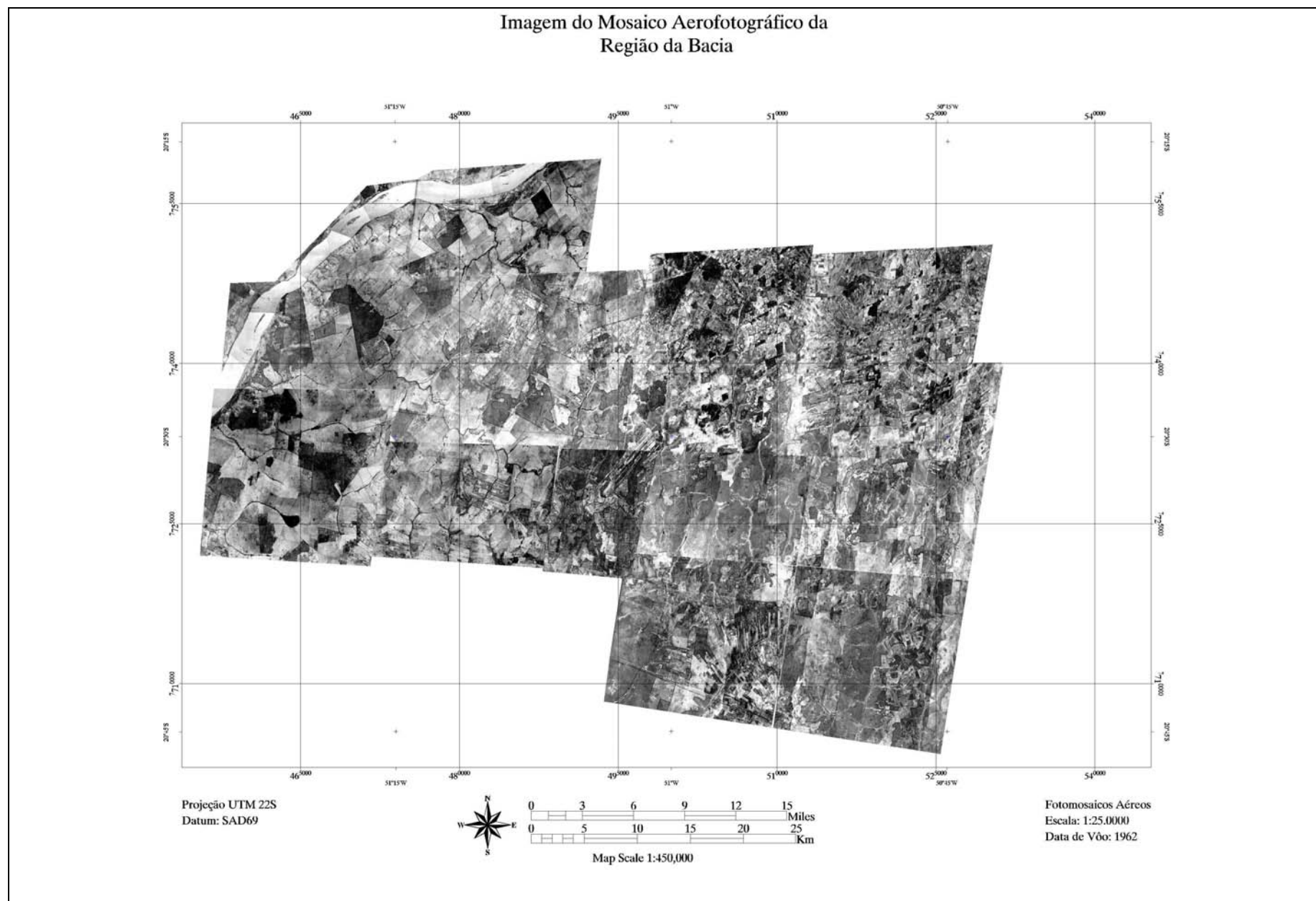


Figura 19 Imagem do Fotomosaico Aéreo de 1962 georreferenciado

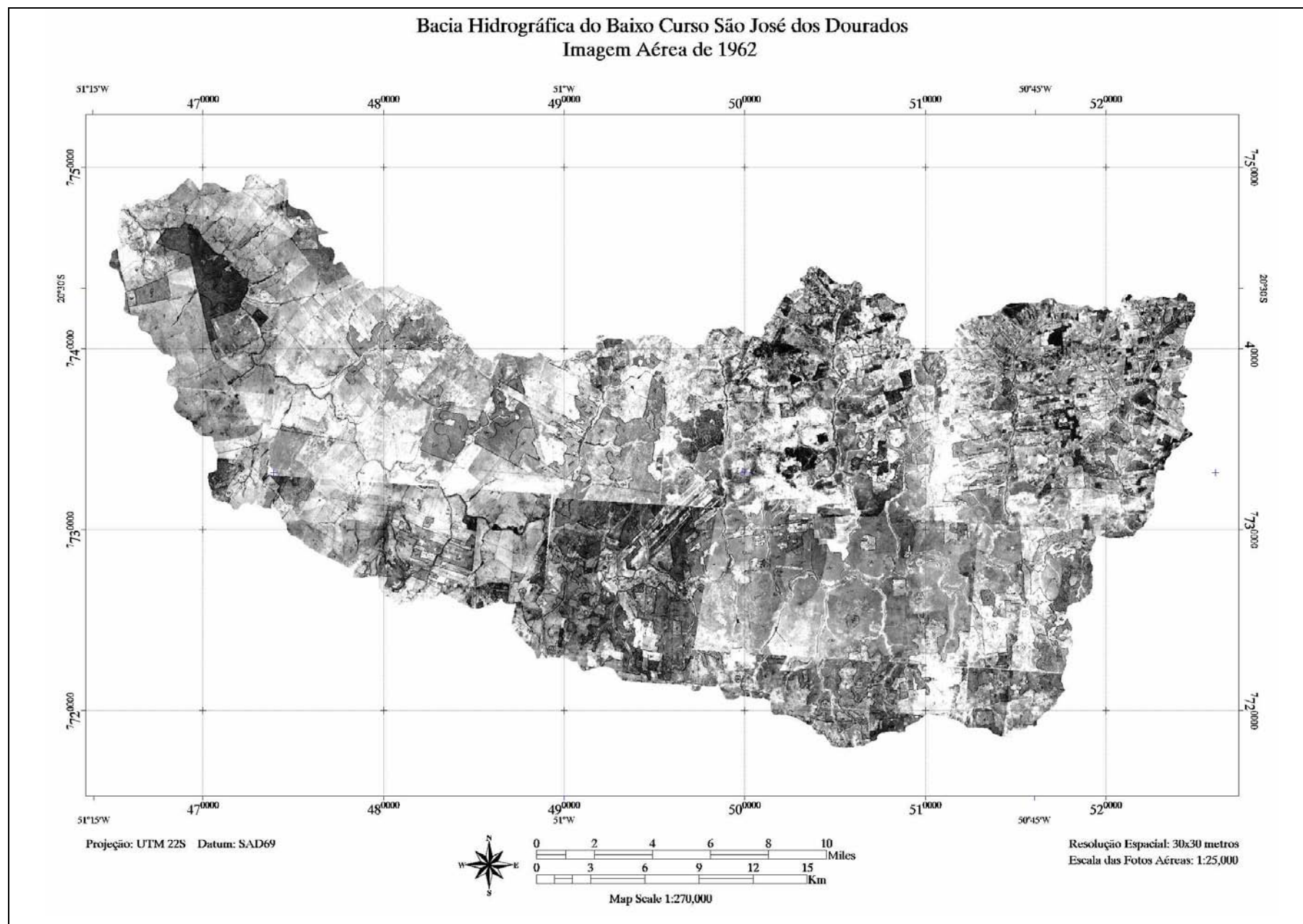


Figura 20 Recorte da área da Bacia no Fotomosaico Aéreo de 1962

➤ **Imagem de satélite Landsat 5/TM**

A imagem de satélite foi previamente selecionada através do catálogo de imagens Landsat 5-TM da Divisão de Geração de Imagens do Inpe, disponível na *Internet* <http://www.dgi.inpe.br>. A escolha foi feita com base na disponibilidade de imagem livre de cobertura de nuvem, a fim de permitir uma melhor discriminação dos alvos em função de sua resposta espectral. A imagem selecionada está caracterizada na tabela 9 abaixo:

Tabela 9 Imagem de satélite Landsat 5 – TM utilizada para a obtenção do mapa de drenagem e do uso e ocupação da bacia

Órbita	Ponto	Data da passagem	Bandas adquiridas
222	74	27/05/2005	1,2,3,4,5 e 7

No processamento, utilizaram-se as bandas espectrais 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90 μm) e 5 (1,55 – 1,75 μm) na composição 4-5-3 no sistema RGB, de forma a permitir combinações coloridas para visualização no *display* e melhor visualização das características desejadas.

A seqüência dos procedimentos adotados no processamento da imagem de satélite foi a mesma citada anteriormente para a imagem contendo os fotomosaicos.

Para este procedimento também foram obtidos 50 pontos de controle da imagem, com o valor do RMS abaixo de 0,19 (Figura 21).

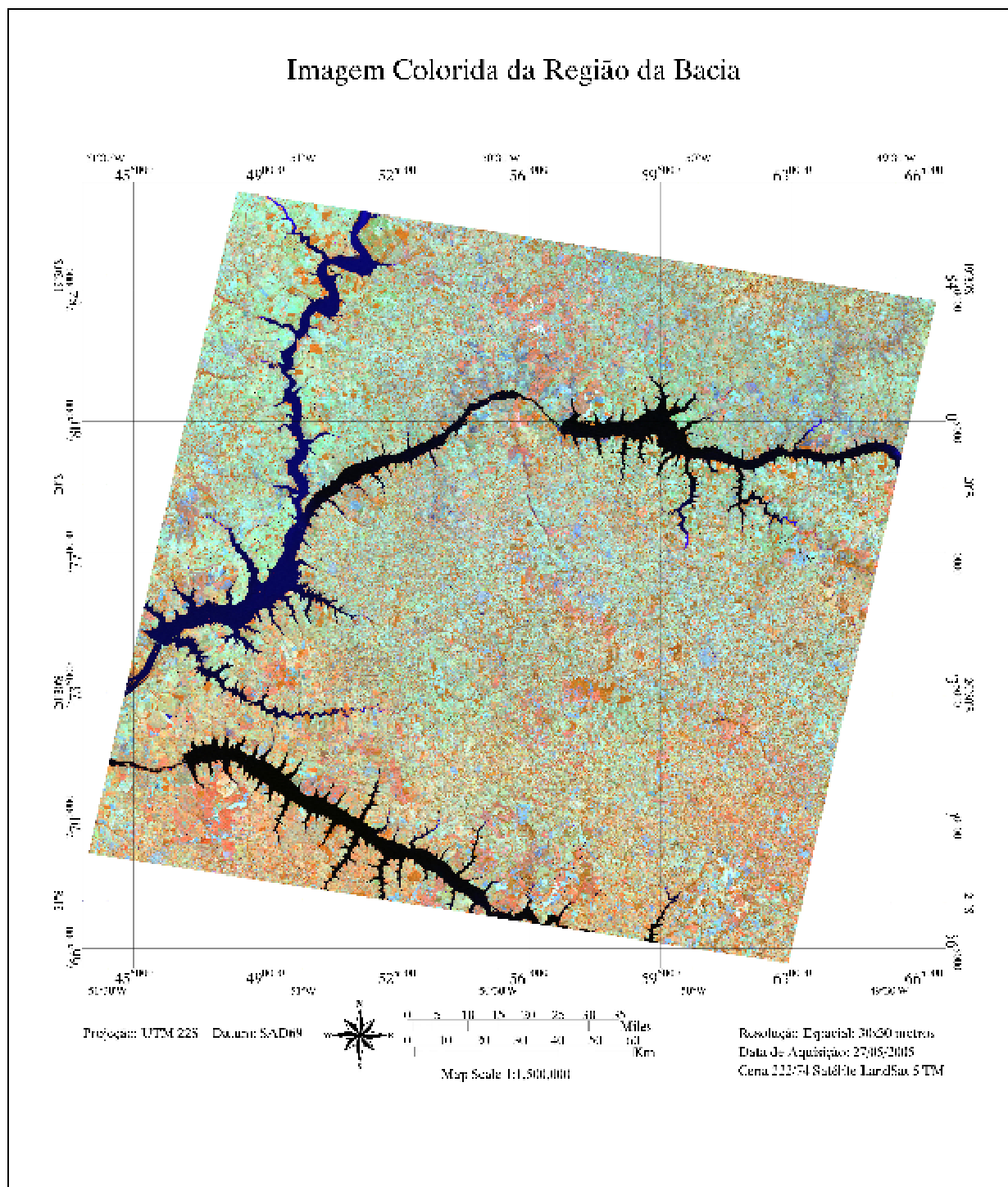


Figura 21 Imagem de Satélite Landsat-5/TM georreferenciada

Com a imagem georreferenciada, procedeu-se o recorte da bacia, conforme figura 22:

Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio São José dos Dourados

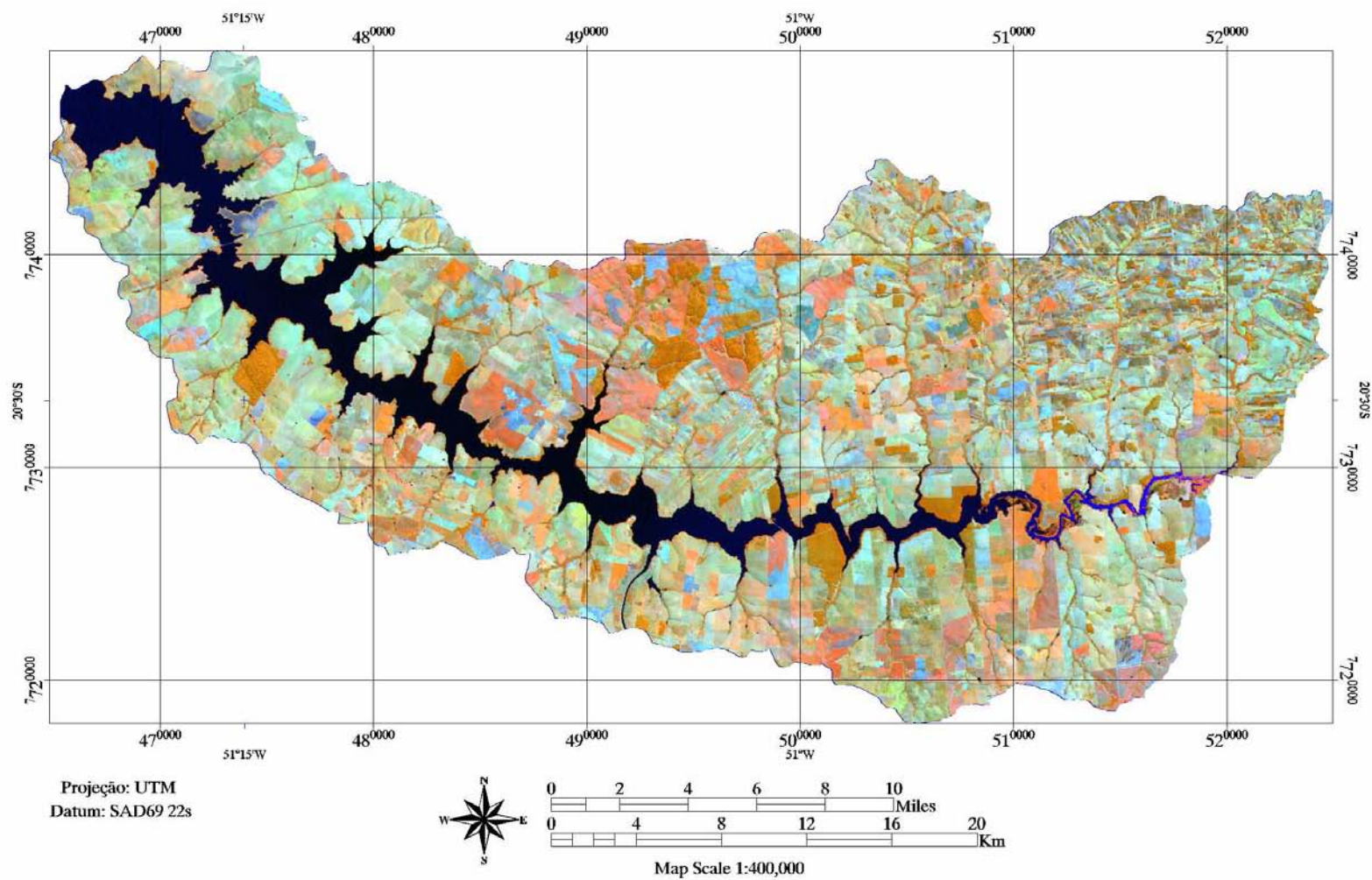


Figura 22 Recorte da área da Bacia na imagem de satélite

4.4.2.6 Modelo Digital de Elevação (MDE):

O Modelo Digital de Elevação do Estado de São Paulo (Figura 23) foi obtido a partir de um mosaico de imagens de dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission - <http://srtm.usgs.gov/mission.html>), gerado pelo Laboratório de Geoprocessamento, do Centro de Ecologia da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul - <http://srtm.usgs.gov/mission.html>), possuindo uma resolução espacial 90x90 m.

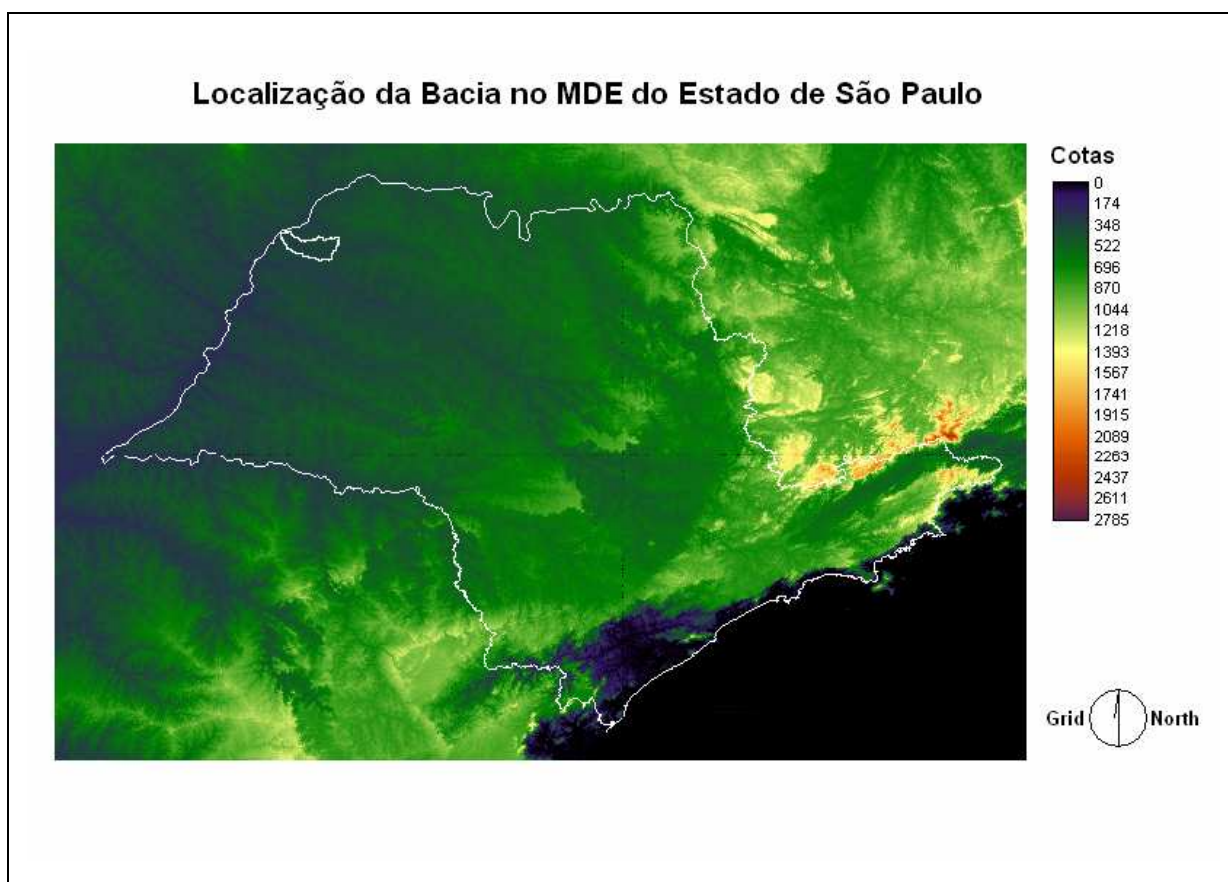


Figura 23 Modelo Digital de Elevação do Estado de São Paulo (em detalhe, a localização do vetor da Bacia).

A partir do vetor do limite da Bacia fez-se um recorte nesta imagem geral extraindo-se apenas a região de interesse. A imagem recortada foi redimensionada para modificar a resolução espacial de 90 para 30 m. Com base neste MDE da Bacia, foi possível gerar as seguintes informações: Mapa de Curvas de Níveis, Mapa Hipsométrico e Mapa de Declividade.

Modelo Digital de Elevação da Bacia

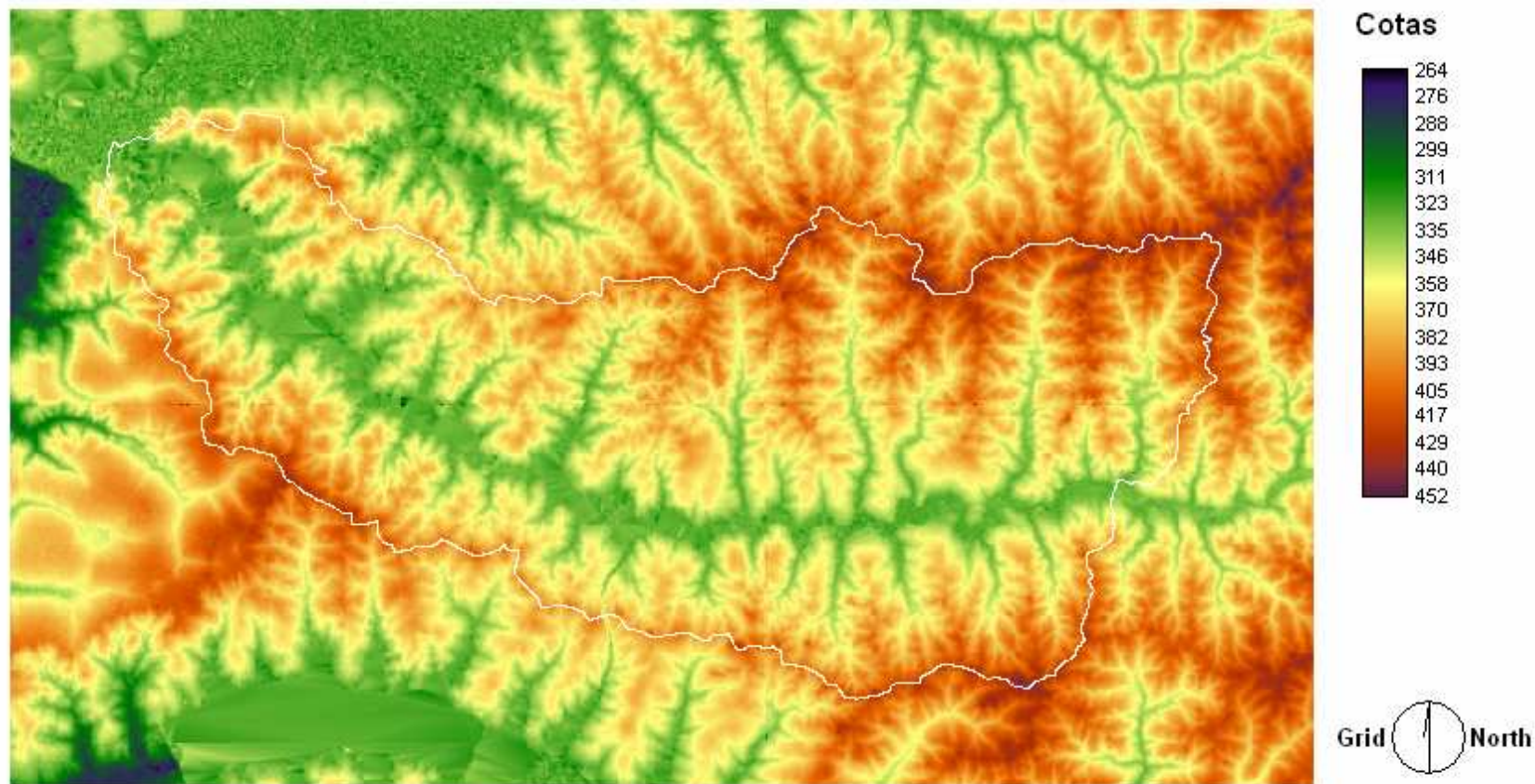


Figura 24 Recorte do Modelo Digital de Elevação com destaque para os limites da Bacia

MDE da Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio São José dos Dourados

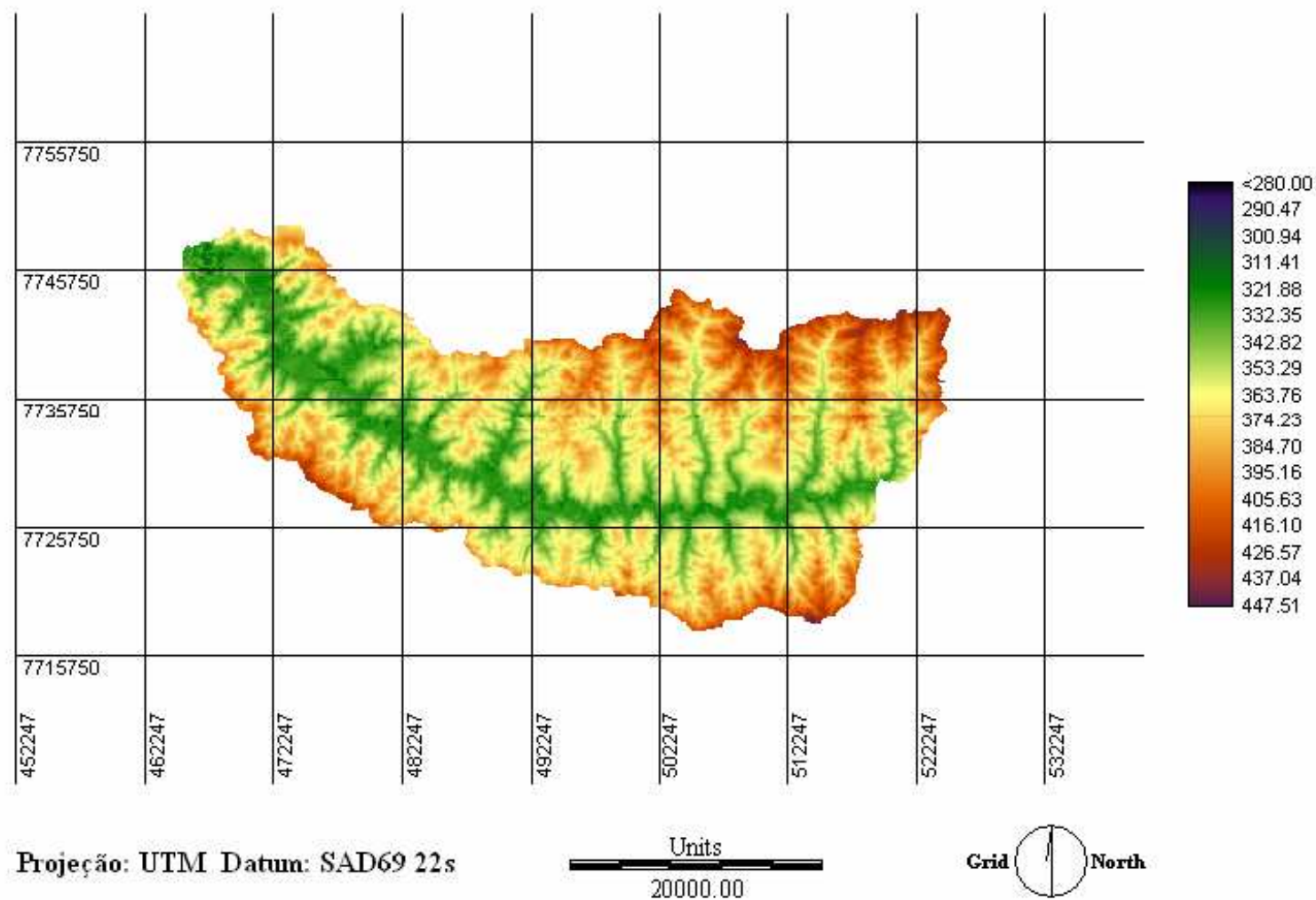


Figura 25 Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados

➤ **Curvas de nível**

O mapa contendo as curvas de nível da Bacia foi gerado com base no Mapa do MDE. Este mapa serviu de auxílio para averiguação do traçado das redes de drenagem, tanto de 1962 como de 2005.

➤ **Mapa Hipsométrico**

Para obtenção do mapa hipsométrico, as cotas altimétricas da Bacia foram subdivididas em intervalos de 50 m (Figura 26), resultando em 4 classes temáticas. As classes hipsométricas definidas encontram-se na tabela 10:

Tabela 10 Classes hipsométricas da área da Bacia

CLASSES HIPSONÉTRICAS	
	(m)
	<300
	300-350
	350-400
	400-450
	>450

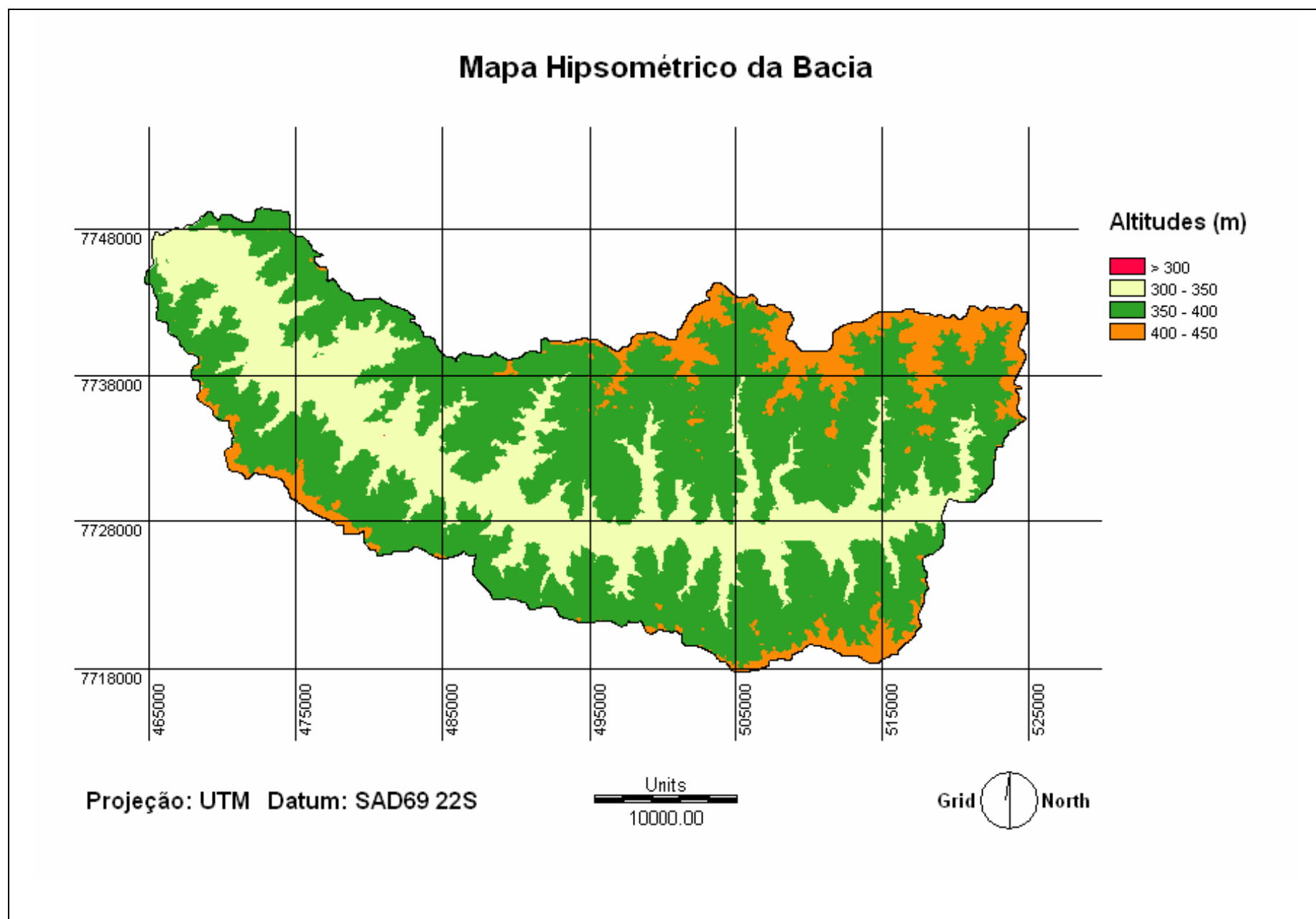


Figura 26 Mapa de classes hipsométricas da Bacia

➤ **Mapa de declividade**

Com base no MDE da bacia, e com auxílio de recursos do *software* Idrisi Kilimanjaro 14.01, gerou-se o mapa de declividade em porcentagem (Figura 27), que, por sua vez, fora reclassificado de acordo com as classes da tabela 11. Essas classes foram definidas com adaptações do Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH *et al.*, 1991).

Tabela 11 Classes de Declividades

CLASSE	NÍVEL DE DECLIVIDADE (%)	CLASSES DE RELEVO
1	0-3	Plano
2	3-6	Suave
3	6-12	Ondulado
4	12-20	Colinoso
5	20-45	Fortemente inclinado
6	>45	Montanhoso

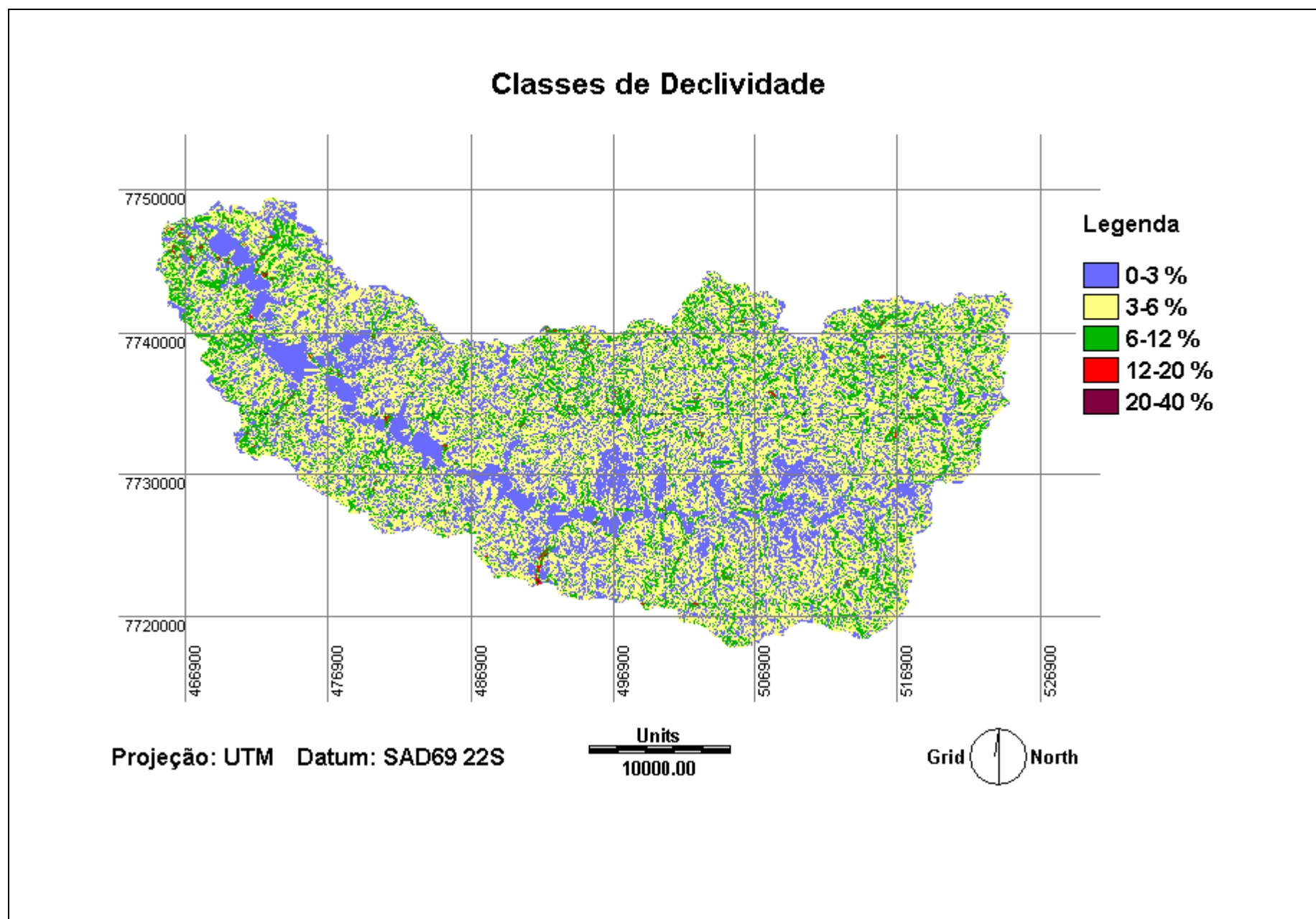


Figura 27 Classes de declividade da Bacia

4.4.2.7 Mapa de uso e ocupação de 1962

Para obtenção do mapa de uso e ocupação da terra de 1962, utilizou-se da imagem única georreferenciada dos fotomosaicos aéreos em preto e branco, Projeção UTM, fuso 22S, SAD69, na escala de informação de 1:25.000 (Figura 20).

Primeiramente, fez-se uma análise preliminar da imagem, estabelecendo-se as seguintes classes de uso do solo:

- (i) Culturas anuais/perenes;
- (ii) Pastagem;
- (iii) Área urbana;
- (iv) Vegetação Natural/Reflorestamento;
- (v) Banhado.

Estas classes foram estabelecidas em função do trabalho feito por CHIARINI et al. (1976), no qual os autores utilizaram-se, como base, dos mesmos fotomosaicos de 1962.

Os parâmetros fotográficos mais importantes observados na interpretação da imagem com relação a vegetação e áreas agrícolas foram: tonalidade, textura, padrão, forma, dimensão, sombra, cor, topografia e aspectos relacionados.

O processo de digitalização das informações incluídas no mosaico foi efetuado diretamente no *display* com o uso do *mouse*, utilizando o *software* Envi 4.0. Este procedimento permitiu maior rapidez e precisão na etapa de digitalização, pela possibilidade do uso de aumentos (*zoom*).

O procedimento referente à vetorização das classes de uso e ocupação segue abaixo:

(Abrir a imagem no *display*) → OVERLAY (Vectors) #1VECTOR PARAMETERS: Cursor Query → FILE → (Create New Layer) → NEW VECTOR LAYER PARAMETERS (Layer Name) → (Enter output Filename.evf-Choose (qual diretório vai ser gravado) OK → Mode → Add New Vectors (Polyline) → APPY

Ápos a vetorização das classes, o produto final é o mapa de uso e ocupação da terra para 1962 que será apresentado no próximo capítulo.

4.4.2.8 Mapa de uso e ocupação de 2005

Para geração do mapa de uso e ocupação de 2005, utilizou-se a imagem da figura 22 georreferenciada na combinação de bandas 4-5-3, no sistema RGB, pois para este tipo de estudo é a que melhor se adapta.

Na seqüência, para melhorar a resolução visual da imagem, utilizou-se o contraste padrão do programa (Envi 4.0) que constitui um aumento linear com corte de 2% dos valores extremos do histograma com os valores de níveis de cinza dos *pixels* da imagem.

O procedimento de aumento de contraste só implica em mudanças na imagem para efeito de visualização no *display*, não interferindo nos resultados de classificação.

Com a imagem realçada, foi feita a coleta de amostras, pelo recurso do Envi 4.0 de construção de arquivos RÓIS, para os seguintes alvos: água, cana-de-açúcar, solo exposto, cultura perene, cultura anual, pastagem e vegetação natural/reflorestamento, conforme procedimento abaixo:

(abrir a imagem no *display*)→OVERLEY→REGION OF INTEREST→#1ROY TOOL(define o tipo de ROI: Exemplo Polygon)→REGION #1 (define a classe da amostra →EDIT→OK

Com checagem dos arquivos RÓIS em campo e utilizando o recurso de Classificação Supervisionada, com o método MaxVer (máxima verossimilhança), é feito processamento desta imagem, gerando-se então uma imagem classificada.

CLASSIFICAÇÃO→SUPERVISIONADA→MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA→“CLASSIFICATION INPUT FILE” (seleciona a imagem a ser classificada) → “MAXIMUM LIKELIHOOD PARAMETERS (selecionam-se as amostras de treinamento e os parâmetros de classificação)” →OK

Após o processo de classificação é comum que a imagem apresente uma certa quantidade de ruídos (*pixels* mal classificados) no interior e nas adjacências das classes e, por isto, há a necessidade de um tratamento, pós-classificação, para que seja feita a absorção

destes *pixels* mal classificados e para posterior obtenção de uma imagem classificada limpa, com melhor aspecto visual.

O programa ENVI 4.0 disponibiliza alguns recursos que permitem o melhoramento do aspecto visual de imagens classificadas. No trabalho aqui apresentado empregou-se filtro de convolução mediano (3x3), conforme procedimento descrito a seguir:

FILTERS→CONVOLUTION→MEDIAN→ “CONVOLUTION INPUT FILE” →(seleciona-se a imagem classificada) → “CONVOLUTION PARAMETERS” →(selecionam-se os parâmetros de filtragem) →OK

Os resultados do Mapa de uso e ocupação da terra serão apresentados no capítulo 4. Estes mapas permitiram uma análise da evolução da ocupação da área de 1962 e de 2005 e o grau de preservação da área estudada.

4.4.2.9 Hidrografia

Normalmente as redes de drenagem são extraídas por processo manual, com o uso de estereoscópio, ou pelo Modelo Digital do Terreno (MDT). SOUSA (2000) utilizou técnicas de realce em fotografias aéreas digitalizadas para testar a viabilidade de se traçar a rede de drenagem na tela do computador. O autor recomenda que esta técnica seja utilizada para bacias com rede de drenagem muito bem definida, preferencialmente com ocorrência de matas ciliares.

No presente trabalho, as redes de drenagem, tanto a de 1962 como a de 2005, apresentaram canais muitos bem definidos. Portanto, com base nas técnicas utilizadas por SOUSA (2000), digitalizou-se via tela de computador, com auxílio de *mouse* as redes de drenagem.

Os procedimentos utilizados no *software* Envi 4.0 estão descritos abaixo:

(Abrir a imagem no *display*) →OVERLEY (*region* de interesse) →ROI TOLL→ROI TYPE→POLYLINE→(REGION#1) → EDIT (nome do alvo) →OK

ou

(Abrir a imagem no *display*) →OVERLEY (Vectors) #1VECTOR PARAMETERS: Cursor Query→FILE→(Create New Layer)→ NEW VECTOR LAYER PARAMETERS (Layer Name) →(Enter output Filename.evf-Choose (qual diretório vai ser gravado)OK→Mode→Add New Vectors (Polyline)→APPY

Após este procedimento, as redes de drenagem foram exportadas com extensão *dxf* para o AutoCAD Map 2000i, onde foram corrigidas as possíveis distorções, tendo como parâmetro o arquivo vetorial em *dxf*, das curvas de nível extraídas do MDT (Figuras 28 e 29).

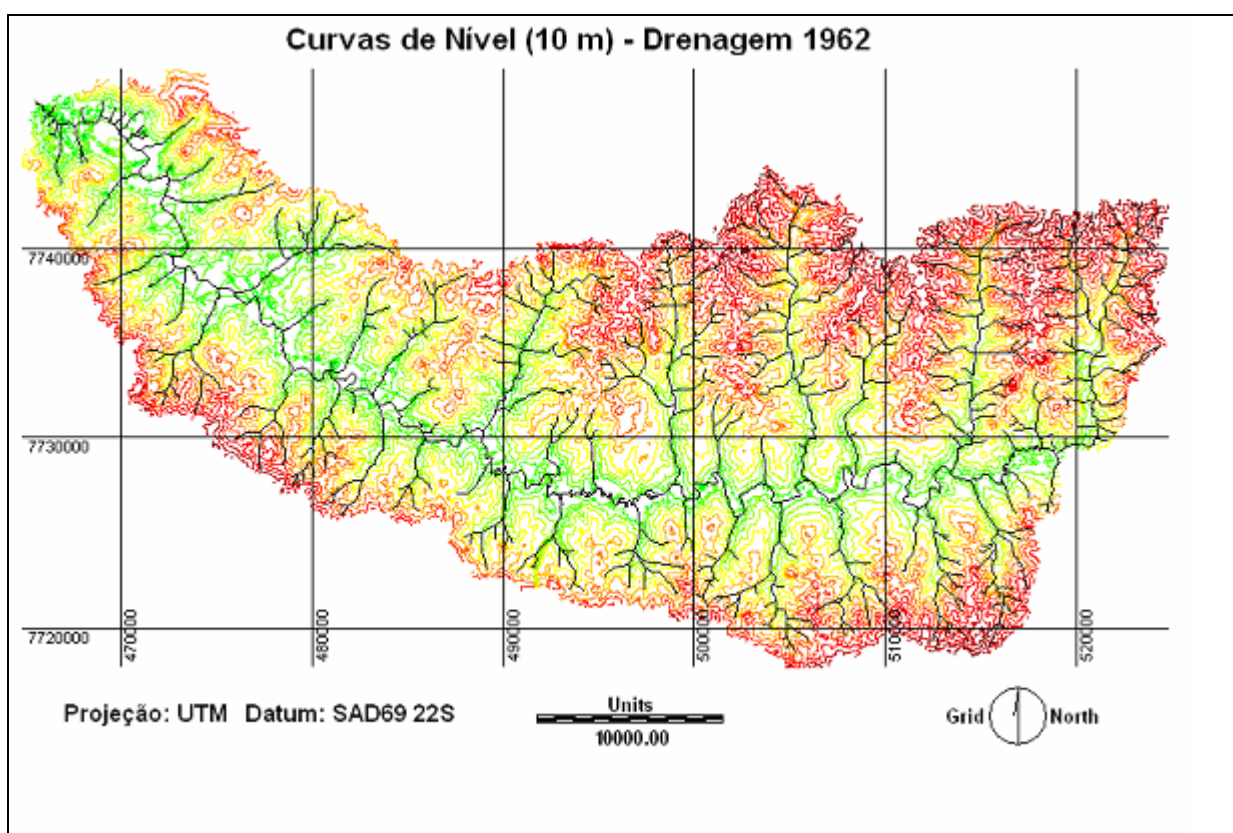


Figura 28 Mapa da Rede de Drenagem de 1962

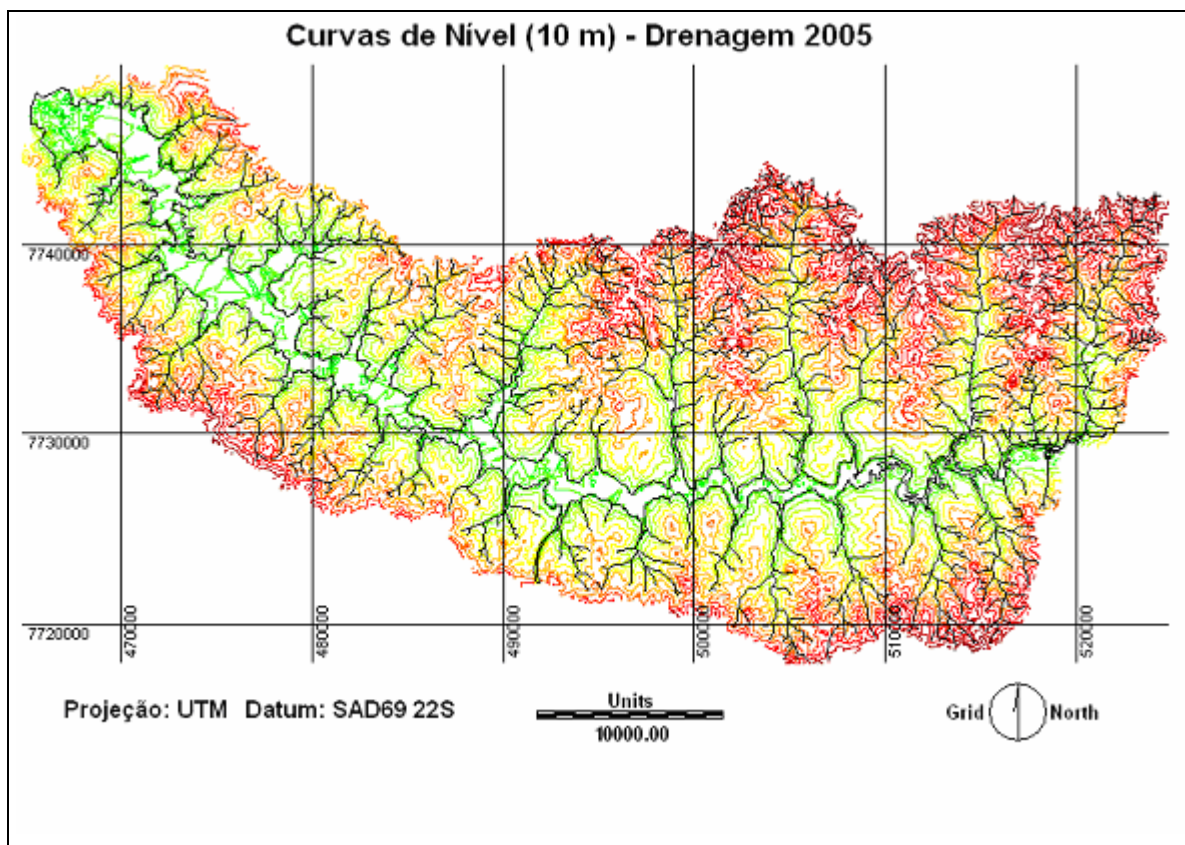


Figura 29 Mapa da Rede de Drenagem de 2005

4.4.2.10 Mapa de solos

O mapa de solos, compreendendo a área da bacia, foi obtido por meio do Mapa de Solos do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al.*, 1999), cedido no formato de imagem (*geotiff*) pelo Instituto Agronômico de Campinas - IAC, na escala de informação de 1:500.000, com sistema de projeção Lat/Long (Graus) e Datum Córrego Alegre.

Feitos os devidos ajustes quanto às informações de Datum e Sistema de Projeção original para o padrão adotado na tese (Projeção: UTM 22S, Datum: SAD69), recortou-se desta imagem geral somente a região de classes de solos compreendidas dentro do limite da bacia. Conforme imagem abaixo:

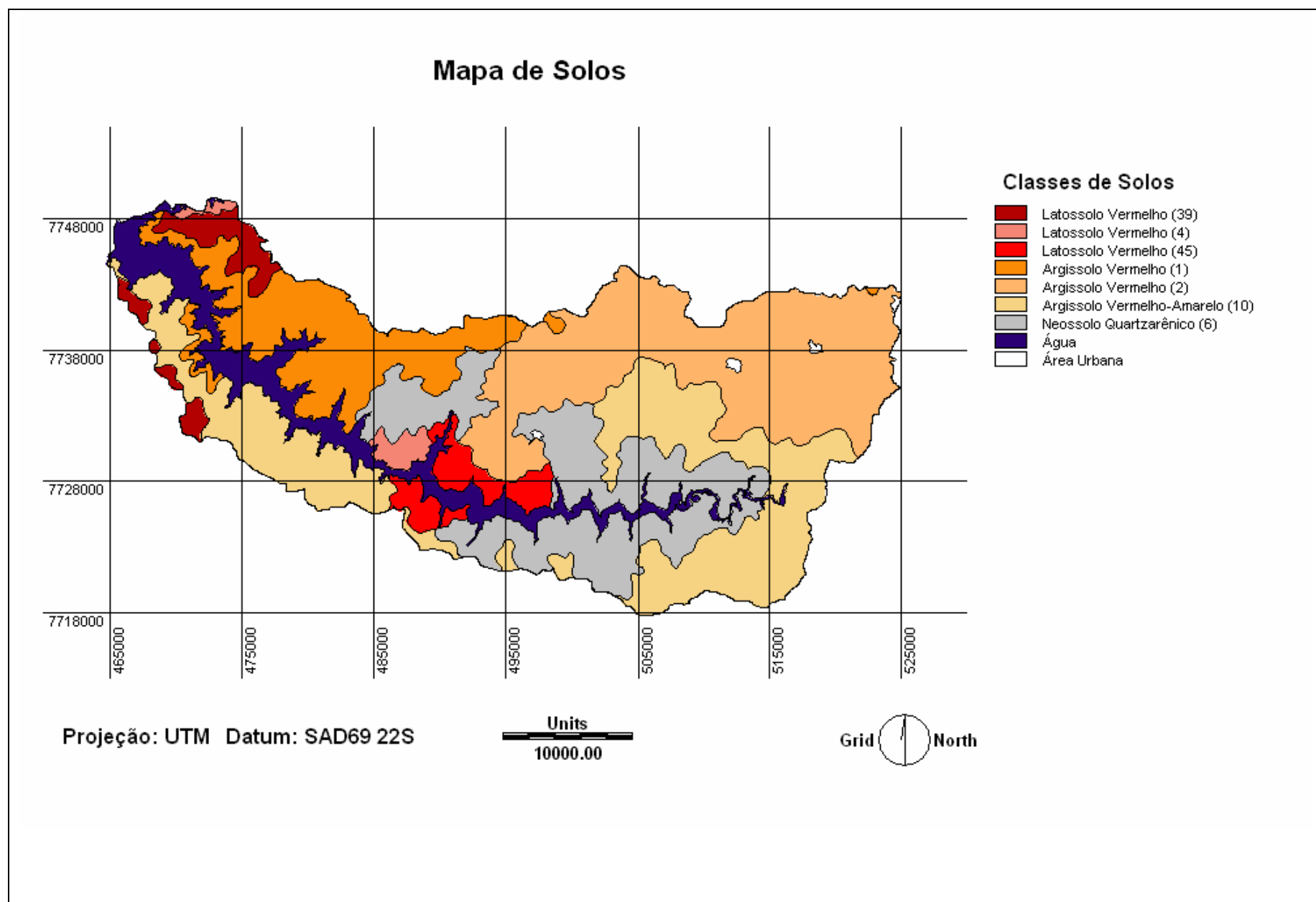


Figura 30 Mapa de Solos da Bacia (Mapa de Solos do Estado de São Paulo, escala da informação 1:500.000 cedido pelo Instituto Agrônomo de Campinas- SP)

4.4.2.11 Análise temporal com base em amostras circulares

Para realização da análise temporal com base em amostras circulares foram utilizadas as redes de drenagem extraídas dos fotomosaicos aéreos de 1962, na escala 1:25.000, e a imagem de satélite Landsat-5/TM de 2005, na escala aproximada de 1:50.000.

Com o registro da rede de drenagem em duas datas distintas, numa defasagem de 43 anos, tornou-se possível a análise comparativa das modificações ocorridas na rede de drenagem da Bacia.

Para facilitar as avaliações, a Bacia foi compartimentada em função das classes de solos a fim de analisar as densidades de drenagem, densidades hidrográfica e respectivos uso e ocupação entre os anos de 1962 e 2005, individualmente em cada compartimento, sem perder de vista o conjunto da Bacia.

Os cálculos de densidade foram obtidos a partir das amostras circulares. Nestas utilizou-se como base de cálculo os canais de 1ª ordem nas cabeceiras de drenagem, seguindo recomendação de CHRISTOFOLETTI (1969).

Neste estudo as amostras circulares foram localizadas de acordo com as unidades de solo (Figura 31). Para cada unidade, considerou-se o máximo de amostras possíveis com área de 10 km² (1000 ha), quando viável, totalizando 44 amostras, ou seja: 5 amostras no Argissolo Vermelho (PV1); 14 amostras no Argissolo Vermelho (PV2); 12 amostras no Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10); 2 amostras no Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV1+PVA10); 4 amostras no Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10); 1 amostra no Argissolo Vermelho-Amarelo + Neossolos Quartzarênicos (PVA10+NQ6); 1 amostra no Latossolo Vermelho (LV39); 1 amostra no Latossolo Vermelho (LV45); e 4 amostras nos Neossolos quartzarênicos (NQ6).

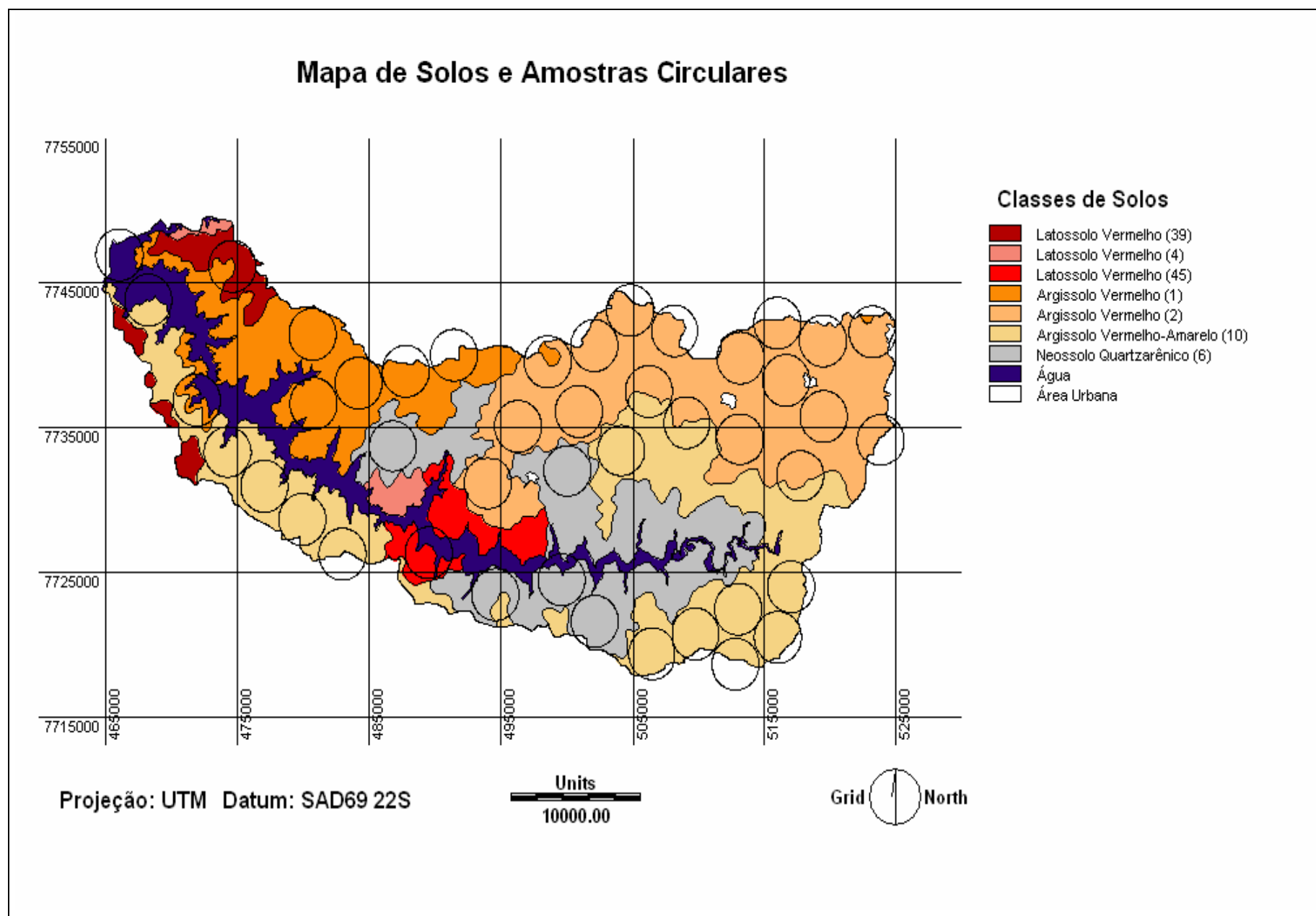


Figura 31 Localização das amostras circulares nas classes de solo

Elaborou-se uma máscara com a amostra circular de área definida (10 km²), que foi colocada sobre o mapa da rede de drenagem com posterior transferência dos canais e rios para a máscara (amostra). Com os segmentos de rios delineados, iniciaram-se as medições. Elaboram-se quantas máscaras se julgar necessárias, sendo suas localizações no mapa de drenagem predeterminadas.

Procedimentos para construção da máscara estão descritos abaixo:

- (i) Foram gerados círculos de 10 km² no *software* AutoCAD Map2000i, e estes por sua vez posicionados estrategicamente sobre algumas regiões de pontos de drenagem, que abrangiam canais de 1º ordem;
- (ii) Com o *software* ArcView GIS 3.2, extraíram-se do arquivo vetorial de drenagem geral somente os trechos compreendidos dentro de cada área circular;
- (iii) Com estas regiões já separadas, estes dados foram exportados para o *software* CartaLinx onde foi possível gerar uma tabela de arcos;
- (iv) Com a tabela de arcos, foi possível ter-se informação sobre cada trecho da drenagem (o identificador de cada canal, comprimento, nó, etc.);
- (v) do CartaLinx, esta tabela, foi exportada para o formato *xls* (Microsoft Excel) e feitas as devidas análises.

Nas figuras 32 e 33 podem ser visualizadas as amostras circulares nos canais de 1ª ordem dentro das diferentes classes de solo.

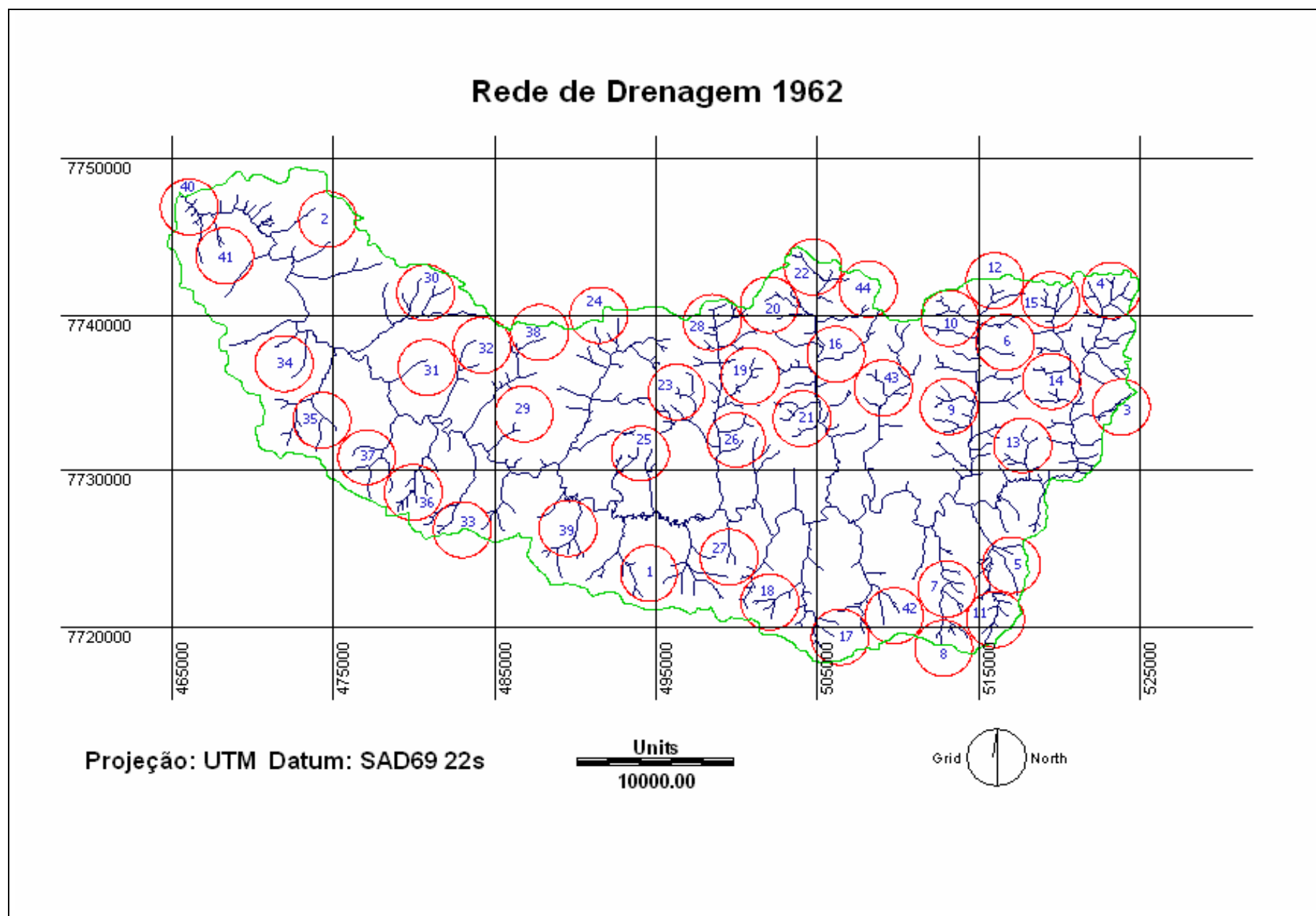


Figura 32 Amostras circulares na rede de drenagem de 1962

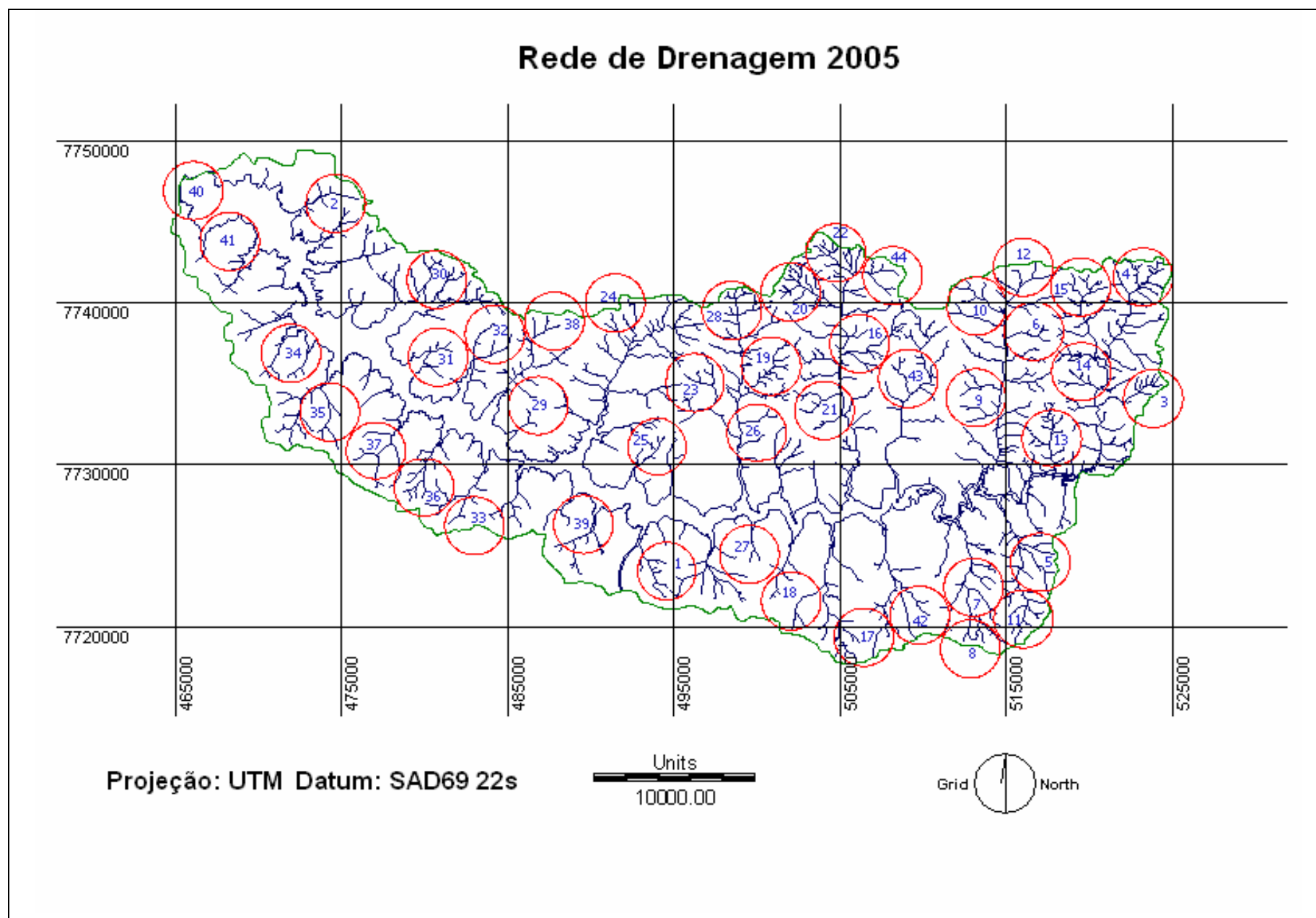


Figura 33 Amostras circulares na rede de drenagem de 2005

No presente trabalho, foram feitas análises das características quantitativas dos padrões de drenagem restringida aos elementos disponíveis em amostras circulares, tais como:

Densidade de drenagem (Dd): Calculada de acordo com HORTON (1945) e adaptada por RAY e FISCHER (1960):

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (3)$$

Onde:

Lt = comprimento total de canais de 1ª ordem;

A = Área da amostra circular;

Densidade Hidrográfica (Dh): Segundo adaptação da fórmula de HORTON (1945) por SOUZA (1975):

$$Dh = \frac{N1}{A} \quad (4)$$

Onde:

N1 = número total de canais de 1ª ordem;

A = área da amostra circular

Foram efetuados estudos comparativos entre as características quantitativas determinadas nas amostras circulares de 1962 e 2005:

- 1) entre densidade de drenagem de 1962 e densidade de drenagem de 2005;
- 2) entre densidade hidrográfica de 1962 e densidade hidrográfica de 2005.

4.4.2.12 Análises estatísticas

Foram feitas análises estatísticas descritivas simples para as características quantitativas dos padrões de drenagem (Densidade de drenagem – Dd e Densidade hidrográfica – Dh para o período considerado 1962 e 2005).

4.4.2.13 Análises de Laboratório

As análises de granulometria foram realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP e as de fertilidade foram elaboradas no Laboratório Agrônomo/UNITHAL de Campinas/SP. A metodologia adotada está descrita abaixo:

➤ Granulométrica

Foram realizados ensaios granulométricos com o intuito de caracterizar os solos em termos de textura, sendo este parâmetro fundamental no estudo de erosão, visto que o tamanho das partículas do solo influencia na sua desagregação e transporte.

Para a realização desse ensaio foram coletadas amostras de solos em diferentes pontos ao longo da bacia. Em cada ponto de coleta foram retiradas amostras a três profundidades: 0-0,20 m, 0,80-1,00 m, e 1,80-2,00 m, utilizando-se para a retirada das amostras um trado holandês com extensões.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para análise no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP, onde foram destorroadas e passadas em peneira de 2,0 mm (TFSA).

Coletou-se da amostra peneirada 10 g de solo para a dispersão em NaOH por 16 horas no aparelho de WIEGNER, usando garrafas de Sthomann. Em seguida fez-se a separação em peneira de 0,053 mm, ficando retida a areia; esse material foi seco em estufa, a 105 °C, e passado em uma segunda peneira de 0,21 mm para separação das areias (grossa e fina).

Para determinação da argila, a suspensão que ficou na proveta foi completada com água destilada até 500 ml e agitou-se por 30 segundos. De acordo com a temperatura ambiente, cerca de 3 minutos após a agitação promoveu-se a coleta de 10 ml da amostra para determinação de

silte-argila (Método da Pipeta). Novamente de acordo com a temperatura ambiente, calculou-se o tempo para coleta de 10 ml da amostra para determinação de argila.

➤ **Fertilidade**

As amostras de terra fina, seca ao ar, foram submetidas a análises químicas, determinando-se:

- 1) O pH (CaCl_2);
- 2) O teor de matéria orgânica por oxidação pelo H_2SO_4 e por quantificação calorimétrica;
- 3) O fósforo disponível (P) e teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), extraídos pela resina de troca iônica, sendo o P quantificado por calorimetria e o K, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica;
- 4) O teor de alumínio (Al) extraído pelo KCL 1N e determinado por titulação ácido-base;
- 5) Os valores de T= capacidade de troca de cátions e V= saturação por bases, foram obtidos por cálculos.

Uma descrição mais detalhada dos métodos analíticos empregados pode ser vista em RAIJ *et al.* (1987).

CAPITULO 5

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados medida pelo *software* Idrisi Kilimanjaro, com imagem em formato *raster*, resultou numa área total aproximada de 1.052 km².

5.1 Diagnóstico dos principais problemas ambientais

Por meio de visitas a campo, constatou-se que a Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados vem sofrendo, ao longo do tempo, uma pressão antrópica significativa. Primeiramente, por estar boa parte de sua área sob a influência dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Ilha Solteira e Três Irmãos, em segundo lugar, pela demasiada extensão de áreas destinadas à pastagem e, mais recentemente, por causa do cultivo da cana-de-açúcar.

Observou-se que áreas de pastagens são predominantes em toda a Bacia, tornando-a relativamente homogênea em relação ao uso agrícola. Áreas com cana-de-açúcar estão mais concentradas entre os municípios de Pereira Barreto, Sud Mennucci e Suzanópolis. Em menor escala, encontram-se culturas anuais e/ou perenes com destaque para o milho, laranja, uva, soja, feijão, coco-da-baia, algodão, café e banana.

A vegetação remanescente de florestas e cerrados é pequena se comparada com aquela encontrada nas fotografias aéreas de 1962. Atribui-se a responsabilidade por esse fato aos diversos níveis de perturbação como, por exemplo, a devastação causada pela pecuária. Essa vegetação aparece normalmente nas bordas dos córregos na forma de matas ciliares, apresentando indivíduos vegetais com alturas variando entre 4 a 8 metros de altura, com poucos emergentes maiores que 10 m (CESP, 1990). Os reflorestamentos também são pequenos, com destaque para pinus e eucalipto.

Para a análise dos dois cenários (antes e depois da construção das barragens) abalizou-se a experiência dos proprietários rurais com mais de 40 anos de permanência na região. Ao serem consultados, forneceram observações sobre as mudanças ocorridas na área após a

implantação das UHEs. Os resultados desta consulta se resumem em alguns aspectos relevantes para o presente trabalho, como a alteração do nível de base da rede de drenagem, o aparecimento de voçorocas e o surgimento de canais de rios de primeira ordem. De acordo com as observações feitas pelos proprietários rurais, antes da represa, a profundidade necessária para se perfurar um poço para captação d'água era de mais de 40 metros, depois da construção da represa, os poços perfurados passaram a atingir o lençol a menos de 15 metros. Alguns proprietários observaram que houve uma ramificação dos córregos da região, ou seja, um aumento dos canais de 1^a ordem.

Ainda na percepção desses proprietários, a ocorrência de processos erosivos (voçorocas) nas cabeceiras de drenagem intensificou-se após a construção da usina e esses processos vêm acelerando mesmo quando os solos estão condicionados às técnicas de conservação.

O contato feito com a CATI e as secretarias das prefeituras dos municípios foi para buscar informações a respeito das características físicas da área e sobre o uso e ocupação.

As amostras de solos (deformadas) coletadas em diferentes pontos da área da Bacia foram submetidas às análises físico-químicas, para caracterização geral de solos. Os resultados destas análises podem ser conferidos nas tabelas 3, 4 e 5 do capítulo anterior.

No período de coleta de solos no campo, documentaram-se, fotograficamente, os locais mais impactados (voçorocas).

5.2 Geração da base de dados

5.2.1 Hipsometria

As classes hipsométricas extraídas do Modelo Digital de Elevação (Figura 25 – Capítulo 4) apresentam-se relacionadas às respectivas áreas na tabela 12 e sua distribuição espacial, dentro da Bacia em questão, está representada no gráfico da figura 34.

Tabela 12 Classes hipsométricas (m), suas respectivas áreas e a porcentagem que representa no total da Bacia

CATEGORIA	COTAS	ÁREAS		(%)
		ha	Km ²	
1	>300	4,23	0,04	0,00
2	300-350	29.666,43	296,66	28,20
3	350-400	65.108,97	651,09	61,89
4	400-450	10.424,07	104,24	9,91
TOTAL		105.200,00	1052,00	100,00

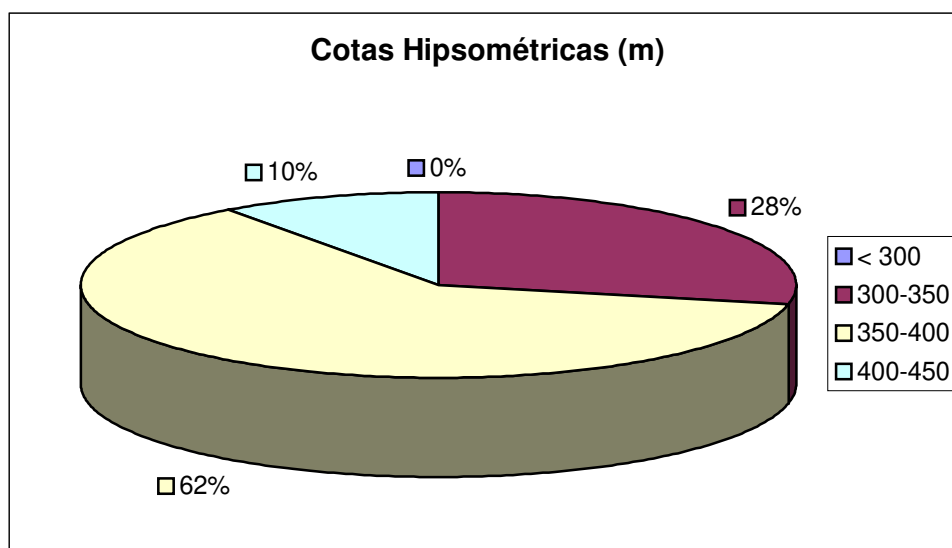


Figura 34 Representação espacial das cotas hipsométricas

As altitudes na Bacia estão compreendidas entre 300 e 450 m, resultando numa amplitude máxima de apenas 150 m. Observa-se que as altitudes inseridas entre 350 e 400 m englobam 61,89 % da área total; 28,20 % estão entre 300 e 350 m e 10% entre 400 a 450 m. As cotas menores que 300 m não aparecem no gráfico em função de apresentarem uma porcentagem muito baixa.

5.2.2 Declividade

Com base no modelo digital de elevação foram geradas as classes de declividade. A tabela 13 mostra a área correspondente a cada classe de declividade e a figura 35, a distribuição dessas classes na Bacia estudada.

Tabela 13 Áreas calculadas para cada classe de declividade da Bacia estudada

CLASSES	DECLIVIDADE (%)	RELEVO	ÁREA (ha)	ÁREA (Km ²)	(%)
1	0-3	Plano	26.069,67	260,70	24,780
2	3-6	Suave/ondulado	49.376,52	493,77	46,940
3	6-12	Ondulado	28.655,28	286,55	27,230
4	12-20	Forte ondulado	1.015,29	10,15	0,960
5	20-40	Acidentado	78,12	0,78	0,070
6	>40	Montanhoso	3,06	0,03	0,003
TOTAL			105.200,00	1.052,00	100,00

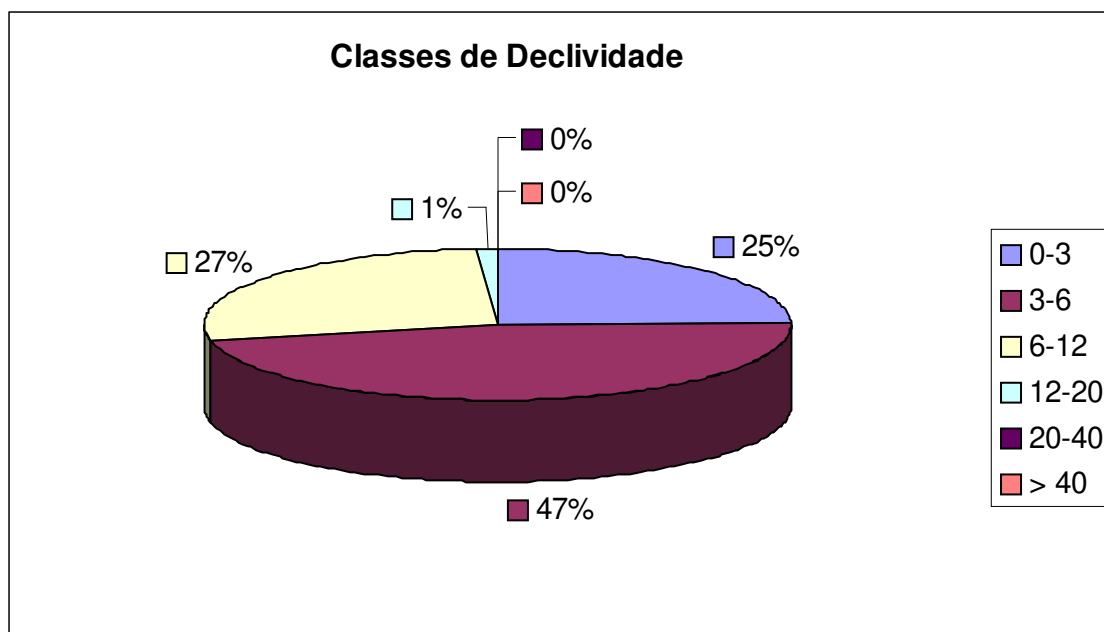


Figura 35 Distribuição espacial das classes de declividade

A capacidade de uso dessas classes foi proposta por LEPSCH *et al.* (1991) e apresentada por BRIGUENTI (2005), de forma resumida, como segue abaixo:

- Classe 1 (0-3 %): constitui-se de áreas planas ou quase planas, escoamento superficial muito lento, sem dificuldades de uso de máquinas agrícolas e sem problemas com erosões hídricas, exceto em vertentes cujas rampas são muito longas;
- Classe 2 (3-6 %): apresenta áreas com declives suaves, escoamento superficial lento ou médio na maior parte dos solos. Não oferece restrições ao uso de máquinas agrícolas.

Em alguns solos, esta classe não representa riscos de erosão hídrica e, quando ela ocorre, práticas simples de conservação são suficientes.

- Classe 3 (6-12 %): áreas com superfícies inclinadas, relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio ou rápido. O declive não restringe o uso de máquinas agrícolas. Nestas classes a erosão oferece poucos problemas ou então pode ser controlada com práticas simples, na maior parte das vezes, no entanto, práticas complexas de conservação do solo são necessárias, para que terras com este declive possam ser cultivadas;
- Classe 4 (12-20 %): constitui-se em áreas muito inclinadas ou colinosas, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos. Pode ocorrer uso de máquinas agrícolas, com dificuldades. Os solos dessa classe são arenosos, com alguns latossolos. Normalmente áreas com este tipo de declive devem ser utilizadas para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamento;
- Classe 5 (20-40 %): fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos. Somente máquinas agrícolas especiais ou mais leves podem ser usadas, e, assim mesmo, com dificuldades;
- Classe 6 (>40 %): constituídas por áreas íngremes, de regiões montanhosas onde praticamente nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar. O escoamento é muito rápido, e os solos extremamente suscetíveis à erosão hídrica.

De acordo com BRIGUENTI (2005) “O fator da declividade mostra-se diretamente ligado à ocorrência de impactos ambientais. Quando maior se caracterizar o declive do terreno, maior será a velocidade do escoamento da água sobre esta superfície, e conseqüentemente, maior sua instabilidade. As áreas adjacentes com menor declividade, por sua vez, serão vítimas do problema da sobrecarga do escoamento das águas, favorecendo o seu acúmulo e potencializando impactos ambientais”.

No gráfico da figura 35 pode-se observar que a área da Bacia estudada tem na sua totalidade uma variação de 0-12% de declividade, sendo de 72% a área com declividade de 0-6%. As declividades acima destes valores representam apenas 1% do total da Bacia.

Considerando a capacidade de uso apresentada por LEPSCH *et al.* (1991), a Bacia em estudo é formada, na sua maioria, por áreas planas e/ou com declives suaves, sendo o escoamento superficial muito lento a lento, não oferecendo nenhuma dificuldade de uso de

máquinas agrícolas. A erosão hídrica em alguns tipos de solos não oferece nenhum problema, em outros, quando isto ocorre, práticas simples de conservação são suficientes.

5.3 Solos da Bacia

As unidades de mapeamento ou “manchas de solo”, identificadas no levantamento pedológico, estão apresentadas no mapa da figura 30 (Capítulo 4), cuja simbologia e classificação estão relacionadas na tabela 14, em que se mostra a área de ocupação de cada uma das classes de solo, e a figura 36 mostra a distribuição espacial dessas classes dentro da área de estudo.

Tabela 14 Classes de solo com as respectivas áreas

CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA			
UNIDADES DE SOLOS	ÁREA (ha)	ÁREA (km ²)	%
Argissolo Vermelho - PV1	14.248,53	142,49	13,55
Argissolo Vermelho - PV2	27.219,78	272,20	25,88
Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA10	25.690,41	256,90	24,42
Latossolo Vermelho - LV39	3.357,09	33,57	3,19
Latossolo Vermelho - LV45	3.652,83	36,53	3,47
Latossolo Vermelho - LV4	1.268,28	12,68	1,20
Neossolo Quartzarênico - NQ6	19.049,58	190,50	18,11
Água	10.458,45	104,58	9,94
Área urbana	246,60	2,47	0,23
TOTAL	105.191,6	1.051,92	99,99

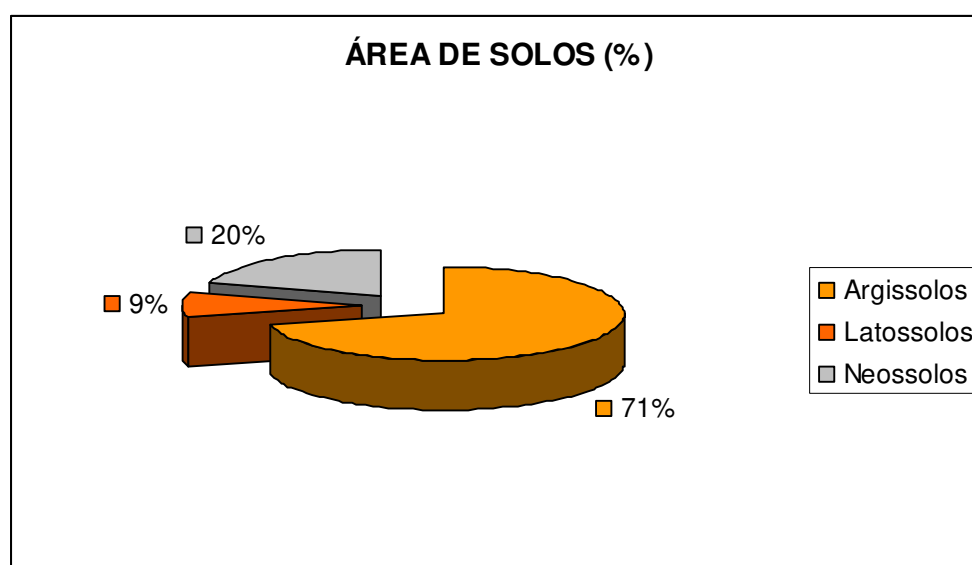


Figura 36 Distribuição espacial das classes de solo dentro da área de estudo

A área da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados possui solos diferenciados, caracterizados, de forma geral, como Latossolos, Argissolos e Neossolos.

➤ **Latossolos**

A classe dos Latossolos, textura média, ocupa aproximadamente 9% da área (Figura 36), sobretudo em declividade plana a suavemente ondulada.

Nos Latossolos de textura média, o teor relativamente elevado de areias, confere-lhes uma geometria de poros onde os macroporos são preponderantes. Nesta situação a capacidade de retenção de água é baixa e a permeabilidade do solo alta, favorecendo déficits hídricos nos períodos de veranicos.

O teor de argila pode variar nestes solos, o que possibilita a sua diferenciação em solos de textura média, com teor de argila no horizonte B variando de 15 a 35%, de textura argilosa variando de 35 a 60% e de textura muito argilosa com teor superior a 60% (OLIVEIRA & MENK, 1982).

➤ **Argissolos**

Como se pode notar na figura 36, a maior parte da área (71%) encontra-se na classe dos Argissolos, em topografia plana a suavemente ondulada, com classes de declividade variando de 0-12% e altitudes entre 300 e 450 metros. Esta categoria compreende solos não hidromórficos, com distinta individualização de horizontes, decorrentes de um gradiente textural da camada superficial para camada subsuperficial. A taxa de infiltração e retenção de água pode ser considerada boa, mas apresenta restrições no horizonte B.

➤ **Neossolos**

Os Neossolos Quartzarênicos ocupam 18,11% do total da área da Bacia, correspondentes a 190.5 Km² da unidade de NQ6 - Neossolo Quartzarênico órticos (só órticos no plural?) + Latossolos Vermelhos textura Média - ambos distróficos A moderado, relevo plano e suavemente ondulado.

Os Neossolos Quartzarênicos são muito profundos. A característica principal destes solos, no entanto, é a de serem completamente dominados por areia. Como o nome já diz, o mineral da fração areia destes solos é o quartzo. Quartzo é um mineral extremamente resistente ao intemperismo e desprovido de nutrientes. Os poucos nutrientes que existem nas areias quartzosas (NQ) estão concentrados na matéria orgânica. A cor avermelhada dos NQs é dada por um pouco de hematita (um óxido de ferro) que também está presente. NQs são solos muito homogêneos. A única diferença entre os horizontes destes solos é devida à presença de matéria orgânica nos primeiros 10 ou 15 cm. O horizonte A é seguido diretamente pelo horizonte C, já que o alto teor de areia não permite formação de horizonte B.

Os NQs ocorrem em grandes áreas contínuas em todos os estados do Cerrado. Raramente encontram-se NQs no alto de chapadas. Normalmente, eles ocupam altitudes mais baixas com relevo suavemente ondulado. De certa forma, os NQs são quase como um sistema hidropônico, pois todos os nutrientes precisam ser adicionados. Existem cultivos bem sucedidos em NQs, mas o manejo do solo tem de ser muito bem feito já que a CTC e a retenção de umidade são muito baixas e dependentes da matéria orgânica, a qual é facilmente perdida durante o cultivo.

5.4 Mapa de Uso e Ocupação da Terra

O Mapa de Uso e Ocupação da Terra foi feito em dois períodos distintos: 1962 e 2005. Para o ano de 1962 utilizou-se de mosaicos semicontrolados da época e para o ano de 2005 utilizou-se de imagem de satélite LANDSAT-5/TM.

5.4.1 Mapa de Uso e Ocupação da Terra de 1962

As classes de uso e ocupação da terra encontradas para o ano de 1962 apresentam-se relacionadas às respectivas áreas na tabela 15. A distribuição espacial dessas áreas na Bacia em estudo encontra-se nas figuras 37 e 38.

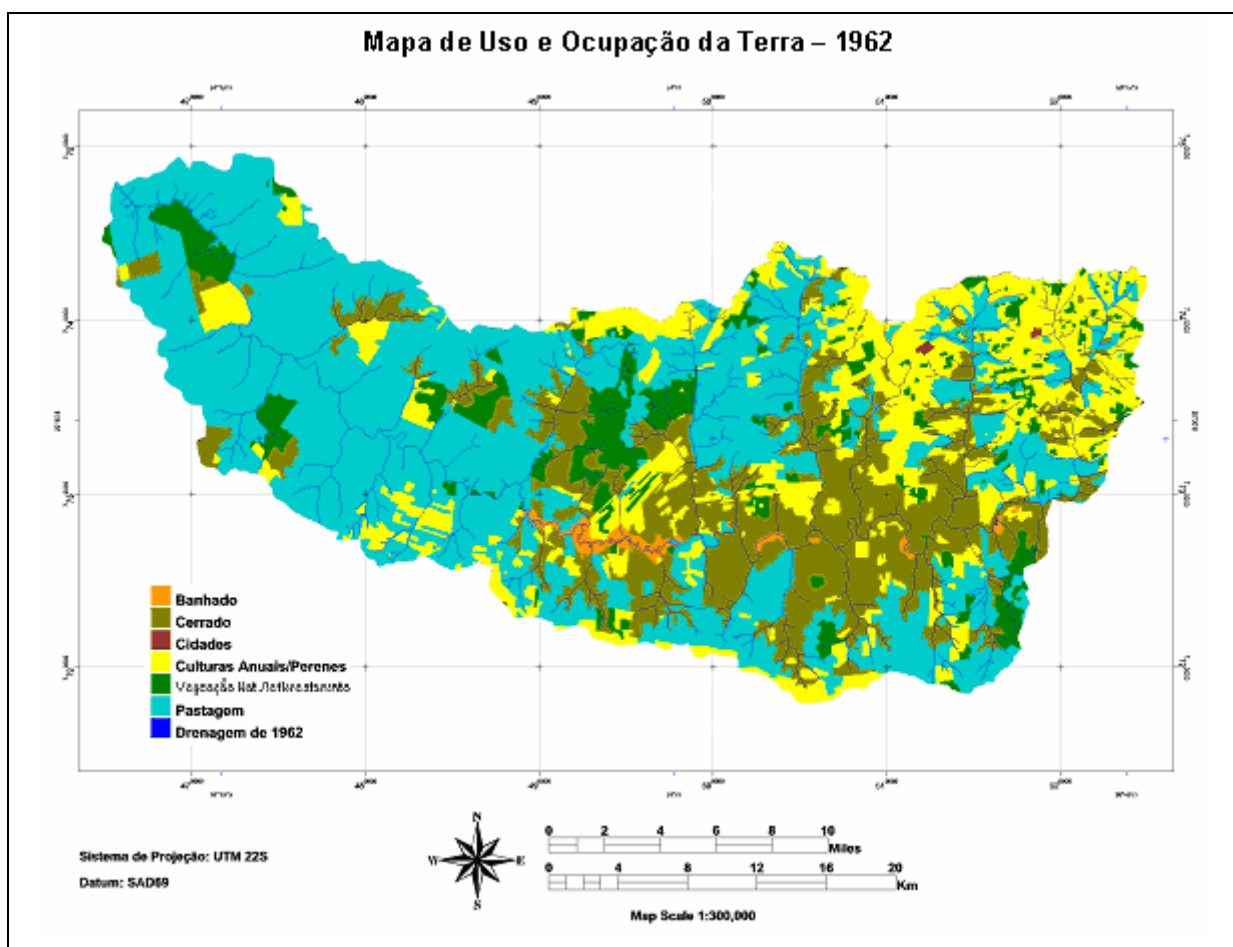


Figura 37 Classes de uso da terra ocorrentes na área de estudo em 1962

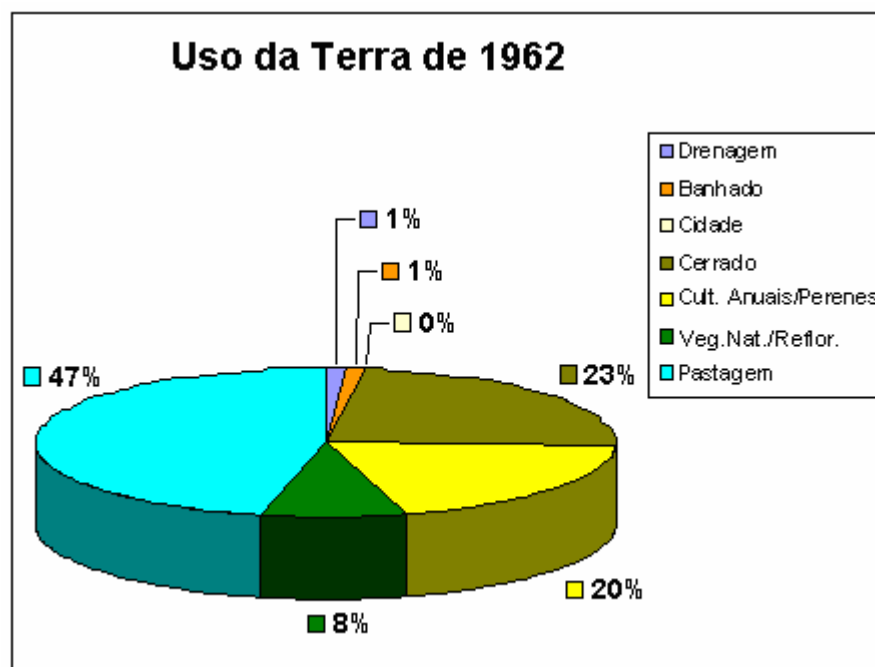


Figura 38 Gráfico da distribuição espacial em (%) do uso e ocupação da terra em 1962

Tabela 15 Classes de uso da terra de 1962, com as respectivas áreas (ha) e em porcentagem na bacia em estudo

USO DA TERRA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Drenagem	1269,27	1,21
Banhado	1030,59	0,98
Cidade	79,47	0,07
Cerrado	24432,75	23,22
Culturas Anuais/Perenes	21108,69	20,06
Veg. Nat./Reflorestamento	8506,98	8,09
Pastagem	48777,12	46,36
TOTAL	105200	100

De acordo com o histórico da região, a partir da década de 50, muitos migrantes de outras partes do país vieram a ocupar a área em função da boa produtividade dos solos para as culturas de algodão, café, amendoim, cana-de-açúcar, bicho-da-seda e arroz. As oscilações financeiras ocorridas no mercado externo, na época, abalaram a economia regional. Essas instabilidades, somadas a outros problemas, vieram a mudar o panorama da região, com muitas vendas de pequenas propriedades. Essas transformações econômicas regionais causaram a substituição da produção agrícola pela pecuária. O que pode ser confirmado, quando se analisa a tabela 15, da qual se depreende que as áreas com pastagens ocupam 46,36% do total da Bacia, quando as culturas anuais e/ou perenes ocupam apenas 20,06% do total da área.

As pastagens estão disseminadas por toda a área da Bacia, ocorrendo menor concentração nos municípios de Aparecida d'Oeste e Palmeira d'Oeste, onde se concentram as culturas anuais e perenes.

As culturas anuais e/ou perenes encontradas na área, de acordo com CHIARINI *et al.* (1976) são: café, arroz, algodão, amendoim, cana-de-açúcar, milho e laranja. A maior concentração, em 1962, encontra-se nos municípios de Aparecida d'Oeste e Palmeira d'Oeste, prevalecendo até os dias de hoje.

Apesar das várias devastações ocorridas na região, primeiro pela cafeicultura e depois pela pastagem, ainda assim encontra-se a marca de 8.09% de floresta e de 23.22% de cerrado. A floresta da região, classificada como Mata Latifoliada Tropical Semidecídua, cuja presença já fora confirmada por CHIARINI *et al.* (1976) e CESP (1990), aparece disseminada nas

bordas dos cursos d'água de pequena expressão (córregos) e próximo a foz do Rio São José dos Dourados.

A paisagem do cerrado é caracterizada por extensas formações savânicas, interceptadas por matas ciliares ao longo dos rios, nos fundos de vale. Entretanto, outros tipos de vegetação podem aparecer na região dos cerrados, tais como os campos úmidos ou as veredas de buritis, onde o lençol freático é superficial; os campos rupestres podem ocorrer nas maiores altitudes e as florestas mesófilas situam-se sobre os solos mais férteis.

De acordo com EITEN (1993), a flora do cerrado é composta por árvores e arbustos de caules grossos e a camada rasteira, constituindo aproximadamente 300-450 espécies vasculares por hectare, perdendo apenas para a floresta tropical úmida. Fisionomicamente, o Cerrado é constituído como um grande mosaico, que inclui formações florestais com dossel mais ou menos fechado (cerradão), contendo árvores de 12 m de altura ou mais; cerrado *sensu stricto*, com um estrato arbóreo-arbustivo geralmente em torno de 6 ou 7 metros e um estrato rasteiro mais ou menos contínuo; campo cerrado apresentando uma vegetação com o estrato arbóreo-arbustivo mais aberto; campo sujo, com estrato herbáceo-graminoso dominante e arbustos ou pequenas árvores esparsos; campo limpo, com um único estrato, dominado por gramíneas.

Este tipo de vegetação ocorre, na maioria das vezes, associado a solos lixiviados, com baixa fertilidade natural e comumente com alta saturação por alumínio trocável (BRASIL, 1983). Os solos são, portanto, predominantemente arenosos, areno-argilosos, argilo-arenosos ou, eventualmente, argilosos. Sua capacidade de retenção de água é relativamente baixa.

As áreas de maior expressão deste tipo de vegetação estão nas proximidades do Rio São José dos Dourados entre os municípios de Pereira Barreto, Sud Mennucci, Suzanópolis, Aparecida d'Oeste e Marinópolis.

A rede hidrográfica e o banhado (área de várzeas) ocupam 2.19% de toda a área da Bacia.

5.4.2 Mapa de Uso e Ocupação da Terra de 2005

O Mapa de Uso e Ocupação da Terra de 2005 foi elaborado por imagem do Satélite Landsat 5 - TM, cena 222/74, de 27/05/2005.

Para a elaboração desse mapa optou-se por realizar classificação semi-automática, a partir do Classificador Supervisionado de Máxima Verossimilhança, o qual utiliza amostras definidas pelo próprio usuário. É importante ressaltar que para incrementar a qualidade do produto final, trabalhos de classificação manual por interpretação visual e controle de campo foram realizados.

Para realizar a classificação foram definidas, inicialmente, as seguintes classes do uso e ocupação das terras: vegetação natural/reflorestamento, pastagens, culturas anuais, culturas perenes, solo exposto, água, e área urbana. Após imagem classificada, utilizou-se a estatística Kappa para testar a concordância entre os resultados observados e os classificados em uma tabela de contingência (matriz de erro). O resultado apresentou o valor de KAPPA de 0,87. Dentro da literatura citada no capítulo revisão, este índice é considerado excelente, com pouca confusão entre as amostras classificadas.

Os resultados alcançados na classificação estão registrados na figura 39.

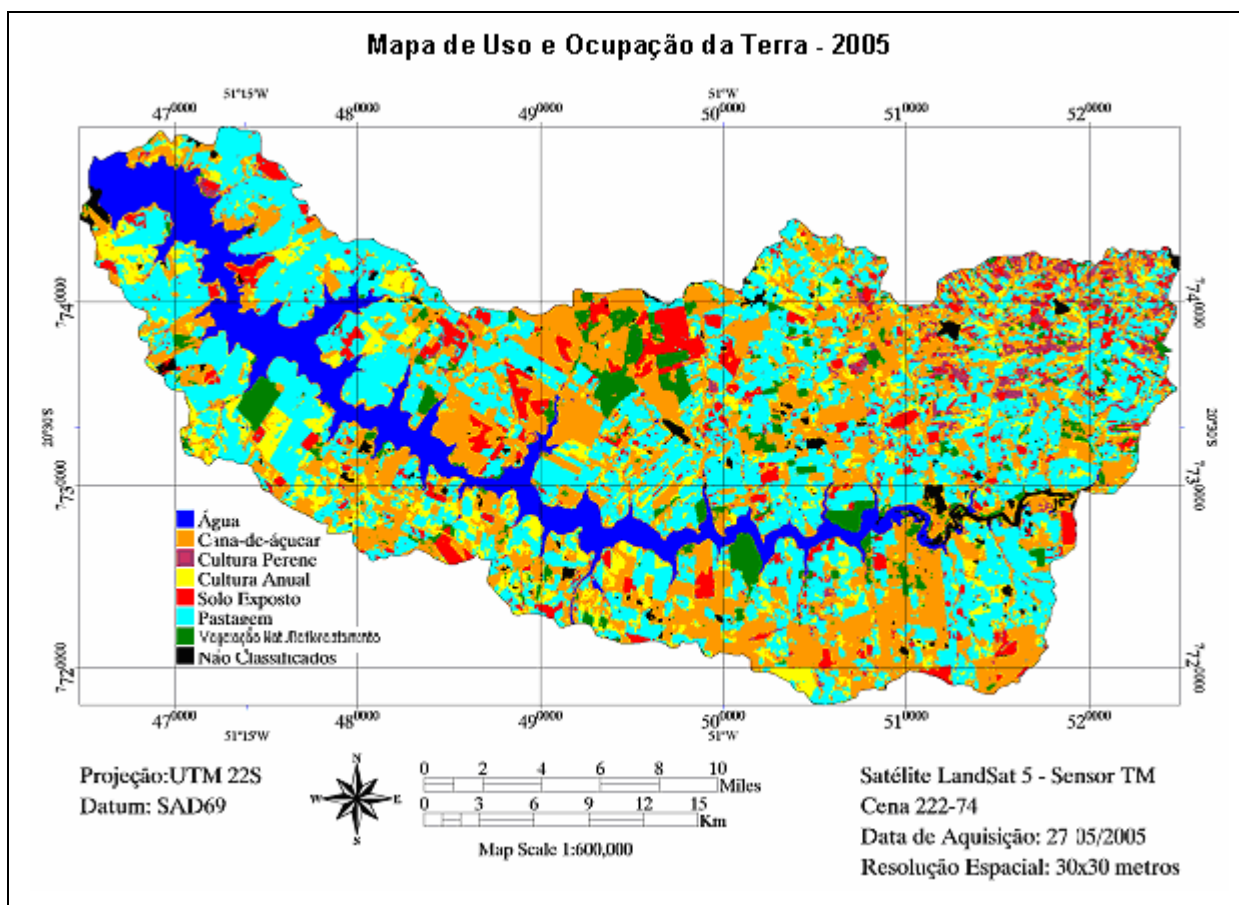


Figura 39 Classes de uso da terra ocorrentes na área de estudo em 2005

As distribuições de classes de uso em hectares e porcentagem podem ser vistas na tabela 16 e na figura 40.

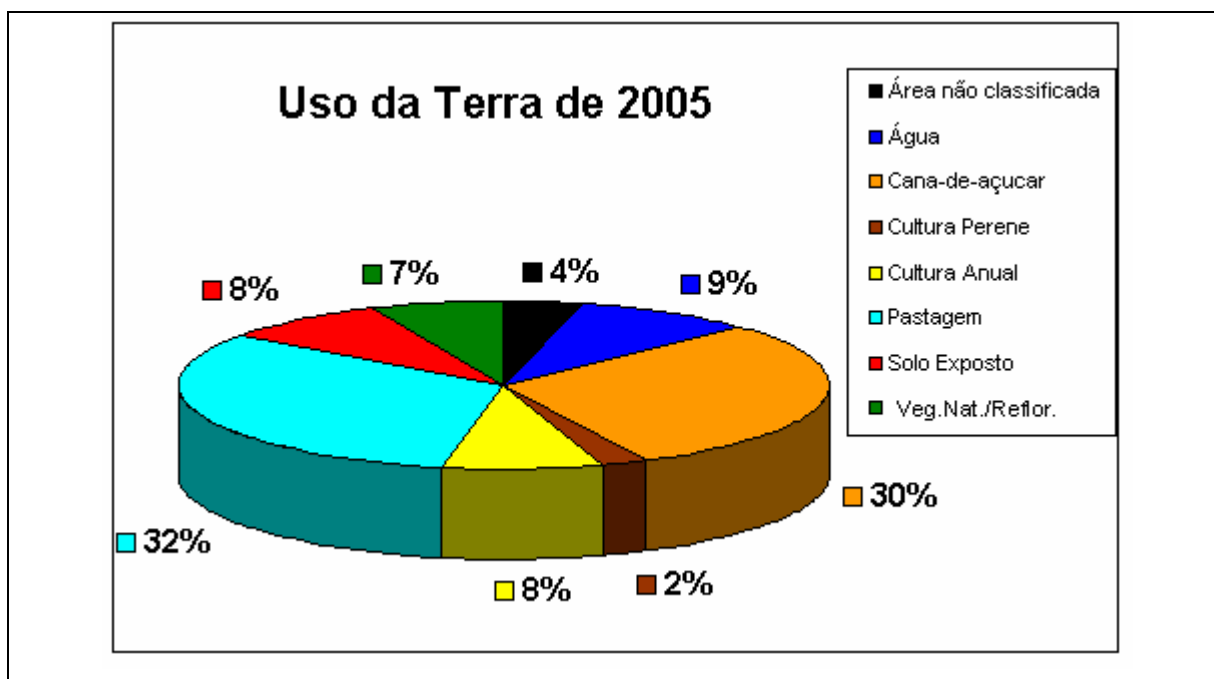


Figura 40 Gráfico da distribuição espacial em (%) do uso e ocupação da terra em 2005

Tabela 16– Classes de uso e ocupação da terra de 2005, com as respectivas áreas (ha) e em porcentagem na Bacia em estudo.

USO DA TERRA (2005)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Área não classificada	4137,6	4
Água	9410,85	9
Cana-de-açúcar	31566,15	30
Culturas Perenes	2251,26	2
Culturas Anuais	8445,96	8
Pastagem	33578,82	32
Solo exposto	8791,83	8
Veg. Nat./Reflorestamento	7017,57	7
TOTAL	105200	100

A classe de vegetação natural/reflorestamento ocupa 7% da área da Bacia. A vegetação natural, aqui enquadrada, refere-se aos povoamentos de florestas naturais, bastante alteradas ou em estado de regeneração bastante avançado, constituídas por indivíduos lenhosos, árvores finas compactamente dispostas, e por espécies espontâneas que invadem as áreas devastadas, apresentando desde porte arbustivo (médio/baixo) até arbóreo (alto/médio). O reflorestamento ocorre espalhado, em pequenas áreas, por toda a bacia estudada. Normalmente estes reflorestamentos são de pinus ou eucaliptos.

As pastagens ocupam 32% do total da área. Esta classe abrange as pastagens artificiais ou plantios de forrageiras para pastoreio, em diversos níveis de tecnificação e manejo, além de pastagens de vegetação espontânea que sobrevivem aos desmatamentos, podendo ou não ser melhoradas com espécies de gramíneas exóticas. Incluem-se as coberturas residuais baixas, até rasteiras, representadas por glebas aparentemente desprovidas de cuidados e com cobertura do solo variável (campos sujos).

As culturas perenes ocupam 2% da área, sendo mais freqüente o cultivo de laranja, café, banana, uva, seringueiras, etc. A cana-de-açúcar é uma cultura semiperene por representar um período de renovação dos talhões em torno de quatro anos.

As culturas anuais são aquelas de ciclo vegetativo curto, de porte baixo a rasteiro. De acordo com a tabela 16 elas ocupam 8% do total da área da Bacia. As que mais se destacam são: algodão, feijão, arroz, milho, soja e sorgo.

A água é representada pelo principal curso d'água o Rio São José dos Dourados e seus tributários. Devido às inundações ocorridas com a construção dos Reservatórios Hidrelétricos de Ilha Solteira e Três Irmãos, esta classe passou a ocupar 9 % de toda a área da Bacia.

5.4.3 Análise comparativa do Uso e Ocupação da Terra entre 1962 e 2005

Para análise comparativa do uso e ocupação da terra entre 1962 e 2005, consideram-se as seguintes classes de uso: Pastagem, Culturas Anuais/Perenes e Vegetação Natural/Reflorestamento, conforme tabela 16 e figura 41 abaixo:

Tabela 17 Classes de uso e ocupação da terra de 1962 e 2005

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	ÁREA (ha)		ÁREA (%)	
	1962	2005	1962	2005
Culturas Anuais/Perenes	21.108,69	42.263,37	20,06	40,17
Pastagem	48.777,12	33.578,82	46,37	31,92
Veg. Natural/Reflorestamento	32.939,73	7.017,57	31,31	6,67
Outros				

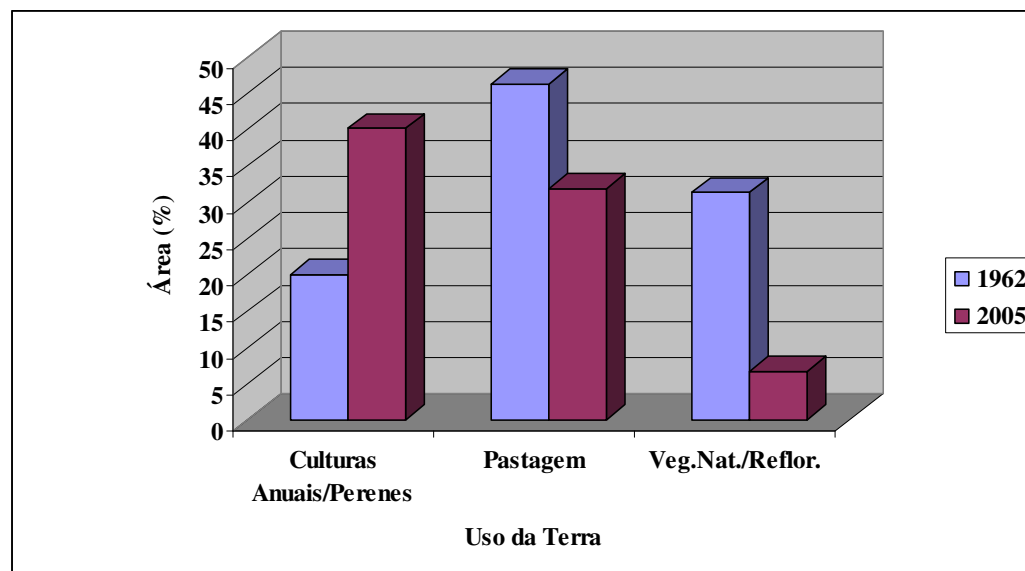


Figura 41 Gráfico da distribuição espacial em (%) do uso e ocupação da terra de 1962/2005

O solo exposto não foi considerado dentro da classe de culturas anuais/perenes apesar de ser, na maioria das vezes, solo que estava em fase final de colheita ou na fase em que estava sendo preparado para o cultivo.

Na tabela 17 a classe culturas anuais/perenes teve um aumento de 100,25% entre os dois períodos analisados (1962 e 2005). O destaque para essa diferença está diretamente ligado ao cultivo da cana-de-açúcar, como pode ser confirmado na tabela 16 onde esta cultura representa 30% do total da área da Bacia em 2005.

Comparando-se os dados das tabelas 6 e 7 (Capítulo 3) fornecidos pelo IBGE (Ano: 2003) com os dados da tabela 16 obtidos em 2005, verifica-se que houve no período de dois anos um aumento de mais ou menos 300% na produção da cana. Este aumento pode estar relacionado às áreas arrendadas pelos pecuaristas depois das crises no mercado financeiro em relação aos focos da febre aftosa. Também se deve considerar que, até 2003, apenas uma

Usina de Açúcar e Alcool pertencente ao Município de Sud Mennucci funcionava na região, ao passo que agora há novas usinas em construção e muitos arrendamentos que antes eram feitos para pecuaristas, hoje estão voltados para a produção de cana-de-açúcar.

Com a expansão da cana-de-açúcar na Bacia, as áreas de pastagens tiveram uma diminuição de aproximadamente 14,36%. Ainda assim, devido a sua disseminação por toda a área da Bacia, pode-se considerar a pecuária como forma predominante de economia.

Comparando-se apenas o uso e ocupação da terra com relação a culturas anuais e perenes, não levando em consideração a cana-de-açúcar, observa-se que houve uma queda de 100% entre 1962 e 2005, ou seja, a classe representativa de culturas anuais e/ou perenes é inexpressiva na Bacia em estudo. A maior concentração dessas culturas anuais e perenes aparece nos municípios de Aparecida d'Oeste e Palmeira d'Oeste, onde existe uma agricultura de subsistência de pequenos agricultores (em média mais de 500 agricultores).

Muitas áreas de vegetação natural (floresta e cerrado) desapareceram neste intervalo, existindo apenas 7% dessas vegetações. Acredita-se que uma parte tenha sido inundada pelos reservatórios das Usinas Hidrelétricas e outra parte seja consequência das devastações feitas pelo homem.

Esta análise temporal busca elucidar se houve uma mudança na região com relação ao uso e ocupação da terra que justificasse o aumento dos canais de 1ª ordem nas cabeceiras das redes de drenagem. Acredita-se que apesar de haver um aumento considerável na produção de cana-de-açúcar, alterando o uso da terra de 1962 a 2005, essas mudanças sejam recentes e tenham ocorrido de forma abrupta, portanto não justificando o aumento dos canais de 1ª ordem observados na Bacia, como se verá mais adiante.

Cabe ressaltar que pelas análises preliminares feitas por estereoscopia das fotografias aéreas de 1962 e de 2000 referentes à área de estudo verificou-se que havia, em 2000, muitos focos erosivos, mais precisamente 154, tal como se contabilizou. Em 1962, no entanto, esses focos não chegaram a 20. A grande diferença observada reforça a hipótese levantada nesta pesquisa, segundo a qual se acredita que áreas sob influência de Reservatórios de Usinas Hidrelétricas constituem-se em parâmetros importantes na análise das alterações, uma vez que revelam a interferência no regime natural de escoamento das águas, além das mudanças sofridas pelo terreno, tais como remoção de solos, retirada de matas ciliares, entre outras.

5.5 Amostras circulares

5.5.1 Amostras circulares aplicadas nos Mapas de Rede de Drenagem

A rede de drenagem constitui-se em importante geoindicador de alterações ocorridas na composição da paisagem de bacias hidrográficas, seja por mudança na sua estruturação, forma ou então por ganho ou perda de canais. As variáveis morfométricas que mais contribuem para a avaliação dessas alterações são: Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh).

A importância de se trabalhar com índices estaria no fato de que os índices obtidos por técnicos diferentes poderiam ser comparados. Para que isto seja possível, a metodologia prevê que estes valores sejam obtidos em bacia de mesma ordem de ramificação ou em amostras circulares de mesma área.

A proposta metodológica deste trabalho é a utilização de amostras circulares de 10 Km² de área em diferentes unidades de solo da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados - SP, com o objetivo de fazer uma análise morfométrica temporal (1962 e 2005) da rede de drenagem, visando a avaliar as alterações nos canais de 1ª ordem. A Bacia em estudo situa-se em área considerada de “Influência de Reservatórios Hidrelétricos de Ilha Solteira e Três Irmãos”.

No presente estudo foram aplicadas 44 amostras em 9 unidades de solo da Bacia, cuja localização é mostrada nas figuras 31, 32 e 33, sendo 5 na unidade PV1, 14 na unidade PV2, 12 na unidade PVA10, 1 na unidade LV39, 1 na unidade LV45, 4 na unidade NQ6, 4 na unidade PVA10+PV2, 2 na unidade PVA10+PV1 e 1 na unidade PVA10 + NQ6.

As reproduções das redes de drenagem das amostras circulares, representativas das unidades de solo estudadas, estão nas figuras 42 a 85 do anexo 3.

As classes de declividade das amostras circulares estão apresentadas no tabela 18 abaixo:

Tabela 18 Classes de declividade das amostras circulares na rede de drenagem, representativas das diferentes unidades de solo

REDE DE DRENAGEM					
SOLO REFERÊNCIA	AMOSTRAS CIRCULARES	CLASSES DE DECLIVIDADES (%)			
		0-3	3-6	6-12	12-20
ARGISSOLO VERMELHO - PV(1)	24				
	30	55	10	27	8
	31	2	25	66	7
	32	0	30	67	3
	38	1	25	68	5
		33	21	42	4
ARGISSOLO VERMELHO - PV(2)	3				
	4	54	9	33	4
	6	20	14	57	8
	10	0	19	71	10
	12	1	18	69	12
	14	45	8	38	8
	15	0	20	71	9
	19	14	15	64	7
	20	0	21	72	7
	22	16	15	56	13
	23	28	12	50	10
	25	0	18	68	14
	28	0	27	70	3
	44	15	16	61	7
		43	11	39	6
ARGISSOLO VERMELHO AMARELO PVA (10)	5				
	7	20	16	57	8
	8	0	20	71	8
	11	57	8	30	5
	17	19	15	58	9
	21	8	21	63	7
	33	0	25	70	5
	34	40	15	41	3
	35	0	23	71	5
	36	0	23	66	11
	37	2	20	66	12
	42	0	21	72	7
		7	18	69	6
LATOSSOLO VERMELHO - LV(39)	2	5	16	62	17
LATOSSOLO VERMELHO - LV (45)	39	0	29	68	3
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NQ(6)	18				
	26	2	22	68	8
	27	0	26	69	5
	29	0	23	72	5
		0	23	71	6
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO PVA (10) + ARGISSOLO VERMELHO PV(2)	9				
	13	0	21	73	6
	16	0	22	71	7
	43	0	21	70	9
		0	22	68	10
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO - PVA(10) + ARGISSOLO VERMELHO - PV(1)	40				
	41	37	12	32	17
		0	22	62	15
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO PVA(10) + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NQ(6)	1	0	36	62	2

Amostra circular de Área= 10 km² e Perímetro = 11,21 km

Ao completar a análise das declividades referentes à Bacia Hidrográfica do baixo curso do Rio São José dos Dourados, verifica-se que apesar da pequena variação altimétrica (300 a 450 m) as classes de declividades são diferenciadas e distribuem-se de acordo com o relevo de formas suavizadas e com a fraca amplitude topográfica da área.

A análise das declividades permite notar que à maior parte das amostras circulares corresponde a maior porcentagem de áreas com declividades de 6-12% (tabela 18), classes de declividades onde não há restrição de uso de máquinas agrícolas. Nestas classes a erosão oferece poucos problemas ou então pode ser controlada com práticas simples. Portanto, de acordo com a declividade e o solo, na maior parte das áreas circulares, a terra está sendo usada de acordo com sua capacidade.

5.5.1.1 Características dimensionais e quantitativas nas amostras circulares

Os resultados referentes às principais alterações ocorridas na rede de drenagem da Bacia em estudo são mostrados nas tabelas 19 e 20.

Foram feitas contagens do número (N1) e do comprimento total (Lt) de canais de 1ª ordem de cada amostra circular para os respectivos anos de 1962 e 2005, cujos resultados estão na tabela 19.

A análise comparativa da tabela 19 indica o aumento do número de canais e seus respectivos comprimentos correspondentes em toda a Bacia estudada.

Analisando os resultados por unidades de solos observou-se que houve uma variação com maior ou menor intensidade. Os aumentos de canais de 1ª ordem ocorrem de forma acentuada nas nove unidades de solos estudadas. Quanto ao comprimento total dos canais de 1ª ordem, observou-se que o aumento foi menos acentuado do que o número de canais.

O número e o comprimento de canais de 1ª ordem condicionaram as alterações na densidade de drenagem (Dd) e na densidade hidrográfica (Dh), respectivamente.

Os índices de densidade de drenagem e densidade hidrográfica das amostras circulares foram calculados e estão reproduzidos na tabela 20.

A tabela 20 mostra que tanto a densidade de drenagem como a densidade hidrográfica, aumentaram de 1962 para 2005, estes aumentos ocorreram em todas as unidades de solos.

Tabela 19 Características dimensionais das amostras circulares da rede de drenagem, de 1962 e 2005, representativas das diferentes unidades de solo

REDE DE DRENAGEM					
SOLO REFERÊNCIA	AMOSTRAS CIRCULARES	NÚMEROS DE CANAIS DE 1ª ORDEM		COMPRIMENTO TOTAL DOS CANAIS DE 1ª ORDEM (km)	
		1962	2005	1962	2005
ARGISSOLO VERMELHO – PV(1)	24	3	6	3,25	5,64
	30	5	12	7,05	6,33
	31	1	8	2,21	4,67
	32	4	10	3,64	6,19
	38	2	4	2,56	2,79
ARGISSOLO VERMELHO – PV(2)	3	6	9	2,54	6,76
	4	8	17	6,28	11,86
	6	8	18	3,02	7,95
	10	8	10	4,28	7,71
	12	3	4	3,21	5,46
	14	10	23	3,84	10,27
	15	8	15	5,59	10,18
	19	10	22	4,84	9,92
	20	8	27	5,14	12,01
	22	5	19	3,11	12,63
	23	9	13	6,10	8,40
	25	10	14	5,39	9,74
	28	11	16	6,42	9,36
	44	2	8	2,03	5,31
ARGISSOLO VERMELHO AMARELO PVA (10)	5	9	11	6,73	8,82
	7	8	14	4,41	5,36
	8	5	10	4,02	3,90
	11	11	17	6,35	8,00
	17	8	15	5,78	8,89
	21	9	11	5,00	5,22
	33	4	7	2,72	2,83
	34	2	7	3,89	3,68
	35	7	10	5,54	6,70
	36	11	13	7,09	10,06
	37	4	5	6,44	7,13
	42	5	9	4,02	7,38
LATOSSOLO VERMELHO - LV(39)	2	2	11	1,97	8,44
LATOSSOLO VERMELHO - LV (45)	39	8	8	3,17	3,82
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NQ(6)	18	11	7	6,14	4,13
	26	7	8	6,98	8,69
	27	7	5	5,59	4,79
	29	3	9	1,22	6,34
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO PVA (10) + ARGISSOLO VERMELHO PV(2)	9	9	8	6,70	6,05
	13	9	23	5,56	12,29
	16	5	15	5,95	9,53
	43	6	12	6,57	7,67
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO - PVA(10) + ARGISSOLO VERMELHO – PV(1)	40	9	1	4,32	7,34
	41	4	12	4,87	4,71
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO PVA(10) + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NQ(6)	1	7	12	4,47	7,16

Amostra circular de Área= 10 km² e Perímetro = 11,21 km

Tabela 20 Características quantitativas do padrão de drenagem das amostras circulares de 1962, na escala aproximada de 1: 25.000, representativas das diferentes unidades de solo

REDE DE DRENAGEM – ANO: 1962					
SOLO REFERÊNCIA	AMOSTRAS CIRCULARES	DENSIDADE DE DRENAGEM (Dd)		DENSIDADE HIDROGRÁFICA (Dd)	
		1962	2005	1962	2005
ARGISSOLO VERMELHO - PV(1)	24	0,32	0,56	0,3	0,6
	30	0,71	0,63	0,5	1,2
	31	0,22	0,47	0,1	0,8
	32	0,36	0,62	0,4	1,0
	38	0,26	0,28	0,2	0,4
ARGISSOLO VERMELHO - PV(2)	3	0,25	0,68	0,6	0,9
	4	0,63	1,19	0,8	1,7
	6	0,30	0,79	0,8	1,8
	10	0,43	0,77	0,8	1,0
	12	0,32	0,55	0,3	0,4
	14	0,38	1,03	1,0	2,3
	15	0,56	1,02	0,8	1,5
	19	0,48	0,99	1,0	2,2
	20	0,51	1,20	0,8	2,7
	22	0,31	1,26	0,5	1,9
	23	0,61	0,84	0,9	1,3
	25	0,54	0,97	1,0	1,4
	28	0,64	0,94	1,1	1,6
	44	0,20	0,53	0,4	0,8
ARGISSOLO VERMELHO AMARELO PVA (10)	5	0,67	0,88	0,9	1,1
	7	0,44	0,54	0,8	1,4
	8	0,37	0,39	0,5	1,0
	11	0,64	0,80	1,1	1,7
	17	0,58	0,89	0,8	1,5
	21	0,50	0,52	0,9	1,1
	33	0,27	0,28	0,4	0,7
	34	0,39	0,37	0,2	0,7
	35	0,55	0,67	0,7	1,0
	36	0,71	1,01	1,1	1,3
	37	0,64	0,71	0,4	0,5
	42	0,40	0,74	0,5	0,9
LATOSSOLO VERMELHO - LV(39)	2	0,20	0,84	0,2	1,1
LATOSSOLO VERMELHO – LV (45)	39	0,32	0,38	0,8	0,8
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NQ(6)	18	0,61	0,41	1,1	0,7
	26	0,70	0,87	0,7	0,8
	27	0,56	0,48	0,7	0,5
	29	0,12	0,63	0,3	0,9
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO PVA (10) + ARGISSOLO VERMELHO PV(2)	9	0,67	0,60	0,9	0,8
	13	0,56	1,23	0,9	2,3
	16	0,59	0,95	0,5	1,5
	43	0,66	0,77	0,6	1,2
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO - PVA(10) + ARGISSOLO VERMELHO - PV(1)	40	0,43	0,73	0,9	0,1
	41	0,49	0,47	0,4	1,2
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO PVA(10) + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NQ(6)	1	0,45	0,72	0,7	1,2

Amostra circular de Área= 10 km² e Perímetro = 11,21 km

5.5.1.2 Avaliação do quadro das alterações ambientais na Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados

Nas tabelas 22 a 29 estão reproduzidos os valores médios do número de canais, comprimento total de canais, densidade de drenagem e densidade hidrográfica de cada unidade de solos amostrada e as respectivas alterações em valores percentuais.

Tabela 21 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	3,00	8,00	166,67
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	3,74	5,12	36,90
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,37	0,30	19,00
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,51	0,80	57,00

Tabela 22 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	7,57	15,36	102,91
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	4,41	9,11	106,58
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,44	0,77	75,00
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,91	1,54	69,23

Tabela 23 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	6,91	10,75	55,57
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	5,17	6,49	25,53
L Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,42	0,71	69,04
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,64	1,18	84,37

Tabela 24 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Latossolo Vermelho (LV39)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	2,00	11,00	450,00
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	1,97	8,44	328,43
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,20	0,20	0,00
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,84	1,10	30,95

Tabela 25 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Latossolo Vermelho (LV45)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	8,00	8,00	0,00
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	3,17	3,82	20,50
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,32	0,80	150,00
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,38	0,80	110,53

Tabela 26 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	7,00	7,25	3,57
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	4,98	5,98	20,08
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,50	0,70	40,00
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,60	0,73	21,67

Tabela 27 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2) + Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	7,25	14,50	100,00
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	6,20	8,88	43,23
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,62	0,73	17,74
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,89	1,45	62,92

Tabela 28 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1) + Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	6,50	6,50	0,00
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	4,60	6,02	30,87
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,46	0,65	41,30
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,60	0,65	8,33

Tabela 29 Valores médios das características dimensionais e quantitativas das amostras circulares observados na unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10) + Neossolo Quartzarênico (NQ6)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E QUANTITATIVAS VALORES MÉDIOS	ANO		ALTERAÇÃO (%)
	1962	2005	
Área (km ²)	10,00	10,00	0,00
NT (1) Número total de canais de 1ª ordem	7,00	12,00	71,42
LT (1) Comp. total dos canais de 1ª ordem (km)	4,47	7,16	60,18
Dd (1) Densidade de Drenagem Dd (Km/km ²)	0,45	0,70	55,55
Dh (1) Densidade Hidrográfica Dh (N1/Km ²)	0,72	1,20	66,66

Os valores médios de densidade de drenagem e densidade hidrográfica podem ser visualizados graficamente nas figuras 85 e 86.

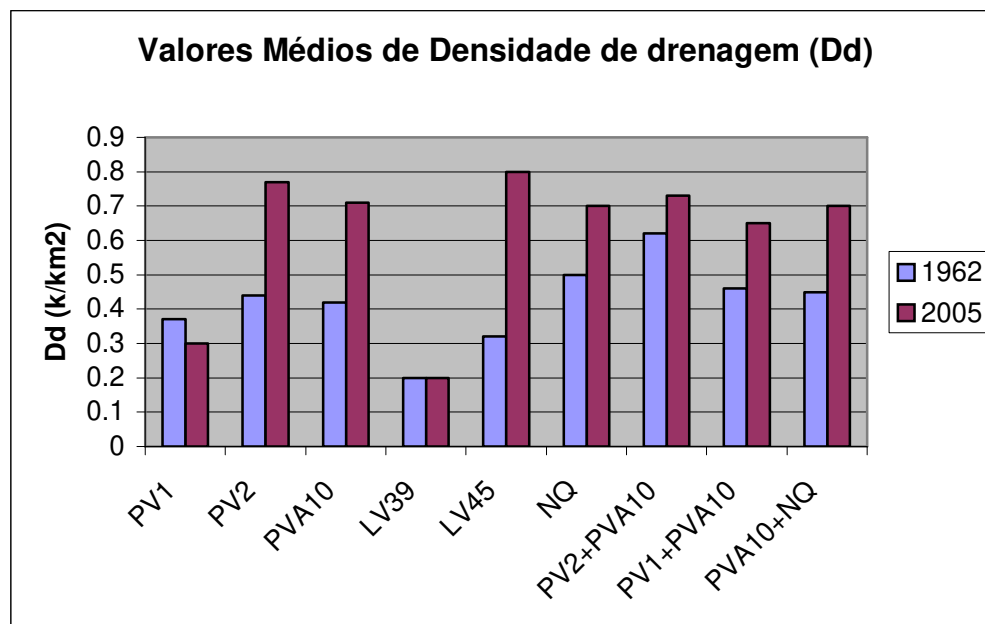


Figura 85 Valores médios de densidade de drenagem (Dd) ocorridas nas unidades de solo da Bacia entre 1962 a 2005

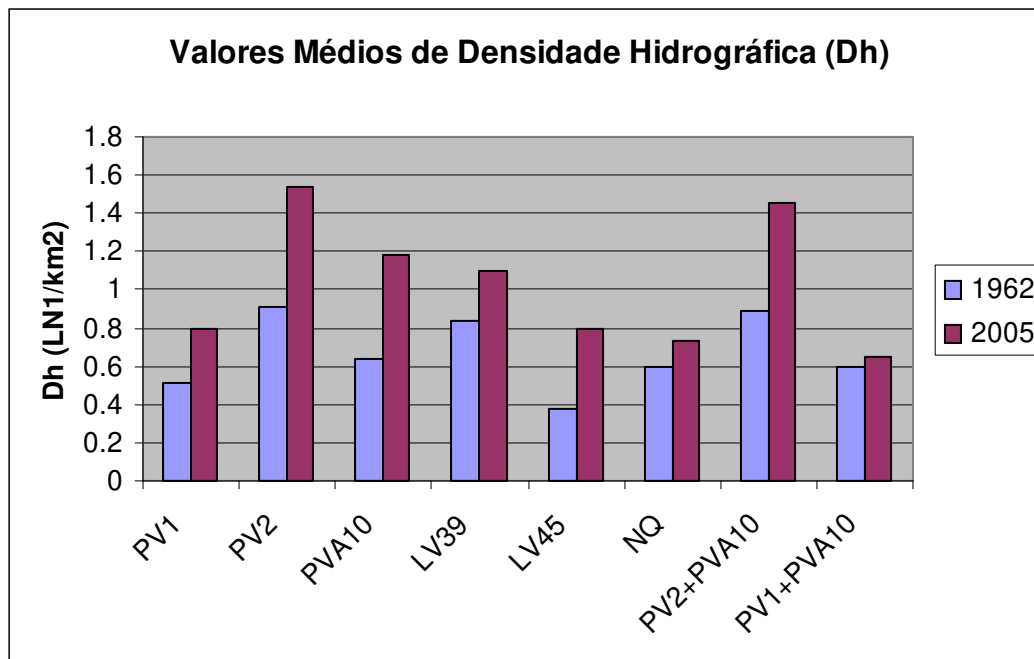


Figura 86 Valores médios de densidade de hidrográfica (Dh) ocorridos nas unidades de solos entre 1962 e 2005

Os gráficos das figuras 85 e 86 elucidam bem as mudanças ocorridas na Bacia entre os dois períodos analisados. Houve aumento tanto para densidade de drenagem como para densidade hidrográfica, atestando evolução da rede de drenagem, porém estes aumentos variam com maior ou menor intensidade entre as unidades de solos.

As mudanças das características da paisagem da Bacia Hidrográfica do baixo curso São José dos Dourados foram estabelecidas com base nos seguintes atributos:

- ✓ Modificações ocorridas na rede de drenagem (densidade de drenagem e densidade hidrográfica);
- ✓ O tipo de atividade antrópica registrada na área;
- ✓ Características referentes ao meio físico: solos e declividade do terreno.

Analisando o uso agrícola nas amostras circulares, concluiu-se que apesar de haver mudanças significativas no uso com o cultivo de cana em 2005, estes só intensificaram a partir de 2003, portanto, não houve no período de 1962 a 2003 nenhuma mudança que justificasse os aumentos nos índices de densidade de drenagem e densidade hidrográfica ocorridos na rede de drenagem de toda a Bacia estudada.

Os valores médios confirmam que os aumentos dos números de canais de 1ª ordem ocorreram em todas as unidades de solos com classe de declividade predominante de 6-12%.

Conseqüentemente, estas mudanças condicionam as modificações dos parâmetros de densidade de drenagem e de densidade hidrográfica. As variações significativas em Dd e Dh indicam o quanto uma bacia se alterou ao perder ou ganhar novos cursos d'água. Acredita-se que estas alterações estejam condicionadas à instalação dos reservatórios hidrelétricos na região, no qual contribuíram para a evolução da rede de drenagem da Bacia em estudo.

5.5.2 Amostras circulares aplicadas nos Mapas de Uso e Ocupação da terra

Utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, foi possível quantificar a evolução temporal e espacial do uso e ocupação da terra, dentro das amostras circulares para os anos de 1962 e 2005.

Esta análise temporal buscou elucidar se houve uma mudança nas amostras circulares com relação ao uso e ocupação da terra, que justificasse o aumento dos canais de 1ª ordem nas cabeceiras das redes de drenagem.

A evolução temporal do uso e ocupação da terra das amostras circulares para os anos 1962 e 2005 pode ser observada nas figuras 87 e 88:

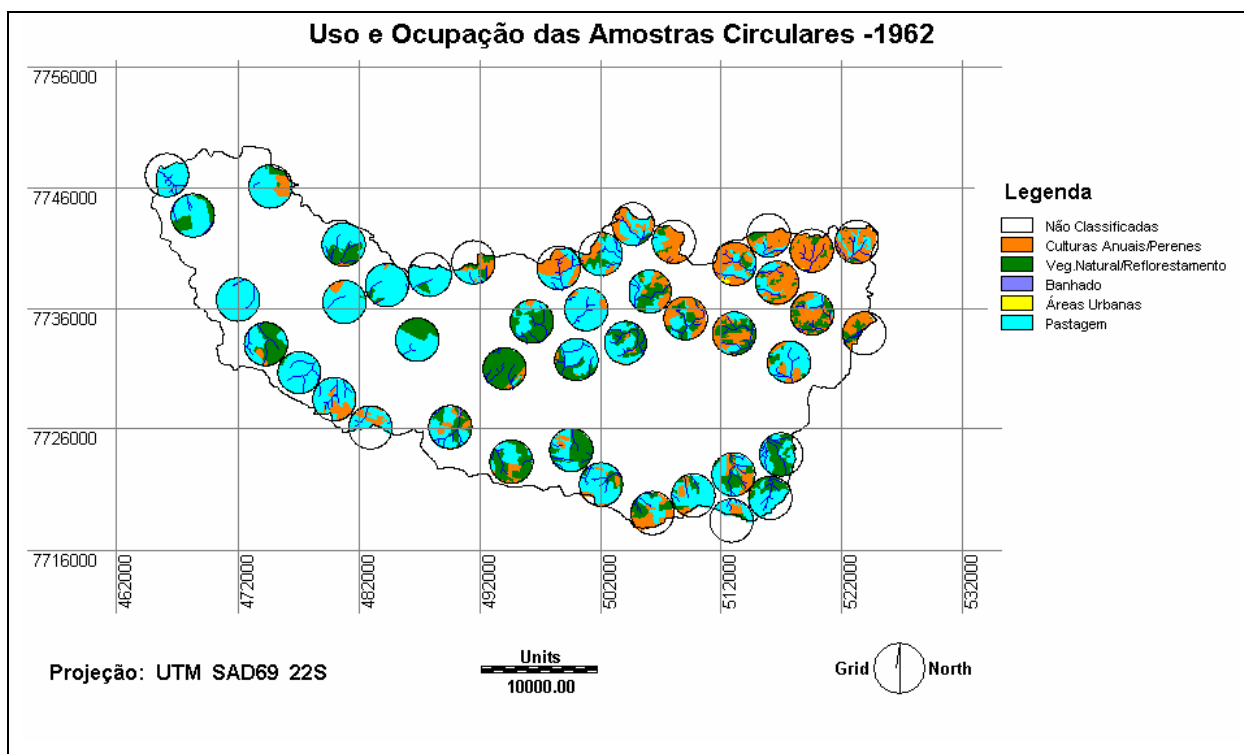


Figura 87 Uso e Ocupação das Amostras Circulares - 1962

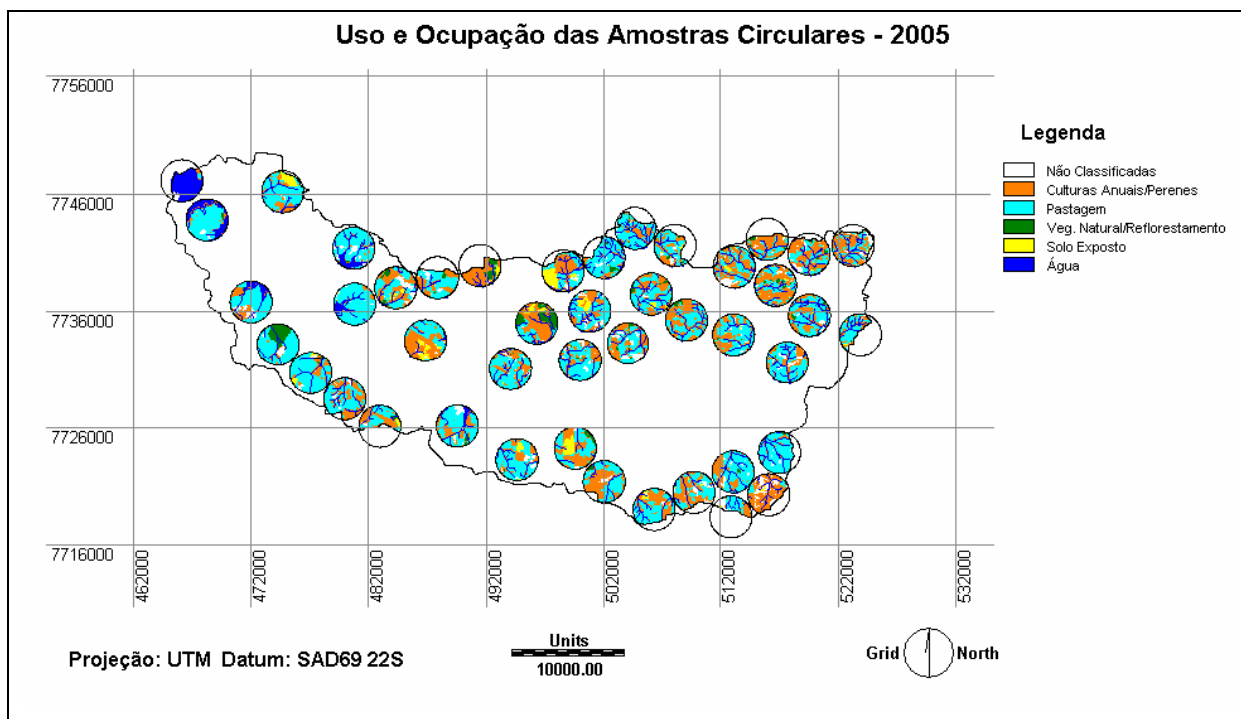
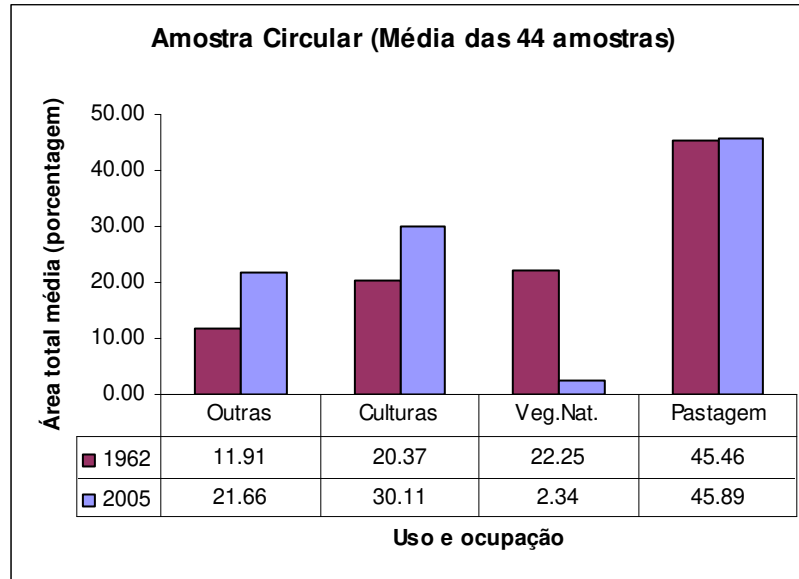


Figura 88 Uso e Ocupação das Amostras Circulares – 2005

Nesta análise para quantificar a variação temporal do uso e ocupação da terra optou-se pela representação média de todas as amostras circulares como pode ser vistos na tabela 30 e na figura 89.

Tabela 30 Classes de uso e ocupação da terra nas amostras circulares de 1962 e 2005

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DAS AMOSTRAS CIRCULARES	ÁREA (ha)	
	1962	2005
Culturas Anuais/Perenes	21427,16	31677,56
Pastagem	47828,25	48273,67
Veg. Natural/Reflorestamento	23410,92	2460,174
Outras	12531,97	22786,9



21

Figura 89 Área total média das 44 amostras circulares de Uso e Ocupação da Terra

Na tabela 30 pode-se observar que houve uma redução de cerca de 89% da vegetação natural, ou seja, em 1962 a área total média era em torno de 23.410,92 ha, passando a 2.460,174 ha em 2005. Este fato pode estar atrelado em parte à construção dos reservatórios das usinas hidrelétricas, onde extensas áreas com vegetação natural foram inundadas e também ao aumento das pastagens e das culturas anuais e perenes ocorridas no período analisado.

Observada a figura 89, é possível verificar que a pastagem e as culturas anuais e perenes para o ano de 2005 tiveram um incremento, respectivamente, de 0,43% e 9,74%, em relação ao ano de 1962. As figuras 87 e 88 reforçam o fato citado pois permitem a verificação de que a maior parte das áreas contidas nas amostras circulares com vegetação natural foi reduzida a culturas anuais e perenes e também parte destas áreas transformou-se em pastagem. Outro fato importante a ser realçado é que o aumento das culturas anuais e perenes é devido principalmente à introdução da cana-de-açúcar na região, que ocorreu a partir do ano 2000.

Também se observa, na figura 89, que a pastagem representa cerca de 46% do total das amostras circulares para os dois períodos analisados. Isto comprova que de modo geral não houve alterações de uso e ocupação destas áreas.

Em termos gerais, o uso e a ocupação da terra nas áreas das amostras circulares não variaram de um período para o outro a ponto de justificar as alterações ocorridas nas redes de drenagem.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSÕES

Com o estudo desenvolvido neste trabalho pôde-se constatar que a caracterização ambiental, utilizando a unidade física Bacia Hidrográfica, foi funcional e para tanto foi indispensável uma análise temporal com fotomosaicos aéreos (1962) e imagens de satélite Landsat 5-TM (2005), que se mostraram instrumentos satisfatórios na obtenção do mapa de redes de drenagem e de uso e ocupação da bacia estudada.

A interpretação dos dados de fotomosaicos e as imagens de satélite permitiram observar as alterações ocorridas no período de 1962 e no de 2005, comparando os dois períodos nas características da rede de drenagem e uso e ocupação da terra.

Os fotomosaicos aéreos de 1962, que não estavam digitalizados e disponíveis no sistema, tiveram agilizado a sua entrada no sistema pelo processo de escaneamento, mosaicagem e georreferenciamento dos mosaicos estudados. Para a obtenção do mapa de uso e ocupação com base nas imagens de satélite o *software* Envi 4.0® mostrou ser um aplicativo adequado, com recursos diferenciados para o georreferenciamento e processamento das imagens rasterizadas.

A amostragem circular de 10 km², para os fotomosaicos aéreos na escala de 1:25.000 e para a imagem de satélite na escala aproximada de 1:50.000, mostrou-se eficiente e prática para a análise quantitativa dos padrões de drenagem na área estudada. O banco de dados gerado e o georreferenciamento tiveram as suas análises e organização facilitadas para o uso das técnicas do geoprocessamento e sensoriamento remoto, o que possibilitou a caracterização do meio físico e de suas inter-relações com as diferentes formas de uso e ocupação da terra.

Para observar as modificações ocorridas no ambiente estudado, em especial na unidade de solo, a morfometria do sistema de drenagem constituiu-se em um adequado geoindicador destas modificações e por isso mesmo configurou-se como importante ferramenta no planejamento dessas unidades físicas.

As observações de campo e as análises e interpretações feitas na área de estudo com fotografias aéreas e imagens de satélite nos períodos de 1962 e 2005 permitiram a identificação de processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), recuo de cabeceiras,

abatimentos e capturas de canais fluviais de primeira ordem. A utilização do método de amostras circulares, aplicado em canais de primeira ordem, que compõem a rede hidrográfica do baixo curso do Rio São José dos Dourados (SP) indicou que a reativação dos processos geomorfológicos anteriormente citados não resultou apenas de um inadequado uso e ocupação das terras (agricultura e pecuária), segundo Classificação de Terras com base no sistema de capacidade de uso, mas principalmente se deu pela mudança de nível de base dos cursos de água, devido à construção de reservatórios de usinas hidrelétricas do Rio Paraná (Ilha Solteira e Três Irmãos).

Os processos de transformação decorrentes da ação do sistema antrópico sobre o geossistema analisado representam o rompimento de um estado de equilíbrio e a busca do sistema processo-resposta por um novo estado de estabilidade dinâmica, que possa ser mais coerente com as novas características de seu ambiente.

Devido aos resultados apresentados, sugere-se que seja dada continuidade a este estudo considerando outras variáveis como, por exemplo, as modificações ocorridas nas redes de drenagem, nas condições hidro-sedimentológicas e nos processos geomorfológicos, assim como, caracterizar as condições fluviométricas e hidro-sedimentológicas atuais e comparando-as com dados de períodos anteriores.

CAPÍTULO 7

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A relação bibliográfica abaixo listada corresponde a um levantamento realizado e disponível para a consulta:

AB’SABER, A. As boçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, Franca, v.1, n.2, p.5 – 27, 1968.

ALMEIDA, F.F.M. *et al.* Informações geológicas sobre o oeste mineiro e seu significado geotectônico. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.52, n.1, p.49-60, 1980.

ALMEIDA, F.G. A Erosão dos solos considerando suas várias escalas temporais e espaciais de mensuração e análise. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA-GEOGRAFIA FÍSICA URBANA, GEOPROCESSAMENTO E ENSINO, 6, 1995, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia, S.n., 1995. v.1, p.321-326, 1995.

_____. Distribuição regional e relações tectônicas do magnetismo pós-paleozóico no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.16, n.4, p.325-349, 1986.

ALVES, D.S. *et al.* Análise comparativa de técnicas de classificação de imagens do sensor Landsat/TM para caracterização de áreas desflorestadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos, SP. **Anais...** Santos: INPE, 1998. CD-ROM.

ALVES, J.M.P.;CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2, p.117-127, 2003.

AMARAL, A.Z.; AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A.C. – **Elementos de Pedologia**. São Paulo, Editora da USP, 1972. p.429-442.

ANANABA, S.E. Dam sites and crustal megalineaments in Nigeria. **ITC Journal**, n.1, p.26-29, 1991.

ANDERSON, P.S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 136 p.

ÂNGULO FILHO, R. **Características da rede de drenagem e do relevo de três solos do estado de São Paulo, determinados em fotografias aéreas e cartas planialtimétricas**. 1986. 100 f. Tese (Doutoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

ARID, F.M.; BARCHA, S.F. Sedimento neoceno-zóicos no vale do Rio Grande – formação Rio Grande. **Sedimentologia e Pedologia**, São Paulo, v.2, p.1-37, 1971.

AUDI, R. **Fotointerpretação de atributos de canais de drenagem em solos da região noroeste do estado de São Paulo**. 1972. 182 f. Tese (Doutoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão rural no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 2, 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1981. v.2, p.117-137.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Editora da UFSC, Florianópolis, SC, 1994, 112 p.

BERGER, A.R. The geoindicator concept and its application: an introduction. In: BERGER, A.R. & IAMS, W.J; (ed.). **Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems**. Rotterdam, A.A. Balkema, 1996. p.1-14.

BERGSMA, E. Field boundary gullies in the Seryu River basin, Central Java. **ITC Journal**, Enschede, n.1, p.104-121, 1978.

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais determinadas em função das perdas por erosão. **Bragantina**, Campinas, v.18, p.113-140, 1959.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), 1975. 25 p. (Boletim Técnico, 21).

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique, **Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v.39, n.3, p.249-272, 1968.

_____. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra, IG-USP**, São Paulo, v.13, p.101-127, 1972.

_____. Le paysage entre la nature et la société. **Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, n. 49, p.16-26, 1978.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 3, 1985. Maringá, **Anais...** Maringá: S.n., ABGE/ADEA.1985. (Livro Guia), 332 p.

BOURGEOIS, F. **Sols sur socle ancien à Madagascar: types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire**. Paris: ORSTOM, 1972. (Mémoires Orstom, 57).

BRANDT, S.A.; OLIVEIRA, I.G. **O planejamento da nova empresa rural brasileira**. Rio de Janeiro: APEC editora, 1973. 260 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL; Folha SE 22 Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 768 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

BRIGUENTI, E.C. **O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 2005. 179 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BURINGH, P. The application of aerial photography in soils surveys. In: American Society of Fotogrammetry. **Manual of Photography Interpretation**. Washington: ASF, 1960. p.633-636.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Claredon Press, 1987. 193 p.

CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectiva de evolução. In: ASSAD, E.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa, 1993. p.13-37.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.A.; SANO E.E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA – CPAC, 1998. p.3-11.

CAMPOS, H.C.S. **Contribuição ao estudo hidrogeoquímico no grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 1993. 177f. Tese (doutorado em geociências), Instituto de geociências, universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

CARDOSO, L.G. **Comportamento das redes de drenagem em solos com cana-de-acúcar e com eucalípto**. 1988. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia na Agricultura) – Faculdade de

Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1988.

CARDOSO, L.G.; PIEDADE, G.C.R.; BARROS, Z.X. Fotointerpretação da rede de drenagem de áreas reflorestadas com eucalipto no município de Botucatu nos períodos 1962-1972 e 1972-1977. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.3, n.3, p.21, 1988.

CARRIERI, A.P.; BASTOS FILHO, G.S. Diagnóstico e descrição dos sistemas de produção da microbacia do Espraiado, Ribeirão Preto. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.11, nov. 1994.

CARVALHO, W.A; **Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural**. 1977. 126 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

CASSETTA, E.L.; CONSTÂNCIO, D. O Emprego de fotointerpretação e do aerosketchmaster como recurso para delimitação do uso do solo. **Revista da Universidade de São Francisco**, Bragança Paulista, v.4, n.8, p.19-28, 1986.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (1998) – 2000**. CETESB: São Paulo, 2001.

CHIARINI, J.V. *et al.* **Uso atual das terras do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1976. p. 1-35 (Boletim técnico, 37).

CHIOSI, N.J. **Geologia aplicada à engenharia**. 3.ed. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1983. 427 p.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A.; SUDGEN, D.E. **Geomorphology**. Cambridge: Methuen, 1984. 606p.

CHORLEY, R.J. The hillslope hydrological cycle. In: KIRKBY, M.J. (Ed). **Hillslope Hydrology**. New York: John Wiley & Sons, 1978. p. 1-42.

CHRISTOFOLETTI, A. O fenômeno morfogenético no município de Campinas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.8, n.16, p. 3-97, 1968.

_____. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. Campinas. **Notícias Geomorfológicas**. v.9, n.18, p.35-64, 1969.

_____. **Geomorfologia**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher , 1974. 150 p.

_____. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, USP, 1979.

_____. Significância da teoria de sistemas em geografia. **Boletim da Geografia Teorética** 16-17 (31-34) 119-128, 1986-1987.

_____. Morfologia do relevo na média Bacia do rio Corumbataí. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 5. São Paulo: **Anais...**, 1993.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.236 p.

CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Ediciones Rialp, 1990. 453p.

COIMBRA, A.M. **Arenitos da formação Bauru**: estudo de áreas. São Paulo (SP), 1976. 2v. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas**: aplicação na bacia

hidrográfica do Rio Capivari – SP. 2000. 198 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS – CBH – SJD. Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para elaboração do plano da Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados – Relatório Zero, Minuta Relatório 40675, São José do Rio Preto, 1998, 119p. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh.cgi.exe/GrupoDoc?Comite=CRH/CBH-SJD>, 05 março 2002.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ/BATALHA – CBH – TB. Relatório de situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 16 – Geomorfologia. Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação- CETEC, p.19-21. Disponível em http://tb.sigrh.sp.gov.br/relatorio/pdf/Tb_2-2-3.pdf, 20 junho 2006.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP. **Ilha Solteira**: a cidade e a usina. São Paulo: CESP, 1988. 93 p. (Fascículos da História da Energia Elétrica em São Paulo, 2).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **Estudos de Impacto Ambiental/RIMA, UHE Três Irmãos**. São Paulo: CESP, 1990.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas - SP: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

CROSTA, A.P.; SOUZA FILHO, C.R. **Sensoriamento Remoto**. Anuário Fator GIS 97, p.C-10-C21. 1997.

CURRAN, P.J. **Principles of remote sensing**. London: Longman Scientific, 1985. 260p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Estudo de águas subterrâneas, região administrativa 7,8,9 Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba.** São Paulo: DAEE, 1976. 4 v.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. Águas subterrâneas: reserva estratégica. **Revista Águas e Energia Elétrica**, n. 13, p.14-23, 1998.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE / INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA-IPT. **Controle de erosão:** Bases conceituais e técnicas; Diretrizes para o planejamento urbano e regional; Orientações para o controle de boçorocas urbanas. São Paulo: Secretaria de Energia e Saneamento, Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1989. p.92.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE. **Caracterização os recursos hídricos no Estado de São Paulo**, São Paulo: ENCO, 1984. 2v.

De MARIA, I.C. **Razão de perdas de solo para alguns sistemas de manejo da cultura de milho.** 1995. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônoma, Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

DEMATTE, J.A.M.; GARCIA, G.J. Dados digitais do TM/LANDSAT-5 na discriminação de solos desenvolvidos de rochas eruptivas no estado de Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa (MG). **Anais...** Viçosa: UFV, 1995. p.1586-1588.

DIETRICH, W.E.; DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M.J. (Ed): **Channel Network Hydrology**. New York: John Willey & Sons, 1993. p.175-219.

DONZELI, P.L. *et al.* Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI NETO, F.;

CAMARGO, O.A. (coord.). **Microbacia do Córrego São Joaquim (Município de Pirassununga)**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1992. p.91-119. (Documentos IAC, 29).

EGBOKA, B.C.E.; ORAJAKA, I.P. Soil and gully erosion models for effective control programmes. **Geoforum**, v.18, n.3. p.333-341, 1987.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: NOVAES PINTO, M (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Universidade de Brasília, 1993. p.17-73, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA/INSTITUTO AGRÔNOMO DE CAMPINAS – IAC/CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA – CEPAGRI. Série Histórica. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/shdescriptor>> 10 de dezembro de 2005.

ESPÍNDOLA, C.R. **Relações entre os solos e elementos de paisagem na zona do Baixo Rio do Peixe (Região Conchas–Anhembi, SP)**. 1997.113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônoma) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

FACINCANI, E.M. **Influência da estrutura e tectônica no desenvolvimento das boçorocas da região de São Pedro (SP): proposta de reabilitação e aspectos jurídico-institucionais correlatos**. 1995. 124 f. Tese (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

FADEL, H. **Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da fazenda Ipanema, município de Araçoiaba da Serra (SP)**. 1972. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônoma) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

FARRET, J.C.; GIOTO, E. Aplicabilidade do georreferenciamento de aerofotos de pequeno formato na formação de bancos de dados espaciais – Uma alternativa para o cadastro técnico rural municipal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27. n.4. p.577-581, 1997.

FAVRIN, L.J.B. Levantamento da cobertura vegetal do município de Campos do Jordão no período de 1962 a 1977 através de fotografias aéreas. **Silvicultura São Paulo**, São Paulo, v.17/19, p.39-45, 1985.

FELGUEIRAS, C.A. *et al.* Metodologias de integração de dados em sistemas de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, 1990, Manaus. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1990. v.3. p.732-735.

FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (ks, Brasil)**. 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/rgb/vol30_down/3004/3004717.pdf>. Acesso em 15 jun.2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Agricultural development**: soil erosion by water; some measures for its control on cultivated lands. Rome: FAO, 1965. 284p. (FAO, Paper 81).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **La erosión del suelo por el agua**: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma: FAO, 1967, 207p.

FORMAGGIO, A.R. *et al.* Características multiespectrais de alguns solos tropicais do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa (MG). **Anais...** Viçosa: UFV, 1995. p.1517-1519, 1995.

FRANÇA, G.V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) -

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

FREIRE, E.S.M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. **Construção**, Rio de Janeiro, n.95, p.10-18, 1965.

FREIRE, J.C. **Fotointerpretação de redes de drenagem de três solos da região de Altinópolis, Minas Gerais**. 1977. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

FREIRE, L. **Grande e novíssimo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Noite Editora, 1939. 5000p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2003.

FURLANI, G.M. As boçorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. **Geomorfologia**, São Paulo, n.10, p.12-15, 1969.

FURLANI, G.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca**. 1980. 376 f. Dissertação (Mestrado em Geomorfologia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

GARCIA, G.J. **Fotointerpretação comparativa de fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelhas coloridas**. 1975. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, São Paulo 1975.

GARCIA, G.J. **Sensoriamento remoto**. São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.

GARCIA, G.J. *et al.* Fotografias aéreas e seus aspectos quantificáveis para as fotopedologia. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 4, p.109-113, 1979.

GIAROLA, N.F.B. **Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras na região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG)**. 1994. 235 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

GOMES, R.D. **Aspectos da contaminação do aquífero livre do município de Pereira Barreto/SP**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrando em Geografia) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GONDOLO, G.C.F. Desafios de um sistema complexo à gestão ambiental: bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo. São Paulo: **ANNABLUME/FAPESP**. 162 p.

GREGORY, K.J.; WALLING, D.E. **Drainage Basin Form and Process**. London: Edward Arnold, 1973. 458 p.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 1998. p. 149-209, 1998.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372 p.

GUERRA, A.T. Os solos e a reforma agrária no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.27, n.1, p.129-136, 1965.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652 p.

GUERRICCHIO, A.; MELIDORO, G. New views on the origin of badlands in the pleistocenic clays of Italy. In: CONGRESS INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 1982, New Delhi. **Proceedings...** New Delhi: [s.n.] 1982, v.2, p.227-238.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edusp/Edgard Blücher, 1976. 170p.

GUPTILL, S.C.; MORRISON, J.L. **Elements of spatial data quality**. New York: Elsevier Sci., 1995. 78p.

HANIGAN, F. GIS by my other name is still... The GIS Forum 1:1. 1988.

CONFRAGRI. Solo: Texto Síntese – Antecedentes. Disponível em <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo/Texto Sintese/Antecedentes/> Acesso em março de 2006.

HERNANI, L.C. *et al.* A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E. & PERES, J.R.R., (eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002, p.47-60.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Washinton, v.56, p.275-370, 1945.

INFANTE Jr., N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, S.M.A.; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. Cap. 9, p. 131-152.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em <<http://www1.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em:5 abril 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Spring. Disponível em <www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em: 13 maio de 2004.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGCSP. **Folha SF-22-C-II-3. Município de Ilha Solteira/SP.** São Paulo: IGG, 1965. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGCSP. **Folha SF-22-C-II-4. Município de Esmeralda/SP.** São Paulo: IGG, 1965. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGCSP. **Folha SF-22-D-I-3. Município de Palmeira d'Oeste/SP.** São Paulo, IGG, 1966. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGCSP. **Folha SF-22-C-IV-1. Município de Bela Floresta/SP.** São Paulo, IGG, 1967. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGCSP. **Folha SF-22-C-IV-2. Município de Pereira Barreto/SP.** São Paulo, IGG, 1967. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGCSP. **Folha SF-22-D-III-1. Município de Sud Mennucci/SP.** São Paulo, IGG 1967. Escala 1:50.000.

INSTITUTO GEOLÓGICO/COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL/DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA 1997. **Mapa de Vulnerabilidade e de Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo, IG/CETESB/DAEE, 1997, 2 v.

INSTITUTO PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação do efeito do enchimento do reservatório da barragem três irmãos sobre o nível freático na área da cidade de Pereira Barreto – 2º Fase.** Relatório nº 27789, 1v, 1989.

INSTITUTO PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000.** São Paulo, IPT. 2v. (IPT, Monografia 6, Pub. 1184), 1981 a.

INSTITUTO PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, 1:1.000.000.** São Paulo, IPT. 1981 b.

INSTITUTO PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO-IPT. **Orientações para o Combate à Erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema.** São Paulo: IPT, 1986. 6v. (Relatório, 24.739).

_____. **Modelagem numérica tridimensional do fluxo subterrâneo na cidade de Pereira Barreto – Primeira versão.** São Paulo: IPT, 1988. (Relatório, 29995).

IWASA, O.Y.; PRANDINI, F.L. (1980). Diagnóstico da origem e evolução de boçorocas: condição fundamental para prevenção e correção. In: SIMPÓSIO SOBRE CONTROLE DE EROSÃO, 1, 1980, Curitiba. **Anais...** São Paulo: ABGE. 1980. v.2, p.5-34.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective:** Prentice-Hall, New Jersey, 1986. p.104-107.

JONES, J.R. *et al.* **Reference guide.** Version 2.0. Winchester: Clark University, 1993. 86 p. (Graduate School of Geography).

JUDD, D.B.; WYSZECKI, G. **Color in business, science, and industry.** New York: John Wiley, 1975. 553 p.

JUSTUS, V.O.; BRASIL, A.E.; HERRAMAN, M.L. Geomorfologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **PROJETO RADAMBRASIL; Folha SF. 22 Paranapanema**. Rio de Janeiro: MME/SG, 1985.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms and process**. London: Edward Arnold, 1984. 212 p.

KOFFLER, N. F. **Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados de arenito bauru**. 1976. 150 f. Dissertação (Mestrado)- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1976.

KOZMA, M.C.F.S.; BIDEGAIN, F.N. Grandes reservatórios: controle ambiental e aproveitamento múltiplo. **SEMINÁRIO LATINO AMERICANO SOBRE PRESAS Y EMBALSES**, Bogotá, 22 p., 1984.

KURTZ, F.C. **Zoneamento ambiental em banhados**. 2000. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

LANDIS, J.; KOCH, G.G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n.3, p.159-174, 1977.

LANNA, A.E. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1993. p.727-768.

LEÃO, S.F.R. **Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidos em dois solos do Distrito Federal**. 1972. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

LEITE, M. A. Impacto ambiental das usinas hidrelétricas. In: Semana Do Meio Ambiente, 2, 2005, Ilha Solteira. **Semana...** Ilha Solteira: FEIS/Unesp, 2005.

LEPSCH, I.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2 ed. ver., Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LIMA, S.L. **Características da drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo, determinadas em fotografias e cartas planialtimétricas**. 1987. 100 f. Tese (Doutoramento em Engenharia Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

LIMA, S.C.; QUEIROZ NETO, J.P. Estudos ambientais integrados: uma discussão metodológica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA, 7, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: DGEOG/UFPR, 1997. 1 CD ROM.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: USP/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242 p.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1975. 12 p. (Boletim Técnico, 27).

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, 51(2): 189-196, 1992.

MACHADO, L.M.C.P. A estruturação das redes hidrográficas e o modelo hortoniano: uma revisão. **Revista de Geografia**, São Paulo, v.2, p. 91-110, 1983.

MAGUIRE, D.J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. **Geographical Information Systems: principles and applications**. London: Longman, 1990. p.9-20.

MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. **Geographical Information Systems: principles and applications**. New York: John Wiley and Sons, 1991.

MANECHINI, C. **Utilização de fotografias aéreas na comparação de sistemas de amostragem e estudo das redes de drenagem de três solos da região de Tambaú-SP.** 1981. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

MANZOLI JÚNIOR, W. **Ocupação do solo e redes de drenagem no município de Sud Mennucci-SP, no período 1962-1977.** 1987. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.** São Paulo: Nobel, 1977. 257 p.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction.** Chichester: John Wiley & Sons, 1987. 352 p.

MATTOS, S.H.V.L.; PEREZ FILHO, A. O paradigma da complexidade aplicado ao estudo da estabilidade em sistemas geomorfológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEG, 5, 2003, Florianópolis: **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2003. p. 2570-2580. CD ROM.

MEIS, M.R.M.; COELHO NETTO, A.L.; MOURA, J.R.S. As discontinuidades nas formações coluviais como condicionantes dos processos hidrológicos e de erosão linear acelerada. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 1985, Maringá. **Anais...** Maringá: ABGE, 1985. v.1. p.179-189.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo:** estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: IG-USP, 1973. 128 p.

_____. **Geossistemas:** a história de uma procura. Org. e rev. ROCHA, Y.T. et al. São Paulo: Contexto/Geousp, 2000. 127 p. (Novas abordagens, 3).

MORAES REGO, L.F. **Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese**. São Paulo: Instituto Astronômico e Geographico de São Paulo, 1932. 28 p.

MORAIS, J.K.L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Uso de imagens digitais Landsat/TM no levantamento de áreas ocupadas com pastagens em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa (MG). **Anais...** Viçosa: UFV, 1995. p.1454-1456.

MOREIRA, C.V.R. **Fatores condicionadores das voçorocas na sub-bacia do Rio Santo Antônio, Bacia do Rio Grande, MG**. 1992. 163. f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1992.

MOURA, J.R.S. **As transformações ambientais do quaternário médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. 1990. 265f. Tese (Doutorado em geologia)- Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

NOGUEIRA, F. P. **Utilização de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solo**. 1979. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1992. 308 p.

OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos tectônicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR**. 1994. 211 f. Tese (Doutorado), FFLCH – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, C.J.F. **A suscetibilidade dos solos aos processos erosivos lineares nas sub-bacias do Alto Araguaia e Rio Babilônio**. 1999. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco e erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVIA A.S.; BOTELHO R.G. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 1999. p. 57-94.

OLIVEIRA, J.B. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: IAC, 1999. 112p. (Boletim científico, 45p)

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; CALDERADO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo, Escala: 1:500.000**: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 63 p. (Mapa).

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

OLIVEIRA, M.A.T.; MEIS, M.R.M. Relação entre a geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). **Geociências**, São Paulo, n.4, p.211-238, 1985.

OLIVEIRA, J.B. *et al.* **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: quadrícula de Araras. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1982, 180 p. + anexo I (IAC. Boletim técnico, nº 71).

OLIVEIRA, M.A.T.; SBRUZZI;G.J.; PAULINO, L.A. Taxas de erosão acelerada por voçorocas no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1995. p.647-651.

PAISANI, J.C. **Descontinuidades hidrológicas, escoamento superficial e desenvolvimento de incisões erosivas em áreas de cabeceiras de drenagem**: estudo de caso na Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR). 1998. 184 f. Dissertação (Mestrado em Utilização e

Conservação de Recursos Naturais) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PELLETIER, R.E. Evaluating nonpoint pollution using remotely sensed data in soil erosion models. **Jornal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, 40v, n.4: p.332-335, 1985.

PEREZ FILHO, A. **Análise estrutural da Bacia do São José dos Dourados (SP)**. 1977. 122 f. Dissertação (Mestrado em geomorfologia) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

PEREZ FILHO, A.; SOARES, P.R.B.; ESPÍNDOLA, C.R. Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. v.1. p.84-85.

PETIT, M.; BOURGEAT, F. Os lavaka malgaches: um agente natural de evolução das vertentes. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.25, n. 190, p.29-32, 1966.

PFEIFER, R.M. **Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem dos solos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (SP)**. 1984. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

PICHLER, E. Boçorocas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.2, n.1, p.3-16, 1953.

PIEDADE, G.C.R. **Noções de fotogrametria e fotointerpretação**. Ilha Solteira: Unesp/FEIS, 1983. 44p. (Apostila didática do curso de extensão universitária “Aerofotogrametria e Fotointerpretação”).

PIEDADE, G.C.R.; CARVALHO, W.A.; PIEDADE JÚNIOR, C. Aspectos do relevo em áreas de ocorrência de fenômenos erosivos. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.5, n.1, p. 37-44, 1981.

PINTO, S.A.F. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para caracterização de erosão do solo no sudeste do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 1983. 128 p.

_____. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos**: uma contribuição metodológica. 1991. 130 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras e Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

POLITANO, W. **Estudo fotointerpretativo sobre a morfometria das áreas de dois solos podzólicos vermelho-amarelos**. 1980. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

PONÇANO, W.L.; CHRISTOFOLETI, A. Procedimentos estimativos para taxas de erosão pluvial em regiões tropicais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. **Anais...** Marília: ABGE/DAEE, 1987. p.263-286.

PONÇANO, W.L.; KERTZMAN, F.F.; SALOMÃO, F.X.T. Fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos no desenvolvimento de boçorocas na Bacia do Peixe-Paranapanema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE. v.2, p.413-422.

PONÇANO, W.L.; PRANDINI, F.L. Boçorocas no Estado de São Paulo: uma revisão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. **Anais...** Marília: ABGE, 1987. v.1. p.149-177.

PRANDINI, F.L. Occurrence of boçorocas in southern Brazil: geological conditioning of environmental degradation. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY ENGINEERING GEOLOGY, 2, 1974, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ABGE, 1974, v.1, tema 3, trabalho 36. (Publicação IPT, 1038).

PRANDINI, F.L. Special types of gullies. In: International Conference on Geomechanics. In: Tropical Lateric and Saprolitic Soils, 1985 [s.l.]. Progress Report; Theme 3: Peculiarities of “in situ” Behavior of Tropical Soils – Topic 3.1: erosion. [S.l.]: Committe on Tropical Soils of the **ISSMFE**, 1985. p.18-32.

PROCHNOW, M.C.R. **Análise ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo**. 1990. 330 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170 p.

RAY, R. G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico. 1963. 88 p. (Geological Survey, Professional Paper; 373). (75 fotogramas).

RAY, R.G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography, a geologic research tool. **Photogrammetric Engineering**, Washington, v.26, p. 143-150, 1960.

REEVES, R.G.; ANSON, A.; LANDEN, D. **Manual of remote sensing**. 2.ed. Fall Church, Virginia: American Society of Photogrammetry, v.2, 2440 p., 1983.

RIBEIRO, R. P. **Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção média da Bacia do Rio Capivari (Sp): escala 1:25. 000 – subsídio**

para o planejamento integrado. 2002. 215 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo: Nacional, 1965. 226 p.

RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1993.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento tecnologia transdisciplinar.v.1**. Juiz de Fora (MG): Edição do autor, 2000. 220 p.

ROCHA, J.S.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2 ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 181 p.

ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Geoprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: MECANIZAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO. 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Universidade Federal de Lavras/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 1-30.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e a sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, Deptº de Geografia/USP, n.14, p.69-77, 2001.

RODRIGUES, J.E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados, boçorocas**. 1982. 162 f. Tese (Doutorado em geologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.

_____. Estudo geotécnico de fenômenos erosivos acelerados (boçorocas). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, 1984, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1984. v.2. p.168-169.

RODRIGUES, J.E.; VILAR, O.M. Estudo da erosão interna em boçorocas através da teoria do carreamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1984. v.2, p.163-168.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica/USP, 1990. p.1-26.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento: o relevo no quadro ambiental, cartografia geomorfológica e diagnósticos ambientais. São Paulo: Contexto, 1990. 85 p. (Coleção repensando a Geografia).

_____. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Geografia**, Rio Claro, v.9, n.1, p.65-75, 1995.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIAS-RIMAS. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 291-336.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**: Escala 1:500000. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada - USP/IPT/FAPESP, 2v. 1997. 64p. (Mapas e Relatórios).

ROSS, J.L.S.; DEL PRETTE, M.E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, n.12, p.89-121, 1998.

ROSSI, M.; PFEIFER, R. M.; NALON, M.A. Pedologia do parque estadual da Serra do Mar, IV - Fotointerpretação de amostras circulares. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 3, p. 95-114, 1991.

_____. Pedologia do parque estadual da Serra do Mar, V - Correlação entre fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 3, p. 115-126, 1991.

ROUGERIE, M.G. Os lavaka na evolução das vertentes em Madagascar. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.25, n.190, p.18-28, 1966.

RUELLAN, F. O Papel das enxurradas no modelado do relevo brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n.13, p.5-18, 1953 (a concluir).

_____. O Papel das enxurradas no modelado do relevo brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n.14, p.3-25, 1953 (conclusão).

SALATI, E. **Diagnóstico ambiental sintético de qualidade de água como subsídio para o planejamento regional integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí (SP)**. 1996.199f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SALOMÃO, F.X.T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. 1994. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.G.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 1999. p. 229-267.

SALOMÃO, F.X.T.; IWASA, O.Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: BITAR, O. Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. p.31-57.

SANT' ANNA NETO, J.L. **As chuvas no estado de São Paulo:** contribuição no estudo de variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 1995. 200 f. + anexos. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANTOS, P. L. *et al.* Mapeamento do uso atual das terras da Bacia do Rio Candiaruaçu utilizando imagens TM/LANDSAT-5. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa (MG). **Anais...** Viçosa (MG). UFV, 1995. p.1672-1674.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Inventário ambiental do Estado de São Paulo.** Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo, 1992.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Gestão das Águas:** 6 anos de Percurso. Secretaria do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. São Paulo: SMA, 1997. 128 p. 2v.

_____. Secretaria de Estado de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de erosão:** bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional: orientações para o controle de boçorocas urbanas. 2. ed. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92 p.

SCHOWENGERDT, R.A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing.** New York: Academic Press. 1983. 249 p.

SETZER, J. **Os Solos do Estado de São Paulo:** relatório técnico com considerações práticas. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1949. 387 p. (Bibliografia Geográfica Brasileira, Publicação, 6).

SHENG, T.C.; BARRETT, R.E.; MITCHELL, T.R. Using geographic information systems for watershed classification and rating in developing countries. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.52, n.2, p.84-89, 1997.

SILVA, A.A. **Análise de impactos socioeconômicos devido à construção da UHE Três Irmãos.** 2002. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SILVA, H.R. **Influência da posição da microbacia hidrográfica de 2ª ordem de magnitude no sistema natural de drenagem sobre a variabilidade das suas características morfométricas.** 1999. 186 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

SILVA, H.R. **Avaliação dos principais fatores do meio físico do município de Pereira Barreto, SP, relacionado com a produção agropecuária, mediante o emprego de imagens aéreas. Ilha Solteira: UNESP, 1991.** 74p. (Relatório do projeto de pesquisa apresentado para Comissão Permanente de Regime de Trabalho como fim de ser desenvolvido durante o período de estágio probatório).

SILVA, T.H. **Evolução geomorfológica e sedimentação de canais erosivos holocênicos no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** 1991. 166 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

SIMÕES, L.B. **Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP, através de sistema de informações geográficas (SIG-IDRISE).** 1996. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

SIMÕES, S.J.C. A dinâmica dos sistemas e a caracterização de geoindicadores. In: MORTOS, H.L.; MAIA, N.B. (coord.). **Indicadores Ambientais.** Sorocaba: Pontífice Universidade Católica/Departamento de Ciências Ambientais, 1997. p.59-70.

SILVEIRA, A. **Algumas considerações sobre filtros de proteção: uma análise do carreamento.** 1964. Tese (Doutorado) -Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1964.

SOUSA, A.A. **Tratamento digital de fotografias aéreas verticais como uma alternativa à análise estereoscópica de bacias hidrográficas.** 2000. 167 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SOUSA, A. T. Processo erosivo linear na bacia do córrego Pontinhas em Orizona – GO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - GEOMORFOLOGIA: INTERFACES, APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS, 4, 2002, São Luís (MA). **Anais...** São Luís (MA): UFMA, 2002, v.1. p. 97.

SOUSA, A. T. **Processo erosivo linear na bacia do córrego Pontinhas em Orizona – GO.** 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.

SOUZA, J.M.; FERRARI, R.; DUARTE, M. & RAMIREZ, M. Uma arquitetura organizacional para Sistemas de informação Geográfica Orientada a objetos, In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS, São Paulo, 1993.

SOUZA, M.L.P. **Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizontes B latossólicos ocorrentes no município de Ponta Grossa – PR** 1975. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1975.

SPRING. **Menu de ajuda; informações conceituais.** Spring v.3.4. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2003.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 38, p.913-920, 1957.

TERZAGHI, K. Mechanism of landslides. In: PAIGE, S. (Ed.) **Application of geology to engineering practice.** New York: Geological Society of America, 1950. v. 2, p.83-123.

TRICART, J. L'ê modele dês régions chaudes: forêts et savanes. In: TRICART, J.; CAILLEUX, A. **Iraité de géomorphologie**. Paris: SEES, 1965, p.273-282.

TROPPEMAIR, H. Ecologia da paisagem: uma retrospectiva. In: FÓRUM DE DEBATES: ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 1, 2000. Rio Claro: SEB - **Sociedade de Ecologia do Brasil**. 2000. (CD ROM)

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Ed. Unesp/IGCE, 2000. 105 p.

UNESCO. **Recent developments in erosion and sediment yield studies**. Paris: UNESCO, 1985. 127 p.

U.S. SOIL CONSERVATIONS SERVICE. **Procedures for determining rates of landscape drainage, land depreciation and volumes of sediment, procedy by gully erosion**. Local Engineering Division (Technical Release, 32, Geology), 1966.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Solos Altamente Suscetíveis à Erosão**. Jaboticabal, UNESP/FCAV/SBCS, 1994. p.223-242.

VALÉRIO FILHO, M.; DONZELI, P.L.; PINTO, S.A.F. Monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias hidrográficas através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro (RJ). **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD ROM.

VASQUES FILHO, J. **Critérios morfométricos aplicados a fotointerpretação de redes de drenagem em três unidades de solos no município de Piracicaba**. 1972. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

VELASCO, A.D. **A ação do estado e seus efeitos em cidades de pequeno porte: estudo de caso na cidade de Pereira Barreto.** 1988. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1988.

VENTURA, S.J.; HARRIS, P. A comparison of classification techniques and data sources for urban land use mapping. **Geocarto International**, n.3, p. 5-14, 1994.

VIEIRA, N.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca - SP.** 1978. 226 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de História, Direito e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, Franca, 1978.

WESTEN, C.; FARIFTEH, J. **ILWIS - Integrated land and water information system.** Enschede: ITC - International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences, 1997. 511 p. (User's Guide).

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall-erosion losses: a guide to conservacion planning.** U.S. Departament Of Agriculture, Washington: USDA. 1978. 58 p.

ZACHAR, D. **Soil erosion.:** Brastislava (Czechoslovakia): Elsevier, Developments in Soil Science, 1982, n. 10, 547 p.

ZACHARIAS, A.A. Geossistema físico e técnico-socioeconômico numa visão histórica sistêmica e integrada. **Revista Expressão**, Guaxupé, n.3, Dez./2002 UNIFEG. Disponível em: <http://www.fundeg.br/revista/expressao3/prof_andrea_aparecida_zacharias.htm> Acesso em 3 abril de 2006.

ZINKE, P.J. Photointerpretation in hydrology and watershed management. In: Manual of photographic interpretation. **Am. Soc. Of Photogram**, Washington, v. 10, p. 539-560, 1960.

ANEXO I



Ilha Solteira



Marinópolis



Marinópolis





Palmeira D'Oeste



Palmeira D'Oeste



Palmeira D'Oeste



ANEXO II

Série Histórica de 1961 - 1990

Município: Ilha Solteira

Cód. IBGE: 352044		
Longitude: 51.4°	Chuva Média Total Anual: 1309.4 mm	Temp. Média Anual: 25 °C
Latitude: - 20.43°	Maior Chuva no Ano: 225.9 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 21 °C
Altitude: 375 m	Menor Chuva no Ano: 22.8 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 27 °C
Classificação: Aw		

Mês	Precipitação (mm)	Temp. Média Mínima (°C)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média (°C)
Jan	225.9	0	32	27
Fev	178.1	21	32	26
Mar	135	22	32	27
Abr	81.2	17	31	24
Mai	59.3	15	29	22
Jun	29.5	14	28	21
Jul	23.0	13	29	21
Ago	22.8	15	32	23
Set	72.5	19	31	25
Out	125.0	21	33	27
Nov	146.0	22	33	27
Dez	211.1	22	33	27
Soma/ Média	1309.4	16.8	31.3	25

Série Histórica de 1961 – 1990

Município: Aparecida d' Oeste

Cód. IBGE: 350260		
Longitude: 50.7°	Chuva Média Total Anual: 1247.7 mm	Temp. Média Anual: 24 °C
Latitude: - 20.45°	Maior Chuva no Ano: 221.3 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 20.7 °C
Altitude: 415 m	Menor Chuva no Ano: 12 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 26 °C
Classificação: Aw		

	Precipitação (mm)	Temp. Média Mínima (°C)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média (°C)
Jan	221.3	20	32	26
Fev	184.0	20	32	26
Mar	170.3	20	32	26
Abr	95.9	17	31	24
Mai	57.5	15	29	22
Jun	28.7	13	28	20
Jul	12.0	13	28	20
Ago	23.0	15	31	23
Set	67.4	17	32	25
Out	83.9	18	32	25
Nov	110.1	19	32	25
Dez	193.6	20	32	26
Soma/ Média	1247.7	17.3	30.9	24

Série Histórica de 1961 - 1990

Município: Marinópolis

Cód. IBGE: 352910		
Longitude: 50.3°	Chuva Média Total Anual: 1258.2 mm	Temp. Média Anual: 24 °C
Latitude: - 20.44°	Maior Chuva no Ano: 222 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 20.8 °C
Altitude: 400 m	Menor Chuva no Ano: 12.6 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 26.2 °C
Classificação: Aw		

Mês	Precipitação (mm)	Temp. Média Mínima (C°)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média (°C)
Jan	222.0	20	32	26
Fev	184.0	20	32	26
Mar	171.0	20	32	26
Abr	95.1	17	31	24
Mai	58.5	15	29	22
Jun	28.9	14	28	20
Jul	12.6	13	29	20
Ago	22.7	15	31	23
Set	68.0	17	33	25
Out	86.4	18	32	25
Nov	113.8	19	32	26
Dez	195.5	20	32	26
Soma/ Média	1258	17.3	31.1	24

Série Histórica de 1961 – 1990

Município: Palmeira d' Oeste

Cód. IBGE: 353520		
Longitude: 50.6°	Chuva Média Total Anual: 1383.6 mm	Temp. Média Anual: 24 °C
Latitude: - 20.42°	Maior Chuva no Ano: 227.8 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 20.6 °C
Altitude: 425 m	Menor Chuva no Ano: 18.5 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 26 °C
Classificação: Aw		

Mês	Precipitação	Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan	227.8	20	32	26
Fev	187	20	32	26
Mar	176.9	20	32	26
Abr	85.0	17	31	24
Mai	70.3	15	29	22
Jun	31.3	13	28	20
Jul	19.2	13	28	20
Ago	18.5	15	31	23
Set	75.6	17	32	25
Out	116.1	18	32	25
Nov	157.8	19	32	25
Dez	218.1	20	31	26
Soma/ Média	1383.6	17.3	30.8	24

Série Histórica de 1961 - 1990

Município: Pereira Barreto

Cód. IBGE:
353740

Longitude: 51.1°	Chuva Média Total Anual: 1205.6 mm	Temp. Média Anual: 24 °C
Latitude: -20.65°	Maior Chuva no Ano: 218.6 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 20.9 °C
Altitude: 350 m	Menor Chuva no Ano: 20.4 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 26.5 °C
Classificação: Aw		

Mês	Precipitação (mm)	Temp. Média Mínima (°C)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média (°C)
Jan	218.6	20	32	26
Fev	166.7	21	32	26
Mar	136.8	20	32	26
Abr	72.4	17	31	24
Mai	54.4	15	29	22
Jun	36.6	14	28	21
Jul	21.1	13	29	20
Ago	20.4	15	32	23
Set	55.6	17	33	25
Out	112.2	19	33	26
Nov	127.9	19	32	26
Dez	182.9	20	32	26
Soma/ Média	1205.6	17.5	31.3	24

Série Histórica de 1961 - 1990

Município: Suzanópolis

Cód. IBGE: 355250		
Longitude: 51.3°	Chuva Média Total Anual: 1414 mm	Temp. Média Anual: 24 °C
Latitude: - 20.49°	Maior Chuva no Ano: 238 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 21.1 °C
Altitude: 350 m	Menor Chuva no Ano: 36.3 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 26.5 °C
Classificação: Aw		

Mês	Precipitação (mm)	Temp. Média Mínima (°C)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média (°C)
Jan	238.0	20	32	26
Fev	212.0	21	32	26
Mar	161.0	20	32	26
Abr	86.8	18	31	24
Mai	75.5	15	29	22
Jun	53.0	14	29	21
Jul	38.5	13	29	21
Ago	36.3	15	32	23
Set	82.8	17	33	25
Out	113.1	19	33	26
Nov	131.5	19	33	26
Dez	184.7	20	32	26
Soma/ Média	1413.2	17.6	31.4	24

Série Histórica de 1961 - 1990

Município: Sud Mennucci

Cód. IBGE: 355230		
Longitude: 50.2°	Chuva Média Total Anual: 1347.6 mm	Temp. Média Anual: 24 °C
Latitude: - 20.69°	Maior Chuva no Ano: 227.2 mm	Temp. Média do Mês Mais Frio: 20.7 °C
Altitude: 390 m	Menor Chuva no Ano: 25.4 mm	Temp. Média do Mês Mais Quente: 26.2 °C
Classificação: Aw		

Mês	Precipitação	Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan	227.2	20	32	26
Fev	182.4	20	32	26
Mar	142.6	20	32	26
Abr	95.8	17	31	24
Mai	67.9	15	29	22
Jun	31.3	13	28	20
Jul	25.4	13	28	20
Ago	25.7	15	31	23
Set	81.5	17	32	24
Out	104.5	18	32	25
Nov	154.1	19	32	26
Dez	209.2	20	32	26
Soma/ Média	1347.6	17.3	30.9	24

ANEXO III

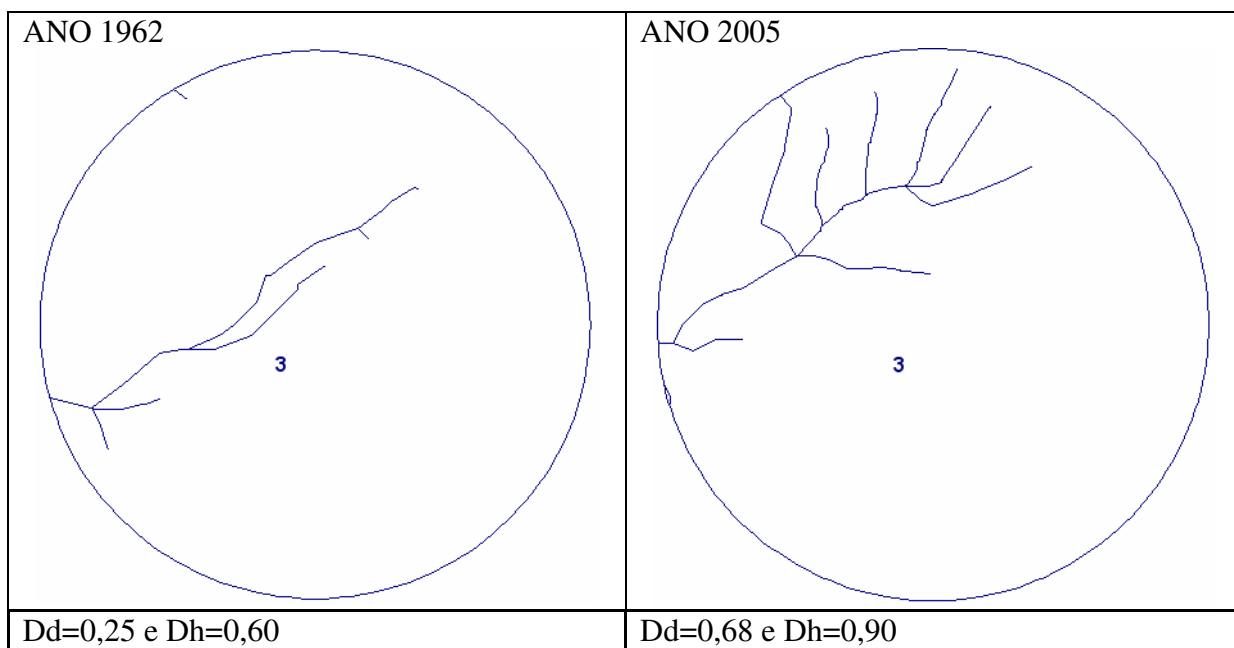


Figura 42 Amostras circulares N°3 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

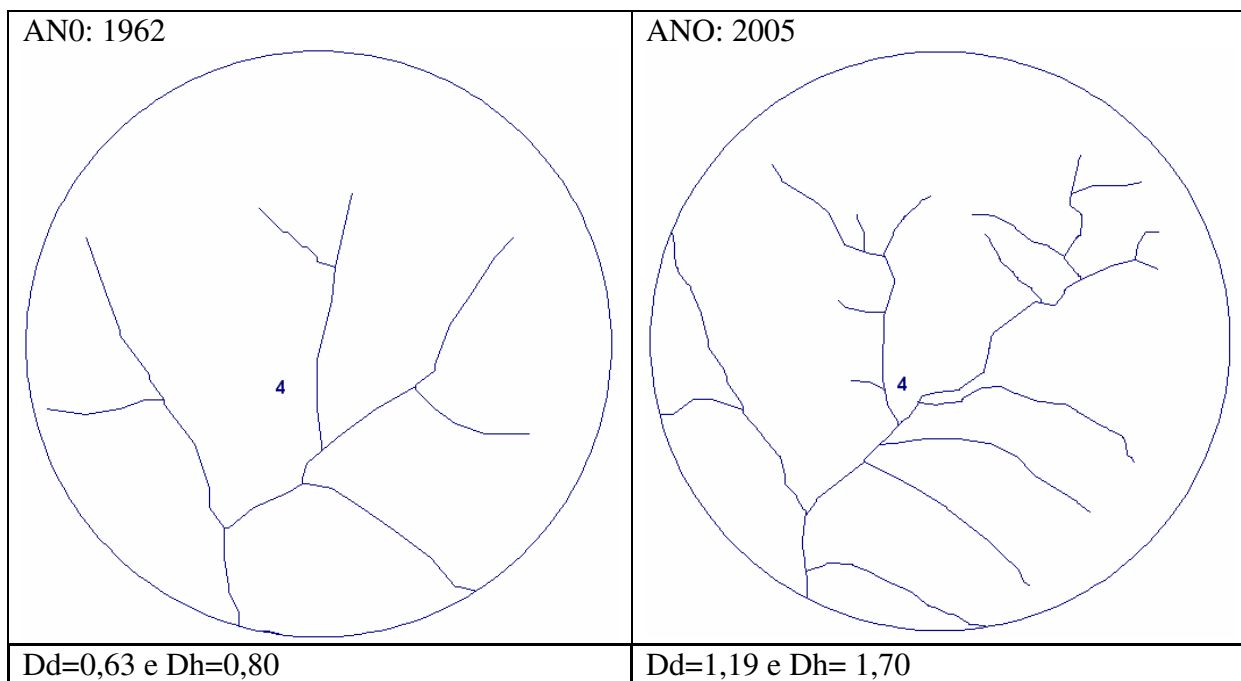


Figura 43 Amostras circulares N°4 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

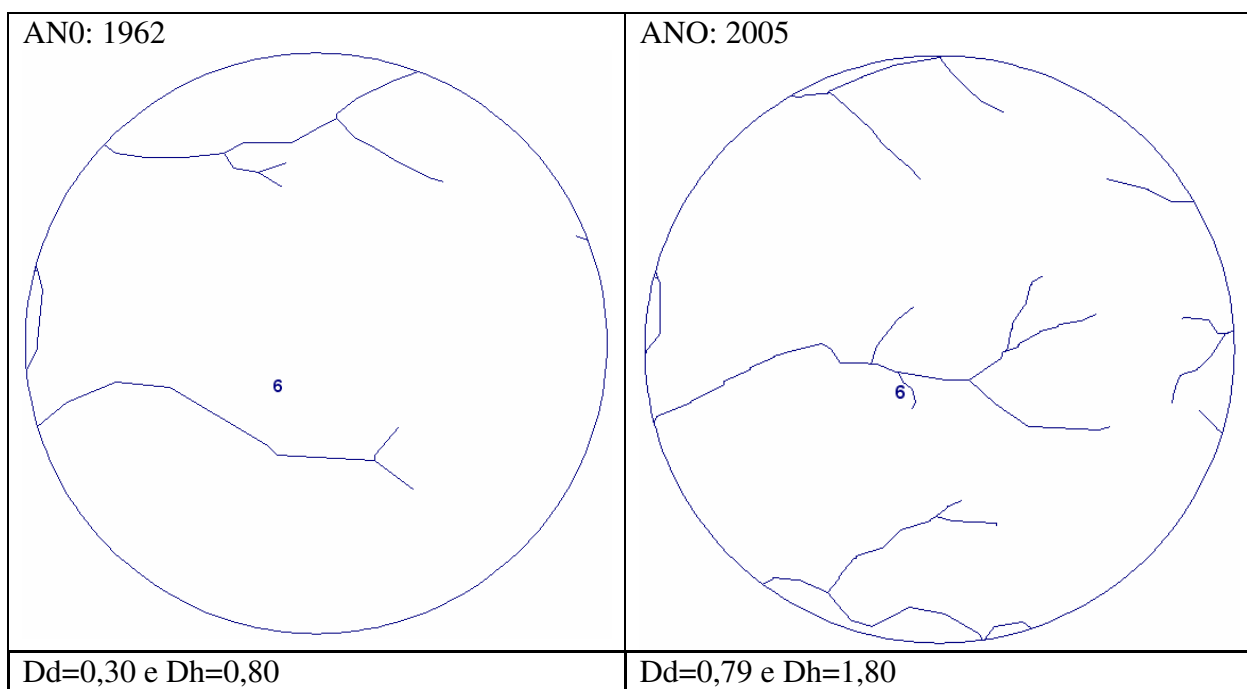


Figura 44 Amostras circulares N°6 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

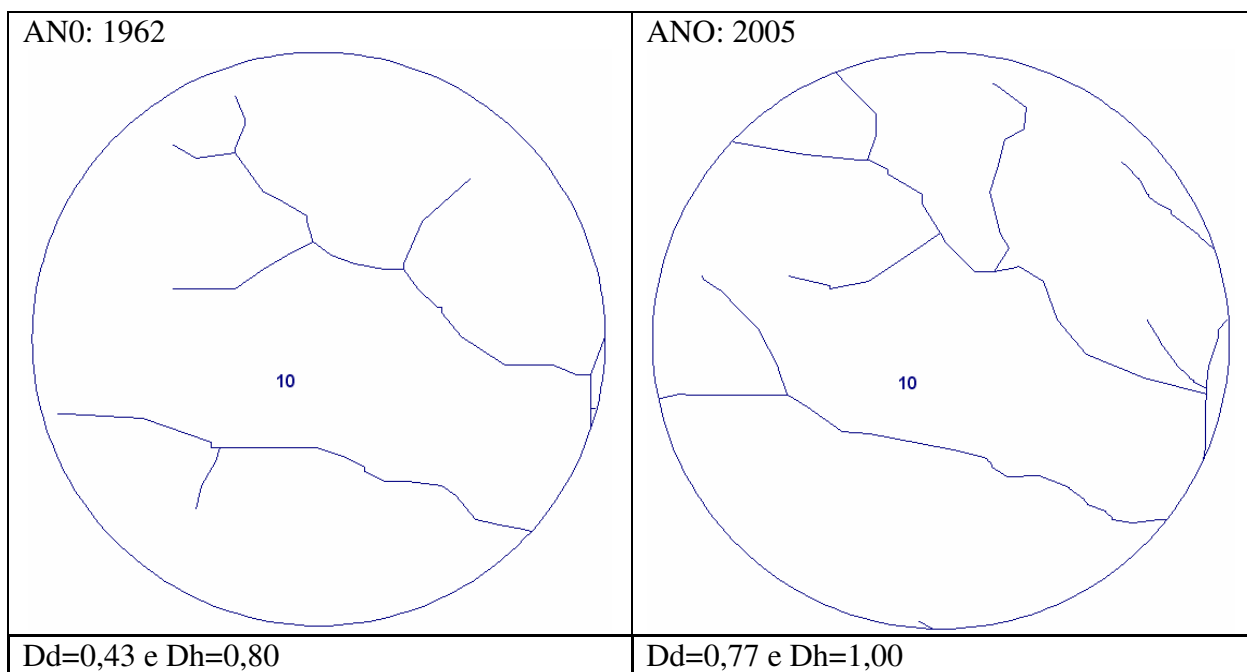


Figura 45 Amostras circulares N°10 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

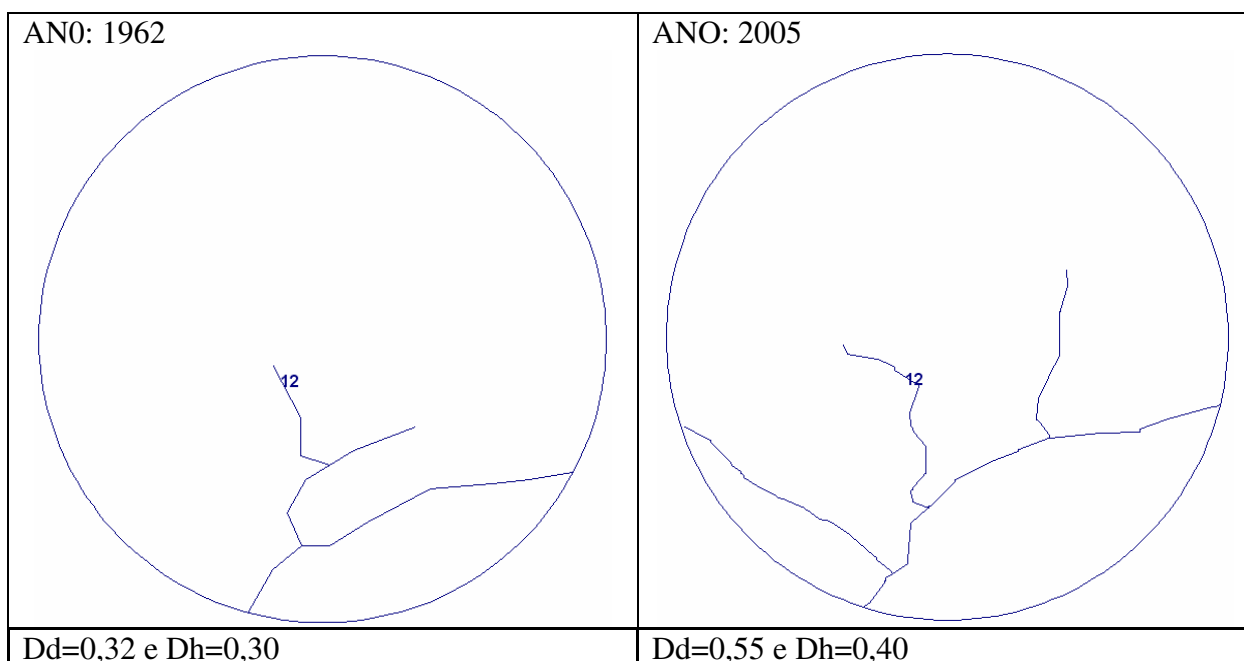


Figura 46 Amostras circulares N°12 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

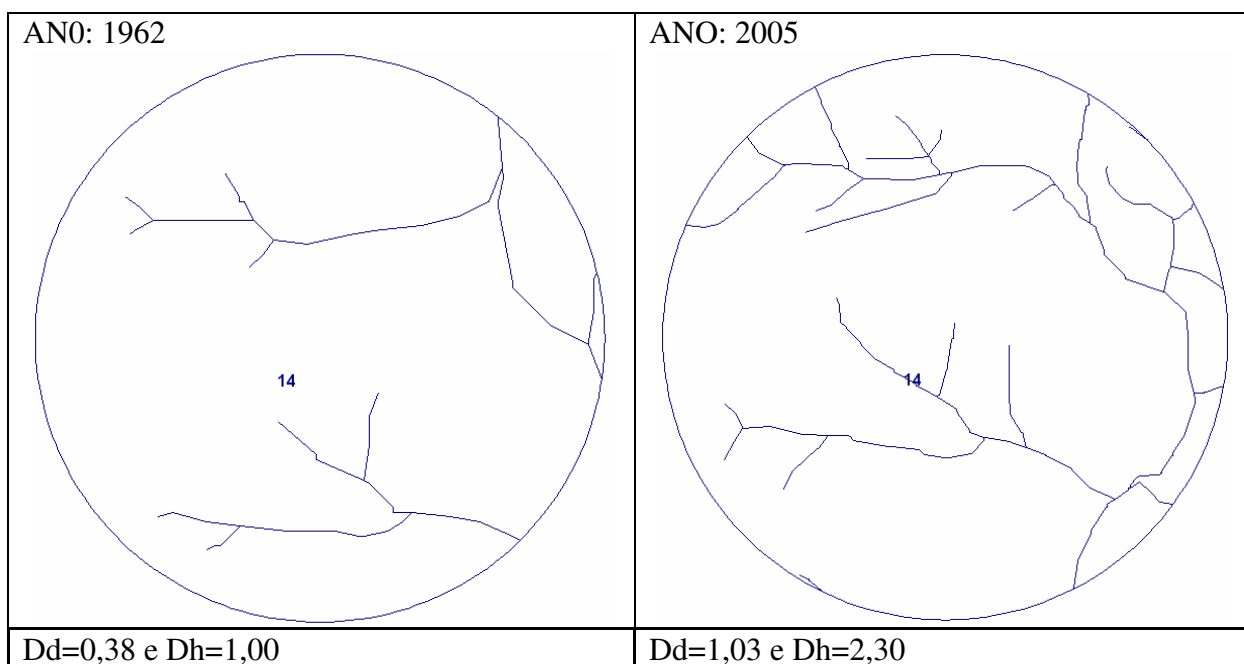


Figura 47 Amostras circulares N°14 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

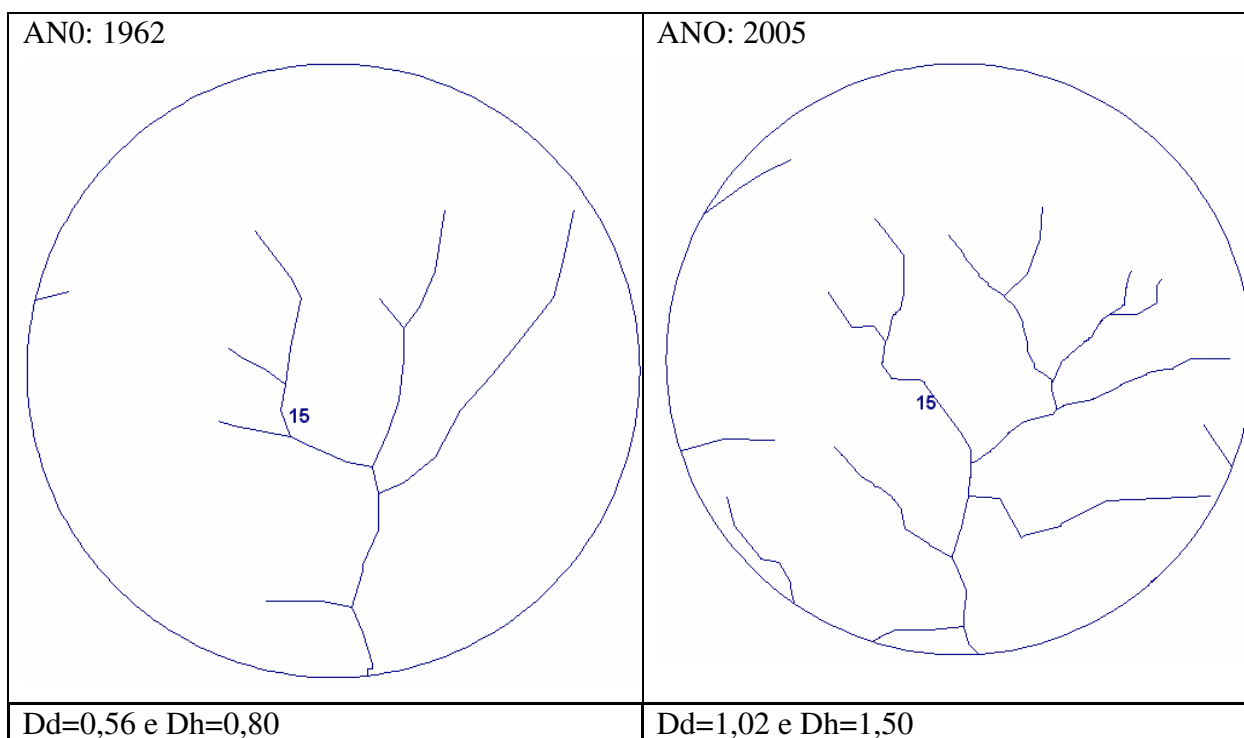


Figura 48 Amostras circulares N°15 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

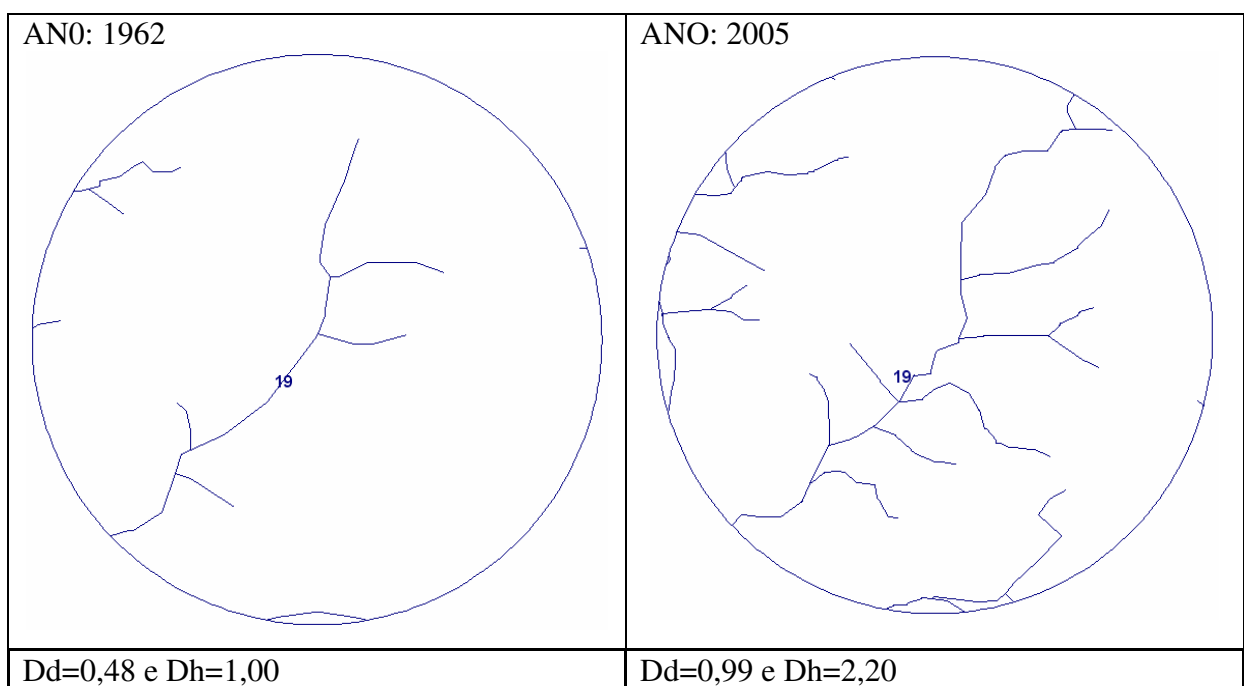


Figura 49 Amostras circulares N°19 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

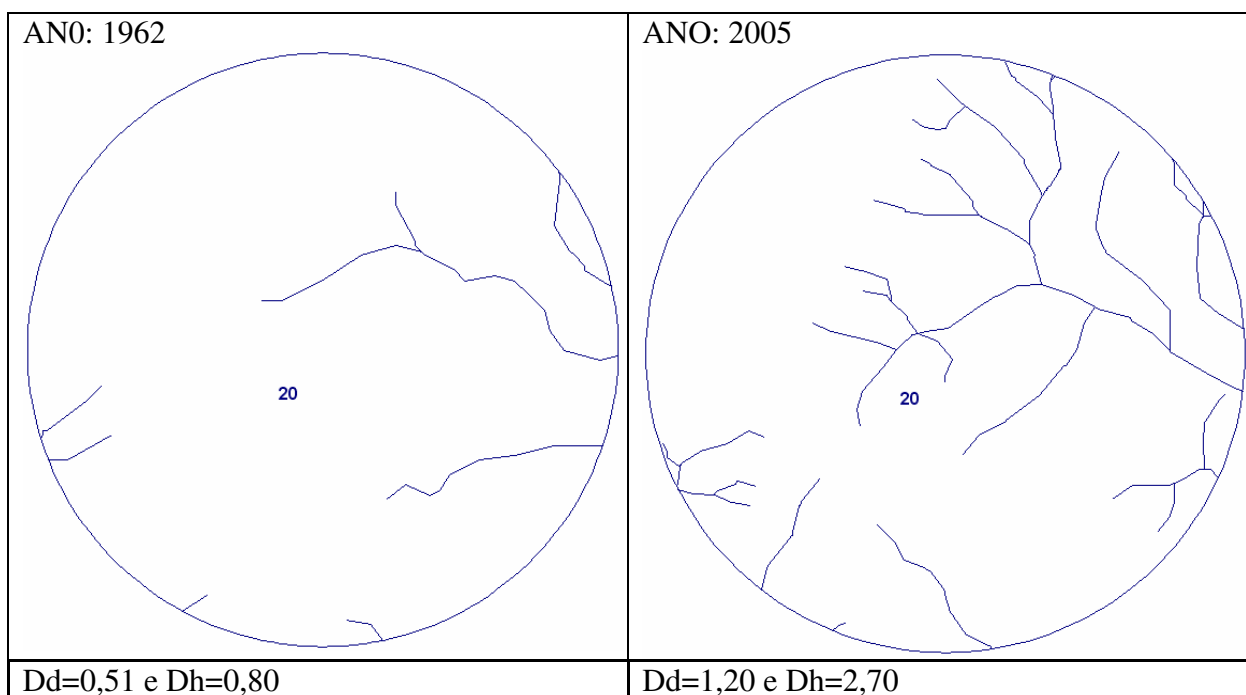


Figura 50 Amostras circulares N°20 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

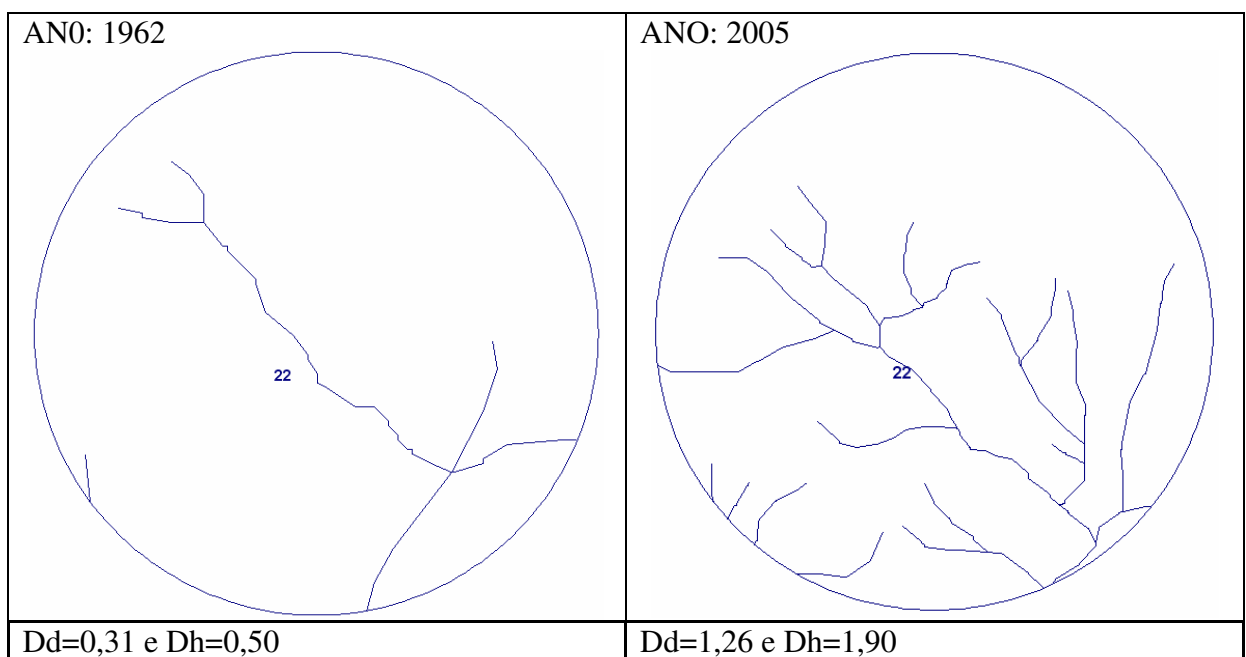


Figura 51 Amostras circulares N°22 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

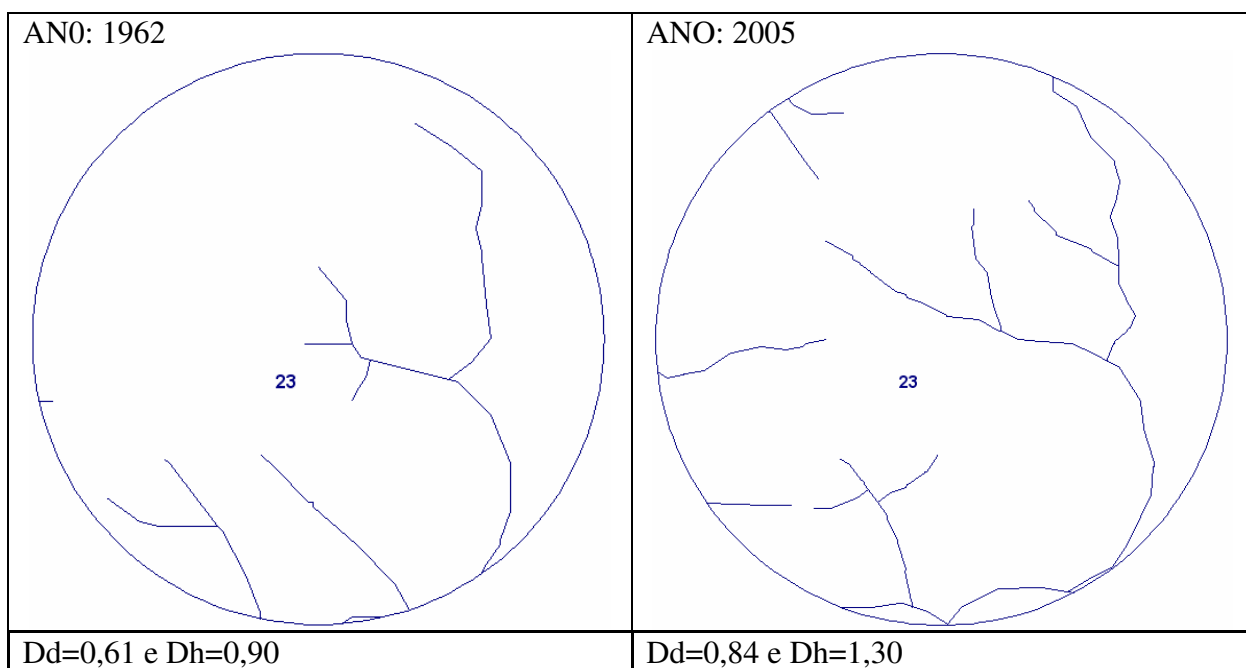


Figura 52 Amostras circulares N°23 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

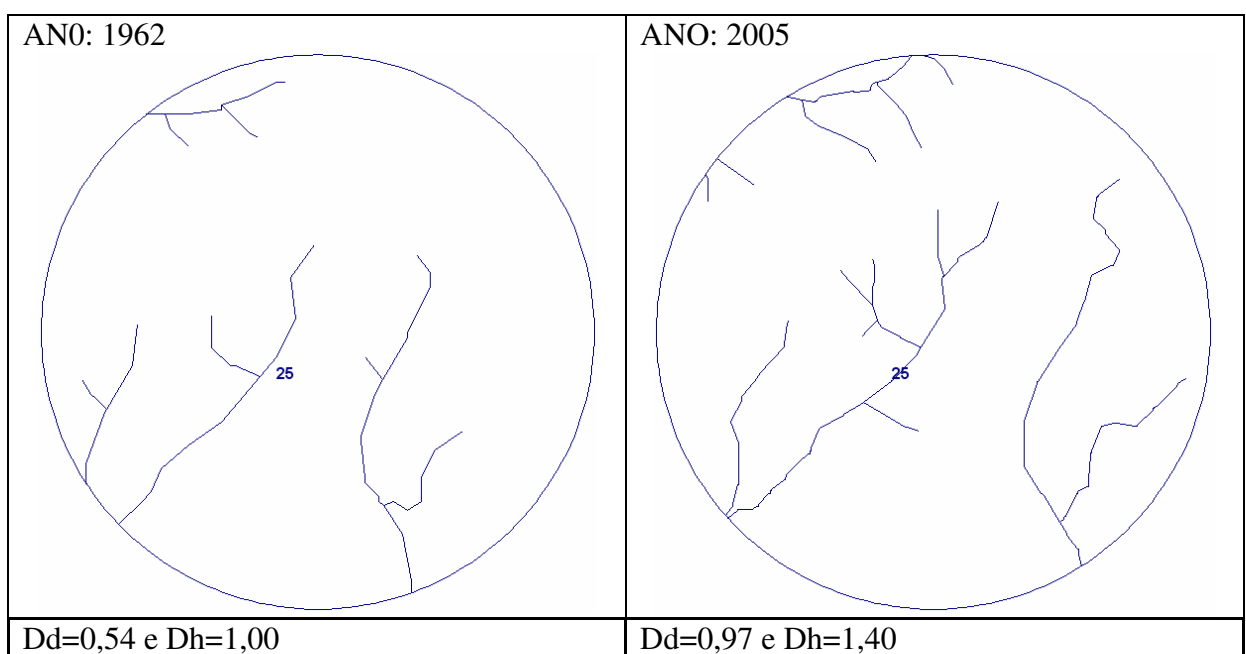


Figura 53 Amostras circulares N°25 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

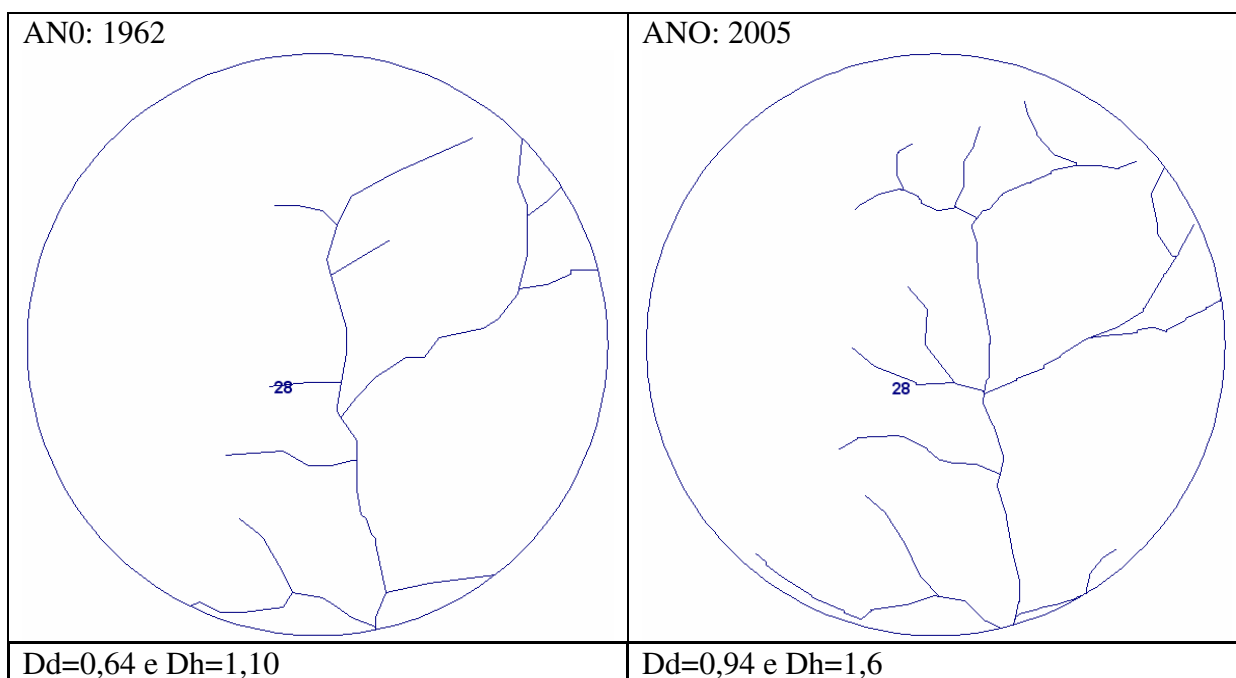


Figura 54 Amostras circulares N°28 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

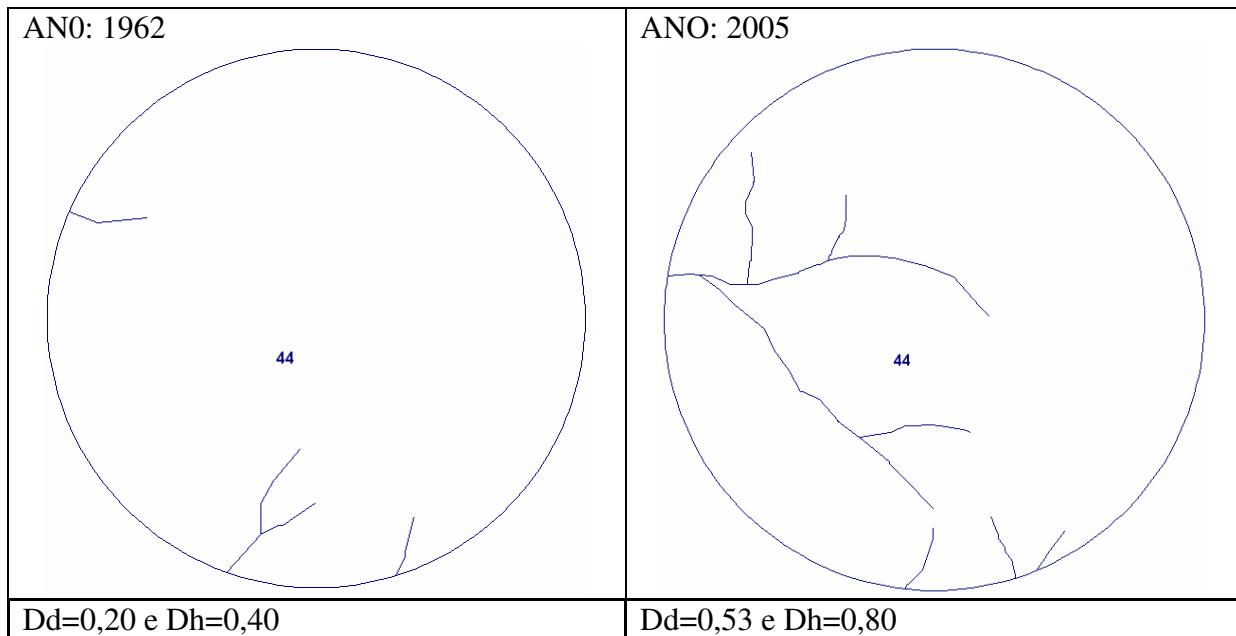


Figura 55 Amostras circulares N°44 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV2).

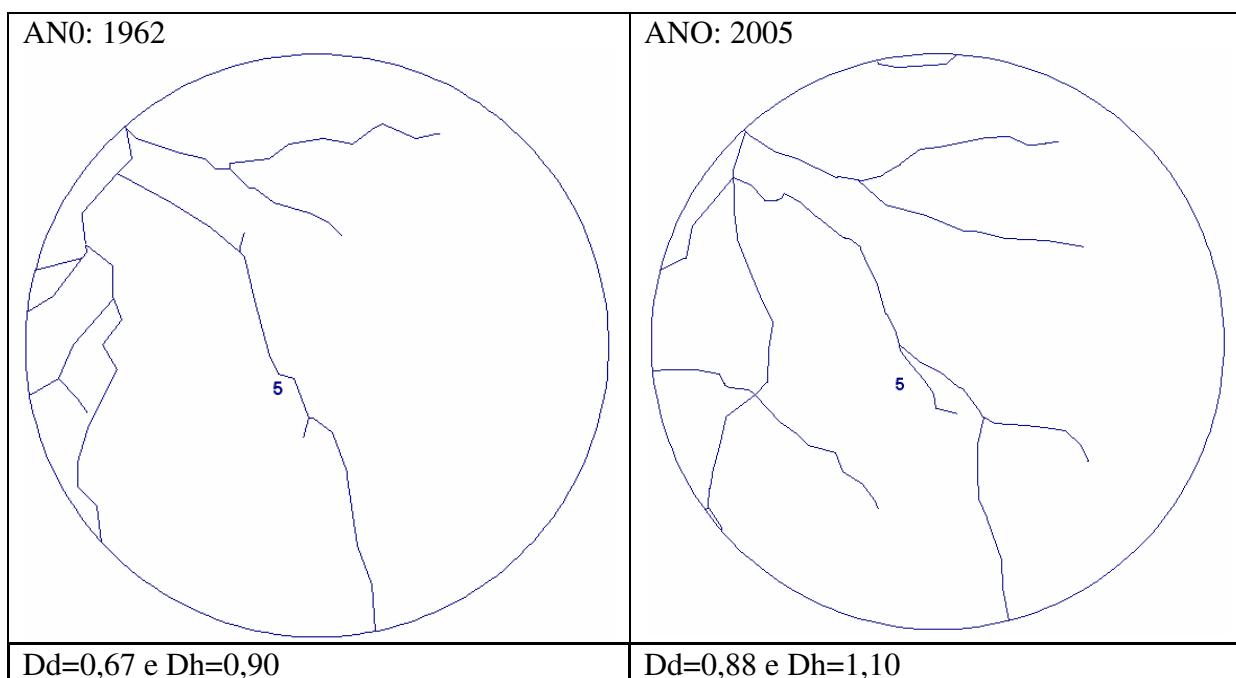


Figura 56 Amostras circulares N°5 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

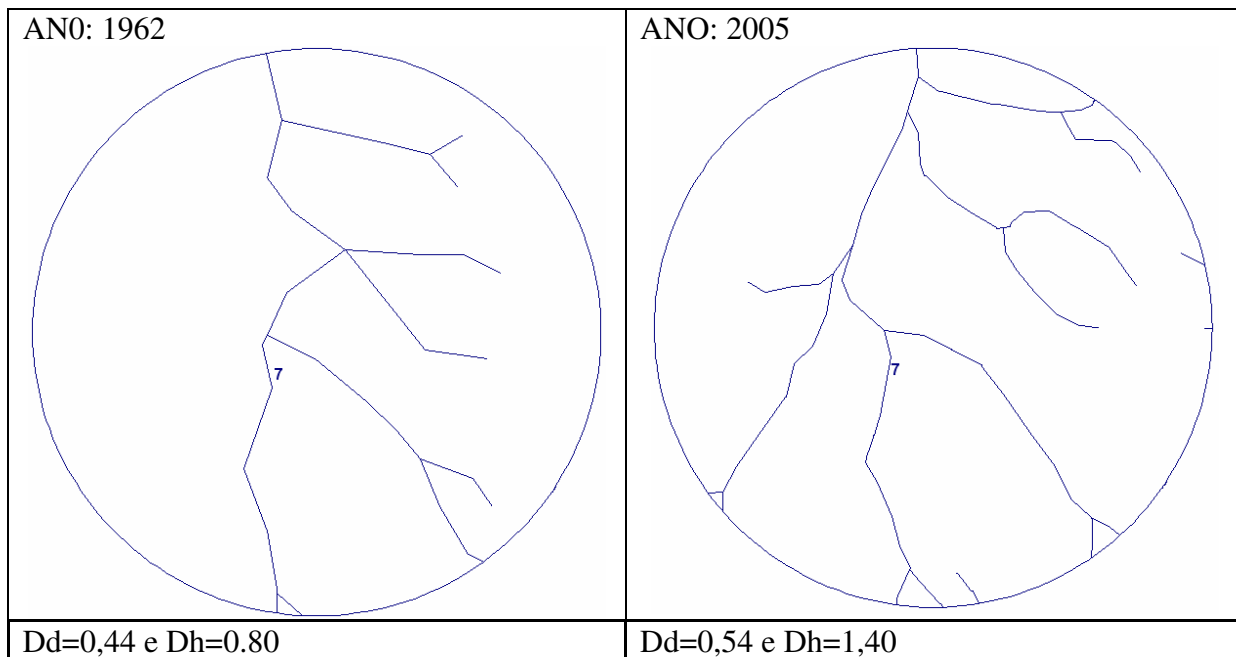


Figura 57 Amostras circulares N°7 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

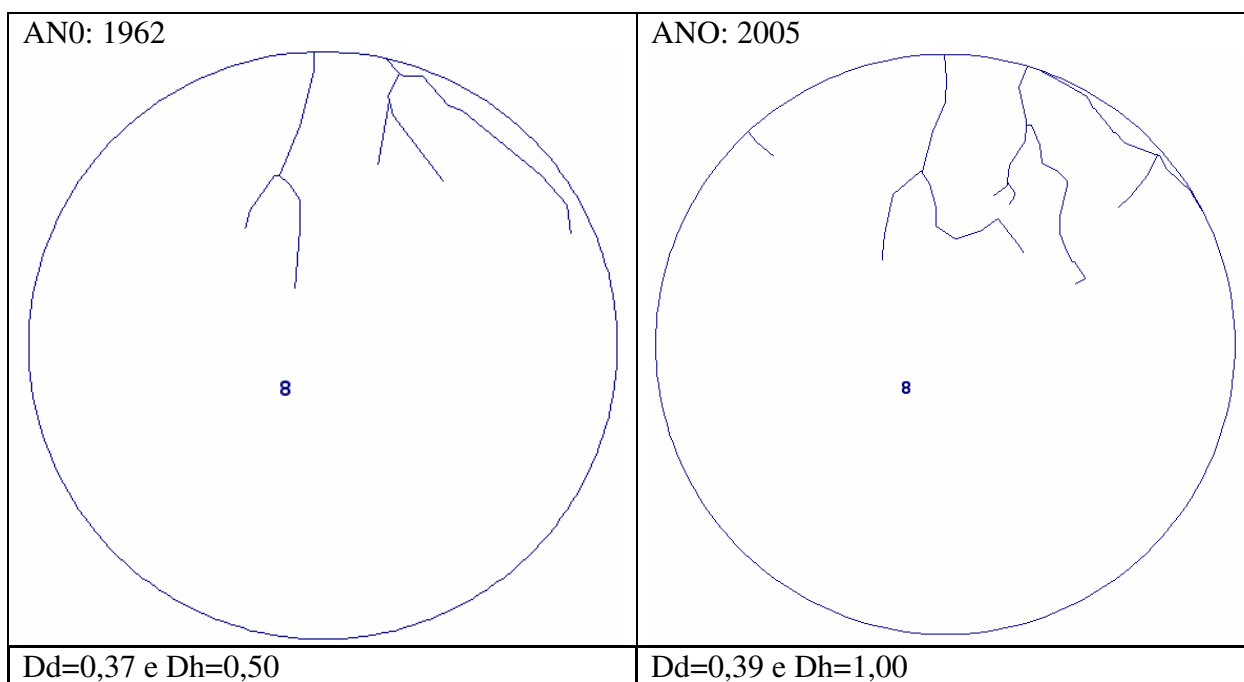


Figura 58 Amostras circulares N°8 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

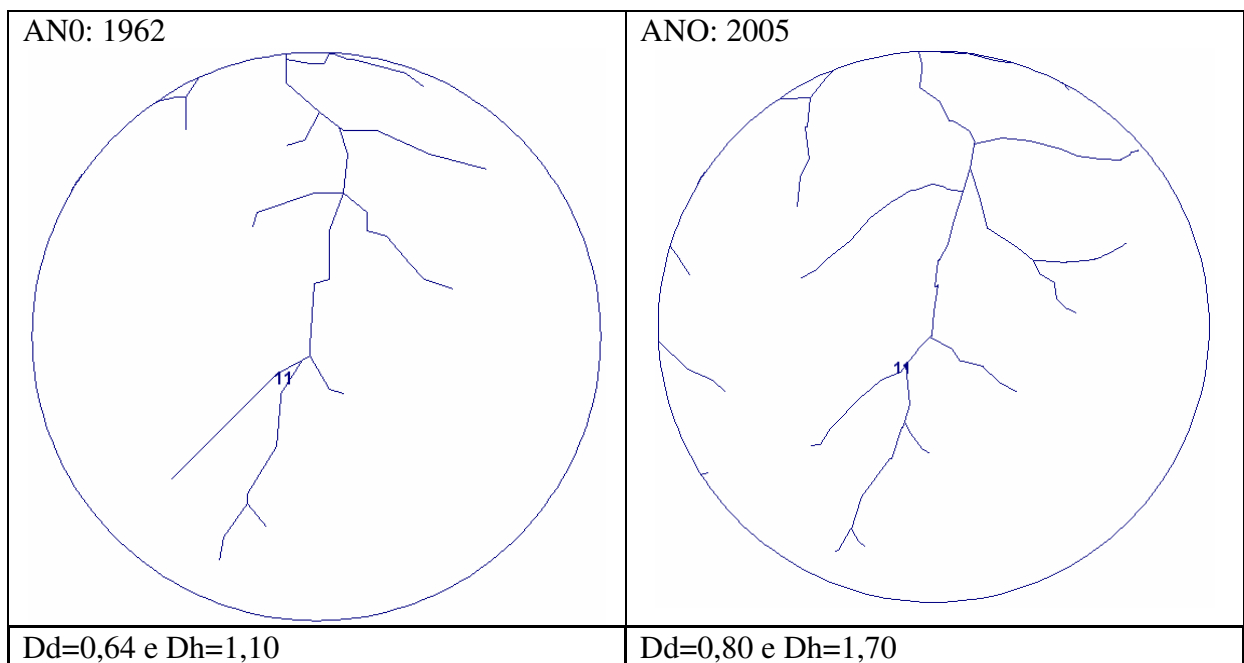


Figura 59 Amostras circulares N°11 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

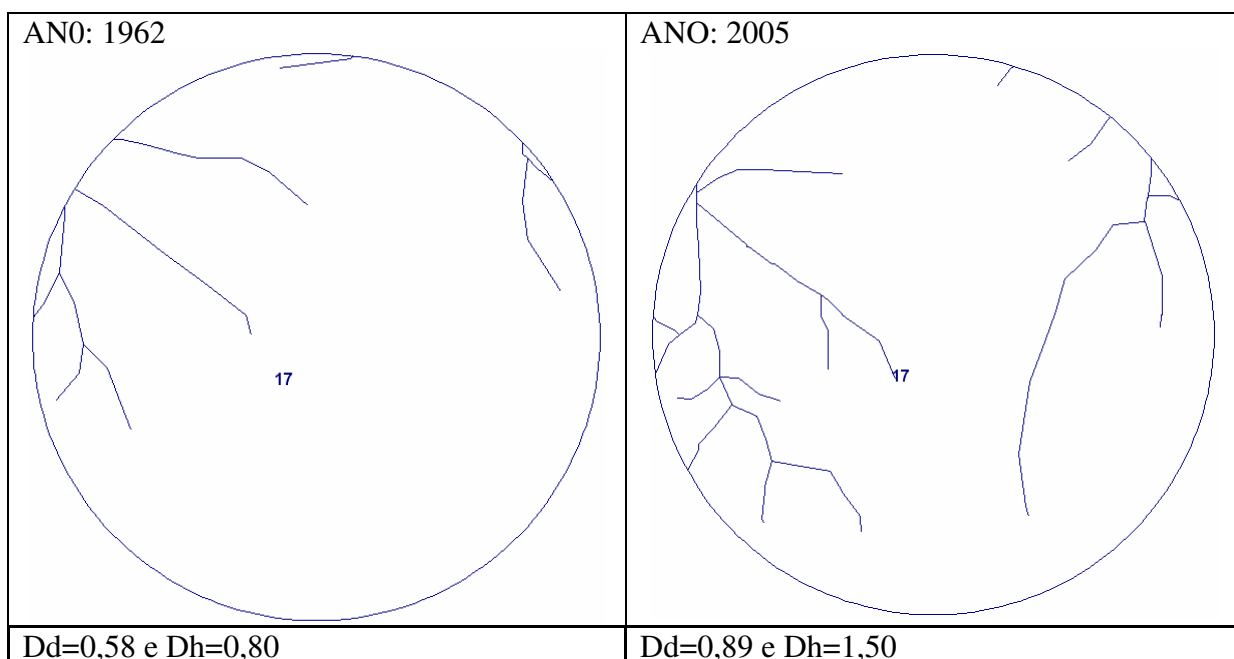


Figura 60 Amostras circulares N°17 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

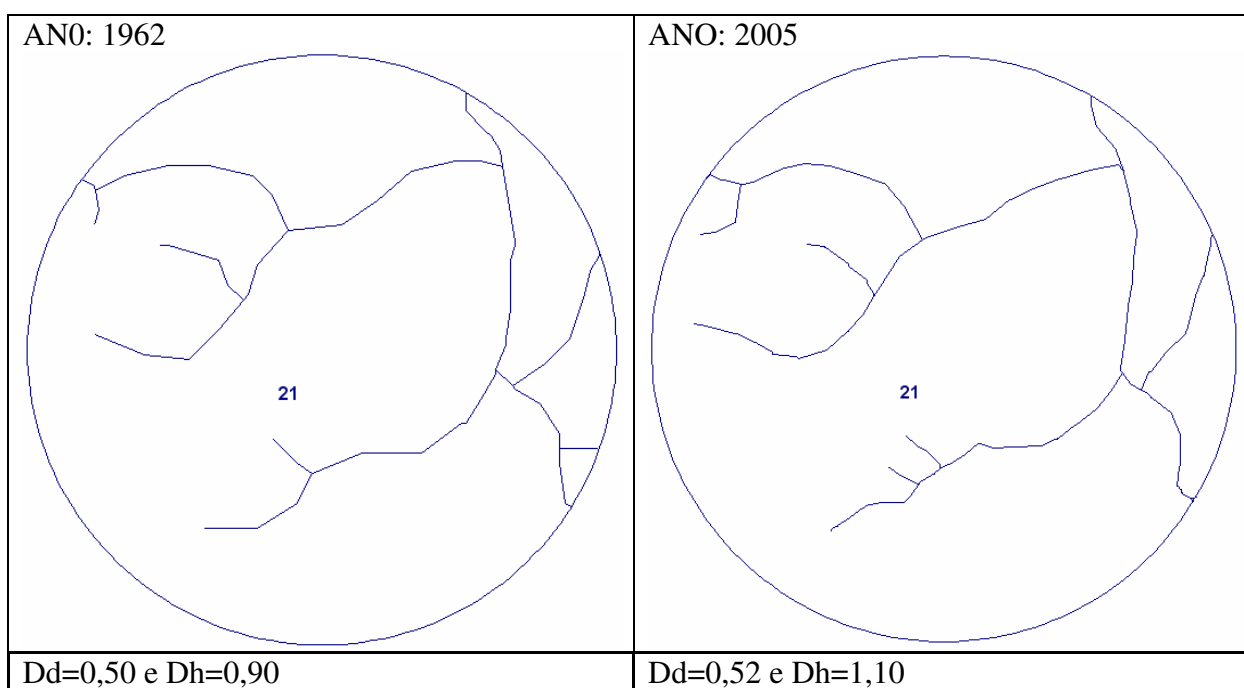


Figura 61 Amostras circulares N°21 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

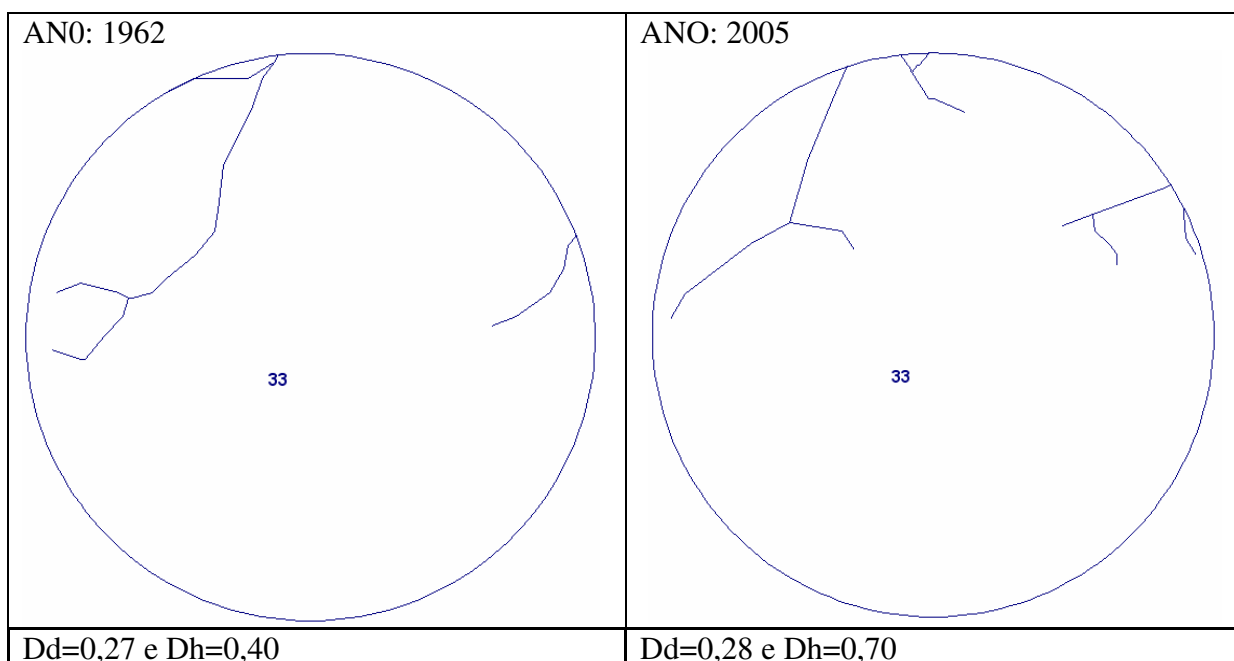


Figura 62 Amostras circulares N°33 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

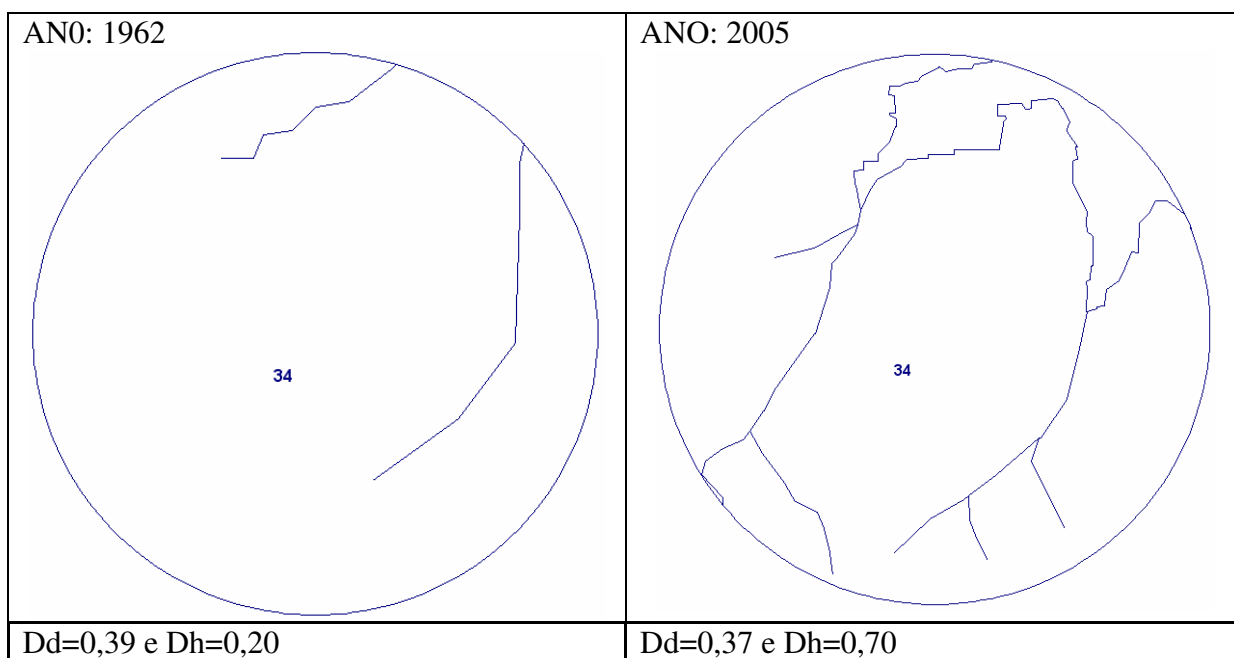


Figura 63 Amostras circulares N°34 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

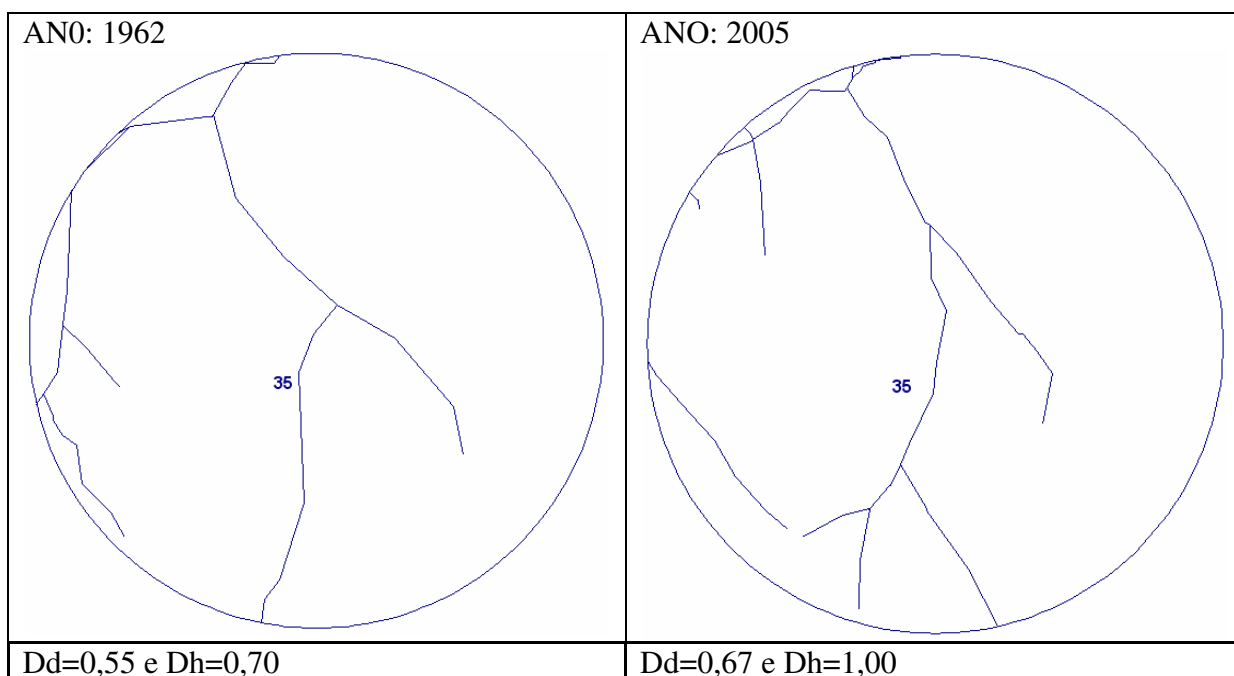


Figura 64 Amostras circulares N°35 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

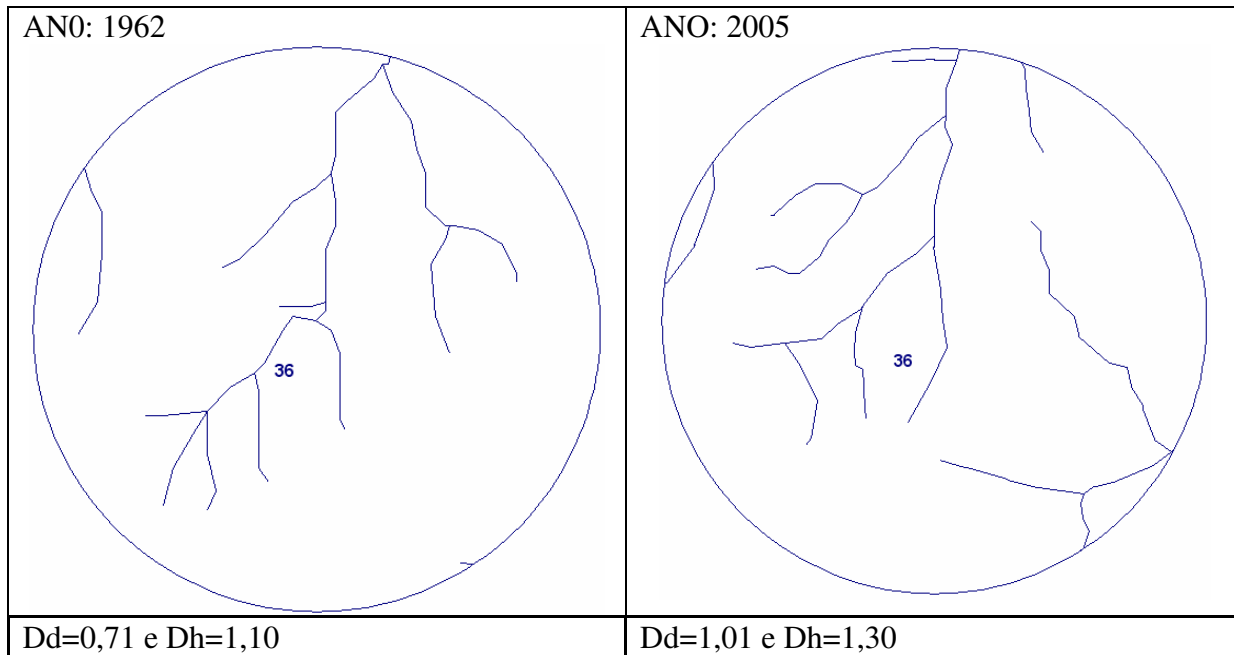


Figura 65 Amostras circulares N°36 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

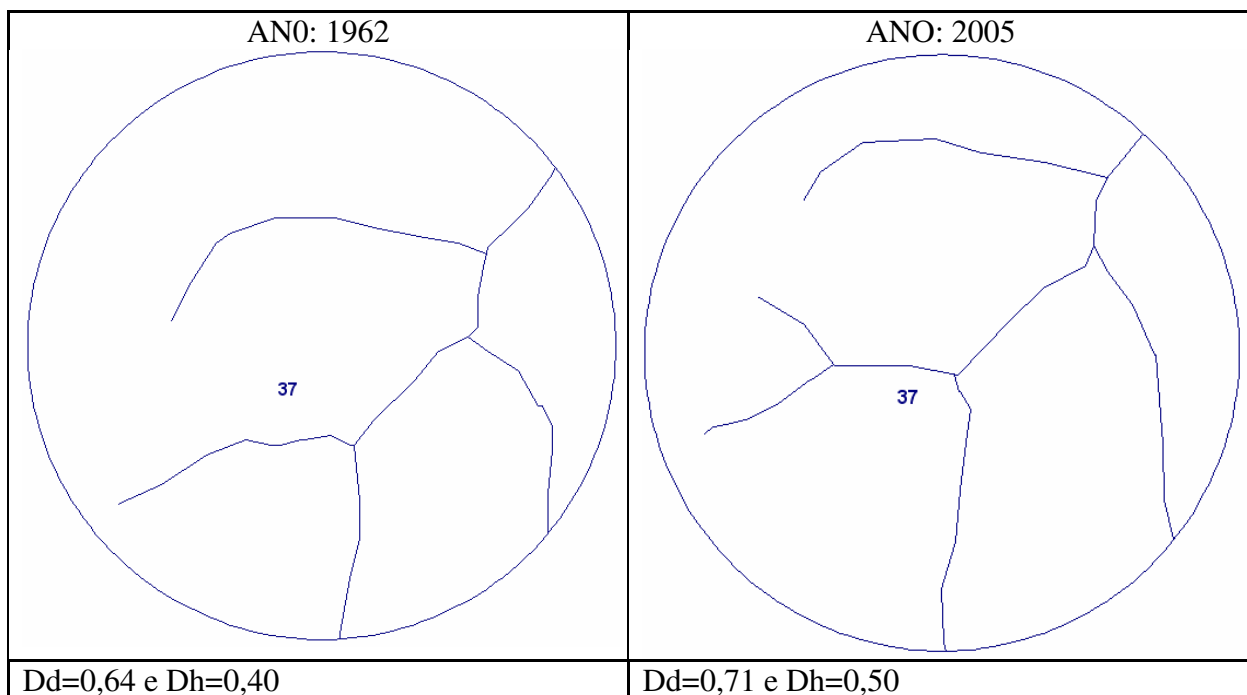


Figura 66 Amostras circulares N°37 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

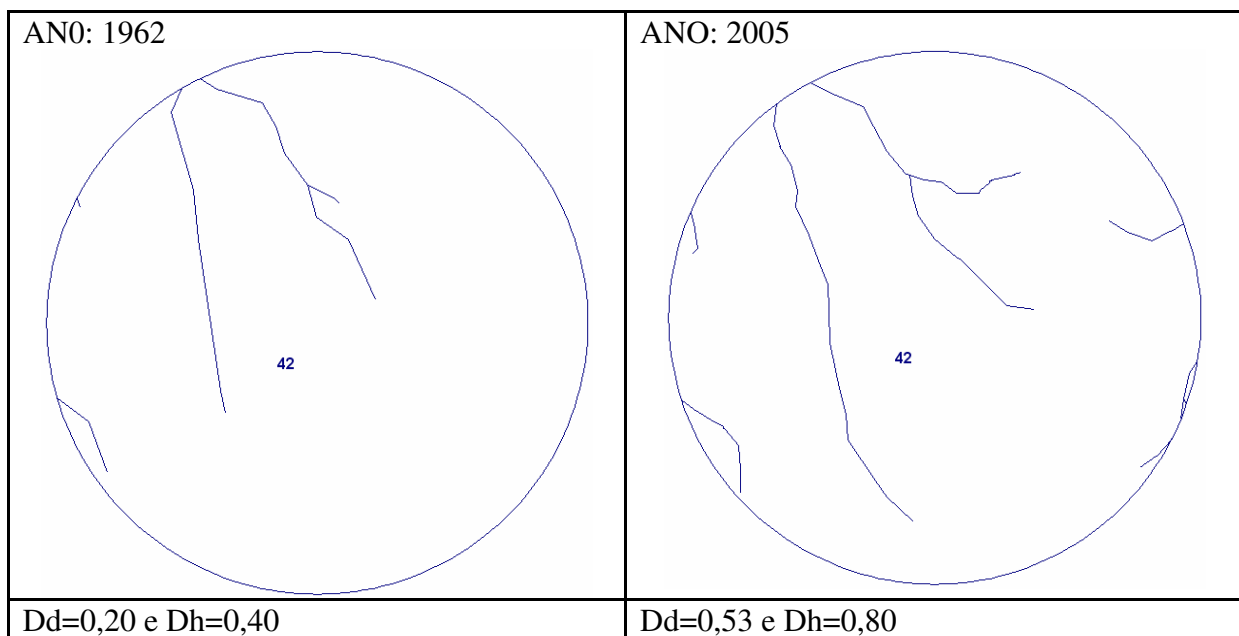


Figura 67 Amostras circulares N°42 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10).

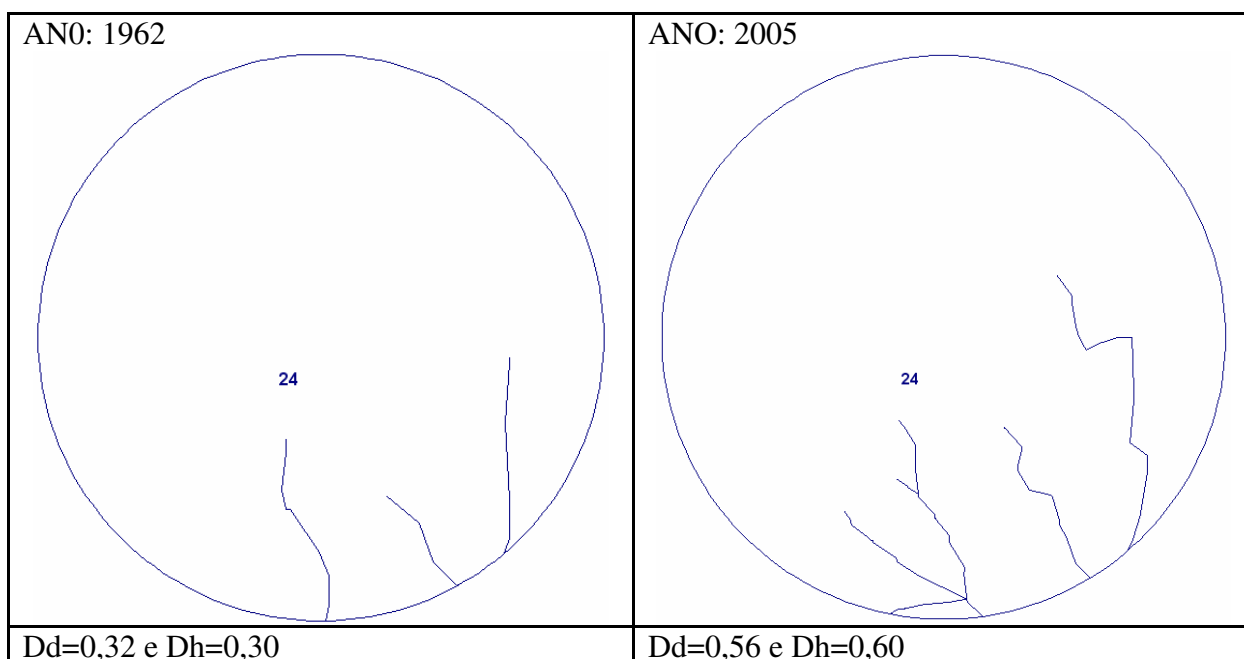


Figura 68 Amostras circulares N°24 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).

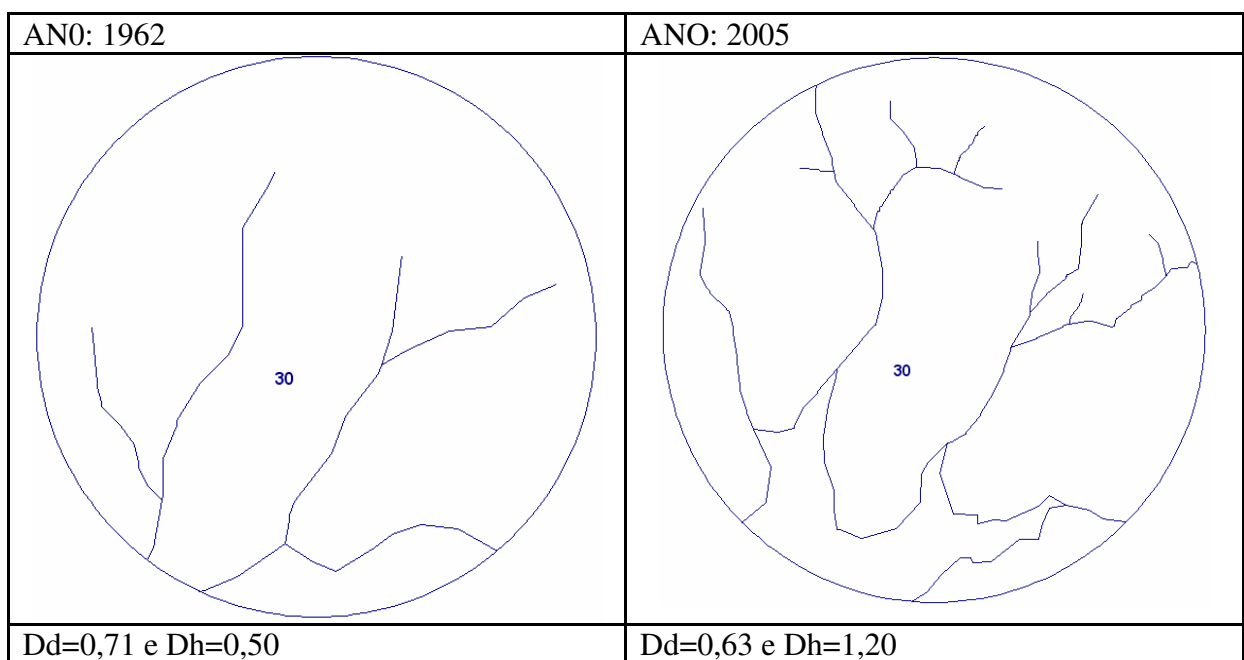


Figura 69 Amostras circulares N°30 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).

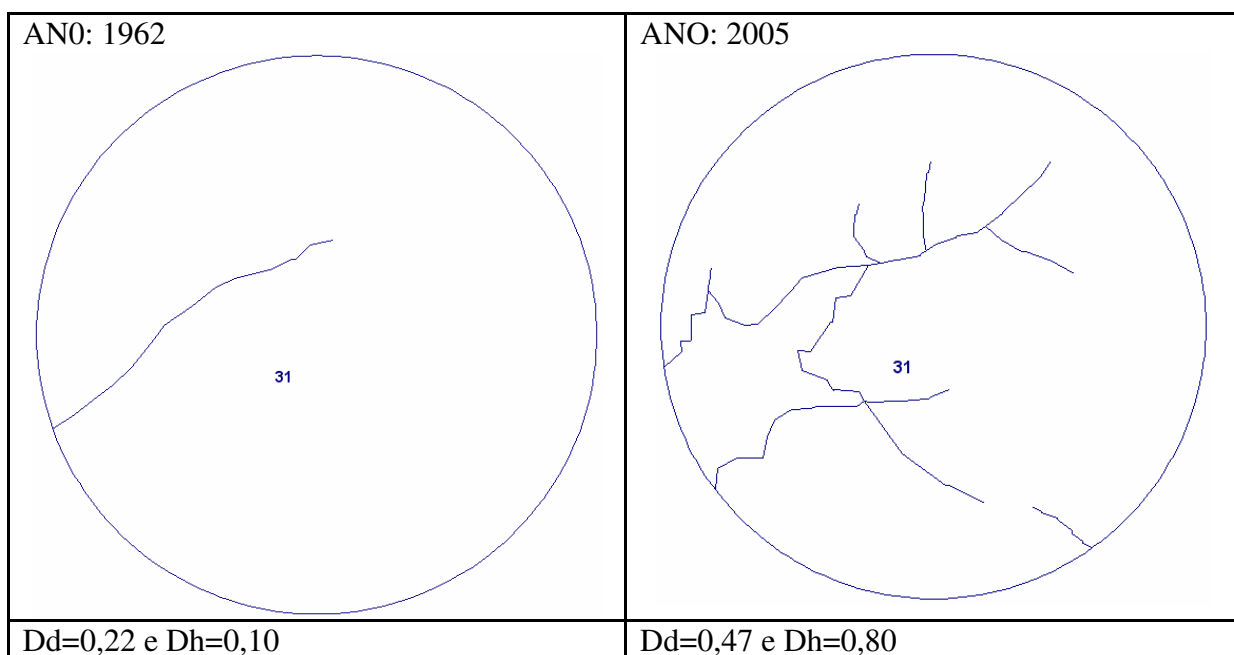


Figura 70 Amostras circulares N°31 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).

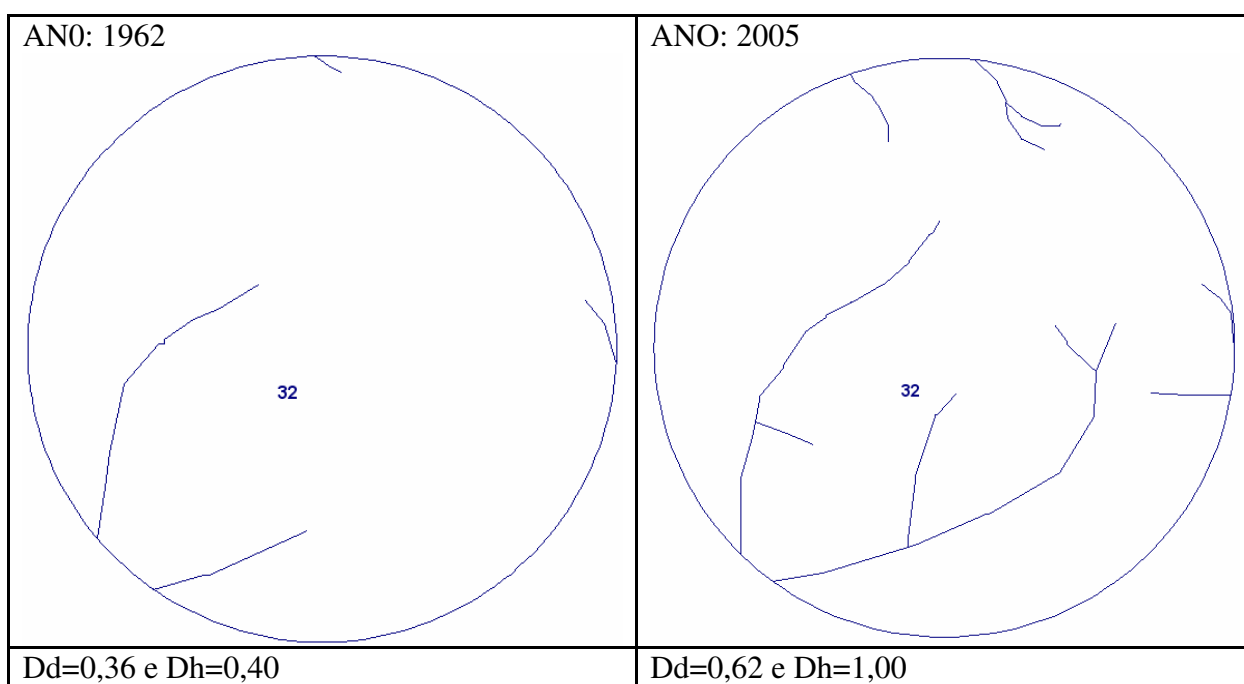


Figura 71 Amostras circulares N°32 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).

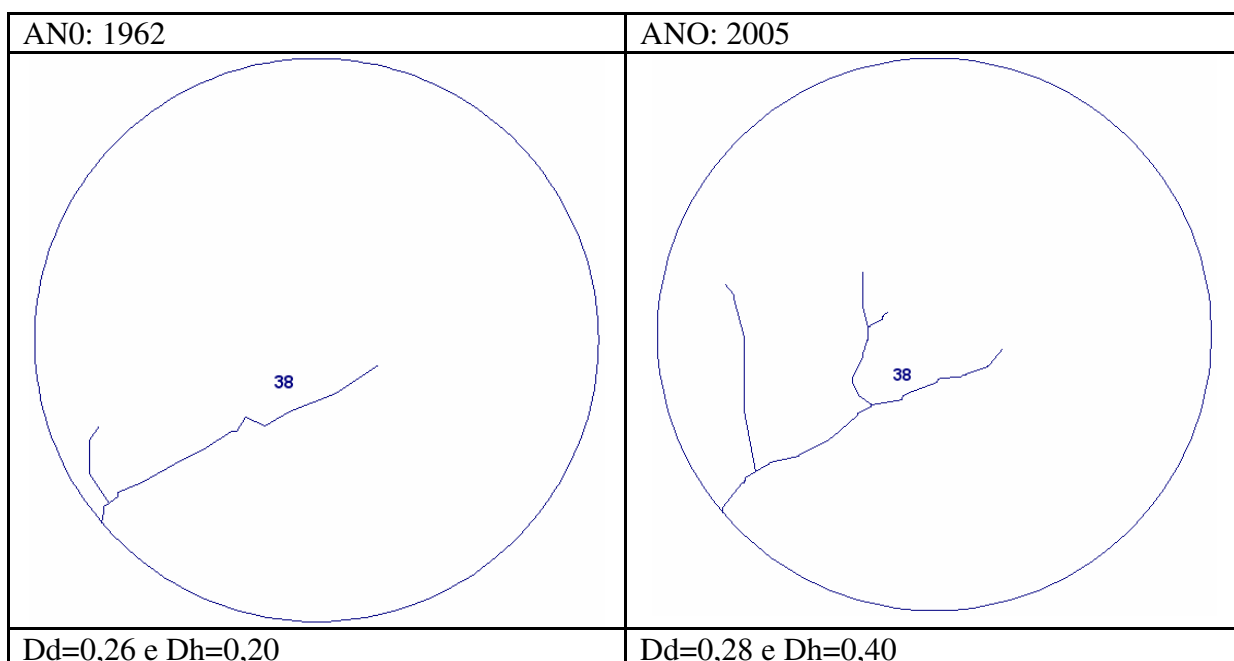


Figura 72 Amostras circulares N°38 (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Argissolo Vermelho (PV1).

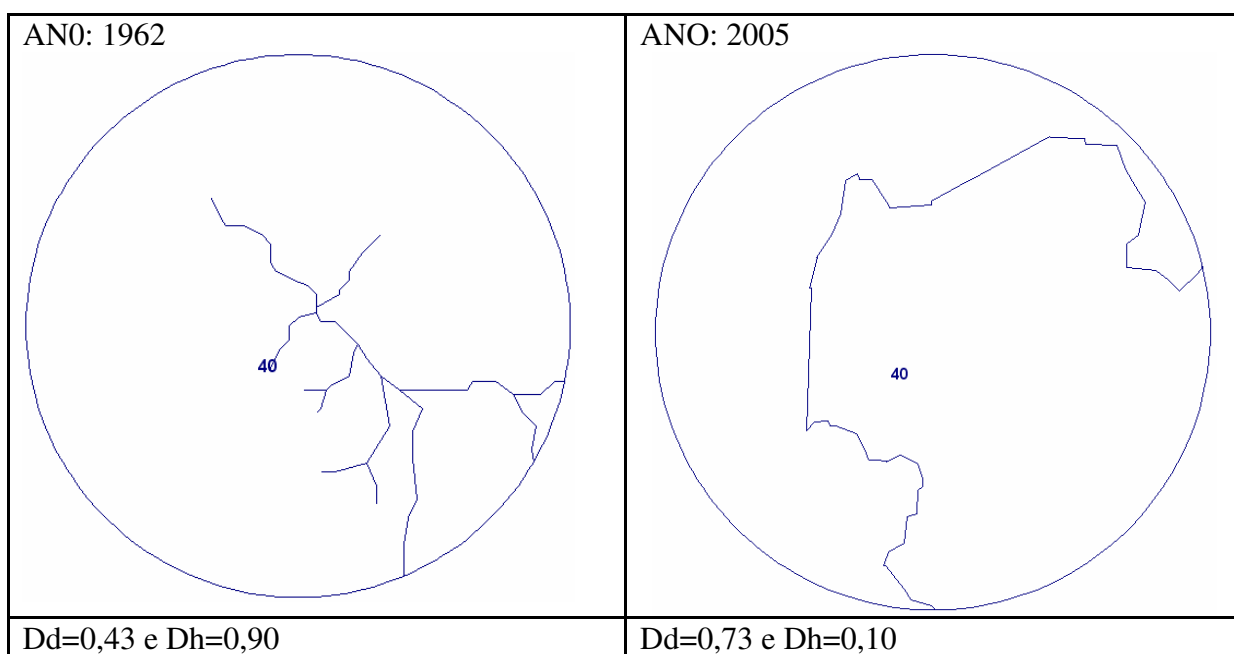


Figura 73 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV1+PVA10).

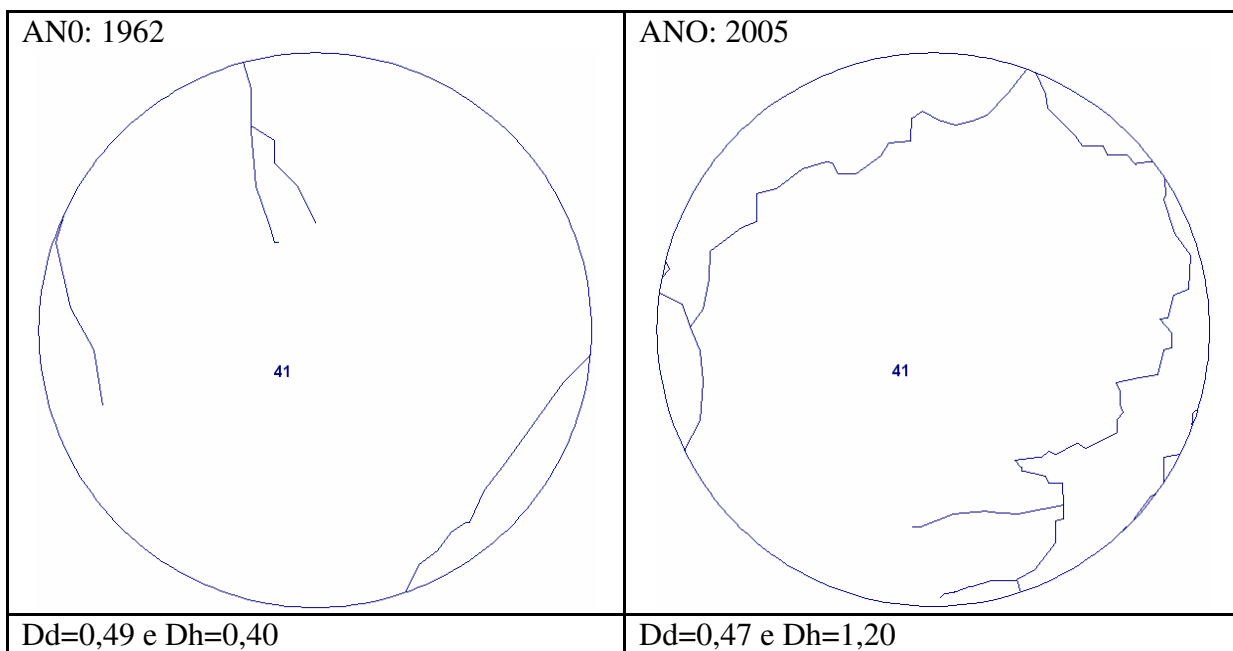


Figura 74 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV1+PVA10).

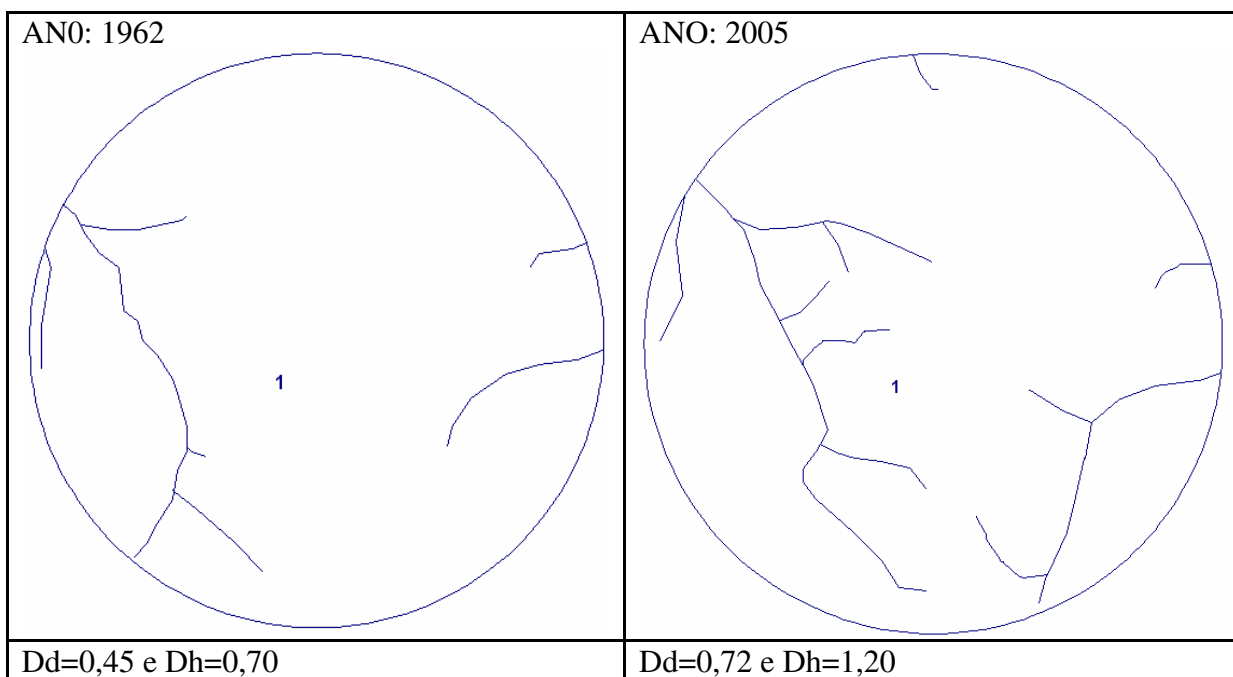


Figura 75 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa das unidades de solos Argissolo Vermelho-Amarelo + Neossolo Quartzarênico (PVA10 + NQ6).

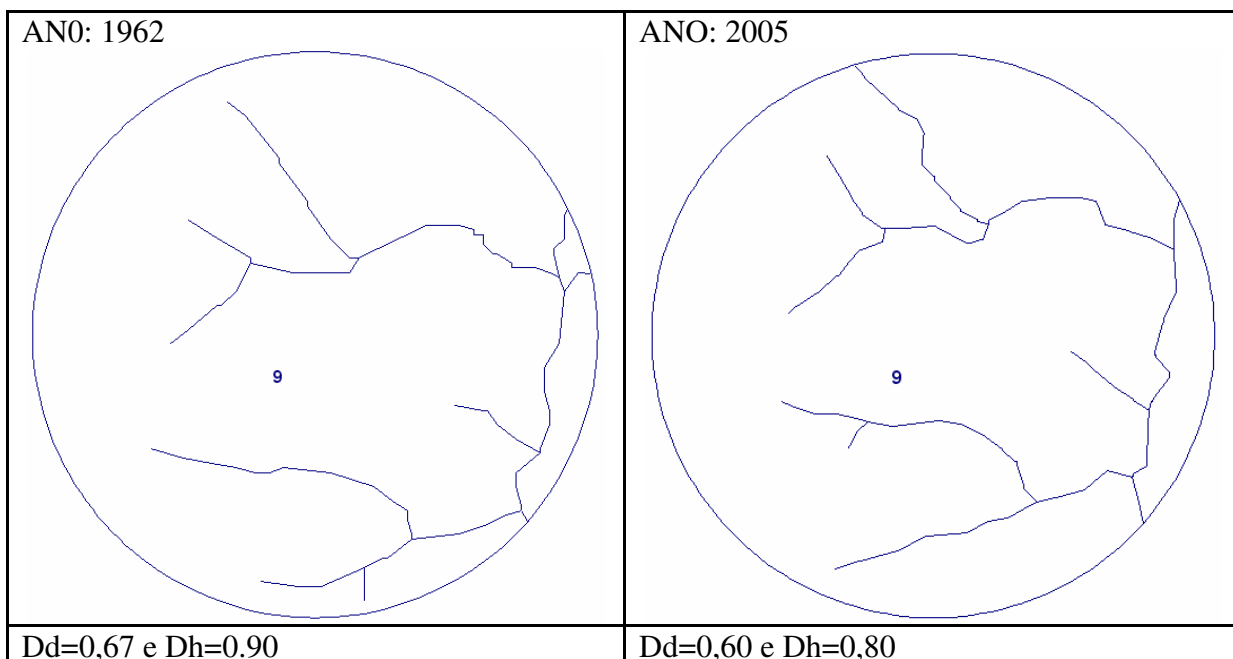


Figura 76 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).

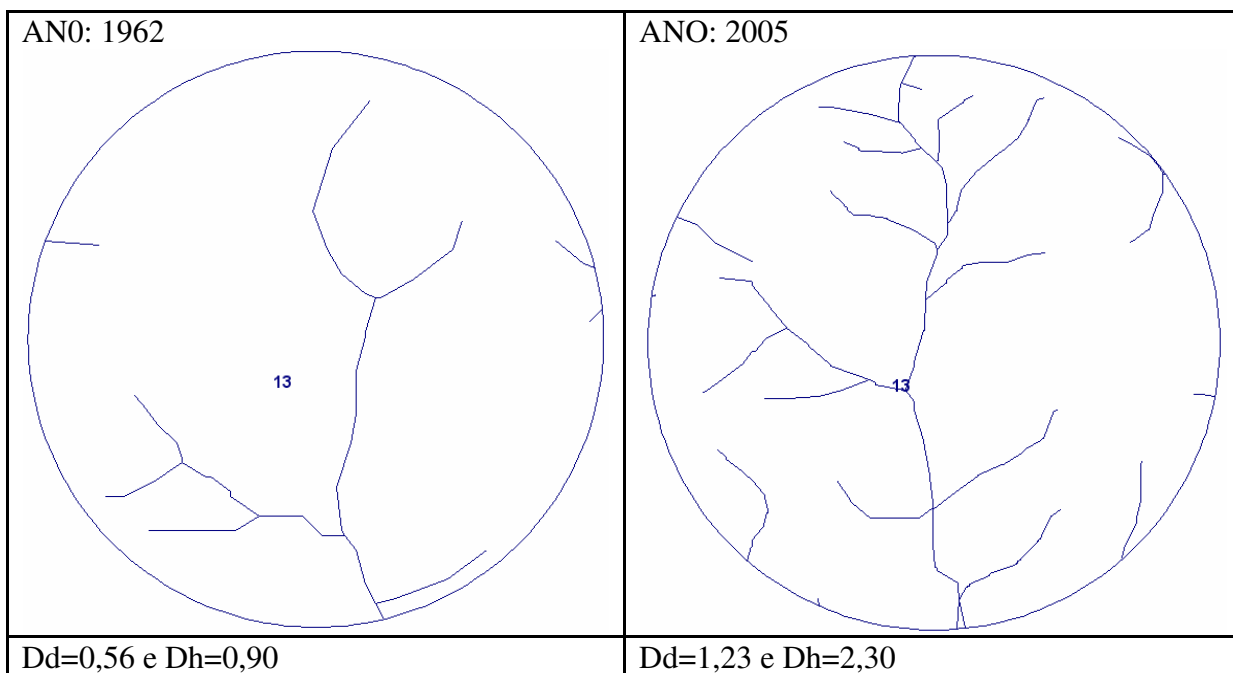


Figura 77 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).

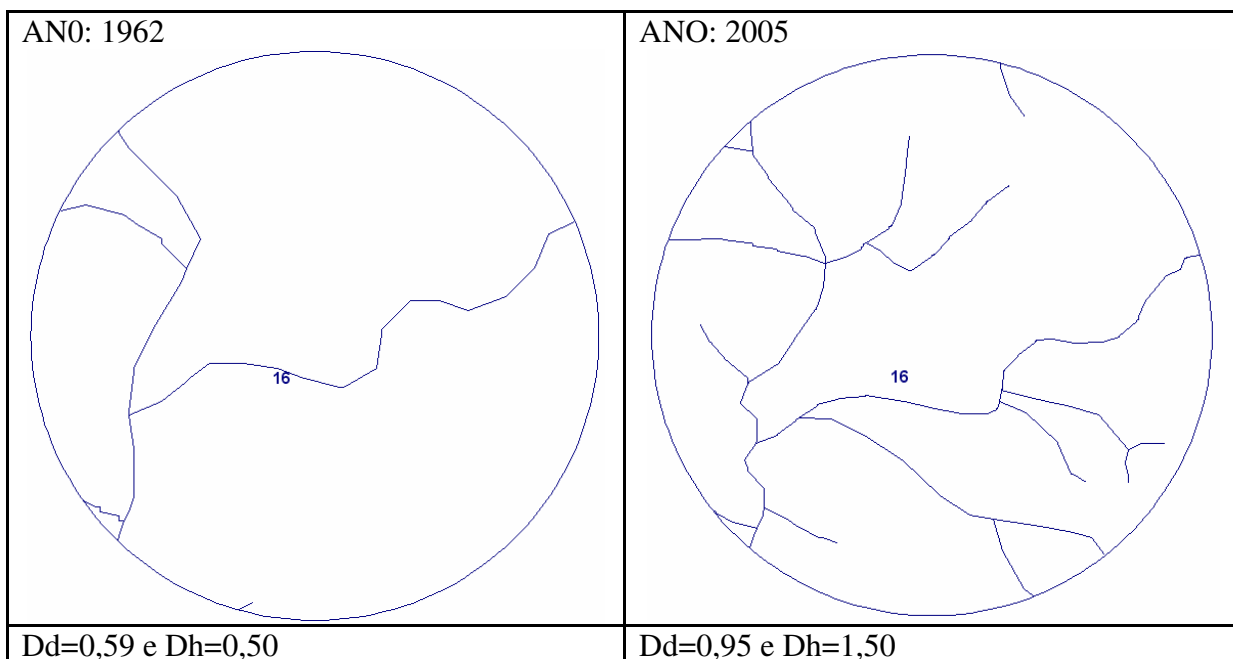


Figura 78 Amostras circulares Nº (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).

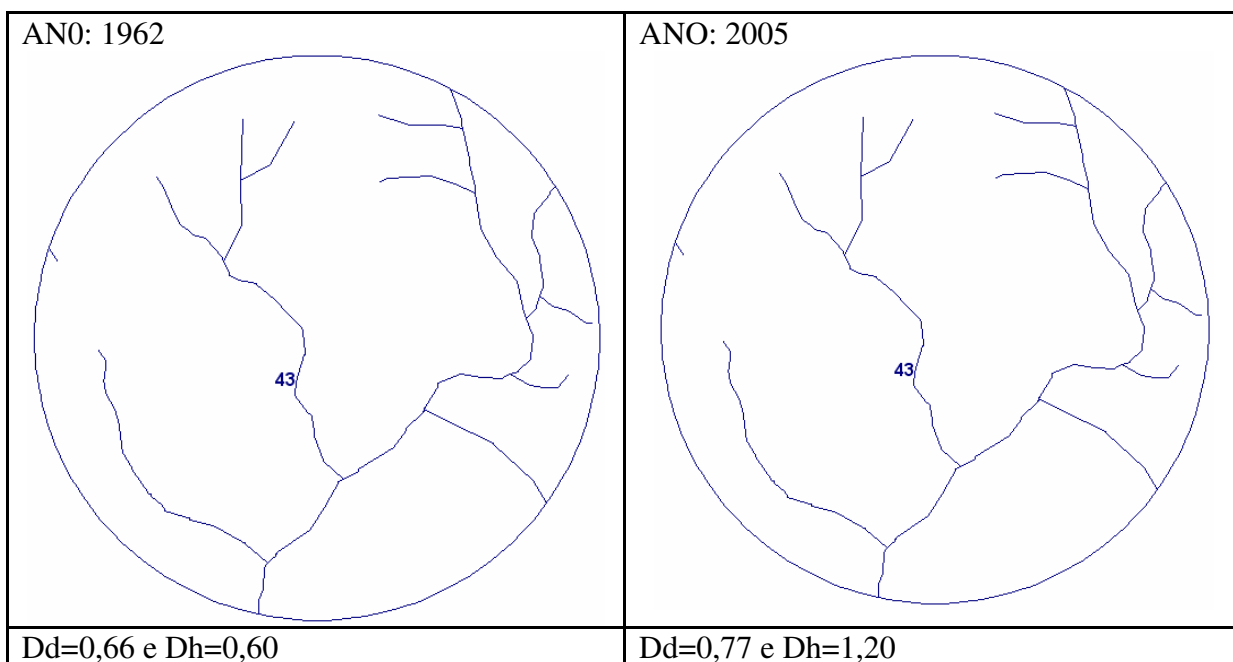


Figura 79 Amostras circulares Nº (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solos Argiloso Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo (PV2+PVA10).

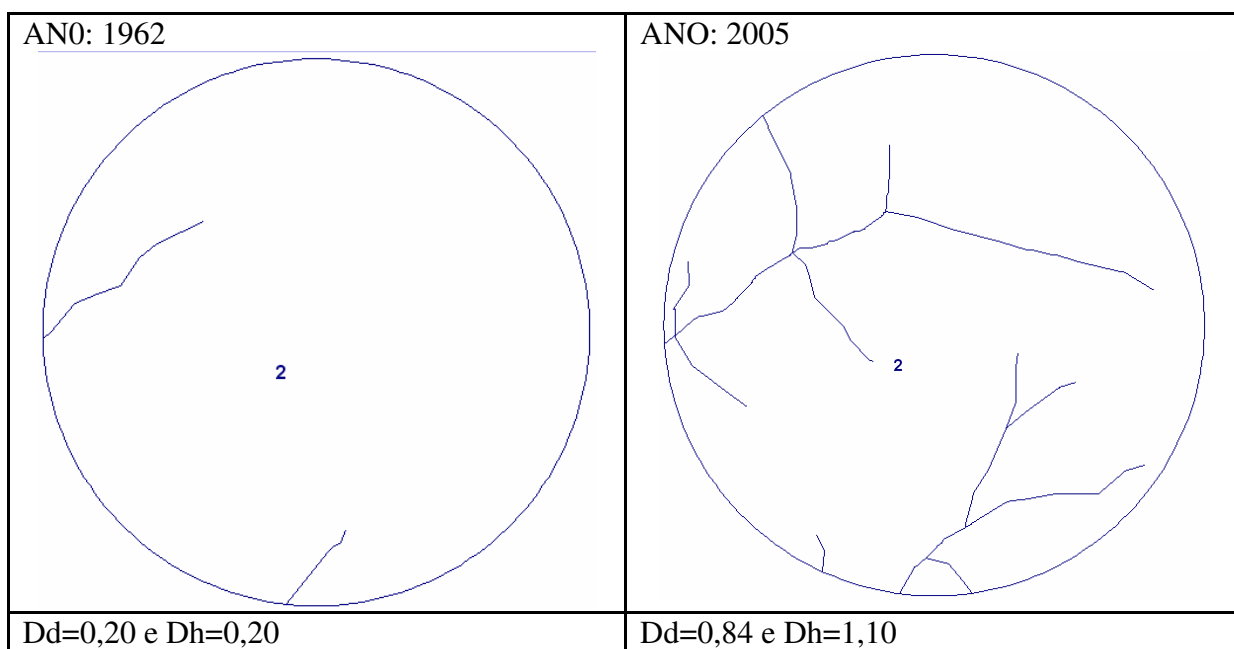


Figura 80 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Latossolo Vermelho (LV39).

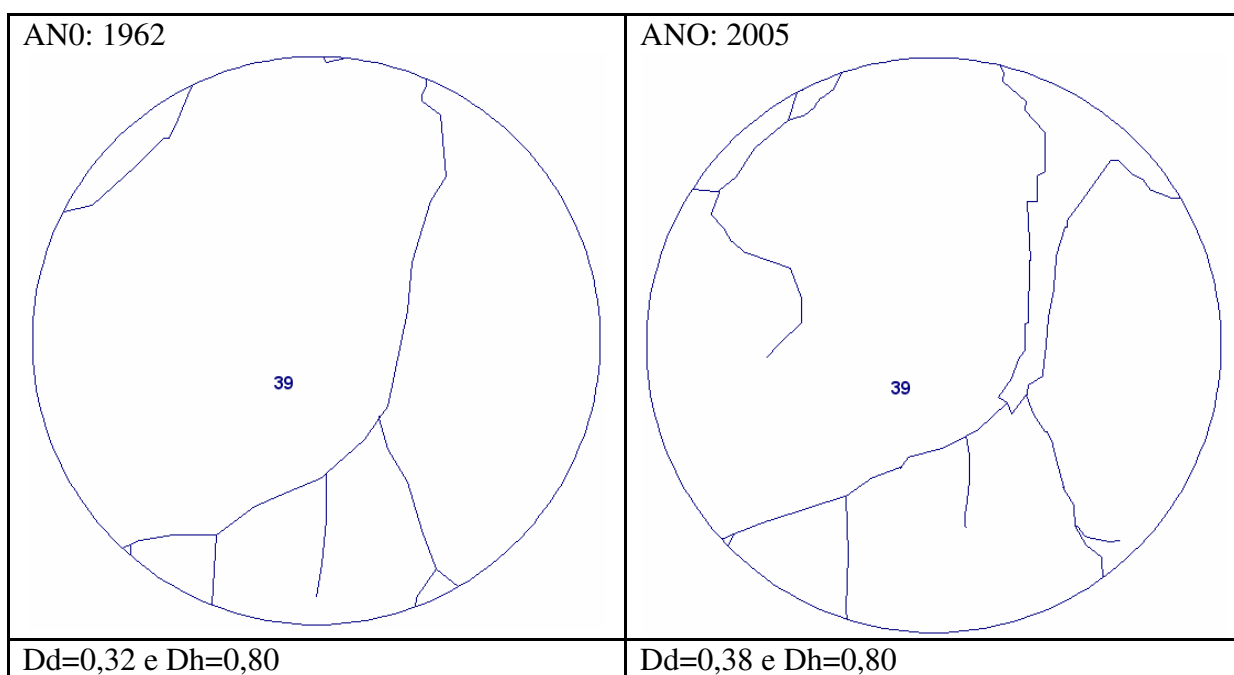
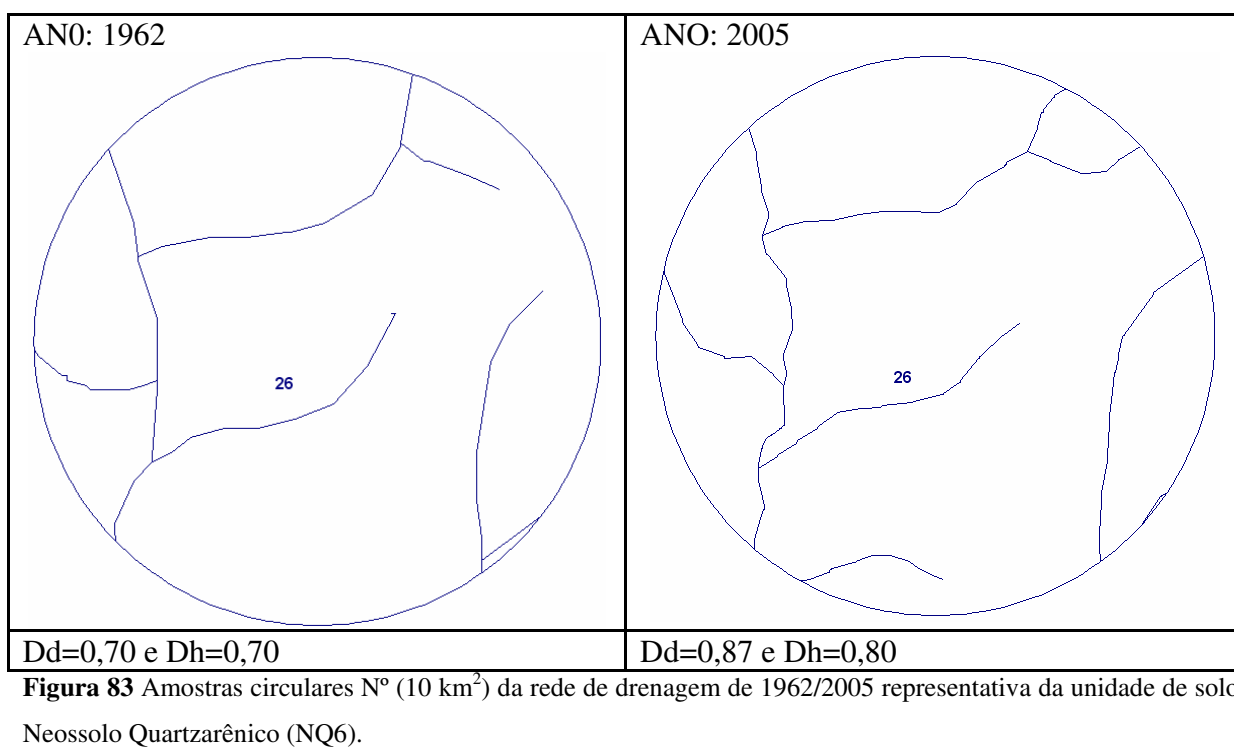
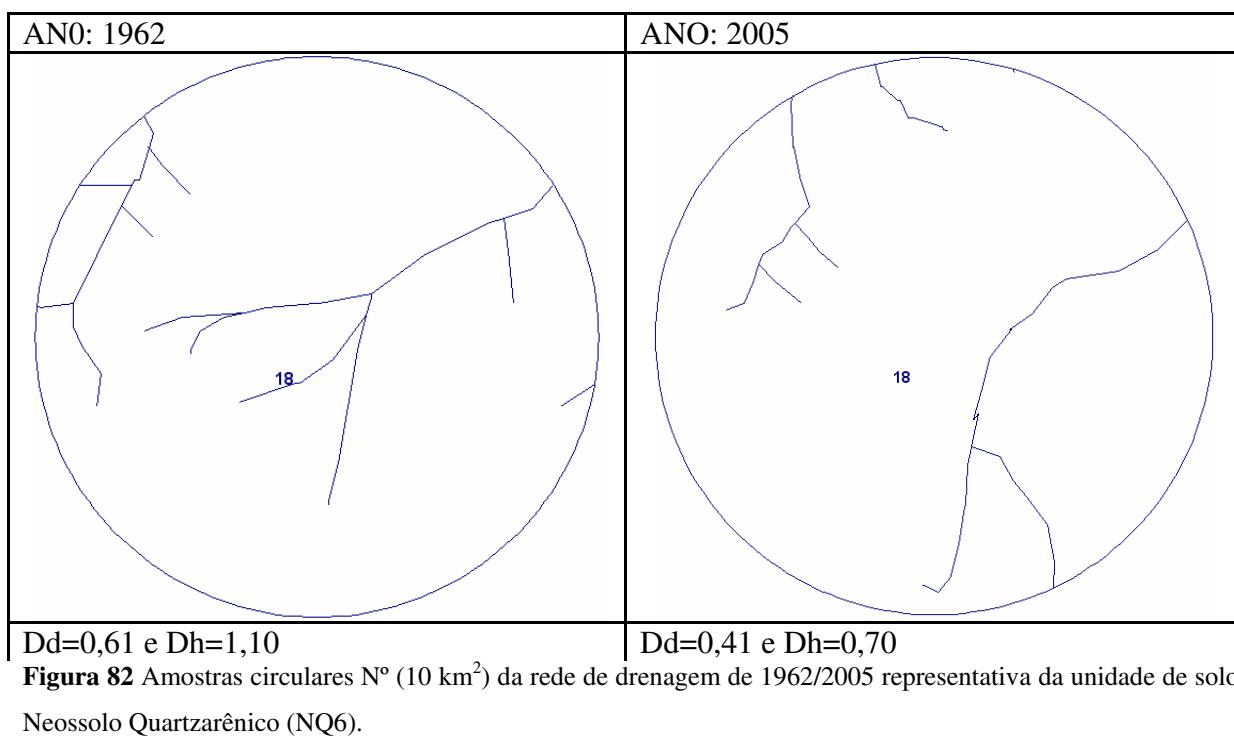


Figura 81 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Latossolo vermelho (LV45).



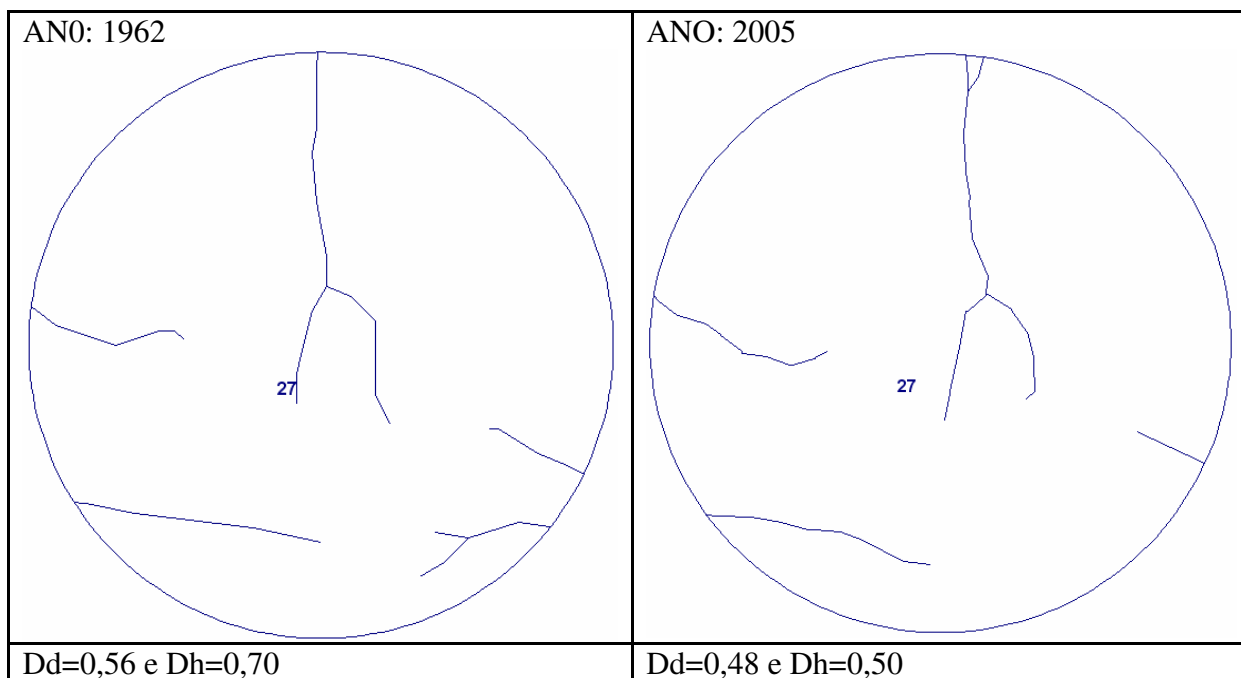


Figura 84 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6).

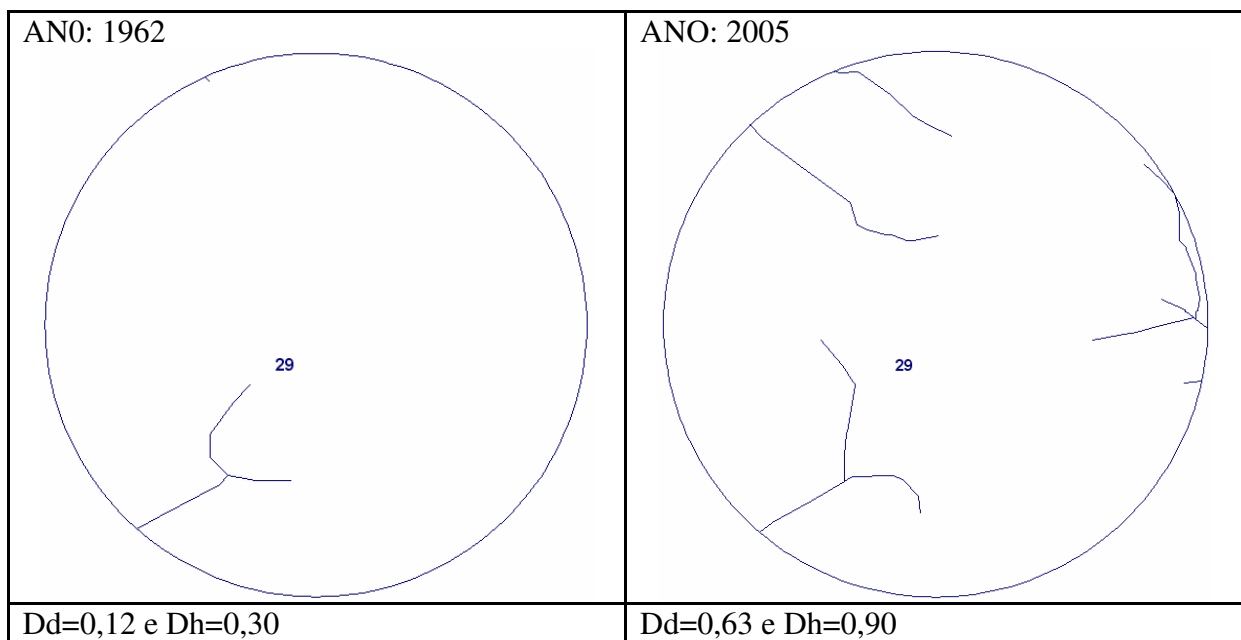


Figura 85 Amostras circulares N° (10 km²) da rede de drenagem de 1962/2005 representativa da unidade de solo Neossolo Quartzarênico (NQ6).