

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES NA REDE DE
DRENAGEM DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CAPIVARI-MIRIM - SP**

Geól.^a ALESSANDRA GONÇALVES SIQUEIRA

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geotecnia.

ORIENTADOR : Prof. Dr. José Eduardo Rodrigues

**São Carlos – SP
2001**

*De tudo ficaram três coisas
A certeza de que estava sempre começando,
A certeza de que era preciso continuar
E a certeza de que seria interrompido
Antes de terminar.*

*Fazer da interrupção um caminho novo
Fazer da queda, um passo de dança
Do medo, uma escada,
Do sonho, uma ponte,
da procura, um encontro.*

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Eduardo Rodrigues pela orientação, estímulo e confiança.

Ao geólogo Eduardo Goulart Collares pelas discussões, sugestões, e ensinamentos durante o desenvolvimento desta pesquisa e por toda a atenção dispensada aos trabalhos de campo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPESP por disponibilizar recursos financeiros utilizados na realização desta pesquisa.

Aos técnicos dos laboratórios do Departamento de Geotecnia, José Luiz, Sr. Antonio, Oscar e Décio por acompanharem, com dedicação, os trabalhos de campo.

Aos técnicos dos laboratórios do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Sr. Paulo, Júlio e Cidinha, pela atenção e orientação na realização das análises laboratoriais.

À Maristela, à Neiva, ao Álvaro e ao Toninho pela atenção e solicitude constantes.

À todos os amigos do Departamento de Geotecnia, em especial à Kênia, Sayonara, Marta, Janaina, Joseli e Toño.

À todos os órgãos e profissionais que forneceram informações para a realização deste trabalho, em especial à geóloga Maria José Brollo, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, aos geólogos do DNPM/CPRM Luiz A. Chierigati e Lilliane L. B. Sachs, ao Consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, ao DAEE/SP e a UNESP-Rio Claro.

Aos geólogos e técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) pelo apoio. Meu agradecimento especial aos geólogos Omar Y. Bitar, Wilson S. Iyomassa e Antonio Marrano pela compreensão. A Naohiko Nagata pelo auxílio nos procedimentos em informática e a Fábio S. Magalhães pela amizade.

Ao amigo Adalberto A. Azevedo pela compreensão, incentivo e apoio constantes e por me ajudar a seguir em frente nas horas difíceis.

Aos técnicos do IPT - Primavera, *Tatão, Tião, Luiz Manoel e Osvaldir* pelo apoio e pela "torcida" durante a realização deste trabalho.

Ao amigo Marcos Damião pela paciência e auxílio infundáveis e pelos ensinamentos de informática.

Aos amigos Marcia Blannes e Guilherme Madeira pelo incentivo.

Aos amigos Bernardete, Arioaldo e Beatriz pelo estímulo e pela confiança. À querida Dona Reni Caprioglio pelo imenso carinho.

À amiga-irmã Silmara por acreditar em minha pessoa, com seu carinho, incentivo e suas sábias palavras em todas as situações.

À minha família pelo amor e apoio incondicionais e por compreenderem toda minha ausência.

Ao companheiro Lourenço pela dedicação, apoio e amor.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 : INTRODUÇÃO

1.1 – Objetivos	02
-----------------	----

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. 1 – Bacias Hidrográficas como unidades de planejamento e gestão	04
2. 2 – Importância de Estudo	06
2. 3 – Monitoramento de Bacias Hidrográficas	09
2. 3.1 – Fatores de degradação ambiental em bacias hidrográficas	09
2. 3.1.1– Fatores de ordem natural	10
2. 3.1.2– Fatores de natureza antrópica	11
2. 3.1.2.a Crescimento populacional	11
2. 3.1.2.b Desmatamento	12
2. 3.1.2.c Alterações no relevo/topografia	13
2. 3.1.2.d Impermeabilização do solo	13
2. 3.1.2.e Problemas de erosão e assoreamento	14
2. 3.1.2.f Mudanças no regime hidrológico	15
2. 3.2 – Monitoramento da qualidade da Água	19
2.3.2.1 – Indicadores da qualidade física da água	22
2.3.2.1.a Cor	22
2.3.2.1.b Turbidez	23
2.3.2.1.c Sólidos	23
2.3.2.1.d Temperatura	23
2.3.2.1.e Condutividade	24
2.3.2.2 – Indicadores da qualidade química da água	24
2.3.2.2.a Oxigênio Dissolvido (OD)	24
2.3.2.2.b Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	25
2.3.2.2.c pH	25
2.3.2.2.d Alcalinidade	26
2.3.2.2.e Nitrato, Fosfato e Amônia	27
2.3.2.2.f Metais Pesados	27
2. 4 – Indicadores Ambientais	28

Sumário

CAPÍTULO 3 : CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA ESTUDADA

3.1 – Localização	31
3.2 – Aspectos Fisiográficos	33
3.2.1. Clima	33
3.2.2 Características Geológicas e Geomorfológicas	34

CAPÍTULO 4 : METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1 – Generalidades	36
4.2 – Levantamento das Informações da Sub-Bacia e Documentos Gerados	36
4.2.1 Características Geológicas e Geomorfológicas	36
4.2.1.1 Mapa de Substrato Rochoso	38
4.2.1.2 Mapa de Compartimentação do Relevo	41
4.2.1.3 Carta de Declividade e Modelo Digital de Terreno	44
4.2.2 Caracterização Morfométrica da rede de drenagem sub-bacia do rio Capivari-Mirim	48
4.2.2.1 Levantamento e Processamento das Informações	48
4.2.3. Águas Superficiais	53
4.3 – Atividades Antrópicas	54
4.3.1. Cartas de Uso e Ocupação	54

CAPÍTULO 5 : ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA REDE DE DRENAGEM DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM

5.1 – Caracterização morfométrica	58
5.1.1 Variáveis Relativas à Morfologia	60
5.1.2 Variáveis Relativas à Composição do Sistema de Drenagem	60
5.2 – Avaliação dos Parâmetros Morfométricos da Sub-Bacia do Rio Capivari-Mirim	63
5.2.1 Compartimentação da Sub-bacia do Rio Capivari-Mirim	64
5.3 – Faixas de Distribuição das Variáveis Morfométricas	68
5.3.1 – Índice de Circularidade (Ic)	68
5.3.2 – Densidade de Drenagem (Dd)	69
5.3.3 – Densidade Hidrográfica (Dh)	70
5.3.4 – Razão de Bifurcação entre canais de primeira e segunda ordens (Rb 1-2)	71
5.3.5 – Razão de Comprimento Médio entre canais de segunda e primeira ordens (Rlm 2-1)	72
5.4 – Avaliação das Variáveis da Rede de Drenagem para as Microbacias	73

Sumário

5.4.1 – Relação entre Variáveis da Rede de Drenagem e Variáveis Morfológicas	73
5.4.2 - Relação entre as variáveis da rede de drenagem para o ano de 1972 e o substrato rochoso	78
5.4.3 – Relação entre as variáveis da rede de drenagem e suas taxas de variação (%) no período entre 1972 e 1995	81
5.4.4 – Características de uso e ocupação do meio físico	86
5.4.4.1 – Relação entre taxas de variação das variáveis da rede de drenagem e as taxas de variação das características do uso e ocupação	86
5.4.5 – Avaliação dos parâmetros morfométricos dos sub-setores da classe D	94
5.4.5.1 – Relação entre variáveis da rede de drenagem e variáveis morfológicas dos sub-setores	94
5.4.5.2 – Relação entre as variáveis da rede de drenagem dos sub-setores e o substrato rochoso	97
5.4.5.3 – Relação entre as variáveis da rede de drenagem dos sub-setores e suas taxas de variação (%) no período entre 1972 e 1995	99
5.4.5.4 – Taxas de variação das características do uso e ocupação dos sub-setores	102
5.5 – Avaliação das alterações da rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim	104
CAPÍTULO 6 : ANÁLISE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM	
6.1 - Generalidades	115
6.2 - Tendências de variação dos parâmetros mensurados no rio Capivari-Mirim	120
6.3 – Contribuição do rio Capivari-Mirim para a qualidade das águas do rio Capivari	130
6.4 – Avaliação dos parâmetros mensurados no rio Capivari-Mirim	134
CAPÍTULO 7 : CONCLUSÕES	
7.1 - Análise Morfométrica	140
7.2 – Análise Físico-Química	145
CAPÍTULO 8 : REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
ANEXOS	

Sumário**LISTA DE TABELAS**

Tabela 01: Alterações ambientais provocadas pela produção do álcool (modificada de MOTA, 1997).	19
Tabela 02: Solubilidade do oxigênio na água em diferentes temperaturas (DUNNE & LEOPOLD, 1995).	23
Tabela 03: Geoindicadores: influências natural e humana (COGEOENVIRONMENT, modificado de BERGER, 1997).	30
Tabela 04: Folhas topográficas (1:10.000) utilizadas na elaboração da carta de declividade e do modelo digital de terreno.	44
Tabela 05: Classes de declividade definidas para a sub-bacia do rio Capivari-Mirim.	46
Tabela 06: Classes de uso e ocupação definidas para a sub-bacia do rio Capivari-Mirim. 55	
Tabela 07: Valores das áreas obtidas para as microbacias da bacia do rio Capivari-Mirim.	55
Tabela 08: Subdivisão das microbacias da bacia do rio Capivari-Mirim segundo as classes definidas.	66
Tabela 09: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Ic.	68
Tabela 10: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Dd.	69
Tabela 11: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Dh.	70
Tabela 12: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Rb 1-2.	71
Tabela 13: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores e Rlm 2-1.	72
Tabela 14: sub-setores da classe D e suas respectivas áreas.	94
Tabela 15: Valores máximos e mínimos permitidos pela legislação, para os parâmetros analisados no rio Capivari-Mirim.	118
Tabela 16: Identificação das etapas de coleta efetuadas.	121
Tabela 17: Porcentagem de variação dos parâmetros mensurados no rio Capivari.	133
Tabela 18: relação das estações de coleta e dos parâmetros mensurados que ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação.	136
Tabela 19: microbacias indicadas para estudos e respectivas estações de coleta.	137

Sumário

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Representação esquemática dos sistemas e sub-sistemas, ou bacias e sub-bacias hidrográficas.	07
Figura 02: Representação simplificada da interação dos processos hidrológicos e biogeoquímicos atuantes em uma bacia de drenagem (CALOW & PETTS, 1992).	08
Figura 03: Principais alterações da biosfera em áreas urbanizadas (Modificado de SUKOPP & KUNICK, apud CAVALHEIRO, 1995).	15
Figura 04: Esquema do balanço hídrico em áreas urbanas (CAVALHEIRO, 1995).	16
Figura 05: Alterações provocadas no ambiente decorrentes de projetos de irrigação (MOTA, 1997).	18
Figura 06: Fluxograma das interrelações dos estágios de um programa de monitoramento da qualidade da água (PARR, 1994).	21
Figura 07: Curva de oxigênio dissolvido, DBO e bactérias no processo de autodepuração de um curso d'água (MOTA, 1997).	26
Figura 08 - Localização da área de estudo.	32
Figura 09 - Localização da UGRHI 5 no contexto das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (Fonte : CBH-PCJ, 1996).	33
Figura 10: Mapa pluviométrico da Sub-bacia do rio Capivari-Mirim (adaptado de PEREIRA, 1996 e IG, 1998).	34
Figura 11: Fluxograma do procedimento metodológico adotado no desenvolvimento do trabalho.	37
Figura 12: procedimento adotado na caracterização geológica e geomorfológica da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.	38
Figura 13: Mapa de Substrato Rochoso da sub-bacia do rio Capivari-Mirim (compilado de CPRM (1991), GALEMBECK (1997) e IG (1999), em escala 1:50.000).	40
Figura 14: Mapa de Compartimentação do Relevo da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.	43
Figura 15: Modelo Digital do Terreno gerado a partir da interpolação de curvas de nível de folhas topográficas 1:10.000.	45
Figura 16: Carta de declividade da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.	47
Figura 17 – Seqüência de procedimentos adotados na obtenção das variáveis morfométricas.	48
Figura 18: Exemplo da digitalização da rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.	50
Figura 19: Rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para os anos de 1972 e 1995	51

Sumário

Figura 20: Mapa de uso e ocupação da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1972.	56
Figura 21: Mapa de uso e ocupação da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1995.	57
Figura 22: Procedimento adotada na análise das alterações da rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.	59
Figura 23: Mapa de compartimentação da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim, SP, em microbacias hidrográficas.	67
Figura 24: Valores do índice de circularidade para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.	68
Figura 25: Valores de densidade de drenagem para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.	69
Figura 26: Valores de densidade hidrográfica para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.	70
Figura 27: Valores de razão de bifurcação entre canais de ordem 1 e 2 para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.	71
Figura 28: Valores de razão de comprimento médio entre canais de ordem 2 e 1 para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.	72
Figura 29 : Distribuição das classes de declividade nas microbacias da bacia do rio Capivari-Mirim.	74
Figura 30: Relação entre a densidade hidrográfica (1972) e as classes de declividade 1 e 2.	74
Figura 31: Relação entre a densidade hidrográfica (1972) e a classe de declividade 3.	75
Figura 32: Relação entre a densidade hidrográfica (1972) e a classe de declividade 4.	75
Figura 33: Relação entre a densidade de drenagem (1972) e as classes de declividade 1 e 2.	76
Figura 34: Relação entre a densidade de drenagem (1972) e a classe de declividade 3.	76
Figura 35: Relação entre a densidade de drenagem (1972) e a classe de declividade 4.	77
Figura 36. Relação entre área das microbacias e a densidade de drenagem (1972).	77
Figura 37: Relação entre microbacias de composição arenítica e a densidade de drenagem (1972).	79
Figura 38: Relação entre microbacias de composição rítmica e a densidade de drenagem (1972).	79
Figura 39: Relação entre microbacias de composição arenítica e a densidade hidrográfica (1972).	80
Figura 40: Relação entre microbacias de composição rítmica e a densidade hidrográfica (1972).	80
Figura 41: Relação entre densidade de drenagem e sua taxa de variação (%), para as classes de microbacias, no período entre 1972 e 1995.	81

Sumário

Figura 42: Relação entre densidade hidrográfica e sua taxa de variação (%), para as classes de microbacias, no período entre 1972 e 1995.	82
Figura 43: Relação entre taxas de variação (%) de densidade de drenagem e densidade hidrográfica, para as classes de microbacias, no período entre 1972 e 1995.	82
Figura 44: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a área das Microbacias.	84
Figura 45: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a ordem hierárquica dos canais das microbacias.	84
Figura 46: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a área das microbacias.	85
Figura 47: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a ordem hierárquica dos canais das microbacias.	85
Figura 48: Relação entre a taxa de variação de ocupação pouco adensada e a taxa de variação na densidade de drenagem (Dd) entre 1972 e 1995.	89
Figura 49: Relação entre a taxa de variação de ocupação pouco adensada e a taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh) entre 1972 e 1995.	89
Figura 50: Relação entre taxa de variação da ocupação mediamente adensada e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).	90
Figura 51: Relação entre taxa de variação da ocupação mediamente adensada e taxa de variação na densidade de hidrográfica (Dh).	90
Figura 52: Relação entre taxa de variação de pastagem /capoeira e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).	91
Figura 53: Relação entre taxa de variação de pastagem /capoeira e taxa de variação na densidade de hidrográfica (Dh).	91
Figura 54: Relação entre taxa de variação de hortifrutí e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).	92
Figura 55: Relação entre taxa de variação de hortifrutí e taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh).	92
Figura 56: Relação entre taxa de variação de cana e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).	93
Figura 57: Relação entre taxa de variação de cana e taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh).	93
Figura 58: Relação entre taxa de variação de mata/reflorestamento e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).	94
Figura 59: Relação entre taxa de variação de mata/reflorestamento e taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh).	94
Figura 60: Mapa de subdivisão das microbacias da classe D em sub-setores.	96

Sumário

Figura 61 : Relação entre a área dos sub-setores da classe D e a densidade de drenagem.	97
Figura 62 : Distribuição das classes de declividade para os sub-setores da classe D.	98
Figura 63: Relação entre a densidade hidrográfica e as classes de declividade 3 e 4.	98
Figura 64: Relação entre a densidade de drenagem e substrato rochoso dos sub-setores da classe D.	99
Figura 65: Relação entre a densidade hidrográfica e substrato rochoso dos sub-setores da classe D.	99
Figura 66: Relação entre taxas de variação (%) de densidade de drenagem e densidade hidrográfica, para os sub-setores, no período entre 1972 e 1995.	100
Figura 67: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a área dos sub-setores da classe D.	101
Figura 68: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a ordem hierárquica dos canais dos sub-setores da classe D.	102
Figura 69: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a área dos sub-setores da classe D.	102
Figura 70: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a ordem hierárquica dos canais dos sub-setores da classe D.	103
Figura 71: Variações nas taxas (%) das classes de uso e ocupação presentes nos sub-setores da classe D.	104
Figura 72 : Mapa de alterações da rede de drenagem das microbacias e dos sub-setores do rio Capivari-Mirim.	106
Figura 73: Relação entre as taxas de variação de Dd e de Dh para as microbacias e os sub-setores da bacia do rio Capivari-Mirim.	107
Figura 74: Vista geral de área com ocupação desordenada, localizada na porção norte do aeroporto e do córrego Viracopos (periferia de Campinas).	108
Figura 75: Movimentação de terra para obras de ampliação do aeroporto internacional de Viracopos, Campinas.	108
Figura 76: Obras de retaludamento do terreno na cabeceira da pista do aeroporto internacional de Viracopos, Campinas.	109
Figura 77: Outra vista geral da pista do aeroporto internacional de Viracopos, Campinas.	109
Figura 78: Vista geral das áreas com expansão de atividades agrícolas, principalmente hortifrutigranjeiros.	114
Figura 79 : Exemplo de áreas com predomínio de cultivo de cana-de-açúcar.	114
Figura 80 : Localização das estações de coleta na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.	118

Sumário

Figura 81: Variação da concentração de amônia nos pontos de coleta.	123
Figura 82: Variação da concentração de amônia durante as etapas de coleta.	123
Figura 83: Variação da concentração de nitrato nos pontos de coleta.	124
Figura 84: Variação da concentração de nitrato durante as etapas de coleta.	124
Figura 85: Variação da concentração de fosfato nos pontos de coleta.	125
Figura 86: Variação da concentração de fosfato durante as etapas de coleta.	125
Figura 87: Variação da concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta.	126
Figura 88: Variação da concentração de oxigênio dissolvido durante as etapas de coleta.	126
Figura 89: Variação da temperatura nos pontos de coleta.	127
Figura 90: Variação da temperatura durante as etapas de coleta.	127
Figura 91: Variação da concentração dos sólidos suspensos totais nos pontos de coleta.	128
Figura 92: Variação da concentração dos sólidos suspensos totais durante as etapas de coleta.	128
Figura 93: Variação da concentração da condutividade elétrica nos pontos de coleta.	129
Figura 94: Variação da concentração da condutividade elétrica durante as etapas de coleta.	129
Figura 95: Variação do pH nos pontos de coleta.	130
Figura 96: Variação do pH durante as etapas de coleta.	130
Figura 97: Valores de amônia para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.	131
Figura 98: Valores de nitrato para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.	132
Figura 99: Valores de fosfato para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.	132
Figura 100: Valores de condutividade elétrica para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.	133
Figura 101: Valores de oxigênio dissolvido para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.	133
Figura 102 : pluviograma médio mensal, acumulado de 1987 a 1997, na região da sub-bacia do rio Capivari-Mirim (Fonte : DAEE, 1997).	136
Figura 103 : Mapa de microbacias e subsetores indicados para avaliação das alterações.	138
Figura 104 : relação entre as taxas de variação da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica, entre 1972 e 1995, obtidas por diferentes autores.	145

Sumário**LISTA DE QUADROS**

Quadro 01 - Evolução da população do Brasil (Fonte : Anuário Estatístico do Brasil. (IBGE, 1992 apud MOTA, 1997).	11
Quadro 02 - Evolução da população do Estado de São Paulo (Fonte: FIBGE, 1970/1980, e Censo Demográfico de 1991, apud NEGRI, 1992).	11
Quadro 03 - Demanda de água em algumas sub-bacias pertencentes ao Comitê de Bacias Hidrográficas Piracicaba-Capivari-Jundiáí no ano de 1995 (Fonte : Relatório da Situação dos Recursos Hídricos - 1995– CBH-PCJ, 1996).	12
Quadro 04: Síntese dos sistemas de relevo presentes na sub-bacia do rio Capivari-Mirim.	41
Quadro 05: síntese das variações no uso e ocupação ocorridas nas microbacias que apresentaram alterações mais significativas na correlação Dd (%)/ Dh(%).	88
Quadro 06: resumo das atividades antrópicas predominantes e os diferentes graus de alteração nas microbacias do rio Capivari-Mirim.	114
Quadro 07: Associação dos parâmetros físico-químicos com os possíveis tipos de poluição que estes podem indicar.	120

Sumário**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

A - Área

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

AIR - Análise Integrada de Recursos

APHA - *American Public Health Association*

CBH – PCJ – Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba-Capivari e Jundiá

COGEOENVIRONMENT - *Comission on Geological Science for Environmental Planning*

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

Dd – Densidade de Drenagem

Dh – Densidade Hidrográfica

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA - *Environmental Protection Agency*

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente

GBH - Gerenciamento de Bacia Hidrográfica

GRH - Gerenciamento de Recursos Hídricos

Ic – Índice de Circularidade

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IUGS - *International Union of Geological Sciences*

NEPA – *National Environmental Protection Agency*

NPS - *Nonpoint Source Pollution*

OEA – Organização dos Estados Americanos

OD – Oxigênio Dissolvido

P - Perímetro

PRODEMGE – Programa de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais

PNUA - Programa das Nações Unidas para o Ambiente

Rb 1-2 – Razão de Bifurcação entre canais de ordem 1e 2

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

Rlm 2-1 – Razão de comprimento médio entre canais de ordem 2 e 1

TVA - *Tennessee Valley Authority*

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

WHO – *World Health Organization*

*Sumário***RESUMO**

Siqueira, A. G. (2001). Avaliação das alterações na rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari - Mirim – SP. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho tem como objetivo a aplicação de uma proposta metodológica para avaliar as alterações em redes de drenagem em microbacias hidrográficas. A área contemplada para esta pesquisa foi a sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim, localizada na região de Campinas, SP. A elaboração do trabalho se processou por meio de análise morfométrica, a partir da obtenção e caracterização de atributos referentes à rede de drenagem da sub-bacia e à variação da ocupação do meio físico em um período de 23 anos. Foram utilizadas também, análises de 8 parâmetros físico-químicos das águas superficiais, coletadas em quinze estações ao longo da sub-bacia. A sub-bacia do rio Capivari-Mirim foi compartimentada em quatro classes de microbacias, segundo suas diferentes áreas. Para a classe de microbacias com os maiores valores em área foi possível efetuar uma nova subdivisão, o que permitiu um maior detalhe na análise. As variáveis morfométricas que melhor refletiram as mudanças ocorridas na rede de drenagem foram a densidade de drenagem e a densidade hidrográfica. As microbacias com maiores alterações foram àquelas com maior taxa de expansão urbana e de condomínios residenciais. Para a escala de trabalho adotada, 1:25.000, as microbacias de terceira ordem foram as que melhor refletiram as alterações na rede de drenagem. Foi observado também que, além das atividades antrópicas, o substrato rochoso, a declividade e as dimensões (área) das microbacias exercem influência no comportamento das variáveis morfométricas. A análise das águas superficiais permitiu identificar locais cujos valores mensurados ultrapassaram os valores permitidos pela legislação e indicar regiões para estudos mais detalhados.

Palavras - chave : rede de drenagem, análise morfométrica, fotointerpretação, atividades antrópicas, análise físico-química.

Sumário**ABSTRACT**

Siqueira, A. G. (2001). Alteration evaluation in the Capivari-Mirim river drainage system. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The objective of this work is to apply a methodological proposal to evaluate the drainage system alteration. The proposal was applied on the Capivari-Mirim river microbasin, located in Campinas region. The methodology involves the use of the morphometric analysis of the microbasin network for the determination of the morphometric variation and the characterization of the antropic activities on two dates, with a 23-year interval. Surface water samples from 15 stations along waterways of the drainage system were analysed as well for the determination of the concentration levels of 8 chemical and physical parameters. The Capivari-Mirim river microbasin was split into four-class sections of subbasins, due to their different area dimensions. The results show that the morphometric variations wich most contributed to the alteration on the evaluation were the drainage density and the hidrographic density. The most altered subbasins were the ones which are either under urbanization process or the ones already urbanized. Such alterations are easily noticeable when studying the 3rd order basins, as the drainage system has been quite jeopardized. On top of the above, there is also the influence on the morphometric variations by geological characteristics, the declivity and also the microbasins area. The surface waters analysis shows the stations where the concentration values were higher than the values estimated by nowadays prevailing laws and legislations.

Key-words : drainage network, morphometric analysis, antropic activities, physical and chemical parameters.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica tem sido adotada internacionalmente como unidade físico territorial básica para estudos ambientais e de planejamento e gestão de recursos hídricos. No Brasil essa aceitação ainda se faz recente e tem se consolidado efetivamente na última década com a instituição de leis que definem diretrizes básicas para as políticas estadual e nacional de recursos hídricos, (leis nº 7663/91 e nº 9433/97, respectivamente), que prevêm a criação e implantação dos comitês e agências de bacias hidrográficas.

A bacia hidrográfica constitui-se em uma unidade física bem caracterizada, cujo comportamento, traduzido através de sua rede de drenagem, é reflexo das interações existentes entre seus componentes físicos, biológicos e sócio-econômicos frente às condições ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1974). A alteração de uma bacia hidrográfica e sua conseqüente degradação ambiental em um determinado período de tempo decorre da ação conjunta de fatores de ordem natural, ou seja, as características do meio físico pré-disponíveis à essa degradação e dos fatores de natureza antrópica, que resultam de toda e qualquer atividade humana capaz de modificar, desencadear e/ou acelerar os processos de degradação ambiental na bacia (PROCHNOW, 1990).

O desenvolvimento urbano e industrial acelerados, a intensa exploração agrícola, associados ao uso inadequado dos recursos naturais, têm se

configurado em um dos grandes problemas no uso e no controle dos recursos hídricos superficiais, seja devido ao comprometimento de sua qualidade e/ou quantidade, ou às alterações nas redes de drenagem, por meio de mudanças em sua estrutura, forma e número de canais.

Portanto, a rede de drenagem constitui-se em um importante indicador das alterações ambientais em bacias hidrográficas. O estudo e a avaliação de suas alterações podem responder às questões pautadas pelos geoindicadores, quais sejam :

1. O que está acontecendo com o meio ambiente? (condições e tendências);
2. Porque acontece? (causas, associações entre influências humanas e processos naturais);
3. Porque é significativa? (efeitos econômicos, ecológicos e à saúde);
4. O que se pode fazer acerca disso? (implicações para o desenvolvimento de uma política de planejamento).

1.1- OBJETIVOS

A proposta desta pesquisa foi aplicar a metodologia desenvolvida por COLLARES (2000), para fins de avaliação ambiental em bacias hidrográficas, no estudo das alterações ocorridas na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.

Para o desenvolvimento deste trabalho buscou-se os seguintes objetivos :

- Determinar as alterações ocorridas na sub-bacia hidrográfica, com base em análise temporal de fotografias aéreas, por meio da caracterização morfométrica da rede de drenagem;
- Compartimentar a sub-bacia hidrográfica em classes de microbacias e verificar aquelas que melhor refletem as modificações registradas;
- Determinar a influência dos fatores de ordem natural e os induzidos nas alterações identificadas, tais como:
 1. A influência do substrato rochoso, da declividade do terreno, da compartimentação do relevo e dos materiais inconsolidados como condicionantes do comportamento das sub-bacias

hidrográficas frente aos processos do meio físico e/ou antrópico nelas desenvolvidos;

2. A influência das atividades antrópicas nas alterações identificadas;

- Avaliar o uso de variáveis morfométricas como indicadores de alterações em sub-bacias hidrográficas;
- Verificar a aplicação da metodologia proposta por COLLARES (2000), na escala 1:25.000.

Segundo a metodologia de COLLARES (2000), é possível estabelecer o monitoramento das alterações para escalas maiores (locais) com o intuito de focalizar e indicar as áreas onde se encontram as alterações mais pronunciadas. Diante disso foram estabelecidos como objetivos complementares:

- Monitorar a qualidade das águas da sub-bacia hidrográfica por meio de análises de parâmetros físico-químicos;
- Identificar microbacias cujos parâmetros físico-químicos apresentem resultados acima dos valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente e, desta forma, indicar áreas para estudos mais detalhados;
- Determinar a influência da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim na qualidade das águas do rio Capivari.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

A bacia hidrográfica tem sido adotada como unidade básica para estudos ambientais e trabalhos de planejamento pois suas características biogeofísicas apresentam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos, os quais interagem entre si, formando unidades funcionais (PIRES & SANTOS, 1995).

Para WALLING (1980) *apud* PROCHNOW (1990), “a bacia hidrográfica é a unidade da paisagem que melhor se ajusta aos objetivos do planejamento”.

CHRISTOFOLETTI (1974) considera a bacia hidrográfica como uma unidade funcional, onde seu comportamento é função de suas características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas, da cobertura vegetal, etc., incluindo a influência da atividade humana. Essa visão integrada da bacia hidrográfica é importante pois permite entender as relações existentes entre seus componentes, e conseqüentemente, a resposta do sistema de drenagem frente às condições ambientais. Sendo assim, é possível e interessante adotar a bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação internacional, justificada não apenas porque a bacia se constitui em uma unidade física bem caracterizada, mas também porque não há qualquer área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia.

Planejar uma bacia hidrográfica significa estruturar um conjunto de procedimentos capazes de assegurar a utilização ambientalmente correta de

seus recursos naturais, com o objetivo de promover seu desenvolvimento sustentado e garantir a conservação e a preservação ambiental (LAZLO, 1986, *apud* FONTES, 1997).

A importância do planejamento de bacias hidrográficas como base para acelerar o desenvolvimento econômico e social de uma área é reconhecida internacionalmente desde a década de 30, onde um exemplo clássico é o do *Tennessee Valley Authority* (TVA) que introduziu o conceito de “planejamento do uso múltiplo e integrado” do recurso água (PROCHNOW, 1990).

O conceito tradicional de estudo e planejamento de bacias hidrográficas concentrou-se por muito tempo na utilização dos recursos hídricos para projetos de aproveitamento de energia elétrica, de controle de enchentes e irrigação (FONTES, 1997). A idéia de usos múltiplos do recurso água foi sendo incorporada lentamente, a partir da década de 70, principalmente em decorrência dos trabalhos desenvolvidos pela OEA.

No Brasil, leis e decretos federais relativos ao meio ambiente foram propostos e regulamentados desde 1965, embora em termos legislativos existam documentos mais antigos, tais como o Código Civil (1916) e o Código das Águas (1934). O Código Civil estabelece que o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis da união, dos estados ou dos municípios a cujas administrações pertencerem. O Código das Águas é ainda mais específico e prevê a remuneração pelo uso das águas, exceto para satisfazer as primeiras necessidades da vida, assim como obriga o poluidor a pagar pelo custo incorrido pelo serviço de recuperação das águas (FERNANDEZ & GARRIDO, 2001).

A Constituição Federal de 1946 procurou regulamentar a utilização dos recursos naturais visando sua exploração econômica de acordo com as idéias vigentes na época, enfatizou a livre iniciativa e a propriedade privada além de permitir que os Estados legislassem sobre as águas.

A Constituição Federal de 1967 deu caráter ainda de exploração aos recursos ambientais e estabeleceu como competência da União legislar sobre florestas, caça, pesca, águas, telecomunicações e energia.

Segundo a Constituição Federal de 1988 todas as águas são públicas, do domínio da União ou dos estados (FERNANDEZ & GARRIDO, *op. cit.*).

Em 1973 foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente, que instituiu decretos-lei associados principalmente a poluição industrial em grandes centros urbanos.

Em 1981, a Lei Nacional do Meio Ambiente (Lei nº. 6938) propiciou mudanças na política ambiental, a qual passou a abordar princípios de proteção a ecossistemas, recuperação de áreas degradadas, controle de atividades potencialmente poluidoras, educação ambiental e criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Em 1989 a Secretaria Especial do Meio Ambiente foi extinta e foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, o IBAMA. Em 1990 foi criada a Secretaria do Meio Ambiente, de caráter Federal, como órgão para regulamentar leis que dispunham sobre áreas de proteção ambiental e sobre Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1992).

No âmbito do Estado de São Paulo pode-se destacar a lei 7663/91, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Recursos Hídricos, elaborado em dois níveis, estadual e por bacias hidrográficas. Em linhas gerais, os princípios básicos dessa lei são o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos, a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento e o reconhecimento do recurso hídrico como um bem público, de valor econômico, que deve ser cobrado (CBH-PCJ, 1996).

Dentre as diretrizes definidas para a Política Estadual de Recursos Hídricos destaca-se o uso racional da água, sendo o abastecimento público prioritário em relação aos demais usos. Foram definidos ainda a outorga dos direitos de uso, infrações e penalidades, a cobrança pelo uso e o rateio dos custos.

2.2- IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

De acordo com SILVA & SOUZA (1987) *apud* PROCHNOW (1990), analisar um ambiente equivale a desmembrá-lo em termos de suas partes componentes, apreender suas funções internas e externas, de modo a criar um conjunto integrado de informações sobre o mesmo. Para estes autores (*op. cit.*) a análise ambiental implica em “decompor algo preliminarmente estruturado para ganhar condições de uma nova síntese”. Essa visão de análise é compatível com a

abordagem sistêmica e com a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo.

PROCHNOW (1990) procedeu análise ambiental integrada da sub-bacia do rio Piracicaba (SP), dentro da perspectiva sistêmica, e segundo a autora “os problemas ambientais são sistêmicos, o que significa que estão intimamente interligados e interdependentes”.

De acordo com esta autora (*op. cit.*), as bacias hidrográficas são sistemas organizados, formando estruturas em múltiplos níveis, cada nível subdividido em sub-sistemas (sub-bacias), sendo cada um deles um “todo” em relação às suas partes e uma “parte” em relação à “todos” maiores. A Figura 01 sintetiza essa estruturação.

Portanto, a problemática de uma bacia hidrográfica somente poderá ser equacionada se não se desvincularem seus aspectos “naturais” dos seus aspectos “sociais”. Por exemplo, não é possível solucionar problemas de qualidade de água, erosão e assoreamento sem considerar a ocupação territorial da bacia hidrográfica, o seu crescimento populacional e as políticas propostas para a área.

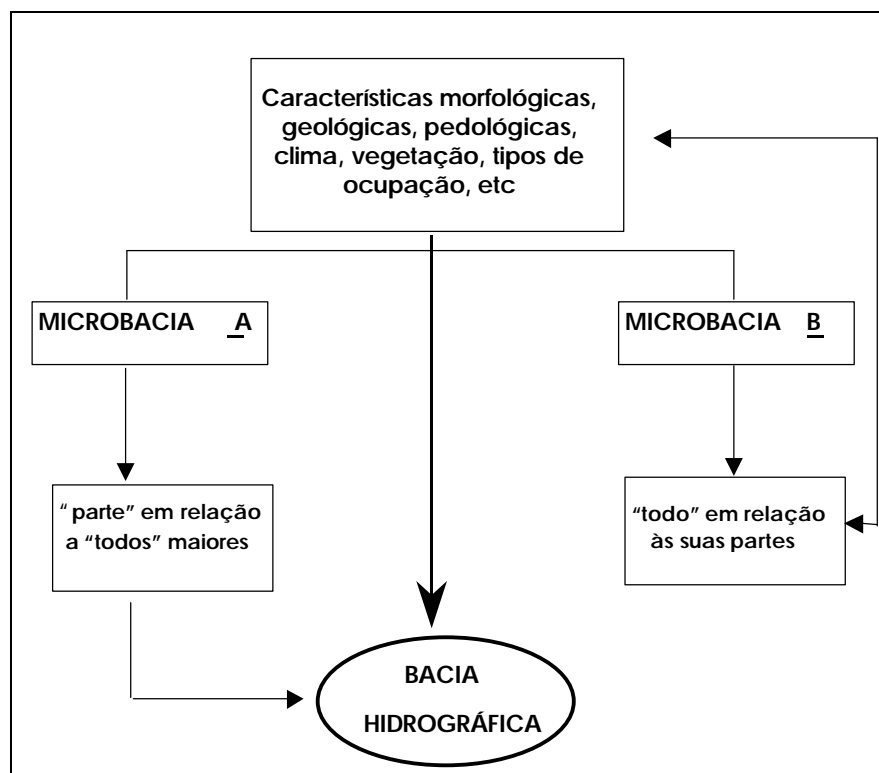


Figura 01: Representação esquemática dos sistemas e sub-sistemas, ou bacias e sub-bacias hidrográficas (elaborado a partir de PROCHNOW, 1990).

Num enfoque sistêmico, a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema aberto, sustentando-se em equilíbrio dinâmico, em função de ciclos e flutuações de energia. A entrada (*input*) de energia do sistema ocorre a partir do clima e das forças endogenéticas, e a saída (*output*) de energia ocorre principalmente por meio da evapotranspiração e da vazão da água e sedimentos pela foz da bacia (WALLING, 1973 *apud* PROCHNOW, 1990). Esses ciclos podem ser considerados uma interação de processos hidrológicos e biogeoquímicos na bacia de drenagem. Essa interação pode ser esquematicamente representada na Figura 02 .

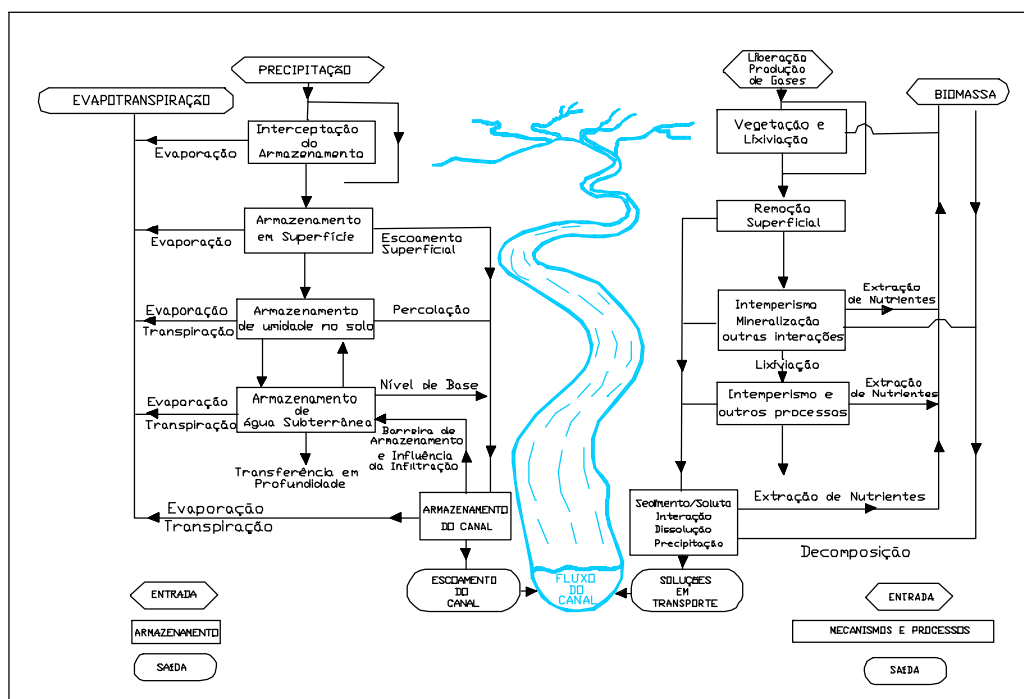


Figura 02: Representação simplificada da interação dos processos hidrológicos e biogeoquímicos atuantes em uma bacia de drenagem (CALOW & PETTS, 1992).

De modo similar, PIRES & SANTOS (1995) também enfatizam que a abordagem no planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas deve integrar os aspectos ambientais, sociais econômicos e políticos, incluindo ainda os objetivos de qualidade ambiental e contemplando alternativas ambientais e de sustentabilidade.

FONTES (1997) realizou análise geoambiental da bacia do rio Jarapatuba (SE), adotando a abordagem sistêmica para a análise da bacia, ou seja, análise integrada para identificação das unidades geoambientais. A autora concluiu que esse tipo de abordagem é o meio mais adequado para estudos dessa natureza e serve para dar consistência metodológica à caracterização geoambiental através de suas diferentes etapas de análise, como também contribui para a compreensão da organização do espaço da bacia estudada.

2.3 MONITORAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O monitoramento de bacias hidrográficas tem como objetivo analisar os fatores naturais (meio ambiente), econômicos e sócio-culturais que a compõem, de modo que seja possível diagnosticar a situação desses elementos e estabelecer a dinâmica atual do ambiente (dinâmica da bacia hidrográfica).

O tratamento dos diagnósticos realizados permite avaliar as potencialidades e restrições existentes na bacia, as relações de causa e efeito e sua vulnerabilidade ambiental. Essas avaliações auxiliam na caracterização das unidades geoambientais, as quais possibilitam compor uma base cartográfica (cartas temáticas) para orientar as atividades de zoneamento geoambiental, de planejamento e de gestão da bacia hidrográfica.

Tendo em vista o objetivo deste trabalho ser a avaliação de alterações em sub-bacias hidrográficas, com ênfase à degradação ambiental, serão abordados, a seguir, os parâmetros mais relevantes que devem ser monitorados para este tipo de avaliação.

2.3.1 FATORES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

PROCHNOW (1992) cita que os fatores de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica refletem as condições ambientais pré-disponíveis da área, das opções políticas e econômicas da sociedade nela inserida, podendo ser subdivididos em dois grupos :

- Fatores de ordem natural: relacionados à pré-disposição do meio físico à degradação ambiental;

- Fatores de natureza antrópica: resultantes das atividades humanas na organização do espaço (aspectos econômicos, sociais, tecnológicos, políticos e institucionais).

2.3.1.1 Fatores de ordem natural

As características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas, pedológicas, etc., apresentam-se interrelacionadas, atuando em conjunto, e são os fatores de ordem natural que condicionam o meio físico frente aos processos de degradação ambiental em uma bacia hidrográfica.

As características geológicas de uma determinada bacia hidrográfica são os fatores responsáveis por suas características físicas. As feições geológicas (tipos de rochas, estruturas, texturas, etc) e os processos superficiais e tectônicos são os principais fatores atuantes. Eles auxiliam na definição dos limites entre as bacias e controlam a formação dos solos e o fluxo da água na superfície e em subsuperfície. O controle litológico e estrutural dos canais de uma bacia hidrográfica definem os padrões ou modelos de drenagem.

Associada a esses fatores, a configuração geomorfológica e seus mecanismos de evolução definem o modelado da paisagem e lhe conferem maior ou menor capacidade ao desenvolvimento dos processos de erosão. A infiltração da água está relacionada com as condições litológicas, topográficas, pedológicas e fitogeográficas locais, que irão responder pelas diferenças entre os totais de chuva e evapotranspiração, constituindo-se em importantes elementos no balanço hídrico, cujas conseqüências são refletidas, principalmente, no comportamento e estruturação da rede de drenagem.

MORISAWA (1964) cita que os cursos d'água que apresentam contornos alongados, com grande número de tributários e seção lateral em "V" estão geralmente associados a superfícies arenosas, enquanto que cursos com arranjo mais intrincado e angular, com maior número de tributários podem indicar um material mais fino, como siltes e argilas. Em rochas sedimentares verifica-se uma maior irregularidade e um maior número de canais tributários enquanto que em rochas cristalinas o número de canais é menor, porém com um maior controle estrutural da rede de drenagem.

CHRISTOFOLLETTI (1970) discute que o comportamento hidrológico de rochas e do regolito em um mesmo ambiente climático será refletido na rede de drenagem. Desta forma, as texturas mais grossas (com maior espaçamento entre

os canais) estariam associadas a rochas mais permeáveis, onde a infiltração é facilitada. As texturas mais finas (com menor espaçamento entre os canais) permitem um maior escoamento superficial e assim uma densidade maior de canais de drenagem.

2.3.1.2 FATORES DE NATUREZA ANTRÓPICA

2.3.1.2.a Crescimento populacional

O intenso crescimento populacional, especialmente em áreas urbanas e a intensificação das atividades humanas, tais como a industrialização, a agropecuária, a extração de minérios e outras ações degradadoras, têm contribuído para agravar os problemas ambientais nas últimas décadas (MOTA, 1997).

No Brasil, constata-se um elevado crescimento da população, a qual tem se concentrado preferencialmente em áreas urbanas. O Quadro 01 exibe a evolução da população do Brasil, observando-se que, em aproximadamente meio século, a concentração da população urbana aumentou cerca de nove vezes, enquanto a concentração da população rural apresenta um elevado decréscimo. O Quadro 02 demonstra a evolução da população no Estado de São Paulo.

Quadro 01: Evolução da população do Brasil (Fonte : Anuário Estatístico do Brasil. IBGE, 1992 *apud* MOTA, 1997).

ANO	POP. TOTAL	POP. URBANA	%	POP. RURAL	%
1940	41.236.315	12.880.182	31.2	28.356.133	68.8
1950	51.944.397	18.872.891	36.2	33.161.506	63.8
1960	70.070.457	31.303.034	44.7	38.767.423	55.3
1970	93.139.037	52.084.984	55.9	41.054.053	44.1
1980	119.502.706	80.936.409	67.7	38.566.297	32.3
1991	146.917.459	110.875.826	75.5	36.041.633	24.5

Quadro 02: Evolução da população do Estado de São Paulo (Fonte: IBGE, 1970/1980, e Censo Demográfico de 1991, *apud* NEGRI, 1992).

ANO	POP. DO EST. DE SÃO PAULO	POP. DA REGIÃO DE CAMPINAS
1970	17.772.000	2.098.000
1980	25.040.000	3.228.000
1991	31.192.000	4.387.000

PROCHNOW (1990) enfatiza que a população de uma bacia hidrográfica, numa visão ambiental, “representa pressão sobre os recursos naturais, constituindo-se, via de regra, em fonte geradora de inúmeros problemas ambientais. Disso surge a necessidade de um levantamento dos aspectos populacionais, incluindo estimativas de demanda de água para abastecimento urbano, rural e para irrigação, com o objetivo de garantir o desenvolvimento da bacia hidrográfica”.

O Quadro 03 exemplifica a demanda de recursos hídricos nas sub-bacias dos rios Piracicaba-Capivari-Jundiaí no ano de 1995.

Quadro 03: Demanda de água em algumas sub-bacias pertencentes ao Comitê de Bacias Hidrográficas Piracicaba-Capivari-Jundiaí no ano de 1995 (Fonte: Relatório da Situação dos Recursos Hídricos – 1995-CBH-PCJ, 1996).

BACIA	TIPOS DE USO (%)			
	URBANO	INDUSTRIAL	IRRIGAÇÃO	TOTAL (m ³ /s)
AATIBAIA	52	32	16	8,84
CAPIVARI	19	46	35	3,67
CORUMBATAÍ	54	32	14	2,79
JAGUARI	30	40	30	6,27
JUNDIAÍ	47	19	34	4,90
PIRACICABA	34	50	16	7,41

Um dos maiores problemas enfrentados atualmente, no âmbito de bacias hidrográficas intensamente urbanizadas, é a contiguidade das áreas urbanizadas, ou seja, o processo de conurbação. PROCHNOW (1990) verificou que esse fato é notório na região da sub-bacia do rio Piracicaba e, segundo a autora, a conurbação representa dificuldades adicionais ao planejamento e gestão dos municípios, uma vez que implica compatibilização de planos diretores, de leis de uso do solo e de gestão das águas em comum acordo.

2.3.1.2.b Desmatamento

A vegetação numa bacia hidrográfica tem um papel importante, pois além de garantir a biodiversidade local, protege o solo contra a erosão provocada pelo vento e pela chuva, e contribui para sua fertilização por meio da matéria orgânica. Amortece o impacto das gotas da chuva sobre o solo e

regula o escoamento das águas superficiais e a infiltração, favorecendo a recarga dos aquíferos, integrando o ciclo hidrológico e contribuindo para manter o equilíbrio climático.

A retirada da vegetação provoca descobrimento do solo, aumento da erosão e perda da fertilidade. O solo quando descoberto é carregado para mananciais, provoca o assoreamento, com as seguintes conseqüências negativas:

- redução da capacidade de armazenamento, redução da infiltração de água e de recarga de aquíferos subterrâneos,
- aumento do escoamento das águas superficiais, provocando cheias e enchentes,
- aumento da turbidez da água e redução da incidência de luz solar,
- comprometimento da vida aquática,
- aumento dos riscos de poluição nos mananciais.

2.3.1.2.c Alterações no relevo/topografia

As diferentes obras executadas pelo homem, principalmente as de engenharia, como escavações, aterros, construções, etc, podem resultar em diversos problemas ambientais(MOTA, 1997):

- alterações no escoamento natural da água, causando problemas de drenagem com possibilidade de inundações,
- aumento da erosão do solo, desagregação do terreno e assoreamento dos recursos hídricos,
- modificações no relevo associadas ao desmatamento para a construção das obras.

2.3.1.2.d Impermeabilização do solo

Em bacias hidrográficas altamente urbanizadas ("bacias hidrográficas urbanas"), as construções, a execução de pavimentação e a realização de outras obras, transformam o solo numa superfície impermeabilizada, com grande implicação sobre o escoamento das águas. Nessas áreas, a maior parcela da água precipitada escoava para o sistema de drenagem pluvial ou para cursos e reservatórios d'água, os quais nem sempre têm capacidade de suportar o

aumento dessa contribuição (MOTA, 1997). A consequência disso, é que precipitações pluviais, mesmo de porte médio e pequeno, provocam problemas de enchentes em muitos trechos.

A impermeabilização dos solos também reduz a capacidade de recarga dos aquíferos, com consequente redução do volume de água subterrânea e aumenta a temperatura devido à redução da umidade do ar.

A Figura 03 representa, de forma esquemática, as principais alterações ambientais produzidas pelo ser humano em áreas de bacias hidrográficas urbanas (Fonte: ERIKSEM, 1983 *apud* CAVALHEIRO, 1995).

2.3.1.2.e Problemas de erosão e assoreamento

SALOMÃO & IWASA (1995) citam que os processos erosivos são deflagrados pela ocupação dos terrenos e passam a ser controlados por fatores naturais relacionados à chuva, relevo, solo e cobertura vegetal (descritos anteriormente). Parte dos sedimentos provenientes da erosão é depositada em determinadas posições das vertentes, e podem comprometer a fertilidade dos solos, e, em parte, atingir o fundo dos vales gerando o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios. Segundo os autores, o assoreamento desequilibra as condições hidráulicas, promove enchentes e perda de capacidade de armazenamento da água, gera prejuízos para o abastecimento e produção de energia e se constitui em um dos mais graves impactos da erosão no meio ambiente.

As soluções para os problemas de erosão e assoreamento envolvem medidas preventivas e corretivas. De acordo com OLIVEIRA (1995), as medidas preventivas correspondem à minimização dos processos erosivos por meio da adequação do uso do solo às características da bacia. Os instrumentos fundamentais de controle desses problemas são a carta geotécnica para áreas urbanas, e a carta de capacidade de uso das terras para as áreas rurais.

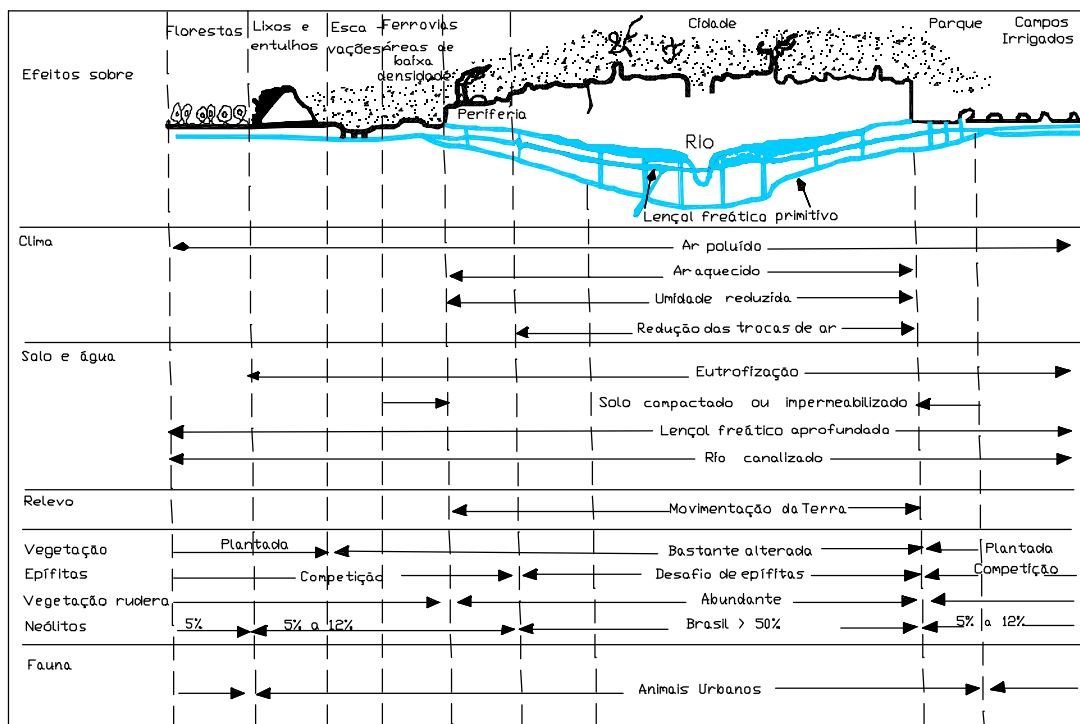


Figura 03: Principais alterações da biosfera em áreas urbanizadas (Modificado de SUKOPP & KUNICK, *apud* CAVALHEIRO, 1995).

2.3.1.2.f Mudanças no regime hidrológico

Além dos fatores anteriormente citados, outras atividades humanas contribuem para as alterações no sistema natural de escoamento da água, tais como: barragens, alterações nos trajetos de cursos d'água, transposição de bacias, obras viárias, emissão de efluentes domésticos e industriais, projetos de irrigação, utilização de fertilizantes e pesticidas, etc.

Para PIRES & SANTOS (1995), o conjunto destes fatores interfere no ciclo hidrológico, não importando o grau de utilização ou dependência direta da água.

Essas atividades provocam alterações profundas, tanto na configuração como no funcionamento e na qualidade das águas, principalmente dentro das cidades. A velocidade com que as águas chegam e são esgotadas nas cidades é muito grande (CAVALHEIRO, 1995), o que em geral ocasiona um trabalho de erosão intenso, levando para os corpos d'água e para as canalizações responsáveis pelo esgoto, grande quantidade de material sólido, resultando em assoreamento, entupimento e inundações.

Freqüentemente a canalização e retificação de cursos d'água são feitas para solucionar problemas de inundação. Mas, muitas vezes o local do antigo leito ou as margens do canais criados são utilizados para a implantação de sistemas viários. Este tipo de alteração contribui para o aumento do fenômeno "ilha de calor", intensificando a pluviosidade, podendo causar inundações (CAVALHEIRO, 1995). A Figura 04 exibe, esquematicamente, o balanço hídrico em áreas urbanas.

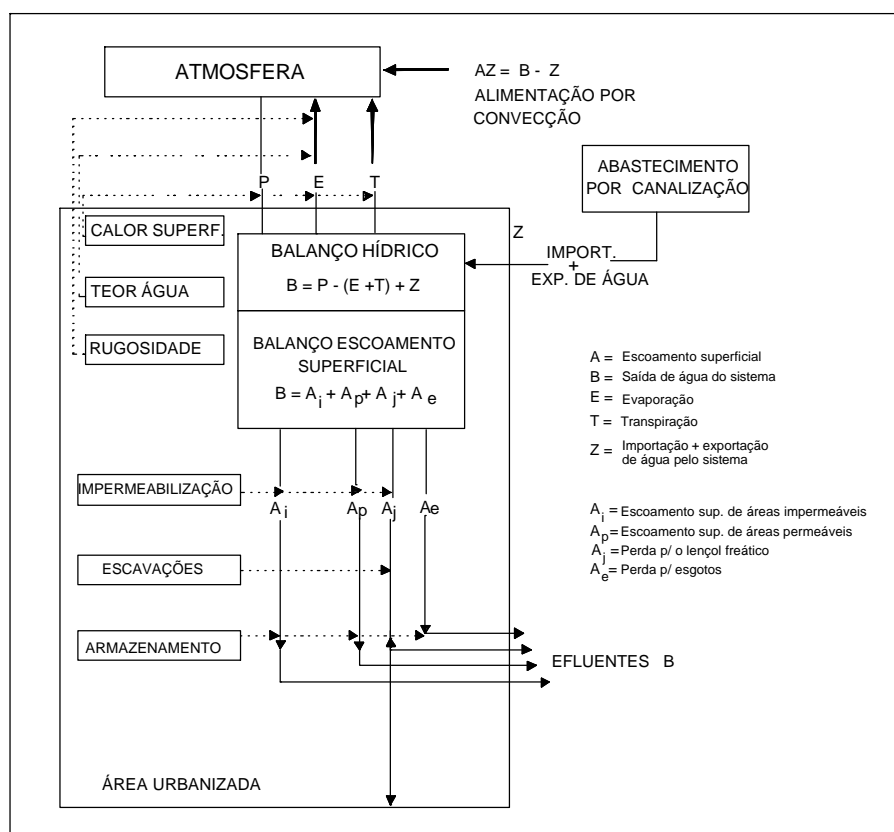


Figura 04: Esquema do balanço hídrico em áreas urbanas (modificado de CAVALHEIRO, 1995).

Concomitantemente ocorre uma poluição significativa das águas, provocada principalmente por esgotos domésticos e efluentes industriais.

O grande acúmulo de restos orgânicos e bactérias coliformes presentes nos esgotos domésticos propicia o desenvolvimento de bactérias anaeróbias, responsáveis pelos odores e toxidez da água, extinguindo a vida aquática.

A disposição de resíduos sólidos (lixos industriais, hospitalares, agrícolas, de construção civil, etc.) no solo também se configura em um grande problema para as bacias hidrográficas urbanas. Os depósitos de lixo a céu aberto ou em

aterros sanitários produzem o chorume, que é carregado para os mananciais e causa a poluição das águas.

Os detergentes, provenientes tanto de efluentes domésticos quanto industriais, impedem a decantação e deposição dos sedimentos devido à sua capacidade de redução da tensão superficial, que permite a formação de espuma na superfície da água, bloqueando o desenvolvimento da vida aquática.

Os metais pesados também causam muitos problemas, tanto para a vida aquática quanto para a vida humana, pois além de tóxicos possuem efeitos bioacumulativos.

Em áreas rurais a utilização de fertilizantes em grandes quantidades e de forma contínua pode ocasionar as seguintes modificações no solo e na água:

- degradação das características físicas do solo,
- alteração da capacidade de retenção do solo e do escoamento das águas,
- maior lixiviação dos nutrientes, contribuindo para o empobrecimento do solo, necessitando cada vez mais desses produtos,
- poluição de rios e lagos provocada pelo excesso de nitrato e fosfato, os quais provocam a proliferação de algas, levando esses corpos d'água à eutrofização.

Os fertilizantes quando alcançam as águas e os alimentos podem causar danos à saúde humana, como intoxicações e câncer.

A utilização de pesticidas (praguicidas, herbicidas, defensivos agrícolas e agrotóxicos) também compromete a qualidade do solo e da água de uma bacia hidrográfica. Esses pesticidas, usados diretamente nas culturas, alcançam o solo, podendo aí permanecer por muito tempo, ou serem carregados para os corpos d'água, sendo que alguns deles, como os organoclorados, tendem a se acumular na cadeia alimentar.

A execução de projetos de irrigação também provoca modificações no meio ambiente, tais como: desmatamento de grandes áreas, erosão do solo, perda da fertilidade e salinização do solo, poluição do meio ambiente por pesticidas e fertilizantes e impactos no meio sócio-econômico-cultural. Essas modificações apresentam-se esquematizadas na Figura 05.

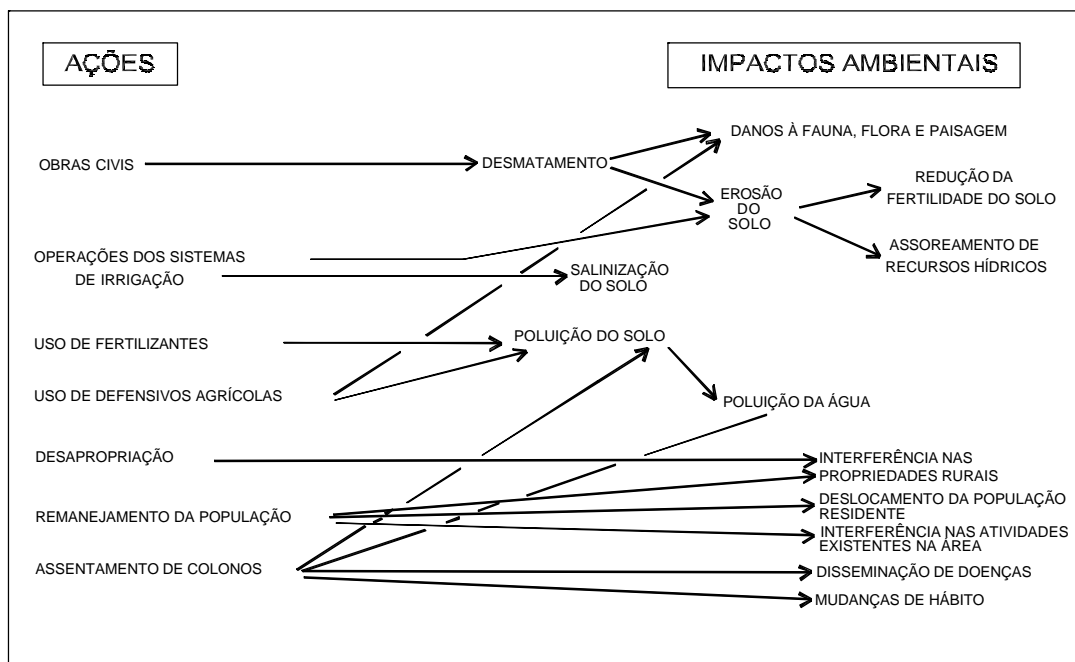


Figura 05: Alterações provocadas no ambiente decorrentes de projetos de irrigação (MOTA, 1997).

Nas áreas rurais, outro tipo de atividade humana que contribui para a alteração significativa da bacia hidrográfica são as indústrias sucroalcooleiras. Estas se instalam nas regiões agrícolas, alteram o tipo de cultura existente e adotam com frequência práticas agrícolas de monocultura prejudiciais ao solo. As usinas de açúcar e de álcool produzem grandes quantidades de resíduos líquidos, compostos principalmente de matéria orgânica (vinhoto) e por isso são fontes reais de poluição, pois esses líquidos residuais causam queda da concentração de oxigênio dissolvido na água, levando os rios à condições anaeróbicas e comprometendo a vida aquática. A Tabela 01 exhibe as alterações ambientais provocadas por indústrias produtoras de álcool.

As atividades de mineração também provocam grandes alterações nas características ambientais das bacias hidrográficas, principalmente quando o minério extraído pode ser carregado para os recursos hídricos, onde provoca danos à vida aquática e modifica os sistemas de drenagem da água (exemplos: portos de extração de areia e garimpos).

Tabela 01: Alterações ambientais provocadas pela produção do álcool (modificada de MOTA, 1997).

ETAPA	IMPACTOS AMBIENTAIS
Plantação	Prática de monocultura -Esgotamento do solo
Extração	Queima do canavial Poluição atmosférica Danos ao solo
Refinamento	Efluentes líquidos – poluição da água Vinhoto Águas de lavagem
Transporte e Armazenamento	Poluição do ar – veículos de transporte Perdas de álcool nas manobras de armazenamento
Uso nos veículos	Poluição atmosférica Aldeídos Óxidos de nitrogênio Peroxiacetilnitrato (PAN)

2.3.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os trabalhos de monitoramento de cursos d'água em bacias hidrográficas indicam as tendências de variação da qualidade das águas e adequam os usos identificados com os níveis apropriados à sua qualidade (FEAM, 1998). A avaliação da qualidade dessas águas, de acordo com as atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, direciona o planejamento para a melhoria da qualidade ambiental da região.

COIMBRA (1991), enfatiza a importância do monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, o qual possibilita a avaliação da oferta hídrica, que é um poderoso instrumento para decisões de aproveitamento múltiplo e integrado da água, bem como para minimização de impactos ao meio ambiente.

De acordo com a Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (USEPA, 1998), o monitoramento da qualidade da água pode ser conduzido para várias propostas, sendo cinco principais:

- identificar problemas de qualidade da água, existentes ou emergentes,
- obter informações para desenvolver programas específicos de prevenção e/ou remediação da poluição,

- determinar quais metas e programas relativos à poluição e seu controle devem ser desenvolvidos, regulamentados e implementados,
- atender às especificações “de emergência”, como enchentes e inundações.

A OMS (*apud* MOTA, 1997), sugere três tipos para acompanhamento da qualidade das águas:

- monitoramento: levantamento sistemático de dados, em locais previamente selecionados, com estabelecimento de uma frequência de avaliação,
- vigilância: avaliação praticamente contínua da qualidade da água,
- estudo especial: levantamento de uma situação momentânea, para atender a uma necessidade específica, onde se faz necessário uma tomada rápida de decisão.

PARR (1994) divide o programa de monitoramento da qualidade da água em uma série de estágios, compilados a partir de diversos pesquisadores desse tema. As inter-relações entre estes estágios encontram-se no fluxograma da Figura 06.

PARR (1994) cita quatro fatores principais que devem ser incluídos no desenvolvimento do programa de monitoramento da qualidade das águas:

- locais de amostragem,
- frequência de amostragem,
- metodologia de amostragem,
- escolha do método analítico apropriado.

O autor (*op. cit.*) salienta que as técnicas de monitoramento aplicadas são direcionadas de acordo com as propostas e objetivos do programa de monitoramento, assim como as amostragens, as quais podem ser coletadas na superfície da água ou a uma certa faixa de variação de profundidade.

MOTA (1997) considera a rede de monitoramento como o conjunto de pontos de amostragem estrategicamente distribuídos nos corpos d' água de uma bacia hidrográfica, de modo que se obtenha uma boa aproximação das condições existentes e das tendências de evolução da qualidade das águas. O autor enfatiza que este tipo de monitoramento é o mais usualmente empregado.

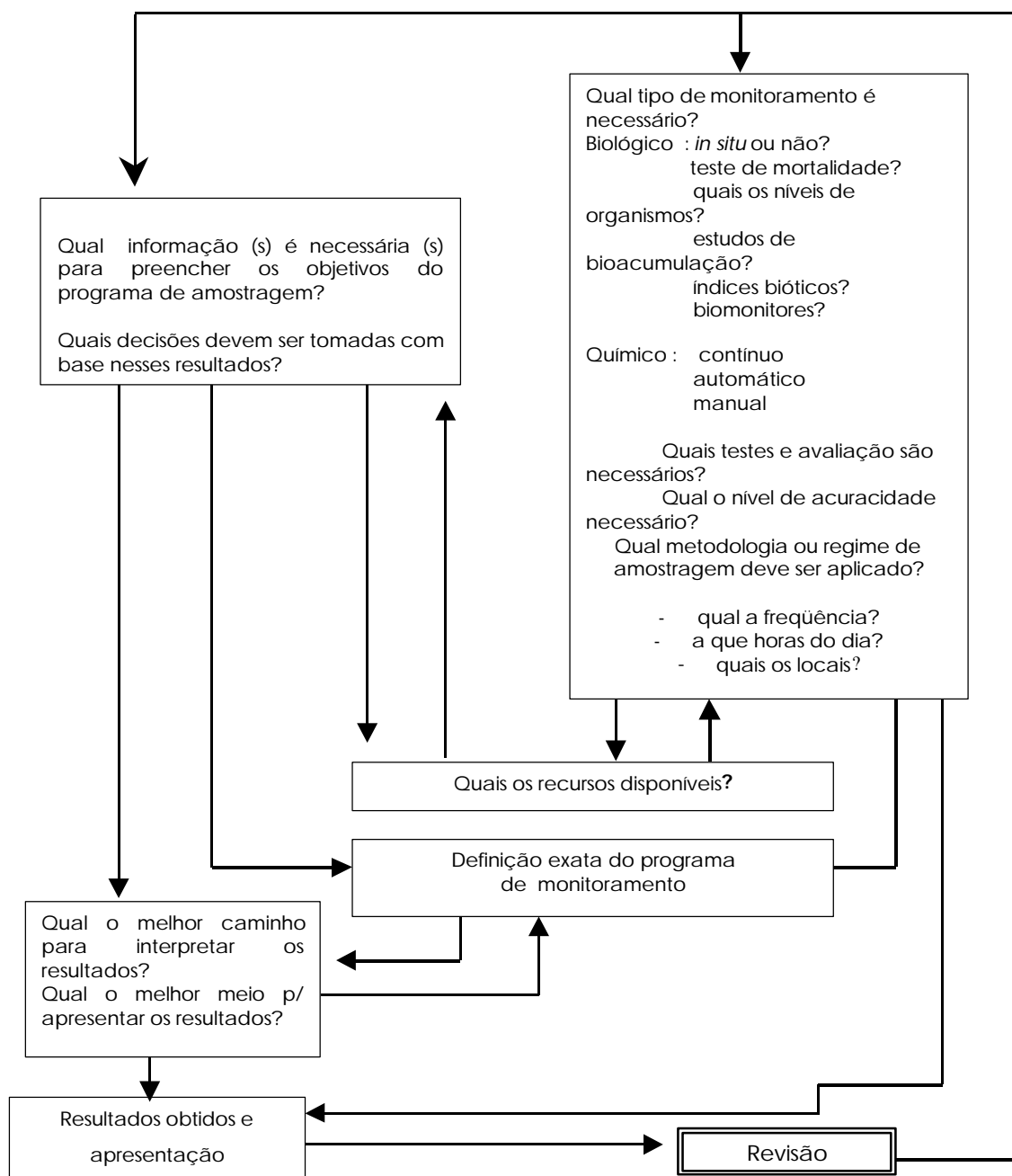


Figura 06: Fluxograma das inter-relações dos estágios de um programa de monitoramento da qualidade da água (PARR, 1994).

Para COIMBRA (1991), os programas de monitoramento podem ser classificados como de *planejamento* e de *controle*, de acordo com os objetivos do programa. O tempo de duração e a frequência de amostragem dependem dos usos estabelecidos para o recurso hídrico. A seleção dos locais de amostragem deve ser realizada após os levantamentos dos dados existentes e o reconhecimento da área de influência.

2.3.2.1 INDICADORES DA QUALIDADE FÍSICA DA ÁGUA

2.3.2.1.a Cor

A cor na água pode derivar da presença de íons metálicos, principalmente ferro e manganês, de plâncton, de algas, de húmus, de ligninas e produtos de sua decomposição e efluentes industriais. A cor da água depende do seu pH (CETESB, 1978).

Segundo PORTO et al. (1991), as águas superficiais apresentam cor devido à presença de material em suspensão, o qual reflete e dispersa a luz através de suas partículas. Essa cor é denominada de cor aparente. A cor real ou verdadeira é causada por material dissolvido e colóides, ou seja, por partículas com diâmetros inferiores a 12 μ m.

Pode-se determinar a cor por métodos visuais comparativos, utilizando-se soluções-padrão de cor e por espectro-fotometria, onde a cor é expressa por diferentes comprimentos de onda.

2.3.2.1.b Turbidez

A *American Public Health Association* (APHA) *apud* HACH (1998) define turbidez como "a propriedade óptica da água em absorver mais luz do que transmitir".

A turbidez na água é causada pela presença de materiais em suspensão, com partículas de diâmetros superiores a 12 μ m. A turbidez excessiva reduz a penetração da luz na água e com isso reduz a fotossíntese dos organismos e fitoplâncton, algas e vegetação submersa, comprometendo toda a vida aquática.

A água límpida é importante quando se destina ao consumo humano ou a determinados processos industriais.

Para medir a turbidez das águas geralmente são empregados turbidímetros eletrônicos.

2.3.2.1.c Sólidos

Segundo PORTO *et al.* (1991), todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos nos corpos d'água.

Os sólidos podem ser separados em dois grupos: em suspensão e dissolvidos.

Os sólidos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não sedimentáveis e estão associados à turbidez.

Os sólidos dissolvidos totais, em amostras de águas superficiais, de acordo com PORTO *et al.* (1991), dão idéia das taxas de desgaste das rochas por intemperismo, bem como da salinidade presente.

2.3.2.1.d Temperatura

A temperatura altera as taxas de muitos processos químicos e biológicos que ocorrem na água, assim como a quantidade de gases dissolvidos, principalmente de oxigênio.

A solubilidade dos gases tende a diminuir com o aumento da temperatura (Tabela 02), enquanto a dos sais minerais tende a aumentar, o que pode comprometer a vida de muitos organismos aquáticos, pois parte deles necessita de faixas de temperaturas ótimas para sua reprodução (PORTO *et al.* 1991).

Tabela 02: Solubilidade do oxigênio na água em diferentes temperaturas (DUNNE & LEOPOLD, 1995).

TEMPERATURA (C°)	SOLUBILIDADE DO OXIGÊNIO (mg/l)
0	
5	12.8
10	11.3
15	10.0
20	9.0
25	8.2
30	7.4

2.3.2.1.e Condutividade

A condutividade é um valor que representa a propriedade de um sistema aquoso em conduzir corrente elétrica. É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, e varia com a concentração total das substâncias ionizadas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons e com as suas valências.

A condutividade é um parâmetro muito empregado no monitoramento da qualidade das águas e das águas residuárias, porque pode ser relacionada com o teor de sólidos totais dissolvidos, por meio da utilização de fatores de correlação empíricos (CETESB, 1978).

A água pura no estado líquido apresenta condutividade bem baixa, e segundo PORTO *et al.* (1991), à medida que cresce a concentração iônica, a condutividade da solução cresce.

2.3.2.2 INDICADORES DA QUALIDADE QUÍMICA DA ÁGUA

Os parâmetros químicos são os índices mais importantes na caracterização da qualidade de uma água (PORTO *et al.*, 1991) e por meio deles é possível relacionar valores que permitam classificá-la e caracterizá-la desde seu conteúdo mineral até o seu grau de contaminação e a natureza de seus principais poluentes.

2.3.2.2.a Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio é essencial para manter todos os organismos vivos, para sustentar a reprodução das espécies e os processos químicos que ocorrem na água. O oxigênio é consumido por animais e plantas, na decomposição da matéria orgânica pelos organismos e através das reações químicas.

PORTO *et al.* (1991) citam que o oxigênio é um gás muito pouco solúvel em água, e sua solubilidade varia com a pressão, com a temperatura e com o conteúdo de sais dissolvidos. Segundo os autores (*op. cit.*), em águas poluídas a quantidade de oxigênio dissolvido tende a ser menor que em condições naturais, e nos tratamentos de esgotos é um fator que determina se as trocas biológicas serão realizadas via aeróbia ou anaeróbia.

2.3.2.2.b Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

De acordo com DUNNE & LEOPOLD (1995), a demanda bioquímica de oxigênio é a quantidade de oxigênio consumido por organismos vivos (principalmente bactérias) para degradarem a matéria orgânica.

Segundo PORTO *et al.*(1991), a DBO avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD), em mg O₂/l, que será consumida por organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica.

Se a quantidade de oxigênio consumido for maior do que o produzido (por fotossíntese ou por difusão de moléculas do ar) irá ocorrer um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido e muitos organismos podem desaparecer.

Através da DBO é possível estimar a carga orgânica em corpos d'água, de efluentes e as necessidades de aeração para degradá-las em estações de tratamento de esgotos. Quando a carga poluidora é excessiva, o oxigênio dissolvido se esgota (curva de depressão de oxigênio) e passam a predominar organismos anaeróbios, até que mais oxigênio se dissolva na água e esta retorne às suas condições normais (Figura 07).

2.3.2.2.c pH

O pH é a medida de acidez de uma solução. É um "índice" da quantidade de íons hidrogênio presentes em uma substância, medido em uma escala de 0 a 14. Medidas de pH acima de 7 indicam soluções básicas e abaixo deste valor, soluções ácidas.

O pH controla as propriedades solventes das águas e pode determinar a extensão e os tipos das reações físicas, químicas e biológicas em um sistema aquático ou entre ele, as rochas e o solo.

As águas naturais (CETESB, 1978) apresentam, em geral, pH entre 4,0 e 9,0. PORTO *et al.*(1991) citam que os critérios de proteção da vida aquática fixam o pH entre 6,0 e 9,0. Valores iguais ou menores que 5,0 facilitam a solubilização de metais, o que aumenta as propriedades de toxidez.

Quando duas substâncias ou mais se combinam e produzem efeitos maiores do que a sua soma, têm-se o processo denominado de sinergia. O pH apresenta efeitos sinérgicos quando águas ácidas entram em contato com certas substâncias químicas e metais e, freqüentemente, formam novas substâncias mais tóxicas do que o normal (HACH, 1998).

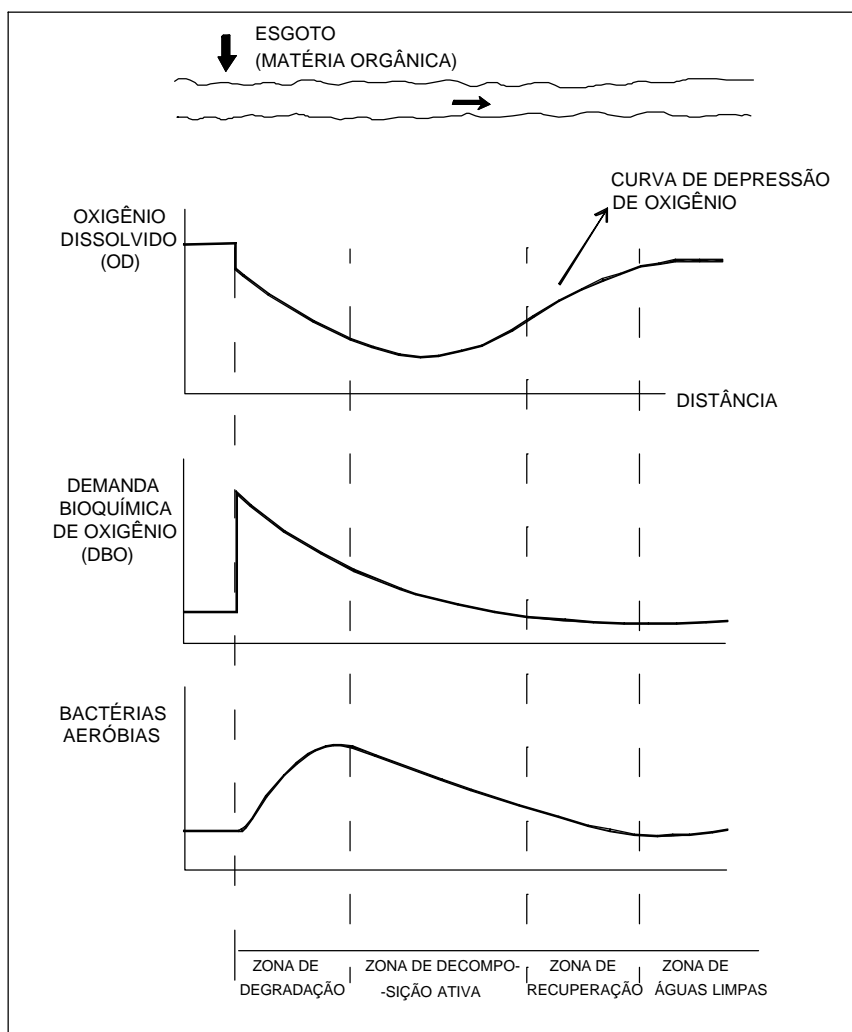


Figura 07: Oxigênio dissolvido, DBO e bactérias aeróbias no processo de autodepuração de um curso d'água, após o recebimento de carga orgânica (MOTA, 1997).

2.3.2.2.d Alcalinidade

A alcalinidade é a medida total de substâncias na água com capacidade de neutralizar ácidos e manter seu pH. As rochas, os solos, e certas atividades industriais são as fontes primárias da alcalinidade.

A alcalinidade não deve ser confundida com o pH, pois este mede o grau de acidez ou basicidade de uma solução, e a alcalinidade mede o poder de reação da solução (HACH, 1998).

A alcalinidade é importante para os peixes e a vida aquática em geral, pois protege as soluções contra as mudanças de pH e torna a água menos vulnerável à ação das chuvas ácidas.

2.3.2.2.e Nitrato, Fosfato e Amônia

O nitrato, o fosfato e a amônia constituem-se em importantes nutrientes para o crescimento de plantas e de reações metabólicas em animais.

Grandes quantidades desses elementos podem causar crescimento excessivo de plantas e afetar os organismos que vivem nas águas pois diminuem os níveis de oxigênio dissolvido nas mesmas.

Os íons fosfato e nitrato atuam como fatores limitantes na avaliação da produtividade aquática e quanto maior a quantidade destes elementos, maiores as chances de eutrofização do corpo d'água (PORTO *et al.*, 1991).

O pH, a temperatura, os níveis de dióxido de carbono e de OD controlam as propriedades tóxicas da amônia. Quanto maior os valores de pH e de temperatura, mais tóxica torna-se a amônia (HACH, 1998).

2.3.2.2.f Metais pesados

Os metais podem estar presentes no meio ambiente nos estados sólido, líquido ou gasoso, como elementos individuais ou formando compostos orgânicos e inorgânicos (LAROCQUE & RASMUSSEN, 1998).

Segundo ZABEL (1993), a maioria dos metais encontra-se sob a forma de sais, óxidos e hidróxidos. Os metais que formam complexos orgânicos tendem a ser mais tóxicos que os inorgânicos.

Os metais no meio ambiente aquático tendem a se associar, predominantemente, com os sólidos suspensos. A adsorção e desorção desses elementos através dos sedimentos pode causar mudanças na qualidade das águas, como por exemplo, variações no pH (ZABEL, 1993).

PORTO *et al.*(1991) citam que a contribuição dos metais e seus íons a problemas de poluição são preocupantes devido aos efeitos fisiológicos, pois mesmo em baixas concentrações causam sérios danos à saúde humana.

LEONI & SARTORI (1997) estudando a distribuição de metais pesados no sudeste da Itália constataram que as principais fontes de poluição são de natureza antropogênica, principalmente devido à elevada taxa de industrialização, sendo o acúmulo de arsênio o processo de contaminação mais importante.

KONHAUSER et. al. (1997) realizaram estudos geoquímicos em águas superficiais na região leste da Índia para avaliar as concentrações de elementos traços. As maiores concentrações desses elementos referem-se às regiões altamente industrializadas e urbanizadas, as quais exercem influência direta na composição das águas superficiais.

2.4 INDICADORES AMBIENTAIS

Conforme definido em 1992 pela "International Union of Geological Sciences" (IUGS), através do grupo de trabalho sobre geoindicadores, COGEOENVIRONMENT ("Comission on Geological Science for Environmental Planning"), os geoindicadores podem ser definidos como "medidas de taxas, magnitude, freqüência e tendência de processos ou fenômenos geológicos que vêm ocorrendo na superfície da terra, ou próximo desta, dentro de um período de 100 anos ou menos, sujeitos às variações significativas para a compreensão das mudanças ambientais rápidas".

Os geoindicadores descrevem processos e parâmetros ambientais que são capazes de mudanças com ou sem a interferência das atividades humanas (SIMÕES, 1997). Eles descrevem tanto eventos catastróficos quanto aqueles mais graduais, mas com evidente influência na vida humana (BERGER, 1997).

Para BERGER (1997), a caracterização dos geoindicadores é pautada em quatro questões:

- 1 O que está acontecendo com o meio ambiente? (condições e tendências);
- 2 Porque acontece? (causas, associações entre influências humanas e processos naturais);
- 3 Porque é significativo? (efeitos econômicos, ecológicos e à saúde);
- 4 O que se pode fazer acerca disso? (implicações para o desenvolvimento de uma política de planejamento).

Com base nestas indagações, vinte e sete geoindicadores foram identificados e definidos para monitorar e avaliar as mudanças, tanto de origem natural quanto às induzidas pelas atividades antrópicas, sendo ainda utilizados em estudos paleoambientais.

BERGER (1997) atenta para o fato de que embora os geoindicadores se encontrem centrados nos ambientes terrestres, com ênfase aos processos abióticos, não se pode ignorar processos bióticos, pois os sistemas geológicos e biológicos interagem intimamente no tempo e no espaço.

Em uma análise de dinâmica de sistemas e geoindicadores, SIMÕES (1997) cita o quão fundamental são os geoindicadores para subsidiar programas de monitoramento e avaliação de impactos ambientais. Entretanto, o autor (*op. cit.*) ressalva a necessidade de se utilizar a avaliação de mais que um índice em algumas situações, devido à dinâmica de cada geossistema, que envolve processos multivariados.

Na Tabela 03 são apresentados os geoindicadores selecionados pela COGEOENVIRONMENT *apud* BERGER (1997).

Tabela 03: Geoindicadores: influências natural e humana (COGEOENVIRONMENT, modificado de BERGER, 1997).

GEOINDICADOR	INFLUÊNCIA NATURAL	INFLUÊNCIA HUMANA
Corais - química e padrões de crescimento	■	■
Crostras superficiais de deserto e fissuras	■	□
Formação e reativação de dunas	■	□
Magnitude, duração e frequência de tempestades de poeira	■	□
Atividade em terreno congelado	■	□
Flutuação de geleiras	■	○
Qualidade da água subterrânea	□	■
Química da água subterrânea em zona insaturada	■	■
Nível de água subterrânea	□	■
Atividade cárstica	■	□
Nível de lagos e salinidade	■	■
Nível relativo do mar	■	□
Sequência sedimentar e composição	■	■
Sismicidade	■	□
Posição da linha de costa	■	■
Ruptura de taludes (deslizamentos)	■	■
Erosão de solos e sedimentos	■	■
Qualidade do solo	□	■
Escoamento/fluxo d'água	■	■
Morfologia dos canais	■	■
Transporte e deposição dos sedimentos	■	■
Comportamento de temperaturas em subsuperfície	■	□
Deslocamento superficial	■	□
Qualidade da água superficial	■	■
Atividade vulcânica	■	○
Extensão, estrutura e hidrologia de terras alagadas	■	■
Erosão eólica	■	□

■ - influenciado fortemente por

□ - pode ser influenciado por

○ - não exerce influência substancial sobre

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA ESTUDADA

3.1- LOCALIZAÇÃO

A sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim situa-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo, a sudoeste do Município de Campinas. Está inserida nas folhas topográficas Americana (SF -23-M-IV-3), Campinas (SF-23-Y-A-V-4), Salto (SF-23-Y-C-I-1) e Indaiatuba (SF-23-Y-C-II-2), IBGE (1970) escala 1:50.000, entre os meridianos 47°18' e 47°04' W e entre os paralelos 23°06' e 23°57' S (Figura 08), totalizando uma área de aproximadamente 188 km².

O rio Capivari-Mirim forma-se pela confluência dos córregos Fazenda Quilombo (ou do Monte Serrat) e do Bonfim, cujas nascentes se localizam, respectivamente, nos Municípios de Itupeva e Campinas. A direção predominante de seu curso é de sudeste para noroeste e atravessa as porções norte do Município de Indaiatuba e sudoeste do Município de Campinas seguindo até o Município de Monte-Mor, onde atinge sua foz e deságua no rio Capivari. O rio Capivari-Mirim constitui parte das porções alta e média da Bacia do rio Capivari (Figura 08), localizada na margem direita do rio Tietê, e em termos de Plano Estadual de Recursos Hídricos localiza-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI 5) (Figura 09).

As principais vias de acesso à área são as rodovias Anhanguera (SP-330), Bandeirantes (SP-348), Santos Dumont (SP-079) e Via D. Pedro (SP-065).

A sub-bacia do rio Capivari-Mirim está circunscrita na Região Metropolitana de Campinas, que é considerada o segundo maior parque industrial do Estado de São Paulo. Encerra em seu trecho norte, o aeroporto

internacional de Viracopos, apresenta atividades agrícolas do tipo hortifrutigranjeiros e o cultivo de cana-de-açúcar nos trechos de nascente e em sua porção central até a foz e, subordinadamente, expansão de chácaras, condomínios residenciais e bairros de periferia (favelas) nas porções centro-norte e centro-sul da área.

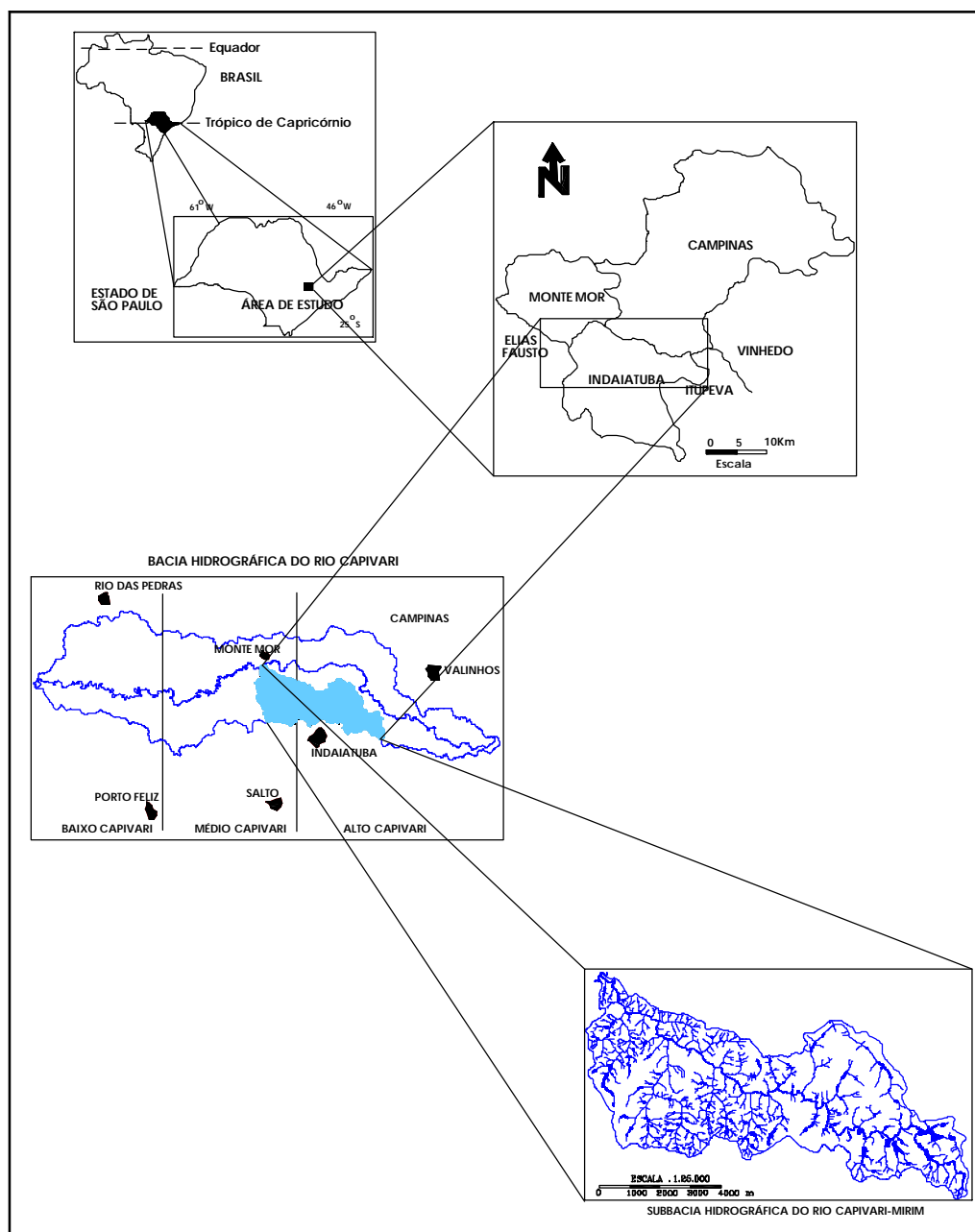


Figura 08 - Localização da área de estudo

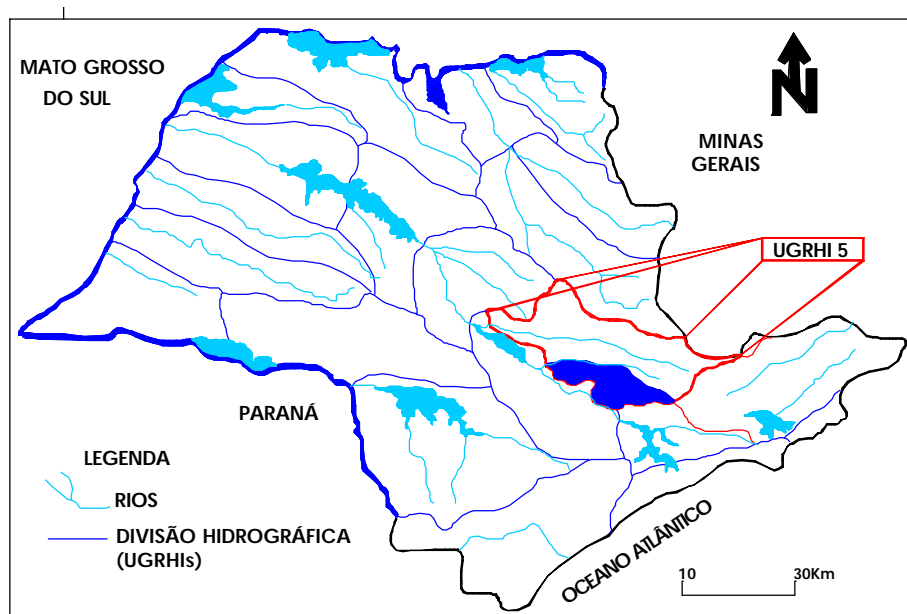


Figura 09 - Localização da UGRHI 5 no contexto das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (Fonte : CBH-PCJ, 1996).

3.2- ASPECTOS FISIográficos

3.2.1- Clima

O clima da região, segundo PEREIRA (1996) e IG (1998), é do tipo tropical alternadamente seco e úmido, com período de precipitações mais intensas de outubro a março e menor pluviosidade de abril a setembro e precipitação anual média entre 1200 e 1500 mm.

A temperatura média anual varia de 18 a 21 ° C, com média máxima anual acima de 25 ° C (IG, 1998).

Como pode ser observado no mapa da Figura 10, precipitações médias superiores, com valores entre 1300 e 1500mm, ocorrem de modo localizado na cabeceira da sub-bacia, onde encontram-se altitudes mais elevadas e relevo de morros e morrotes. As precipitações médias entre 1200 e 1300mm predominam na área e correspondem a relevo de colinas.

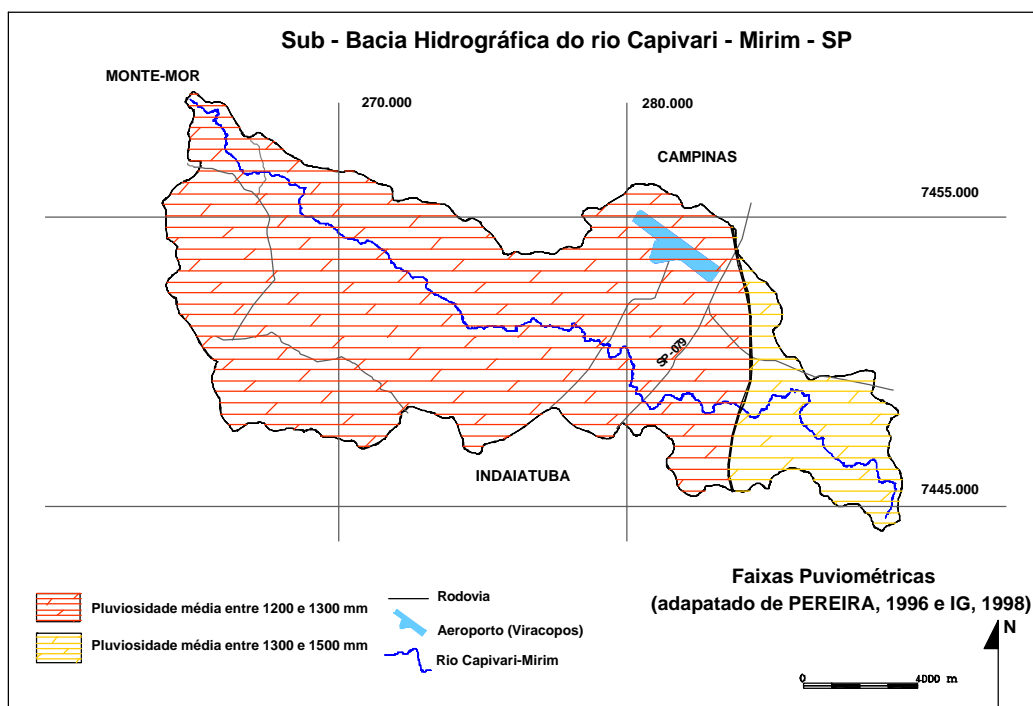


Figura 10: Mapa pluviométrico da Sub-bacia do rio Capivari-Mirim (adaptado de PEREIRA, 1996 e IG, 1998).

3.2.2- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS

A área estudada localiza-se em uma transição entre dois compartimentos geológico-geomorfológicos (ALMEIDA, 1964; IPT, 1981, CPRM, 1991; PEREIRA, 1996; GALEMBECK, 1997; IG, 1999):

1. o planalto Atlântico, representado pelo Planalto de Jundiaí, que é constituído predominantemente por relevo de colinas e morrotes paralelos, com ocorrência de rochas gnáissicas do Complexo Itapira e de granitos da Intrusão Itupeva;
2. a Depressão Periférica, representada pela Zona do Médio Tietê, com predomínio de colinas médias e pequenas e, subordinadamente, colinas amplas. É caracterizada pela ocorrência, em grande extensão, de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), com associações faciológicas compostas por ritmitos areno-siltosos e areno-argilosos, arenitos finos e médios e siltitos.

Ocorrem ainda áreas recobertas pelos depósitos cenozóicos, constituídos por sedimentos arenosos-argilosos e arenosos conglomeráticos, correlacionáveis

à Formação Rio Claro, e porções mais restritas recobertas por areias finas até grossas e sedimentos silto-argilosos dos aluviões.

4.METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1 GENERALIDADES

A metodologia adotada para este trabalho foi a desenvolvida por COLLARES (2000), cujo objetivo é avaliar alterações ambientais em bacias hidrográficas e, desta forma, disponibilizar um instrumento de avaliação capaz de subsidiar estudos de zoneamentos geoambientais em bacias hidrográficas. A área teste eleita para sua aplicação foi a sub-bacia do rio Capivari-Mirim, na escala 1:25.000.

A pesquisa foi desenvolvida a partir da obtenção de atributos referentes ao terreno (características geológicas e geomorfológicas), à bacia hidrográfica (rede de drenagem), à ocupação do meio físico (atividades antrópicas) seguidos de análise morfométrica temporal da rede de drenagem e de análise de parâmetros físico-químicos das águas superficiais. A interpretação e avaliação dos resultados obtidos foi feita por meio de correlações e análises gráficas. A sua seqüência metodológica é apresentada na Figura 11.

4.2 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES DA SUB-BACIA E DOCUMENTOS GERADOS

4.2.1 Características Geológicas e Geomorfológicas

De modo geral, a caracterização dos atributos geológicos e geomorfológicos da sub-bacia estudada foi obtida a partir de trabalhos de fotointerpretação, de compilação de dados e de mapas anteriormente elaborados na área, seguidos de controle de campo.

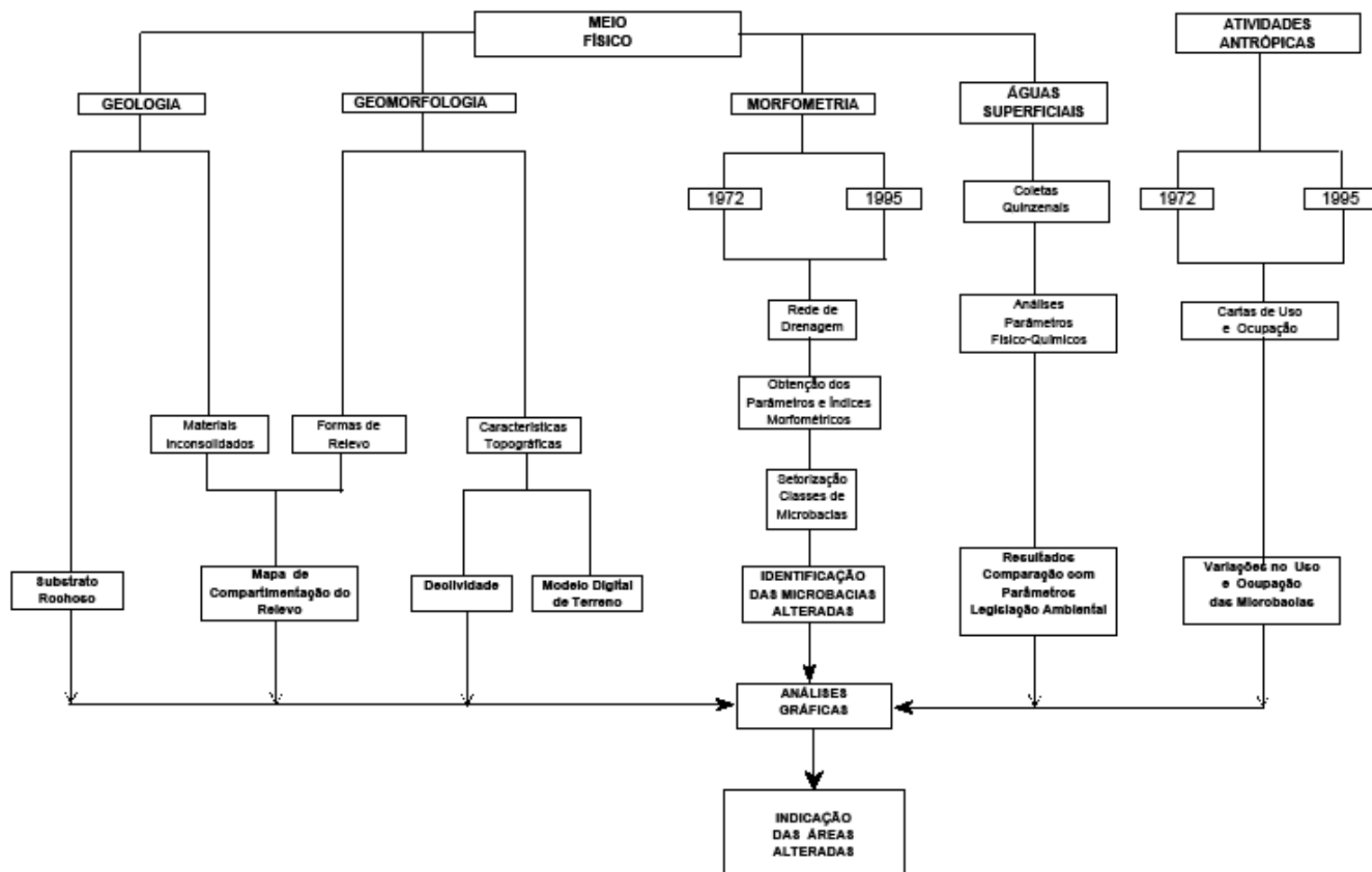


Figura 11: Fluxograma do procedimento metodológico adotado no desenvolvimento do trabalho

A partir desses dados foram gerados os mapas de substrato rochoso e de compartimentação do relevo. Os mapas são apresentados em escala 1:25.000 de modo a permitir comparações com os demais documentos da área em questão. O procedimento adotado nessa fase do trabalho é sumarizado pela Figura 12.

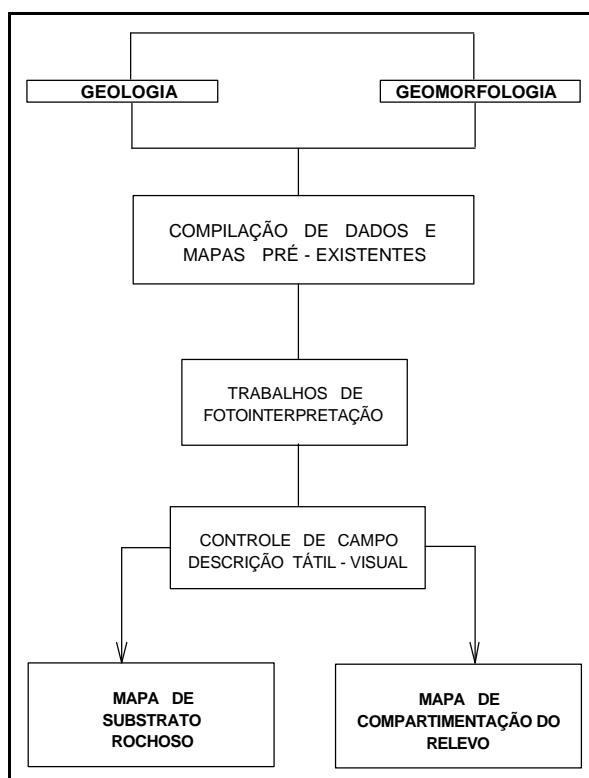


Figura 12: Procedimento adotado na caracterização geológica e geomorfológica da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.

4.2.1.1 Mapa de Substrato Rochoso

Para a elaboração do mapa de substrato rochoso (Figura 13) utilizou-se como base os mapas geológicos de CPRM (1991), GALEMBECK (1997) e IG (1999), compilados em escala 1:50.000, complementados por observações de campo. As unidades definidas e compiladas compreendem os seguintes tipos litológicos:

a- Embasamento Cristalino

Essa unidade aflora predominantemente na região de cabeceira da sub-bacia (situada próxima ao contato do Embasamento Cristalino com a Bacia Sedimentar do Paraná) e é composta por :

- Rochas do Complexo Itapira, representadas por biotita-gnaisses bandados (IG, 1999);
- Rochas da Intrusão Itupeva - Complexo Granitóide Itu, com predomínio de monzogranitos inequigranulares a equigranulares, róseos a avermelhados; sienogranitos cinza rosados e, localizadamente, quartzo monzodioritos, granodioritos e tonalitos.

Essa unidade é afetada pelas principais zonas de cisalhamento da região; Zona de Cisalhamento Campinas e Zona de Cisalhamento Valinhos; o que lhe confere forma alongada na direção NE-SW (IG, 1999).

b- Bacia Sedimentar do Paraná – Subgrupo Itararé

Essa unidade é a de maior ocorrência na sub-bacia, e ocupa as porções do seu meio curso até sua foz. É composta por :

- Arenitos muito finos, silto-argilosos laminados, por vezes intercalados a ritmitos, em intercalações métricas a decimétricas (IG, 1999). É a unidade predominante na área e ocorre principalmente ao longo da porção média das vertentes, entre os municípios de Monte Mor e Indaiatuba;
- Ritmitos compostos pela alternância de siltitos e arenitos muito finos e subordinadamente argilitos. Ocorrem nas porções inferiores das vertentes e apresentam, por vezes, empastilhamento; e
- Arenitos médios a grossos, mal selecionados, com estratificação cruzada e granodecrescência. Ocorrem de forma localizada, nas porções nordeste do aeroporto de Viracopos e sudeste de Monte Mor.

SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-MIRIM - SP

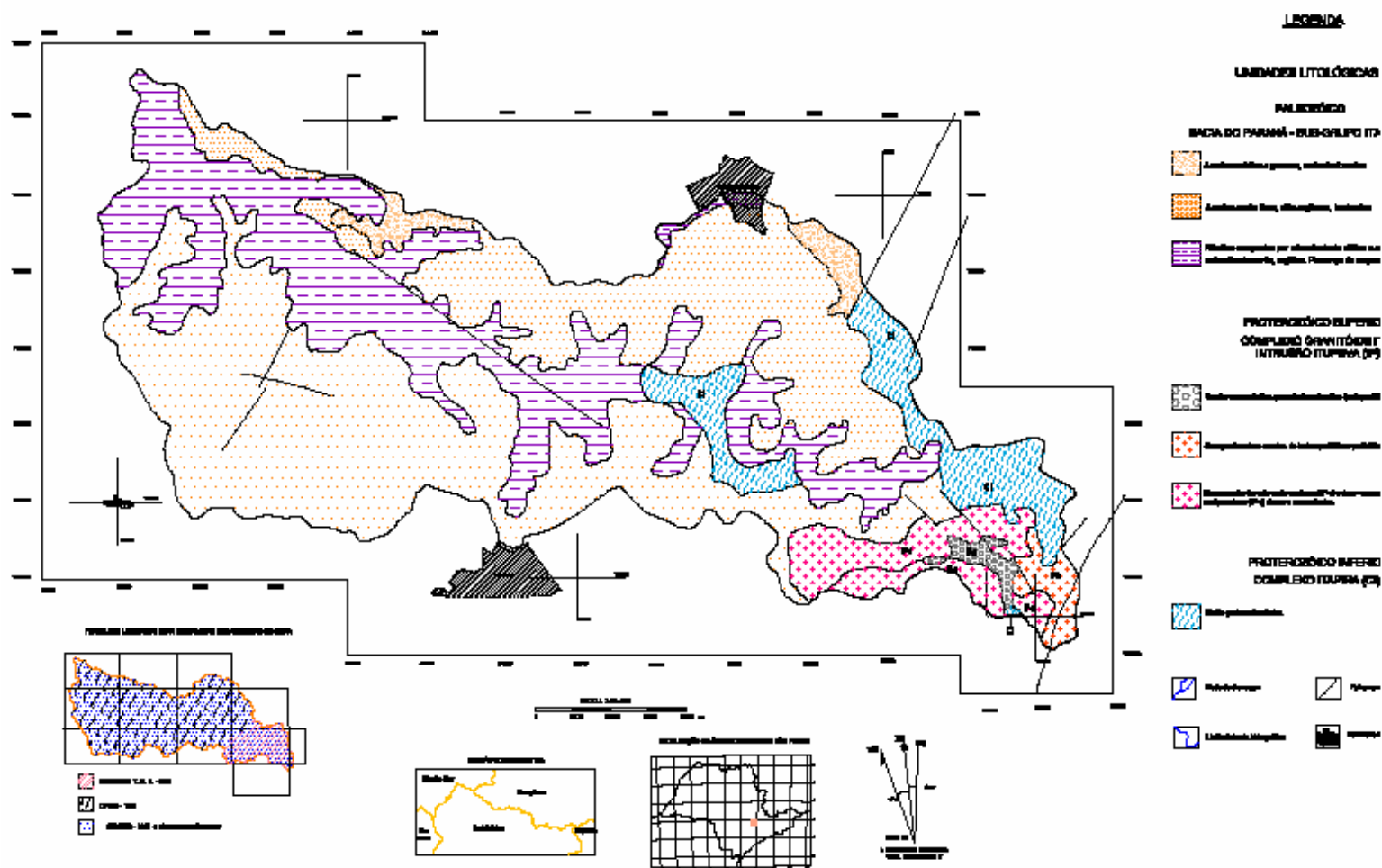


Figura 13: Mapa do Substrato Rochoso da sub-bacia do rio Capivari-Mirim (compilado de CPRM (1991), GALEMBECK (1997) e IG (1999), escala 1:50. 000).

4.2.1.2 Mapa de Compartimentação do Relevo

O mapa de compartimentação do relevo (Figura 14) utilizado nas análises foi obtido em 3 etapas:

- compilação de mapeamentos pré-existentes;
- trabalhos de fotointerpretação, para a delimitação das formas de relevo presentes na área e a seleção de pontos de controle de campo para caracterização tátil-visual;
- associação entre as diferentes espessuras dos materiais inconsolidados e as variadas formas de relevo identificadas na área.

Para a subdivisão das formas de relevo adotou-se o critério de classificação proposto por PIRES NETO (1996), enquanto que os materiais inconsolidados foram classificados de acordo com seus perfis de alteração, quanto à gênese (solos residuais ou transportados), à textura e à espessura.

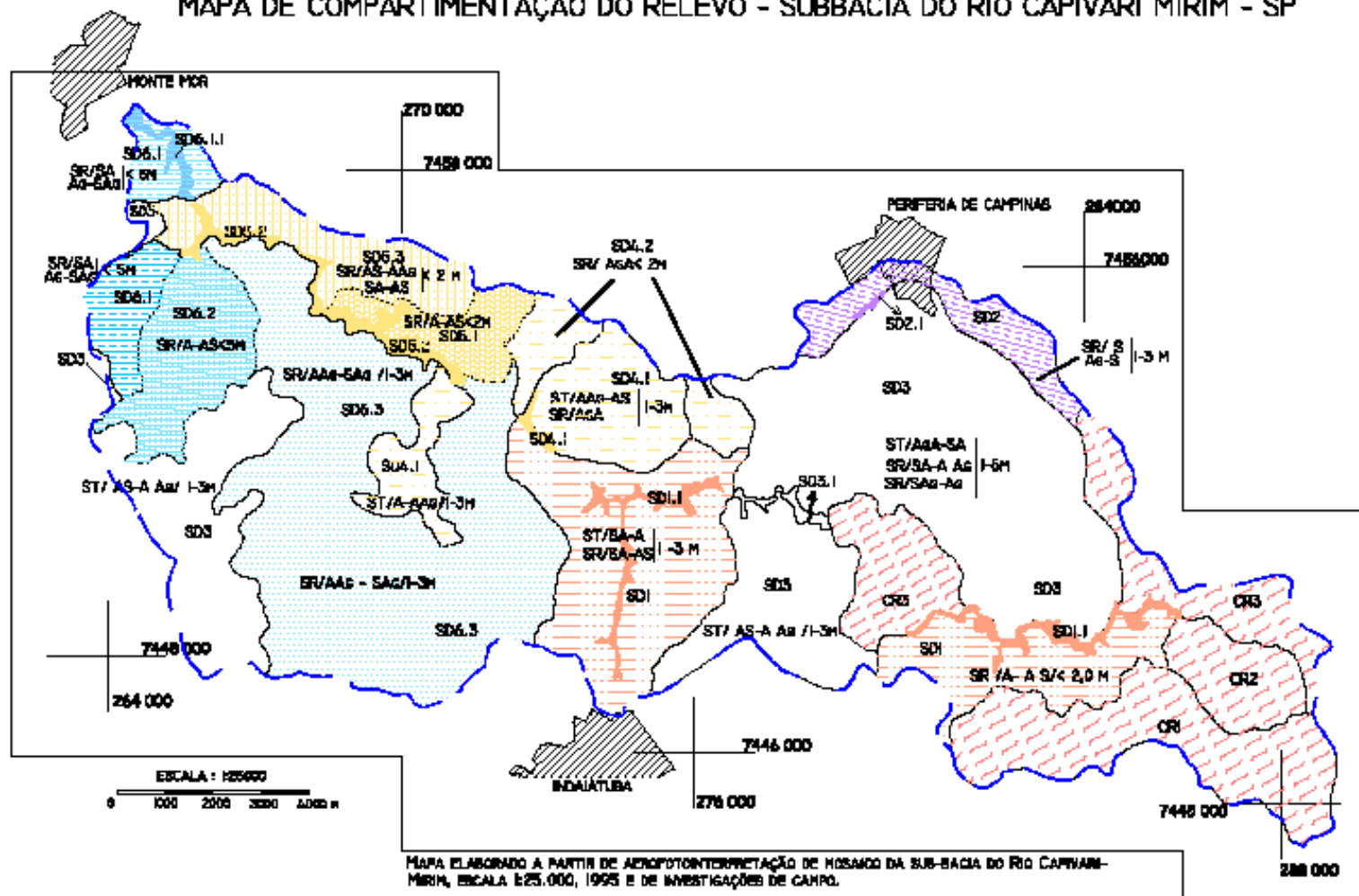
Foram definidos dois sistemas de relevo, denominados Sistema Cristalino e Sistema Sedimentar, subdivididos em 3 e 6 unidades, respectivamente.

O Quadro 04 sintetiza as características dos sistemas identificados na área. A descrição detalhada de cada um pode ser observada na Figura 14.

Quadro 04: Síntese dos sistemas de relevo presentes na sub-bacia do rio Capivari-Mirim.

Sistema	Forma de Relevo Predominante	Características Gerais dos Perfis de Alteração
Cristalino (CR)	Morros e morrotes alongados	Espessuras < 2m Campo de matacões
Sedimentar (SD)	Colinas pequenas médias e amplas	Espessuras entre 2 e 5 m Solos areno-argilosos, silto-argilosos e argilosos

MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO - SUBBACIA DO RIO CAPIVARI MIRIM - SP



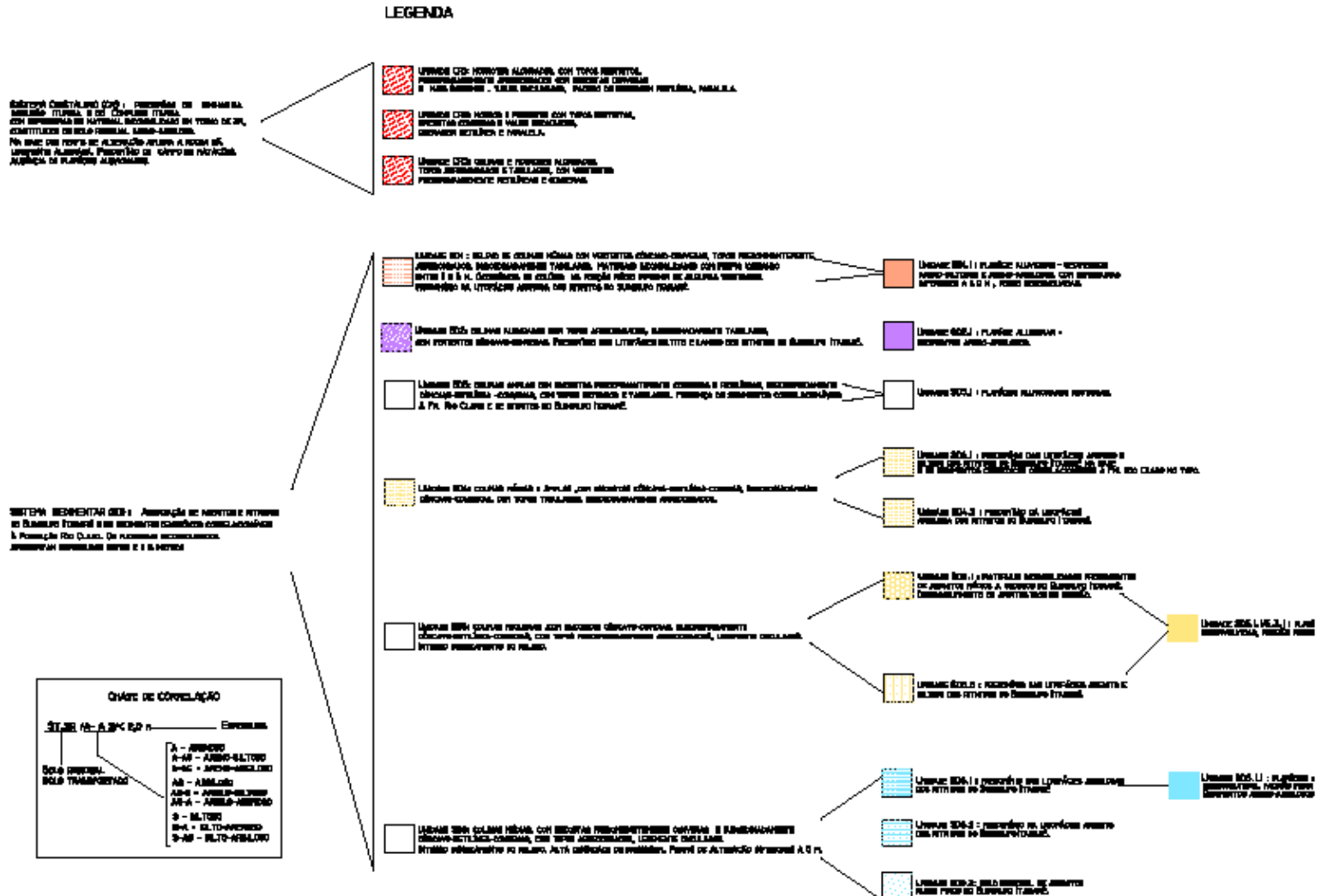


Figura 14: Mapa de Compartimentação do Relevo da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.

4.2.1.3 Carta de Declividade e Modelo Digital de Terreno

Para a elaboração da carta de declividade e do modelo digital do terreno foram utilizadas as folhas topográficas, em escala 1:10.000 (Tabela 04), confeccionadas pela Coordenadoria de Ação Regional – Divisão de Geografia do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979).

As folhas topográficas foram escaneadas, georreferenciadas e digitalizadas, com auxílio do Autocad Map R3.0, com equidistância de 5 metros para as curvas de nível. O arquivo de curvas gerado foi exportado no formato .DXF. Este arquivo foi convertido da extensão DXF para a extensão .DAT, com auxílio do programa DXF2DAT, da UNICAMP, que transforma cada nó da linha digitalizada em valores de coordenadas X, Y, e Z (elevação do terreno). No programa SURFER 6.0, o arquivo de extensão .DAT foi convertido para uma malha retangular, composta de 1004 linhas e 1961 colunas, como um arquivo de extensão .GRD (Figura 15). Para essa conversão utilizou-se o método de interpolação de mínima curvatura, com um espaçamento de 25 x 25 metros.

Tabela 04: Folhas topográficas (1:10. 000) utilizadas na elaboração da carta de declividade e do modelo digital de terreno.

Folha Topográfica	Denominação
SF-23-Y-A-V-3-SE-F	Rio Capivari-Mirim
SF-23-Y-A-V-4-SO-E	Bairro Gonçalves
SF-23-Y-A-V-4-SO-F	Campinas VIII
SF-23-Y-C-II-1-NE-B	Bairro Casa Branca
SF-23-Y-C-II-2-NO-A	Bairro Mirim
SF-23-Y-C-II-2-NO-B	Viracopos I
SF-23-Y-C-II-2-NE-A	Viracopos II
SF-23-Y-C-II-1-NE-D	Cardeal
SF-23-Y-C-II-2-NO-C	Indaiatuba I
SF-23-Y-C-H-2-NO-D	Morro Torto
SF-23-Y-C-II-2-NE-C	Fazenda Bonfim
SF-23-Y-C-II-2-NE-E	Fazenda São Calixto
SF-23-Y-C-II-2-NE-D	Vinhedo II

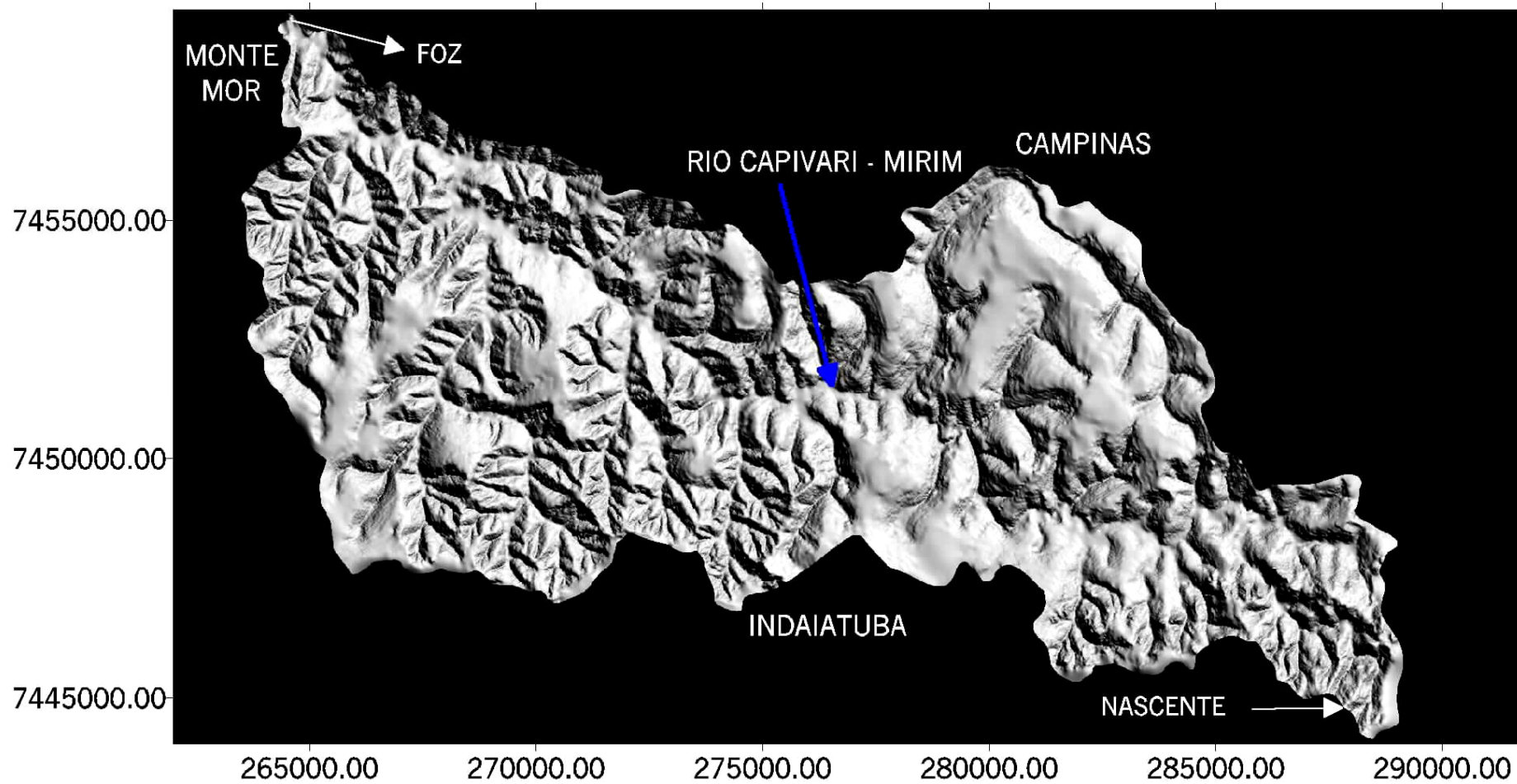


Figura 15: Modelo Digital do Terreno da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.

A carta de declividade da sub-bacia do rio Capivari-Mirim foi gerada com auxílio do programa TERRAIN ANALYST – módulo MGE/INTERGRAPH, a partir da importação do arquivo de curvas digitalizado, de extensão DWG, com os pontos cotados para seus valores de elevação, das curvas, dos lagos e dos vales e para a borda da bacia. Os dados do arquivo foram interpolados por meio de triangulação e a declividade foi calculada de acordo com as classes definidas.

Em trabalhos anteriormente realizados na região (IG, 1993), foram definidas sete classes de declividade para a área da sub-bacia, descritas na Tabela 05.

Tabela 05: Classes de declividade definidas para a sub-bacia do rio Capivari-Mirim.

Classes	Intervalos (%)	Inclinações (°)
1	< 2	1
2	2 – 5	1 – 3
3	5 – 10	3 – 6
4	10 – 20	6 – 11
5	20 – 30	11 – 17
6	30 – 50	17 – 26
7	> 50	> 26

A partir das classes definidas foram obtidos, para cada microbacia, os valores percentuais correspondentes a área da microbacia ocupada por uma determinada classe de declividade. Os cálculos foram realizados com auxílio do programa AUTOCAD MAP R3.0, que permite sobrepor o mapa de limites das microbacias à carta de declividade. Foram criadas topologias de polígono, tanto para as microbacias quanto para as classes de declividade, e obtidos seus valores, em área. Por meio do comando *MAP ® MAP TOPOLOGY ® OVERLAY* foram efetuadas operações matemáticas de intersecção, as quais fornecem a área de cada classe de declividade presente em cada microbacia (Tabelas - Anexo 2).

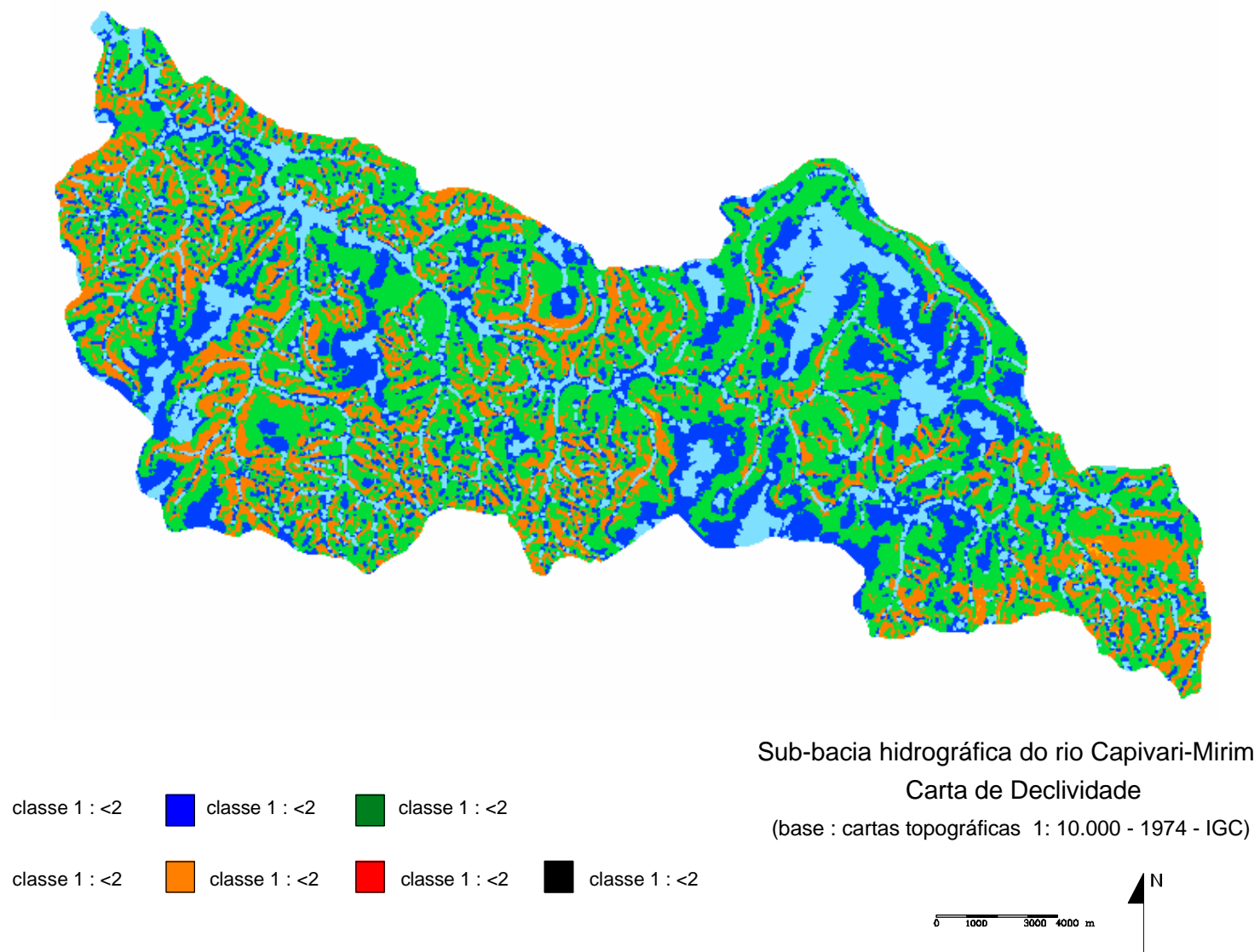


Figura 16: Carta de declividade da sub-bacia do rio Capivari-Mirim.

4.2.2 Caracterização morfométrica da rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim

4.2.2.1 Levantamento e Processamento das Informações

A caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Capivari-Mirim, com a finalidade de identificar as alterações ocorridas em um período de 23 anos, foi realizada em 3 etapas (Figura 17) :

- trabalhos de fotointerpretação;
- escaneamento; elaboração de mosaicos,
- georreferenciamento e digitalização.
-

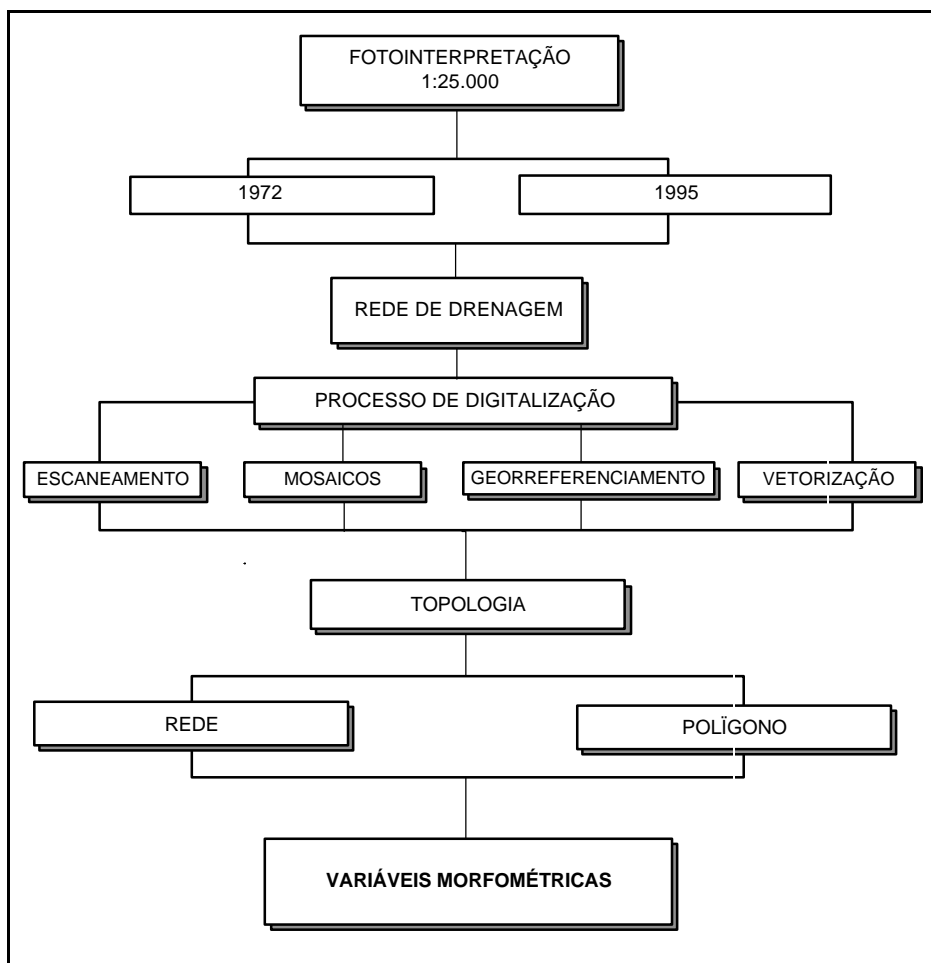


Figura 17: Procedimento metodológico adotado na obtenção das variáveis morfométricas.

A partir de trabalhos de interpretação de fotografias aéreas, escala 1:25.000, de duas épocas distintas, datadas de 1972 e 1995, foram identificados e extraídos manualmente todos os canais de drenagem capazes de permitir o escoamento superficial das águas e contribuir para as alterações na sub-bacia. Esse procedimento incluiu os cursos d'água intermitentes, ou seja, os canais fluviais e pluviais. Foram extraídos também, os limites da sub-bacia e de represas.

Para os trabalhos de fotointerpretação e classificação da rede de drenagem foram utilizados estereoscópios de espelho e de bolso do tipo Carl Zeiss e estereoscópio dotados de lentes de aumento (3x) para observação de detalhes. O traçado da rede de drenagem foi efetuado sobre película plástica transparente (*overlay*), do tipo utilizada como transparência manuscrita para retroprojektor.

Após os trabalhos de fotointerpretação, as fotografias aéreas, juntamente com o *overlay* contendo o traçado da rede de drenagem e de seus limites, foram escaneadas e convertidas para o formato *raster* (extensão JPEG), para posterior elaboração dos mosaicos das duas épocas em questão.

Os processos de elaboração dos mosaicos, georreferenciamento e digitalização foram executados no programa Autocad Map R3.0, um *software* aplicativo que trabalha em plataforma Autocad R14. O programa permite a utilização de imagens no formato raster (fotografia aéreas escaneadas) e vetor (redes de drenagem) em uma mesma plataforma de trabalho (*display*).

A confecção dos mosaicos foi efetuada a partir da inserção de pares de fotografias aéreas escaneadas, com maior faixa de sobreposição de áreas, no *display*, o qual foi dividido verticalmente em duas janelas de trabalho. Para as imagens então inseridas (*INSERT ® RASTER IMAGE® ATTACH*) foram escolhidos os pontos de controle, coincidentes nas duas fotografias aéreas, utilizados para o processamento (*MAP ® MAP TOOLS ® RUBBER SHEET*). Esse procedimento foi repetido para todas as fotografias aéreas, até completar todo o mosaico.

Os mosaicos foram georreferenciados em coordenadas UTM, tendo como base uma imagem de satélite Landsat - TM (96 x 96 Km), que por sua vez foi georreferenciada com base em mapas topográficos do IBGE, escala 1:50.000. O procedimento adotado para o georreferenciamento foi o mesmo utilizado para a elaboração dos mosaicos.

Após o georreferenciamento dos mosaicos procedeu-se à digitalização da rede de drenagem (vetorização), adotando-se como critério de hierarquização fluvial a classificação proposta por STRAHLER (1957, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1974). Para cada ordem de canal foi criado um *layer* específico (Figura 18), assim como para represas e para a borda da bacia, com o objetivo de otimizar o processo de criação de topologias utilizadas na análise morfométrica.

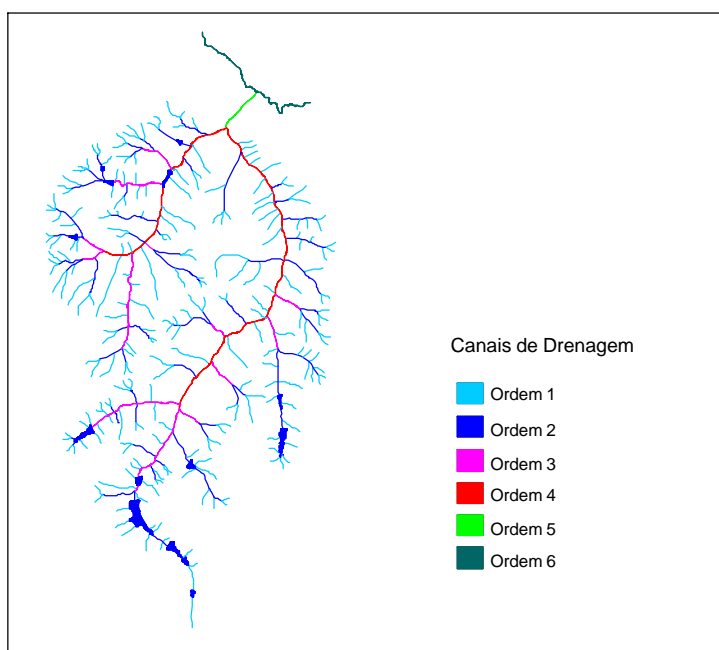


Figura 18: Exemplo da digitalização da rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim. As cores representam um *layer* específico atribuído a cada ordem de canal.

A etapa final do processamento das informações da rede de drenagem compreendeu a criação de topologias, as quais permitem obter dados numéricos a partir da associação espacial entre objetos geográficos.

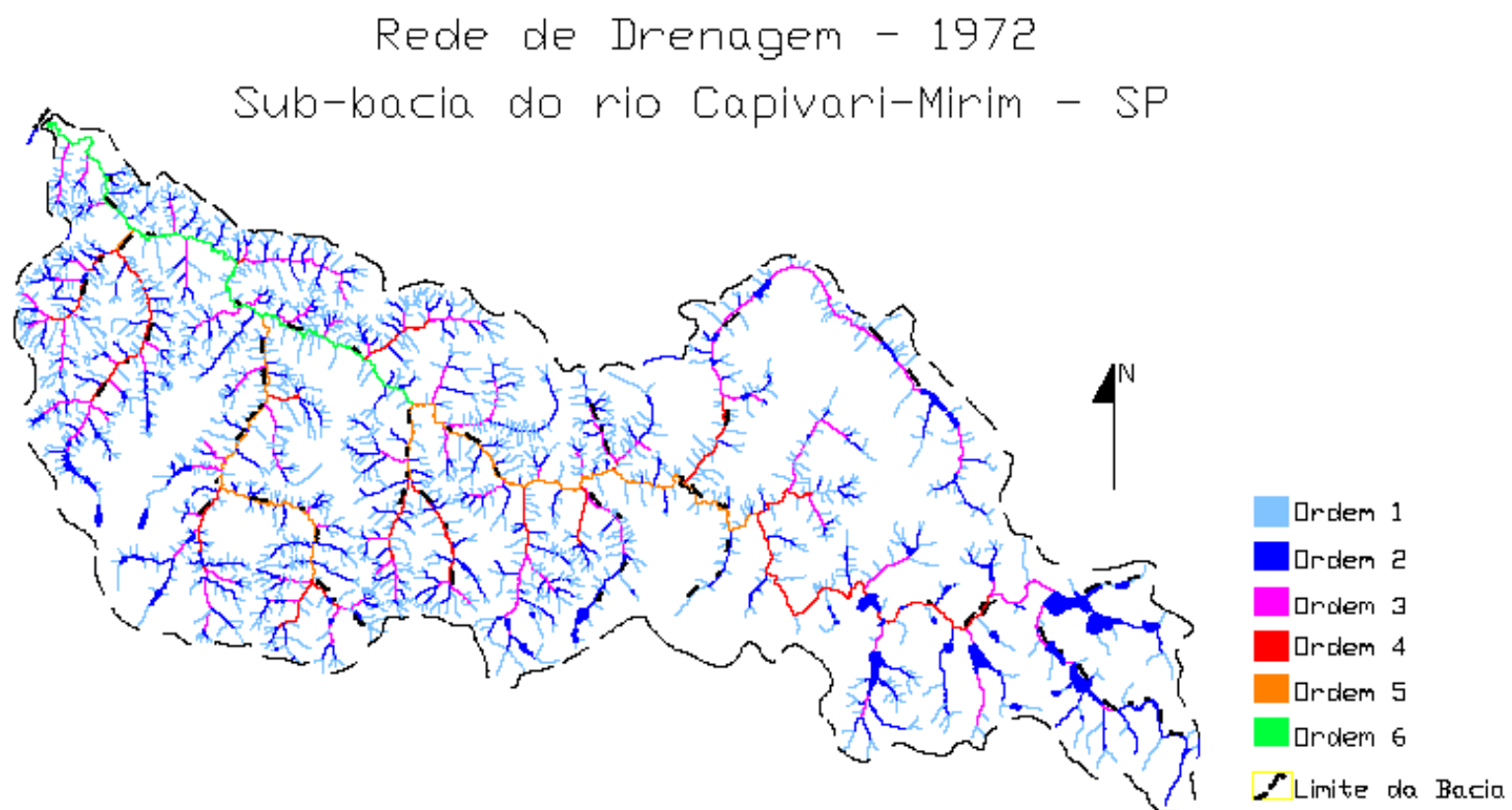


Figura 19 a: Rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1972.

Rede de Drenagem - 1995
Sub-bacia do rio Capivari-Mirim - SP

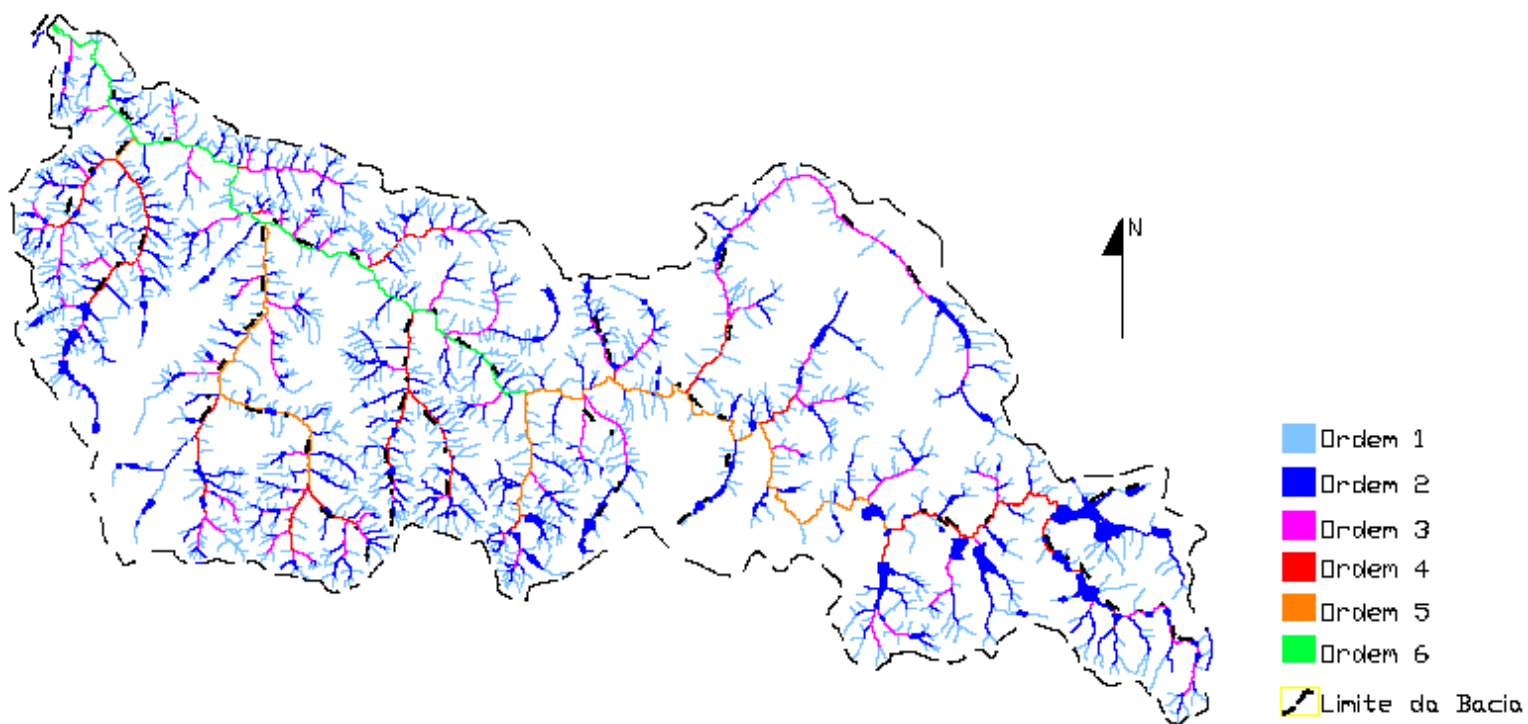


Figura 19 b: Rede de drenagem da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1995

Foram criadas topologias de rede, para os canais de drenagem, e de polígono para os traçados dos limites das sub-bacias e represas (*MAP @ TOPOLOGY @ CREATE @ NETWORK* e *MAP @ TOPOLOGY @ CREATE @ POLIGON*, respectivamente). As topologias de rede foram criadas de acordo com o nível hierárquico dos canais, o que permitiu obter parâmetros como o número total de canais, o comprimento total da rede de drenagem, o número de canais por ordem de ramificação e o comprimento médio por ordem de ramificação. Os parâmetros área e perímetro da bacia e das microbacias foram obtidos a partir das topologias de polígono.

4.2.3. Águas Superficiais

A análise das águas superficiais da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim teve como objetivo detectar parâmetros físico-químicos acima dos valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente e, com isso, indicar áreas com maior potencial de degradação para estudos mais detalhados (transportes de poluentes, simulações de fluxo, etc.).

As coletas foram realizadas quinzenalmente, no período de janeiro à outubro de 1999, em 13 estações ao longo do curso principal e de canais tributários da sub-bacia do rio Capivari-Mirim, e também em 2 estações, uma anterior e outra posterior à sua foz, localizadas no rio Capivari.

O processo de amostragem foi efetuado conforme as recomendações das normas internacionais de monitoramento de qualidade da água (EPA, 1999). As amostras de água foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 litro, os quais eram lavados cinco vezes com a água do rio, em cada estação, antes de efetuar a coleta. Os frascos foram conservados em gelo, durante o transporte, para preservar as condições das águas coletadas. A temperatura dos frascos foi restabelecida em laboratório, com auxílio de estufa, e as amostras submetidas a análise.

Foram analisados 8 parâmetros físico-químicos para cada ponto amostrado, totalizando 2160 análises.

Variáveis como temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram mensuradas em campo com equipamentos DIGIMED.

Nitrato, fosfato e amônia foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica, com espectrofotômetro SHIMADZU, modelo UV160-A, após filtração. Os sólidos totais dissolvidos foram determinados por método padrão, o qual envolve etapas de filtração, secagem em estufa, calcinação e pesagem das membranas filtrantes entre as etapas.

As análises foram efetuadas no Laboratório de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos.

Os resultados foram analisados graficamente, com auxílio dos *softwares* STATISTICA 4.3 e EXCELL 6.0

4.2.4 Atividades Antrópicas

4.2.4.1. Cartas de Uso e Ocupação

Os mapas de uso e ocupação (Figuras 20 e 21) foram elaborados a partir de trabalhos de fotointerpretação em fotografias aéreas, escala 1:25.000, com controle de campo para o conjunto de fotoaéreas datadas de 1995, e de trabalhos de fotointerpretação e comparação com cartas topográficas contemporâneas para o conjunto de fotoaéreas de 1972.

Para a classificação do terreno da sub-bacia do rio Capivari-Mirim, em seus diferentes tipos de uso e ocupação, utilizou-se como critério de fotointerpretação as diferenças texturais e de forma observadas, associadas à cada tipo de atividade, bem como seus diferentes contrastes (tons de cinza). A classificação foi efetuada com controle de campo, que permitiu o reconhecimento das atividades existentes na área e a confirmação ou não de suas características texturais em fotoaérea.

A partir dessa identificação procedeu-se à classificação do terreno para o ano de 1972. Para isso utilizou-se estereoscópio de espelho, do tipo Carl Zeiss, com lentes de aumento (3x), com o intuito de observar as diferenças da área com maior detalhe.

Como para o período de 1972 não existe a possibilidade de checar em campo as diferentes atividades presentes na bacia, aplicou-se o critério de diferenciação textural e de contraste estabelecidos para as fotos aéreas de 1995, associado à comparação dos diferentes tipos de atividades registradas em folhas topográficas, escala 1:10.000, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado

de São Paulo, confeccionadas em 1974 e, portanto mais próximas da realidade da época em questão.

As classes delimitadas em fotointerpretação foram processadas e quantificadas com auxílio do Autocad Map R3.0, após o escaneamento, a construção dos mosaicos, o georreferenciamento e a vetorização anteriormente descritos.

Foram definidas 7 classes de uso e ocupação, descritas na Tabela 06.

Tabela 06: Classes de uso e ocupação definidas para a sub-bacia do rio Capivari-Mirim.

Tipo de Uso e Ocupação	Referência:
Pastagem / capoeira	Vegetação rasteira (pastagem) e de médio porte (capoeira)
Hortifrutigranjeiros	Plantações diversas (uva, tomate, berinjela, cebola, batata, pimentão, milho, café, etc.) e granjas
Cana-de-açúcar	Áreas com cultivo da cana, em fase jovem e pronta para corte
Mata/reflorestamento	Mata nativa e reflorestamentos
Área urbana mediamente adensada	Periferia de cidades, pequenos núcleos urbanos e ocupações desordenadas (favelas)
Área urbana pouco adensada	Concentrações de chácaras e algumas ocupações dispersas
Represas	Represas

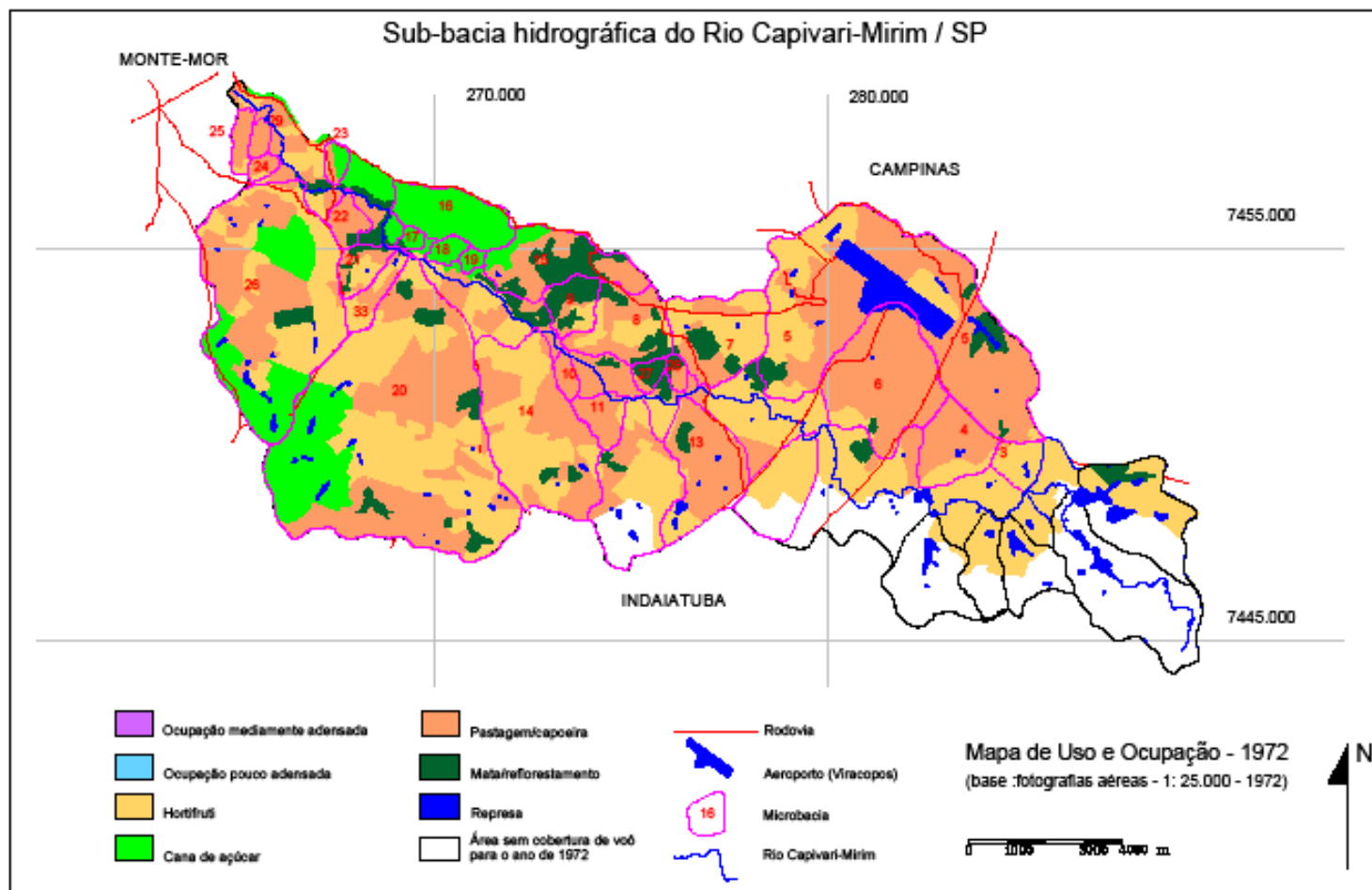


Figura 20: Mapa de uso e ocupação da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1972.

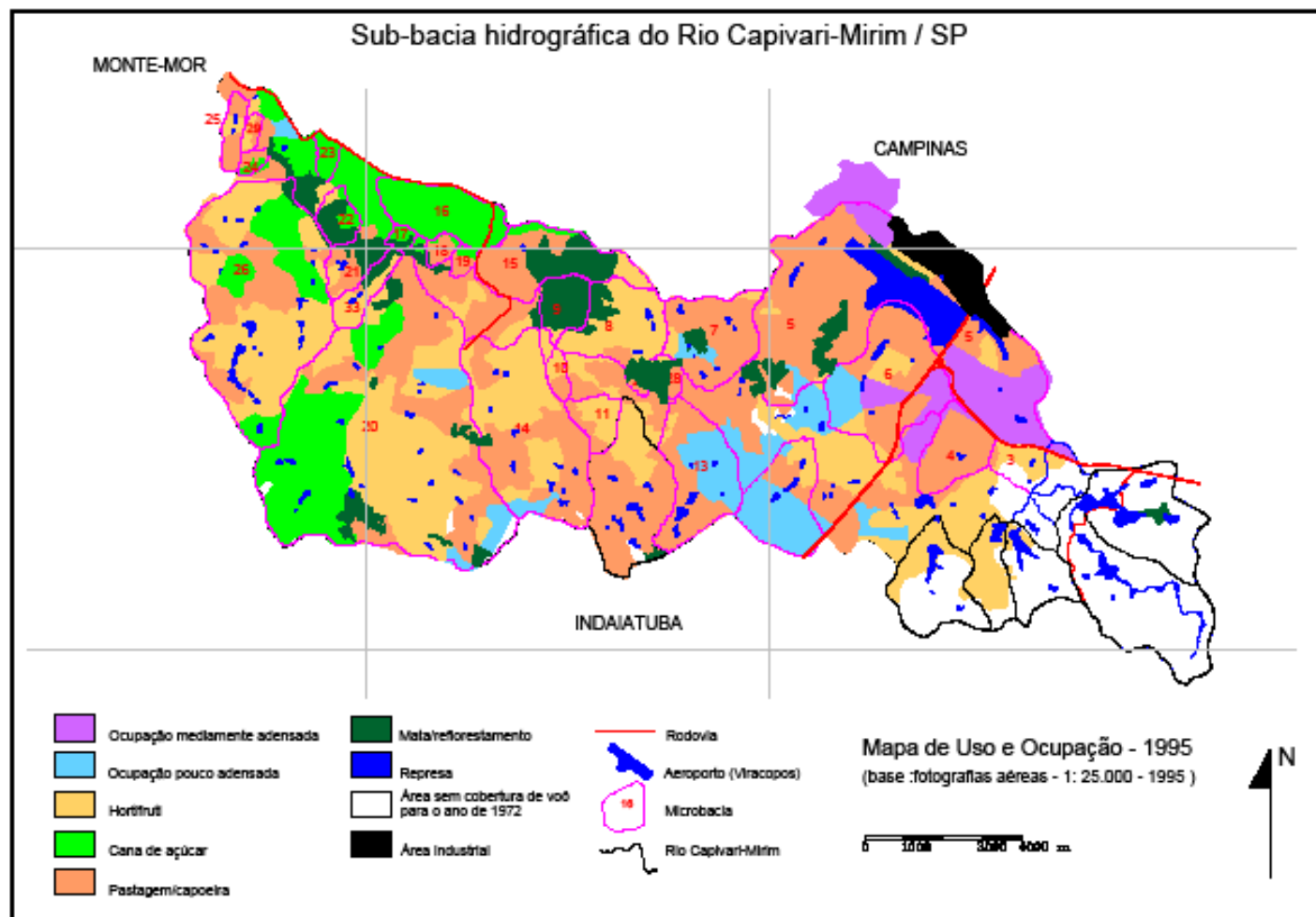


Figura 21: Mapa de uso e ocupação da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1995.

5. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA REDE DE DRENAGEM DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM

5.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

Os parâmetros utilizados no levantamento morfométrico da sub-bacia do rio Capivari-Mirim foram subdivididos em dois grupos. O primeiro abrange variáveis relativas à morfologia, as quais não se alteram considerando-se o período de análise; e o segundo compreende variáveis associadas à composição da rede de drenagem (COLLARES, 2000). Os cálculos dessas variáveis foram obtidos com auxílio do programa Autocad Map R3.0, após a criação das topologias de rede e de polígono. As alterações e relações existentes entre as variáveis morfométricas e as características do meio físico e dos diferentes tipos de uso e ocupação foram analisadas graficamente, com auxílio do programa *Statistica* 4.3 (Figura 22).

As variáveis relativas à rede de drenagem utilizadas nesse trabalho foram selecionadas a partir dos resultados obtidos por COLLARES (2000), que correlacionou 15 variáveis morfométricas, por meio de técnicas estatísticas, encontrando correlações de até 100% entre algumas delas, tais como densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), razão de bifurcação entre os canais de ordem 1 e 2 (Rb 1-2), e razão de comprimentos médios entre os canais de ordem 2 e 1 (Rlm 2-1). Segundo o autor (*op. cit.*), basta uma variável de cada grupo para representar as alterações ocorridas em todas as outras.

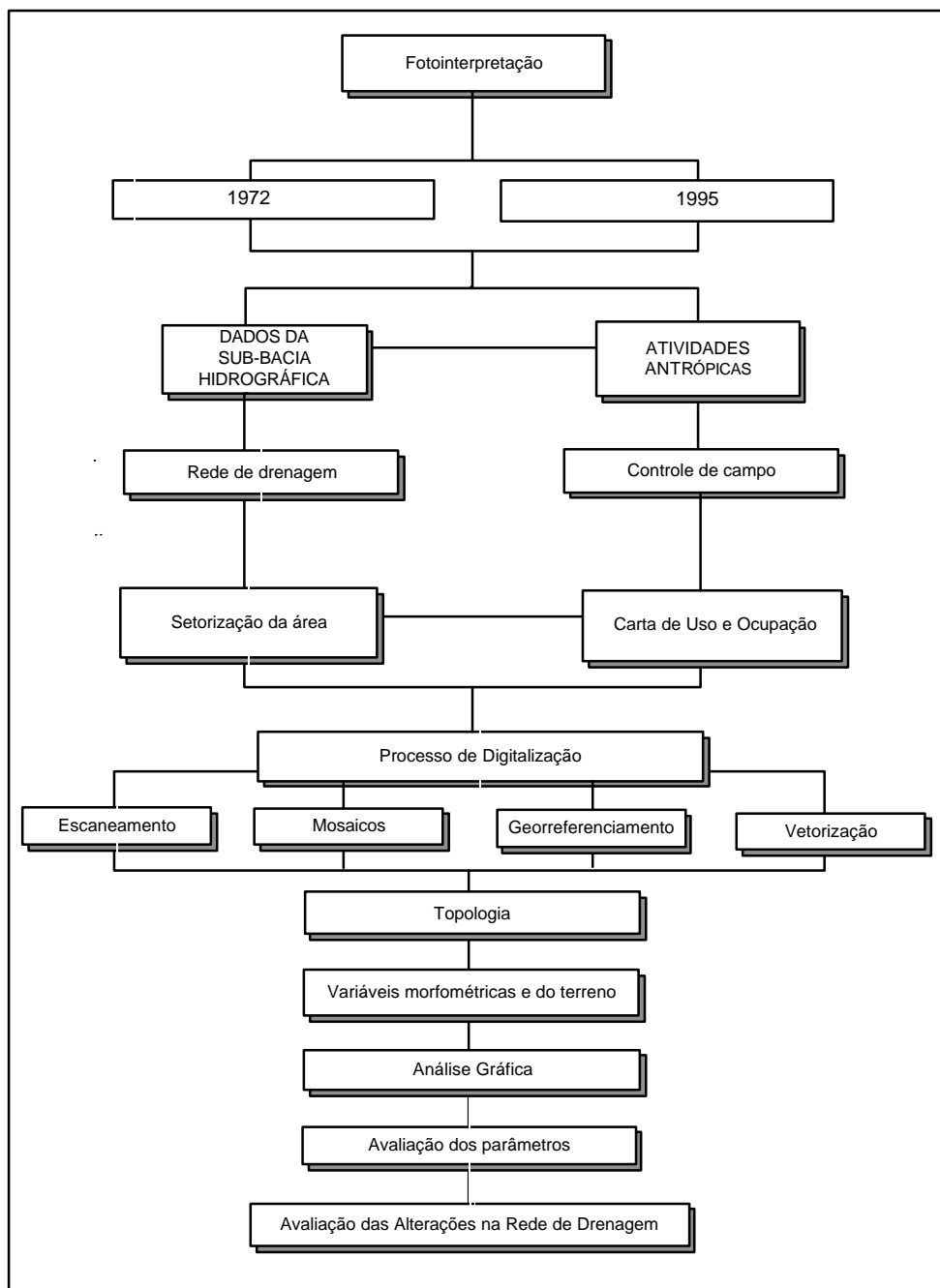


Figura 22: Procedimento adotado na análise das alterações da rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.

5.1.1 VARIÁVEIS RELATIVAS À MORFOLOGIA

- a) Área de drenagem (A) e Perímetro (P)

Correspondem à área plana inserida (projeção horizontal) entre os divisores topográficos de uma determinada bacia hidrográfica e ao comprimento lateral da área dessa bacia, respectivamente. Os valores dessas variáveis, expressos em km, foram obtidos por meio das topologias de polígono criadas.

- b) índice de circularidade (Ic).

O índice de circularidade é a relação existente entre a área da bacia (A) e a área do círculo de mesmo perímetro (Ac) (MILLER, 1953, citado em STRAHLER, 1958; *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969).

$$Ic = \frac{A}{Ac}$$

Os resultados obtidos no cálculo do índice de circularidade apresentam valores de no máximo 1.0, quando então a bacia hidrográfica se aproxima da forma circular. Portanto, quanto menor o valor deste índice, mais alongada é a bacia.

5.1.2 VARIÁVEIS RELATIVAS À COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGENS

a) número total de canais da rede de drenagem (Nt) e número total de canais por ordem de ramificação(Ni)

Correspondem ao número total de rios e ao número total de canais por ordem de ramificação presentes na bacia hidrográfica. Quando se utiliza o sistema de ordenação fluvial de Strahler, o número total de rios corresponde ao número total de canais de primeira ordem (N1), uma vez que qualquer rio surge de uma nascente.

b) comprimento total da rede de drenagem (Lt), comprimento total dos canais por ordem (Li) e comprimento médio dos canais por ordem (Lmi)

Essas variáveis foram obtidas pelo processo de criação de topologia de rede, com contagem da extensão total dos canais de cada ordem e da rede de drenagem.

c) Densidade de Drenagem (Dd)

Este índice correlaciona o comprimento total dos canais (Lt) com a área da bacia hidrográfica (A) e foi inicialmente definido por HORTON, em 1945 (CHRISTOFOLETTI, 1969).

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

O cálculo dessa variável é importante pois compara o comprimento dos canais drenantes existentes em uma área padrão, o que permite avaliar seu comportamento em períodos distintos.

d) Densidade Hidrográfica (Dh)

Esta variável foi inicialmente definida por HORTON (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969) como frequência de rios. De acordo com o autor, a densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água (N_r) e a área da bacia hidrográfica (A), sendo expressa pela fórmula :

$$Dh = \frac{N_r}{A}$$

De acordo com OKA FIORI & CHRISTOFOLETTI (1980), o cálculo da densidade hidrográfica é importante porque representa o comportamento hidrogeológico de uma determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, a capacidade de gerar novos cursos d'água.

e) Coeficiente de Manutenção (Cm)

Este índice foi definido por SCHUMM (1956, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969) e fornece a área mínima necessária para manutenção de 1 metro de canal de escoamento permanente. É calculado pela seguinte expressão :

$$Cm = \frac{1}{Dd} * 1000$$

onde, : Dd = Densidade de drenagem

f) Razão de bifurcação (Rb)

Definida por HORTON (1945, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969), esta variável representa a relação entre o número de canais de uma certa ordem (N_i) e o número de canais da ordem imediatamente superior (N_{i+1}) e é calculada pela seguinte expressão :

$$Rb = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

g) Razão de comprimento médio dos canais (R_{lm})

Esta variável que também foi introduzida por HORTON (1945, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969) deu origem à lei do comprimento dos canais. É expressa pela relação entre o comprimento médio dos canais de uma determinada ordem (L_{mi}) e o comprimento médio dos canais da ordem imediatamente inferior (L_{mi-1}):

$$R_{lm} = \frac{L_{mi}}{L_{mi-1}}$$

5.2. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM

Neste item são apresentados os resultados obtidos nas análises do levantamento morfométrico das microbacias delimitadas na bacia do rio Capivari-Mirim, com base em fotografias aéreas datadas de 1972 e 1995. Os dados foram analisados graficamente, com auxílio do programa STATISTICA 4.3, o que permitiu observar:

- as características morfométricas das microbacias no período inicial da avaliação, ou seja, em 1972;
- as relações entre as variáveis morfológicas e entre as variáveis da rede de drenagem;
- a influência das características do meio físico e
- a influência das características do uso e ocupação nas alterações temporais identificadas.

A metodologia desenvolvida por COLLARES (2000) e aplicada neste trabalho, propõe estudos em escalas maiores para identificação de áreas efetivamente mais alteradas. Em razão disto, as microbacias do rio Capivari-Mirim foram subdivididas em 4 classes, das quais uma delas permitiu uma nova subdivisão, em subsetores. As classes de microbacias e os subsetores foram avaliados quanto às alterações sofridas bem como à eficácia dessa subdivisão. Inicialmente são apresentados os dados obtidos nas análises dos parâmetros das microbacias, seguidos dos resultados obtidos para os subsetores e das considerações sobre as alterações.

5.2.1 COMPARTIMENTAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM

A compartimentação da sub-bacia do rio Capivari-Mirim em 33 microbacias foi efetuada para as duas épocas analisadas (1972 e 1995) e se processou em 3 etapas :

- fotointerpretação, onde foram delimitadas e traçadas a rede de drenagem e as microbacias ,
- digitalização e criação de topologias, e
- setorização e avaliação das microbacias identificadas.

A partir dos mosaicos elaborados procedeu-se à digitalização dos limites das microbacias e à criação de topologias de rede, que permitiu quantificar os parâmetros da rede de drenagem de cada microbacia (Anexo 2), e de polígonos, que permitiu obter valores referentes às suas áreas (Tabela 07).

Devido à variação dos valores de área obtidos para as microbacias, buscou-se agrupá-las segundo suas faixas de valores predominantes, para reduzir a heterogeneidade observada, o que resultou em 4 classes de microbacias (Tabela 08). O objetivo dessa subdivisão foi o de analisar e confrontar os resultados obtidos para cada classe de microbacia, por meio de análises gráficas, onde foram plotados os resultados das 4 classes e, dessa forma, avaliar a influência das dimensões das microbacias nos resultados e a eficiência dessa subdivisão.

As 4 classes definidas foram:

- classe A – microbacias com áreas inferiores à 2 Km²;
- classe B - microbacias com áreas entre 2 Km² e 4 Km²;
- classe C - microbacias com áreas entre 4 Km² e 8 Km²; e
- classe D – microbacias com áreas superiores a 8 Km².

Devido à ausência de cobertura de voo na área referente à cabeceira da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para o ano de 1972, não foi efetuada a análise comparativa para as microbacias delimitadas nesse trecho (MB1, MB2, MB12, MB30, MB31, MB32), sendo portanto, 27 microbacias o total analisado (Figura 23).

Tabela 07: Valores das áreas obtidas para as microbacias analisadas da bacia do rio Capivari-Mirim.

Microbacia	Área (Km²)
MB 03	1,15
MB 04	2,72
MB 05	22,05
MB 06	7,10
MB 07	4,40
MB 08	4,00
MB 09	1,66
MB 10	0,55
MB 11	1,30
MB 13	4,95
MB 14	10,35
MB 15	4,80
MB 16	3,60
MB 17	0,32
MB 18	0,50
MB 19	0,36
MB 20	30,20
MB 21	1,40
MB 22	1,10
MB 23	0,55
MB 24	0,40
MB 25	0,90
MB 26	16,80
MB 27	0,46
MB 28	0,48
MB 29	0,34
MB 33	1,28

Tabela 08: Subdivisão das microbacias da bacia do rio Capivari-Mirim segundo as classes definidas.

Classe	Microbacias
Classe A	MB3, MB9, MB10, MB11, MB17, MB18, MB19, MB21, MB22, MB23, MB24, MB25, MB27, MB28, MB29 e MB33
Classe B	MB4 e MB16
Classe C	MB6, MB7, MB8, MB13, e MB15
Classe D	MB 5, MB14, MB20 e MB26

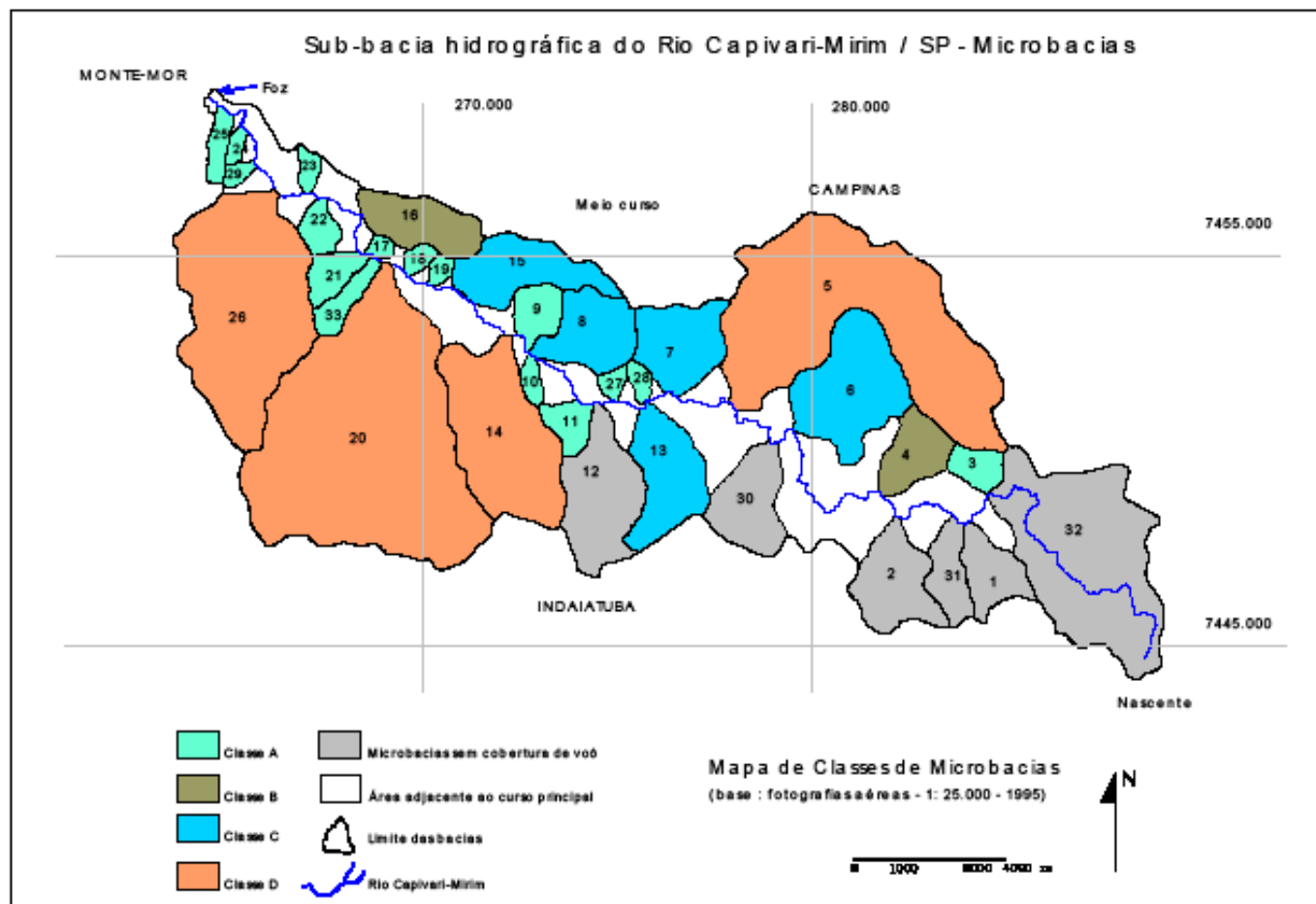


Figura 23: Mapa de compartimentação da sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim em microbacias.

5.3. FAIXAS DE DISTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS PARA O ANO DE 1972

5.3.1. Índice de circularidade (Ic)

O conjunto de valores do índice de circularidade exibe uma distribuição normal, com média e mediana de 0,7 e desvio padrão de 0,13 (Tabela 09).

Tabela 09: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Ic.

variável	número de casos	média	mediana	valor mínimo	valor máximo	desvio padrão	v. limite 10%	v. limite 90%
Ic	27.0	.70	.71	.39	.98	.13	.47	.83
	<u>VALORES ALTOS</u>			<u>VALORES MÉDIOS</u>			<u>VALORES BAIXOS</u>	
Ic		> 0,83		0,47-0,83			< 0,47	

A Figura 24 mostra os valores de índice de circularidade obtidos para as 27 microbacias. Nota-se que das 16 microbacias pertencentes à classe A, 8 apresentam valores em torno de 0,8 e apenas a microbacia MB9 apresenta valor próximo de 1,0. Para as demais classes observa-se o predomínio de valores abaixo da média. As microbacias MB5 e MB 33 apresentam os menores valores (abaixo de 0,5) e portanto formas alongadas.

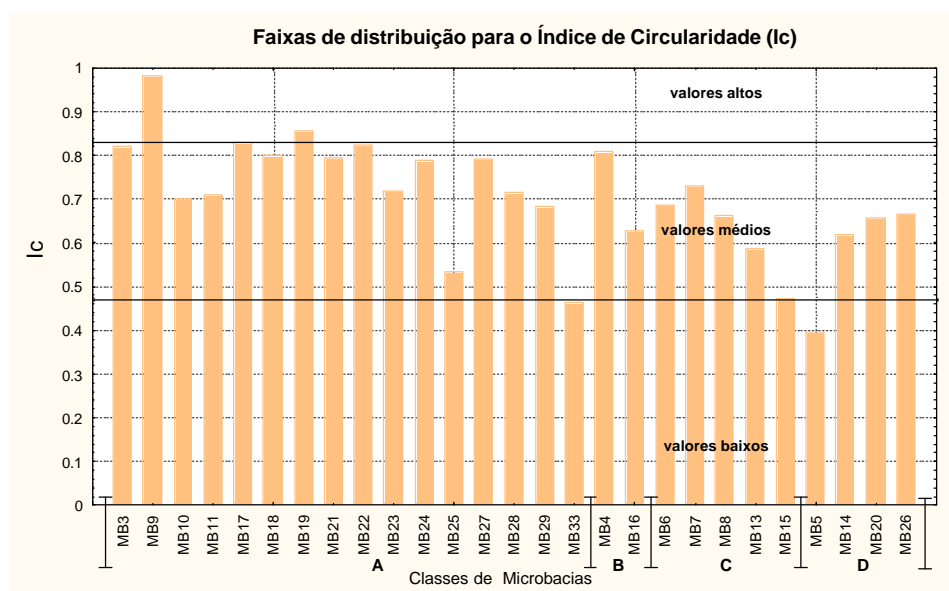


Figura 24: Valores do índice de circularidade para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.

5.3.2. Densidade de Drenagem (Dd)

Os valores referentes à densidade de drenagem das microbacias apresentam valores de média e de mediana próximos e desvio padrão de 1,8 (Tabela 10).

Tabela 10: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Dd.

variável	número de casos	média	mediana	valor mínimo	valor máximo	desvio padrão	v. limite 10%	v. limite 90%
Dd	27.00	4.88	4.71	2.13	8.62	1.82	2.82	7.82
	<u>VALORES ALTOS</u>			<u>VALORES MÉDIOS</u>			<u>VALORES BAIXOS</u>	
Dd	> 7,82			2,82-7,82			< 2,82	

Das microbacias pertencentes à classe A, as microbacias MB17, MB19, MB24 e MB29 são as que apresentam os valores mais altos de densidade de drenagem, enquanto que as microbacias MB3, MB9 e MB33 exibem os menores valores. As microbacias das classes B, C e D apresentam, de modo geral, valores abaixo da média e apenas as microbacias MB5 e MB26 (classe D) exibem valores próximos desta. (Figura 25).

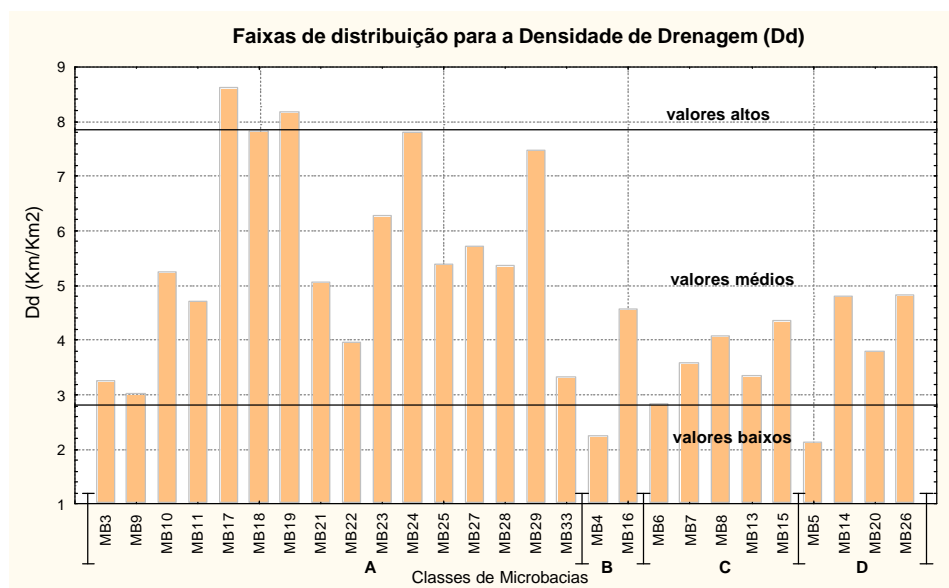


Figura 25: Valores de densidade de drenagem para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.

5.3.3. Densidade Hidrográfica (Dh)

Os valores da densidade hidrográfica referentes às 27 microbacias apresentam uma alta variação no conjunto de dados, com um desvio padrão de 10,75 (Tabela 11).

Tabela 11: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Dh.

variável	número de casos	média	mediana	valor mínimo	valor máximo	desvio padrão	v. limite 10%	v. limite 90%
Dh	27.0	16.00	12.50	4.4	44.40	10.75	6.60	32.5

	<u>VALORES ALTOS</u>	<u>VALORES MÉDIOS</u>	<u>VALORES BAIXOS</u>
Dh	> 32,5	6,6 - 32,5	< 6,6

As microbacias com altos valores de densidade hidrográfica são as MB17, MB19 e MB24 (classe A), enquanto que as microbacias MB4 e MB5, das classes B e C, respectivamente, apresentam os mais baixos valores. As demais microbacias apresentam valores de densidade hidrográfica abaixo da média (Figura 26).

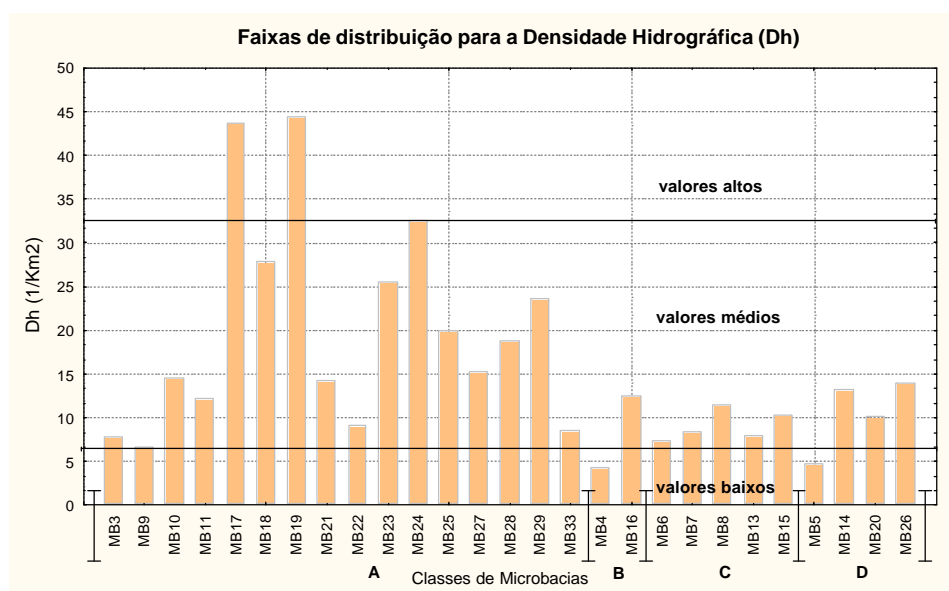


Figura 26: Valores de densidade hidrográfica para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.

5.3.4. Razão de bifurcação entre canais de primeira e segunda ordens

(Rb 1-2)

Os valores referentes a razão de bifurcação entre canais de primeira e segunda ordens apresentam média 5,0 e desvio padrão de 2,2 (Tabela 12).

Tabela 12: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores de Rb 1-2.

variável	número de casos	média	mediana	valor mínimo	valor máximo	desvio padrão	v. limite 10%	v. limite 90%
Rb 1-2	27.0	5	4.2	2.0	11.50	2.2	3.3	8.7
		<u>VALORES ALTOS</u>		<u>VALORES MÉDIOS</u>		<u>VALORES BAIXOS</u>		
Rb 1-2		> 8,7		3,3 – 8,7			< 3,3	

De modo geral nota-se, para todas as classes de microbacias, o predomínio de valores de razão de bifurcação abaixo da média (< 5). As microbacias que apresentam altos valores são a MB33 (classe A), a MB8 (classe C) e a MB 5 (classe D), enquanto os mais baixos valores correspondem à microbacia MB22 (Figura 27).

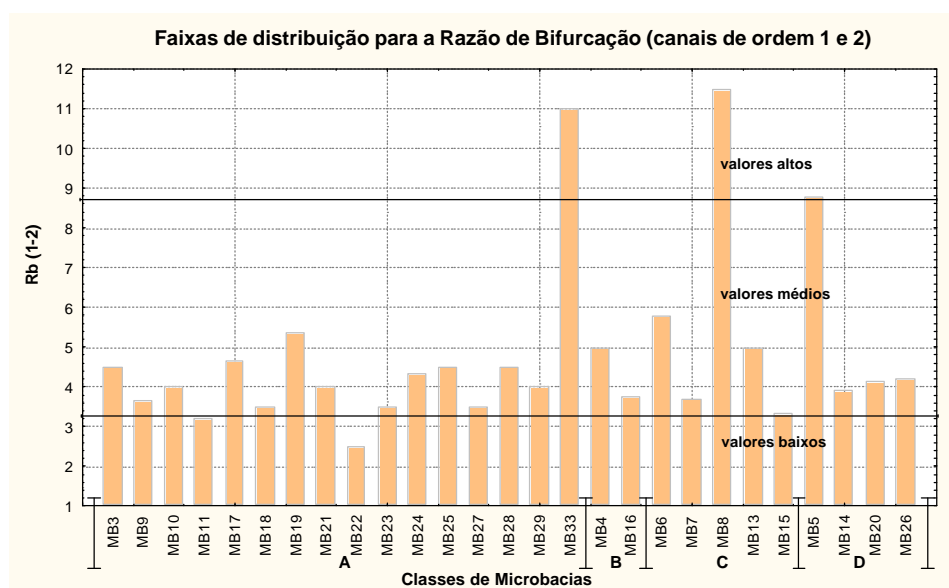


Figura 27: Valores de razão de bifurcação entre canais de ordem 1 e 2 para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.

5.3.5. Razão de comprimento médio entre canais de segunda e primeira ordens (R_{lm} 2-1)

Os valores da razão de comprimento médio entre canais de segunda e primeira ordens (R_{lm} 2-1) apresentam média de 1,58 e desvio padrão de 1,5 (tabela 13).

Tabela 13: Dados estatísticos básicos e faixas de distribuição para os valores e R_{lm} 2-1.

variável	número de casos	média	mediana	valor mínimo	valor máximo	desvio padrão	v. limite 10%	v. limite 90%
R _{lm} 2-1	27.0	1.80	1.58	.51	8.30	1.50	.74	3.40
		<u>VALORES ALTOS</u>		<u>VALORES MÉDIOS</u>		<u>VALORES BAIXOS</u>		
Rb 1-2		> 3,40		0,74 – 3,40			< 0,74	

Nota-se que, para todas as classes de microbacias os valores de razão de comprimento médio entre canais de ordem 2 e 1 encontram-se abaixo da média. As microbacias com valores elevados são as MB33 (classe A) e MB8 (classe C), enquanto as microbacias com valores mais baixos são as MB25 e MB29, da classe A (Figura 28).

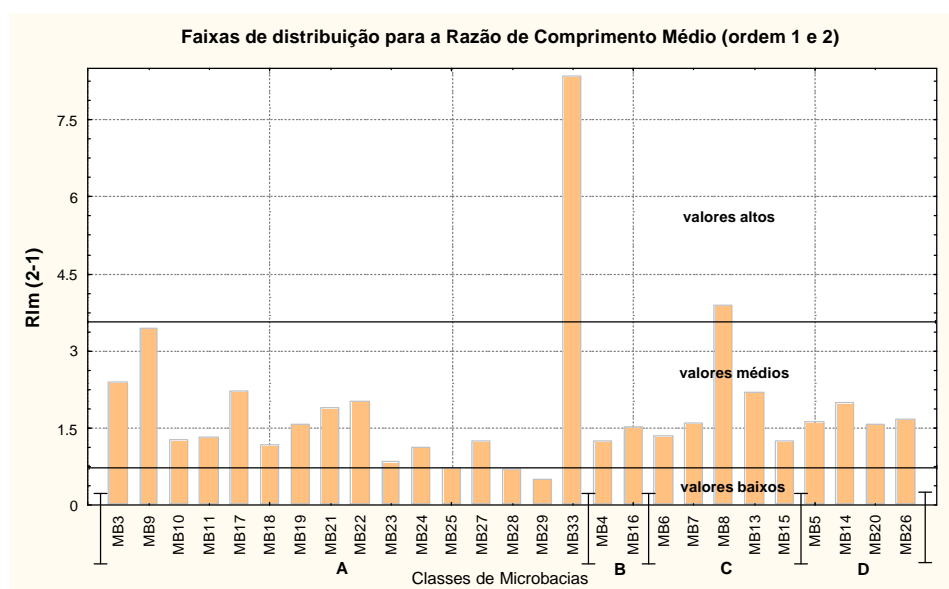


Figura 28: Valores de razão de comprimento médio entre canais de ordem 2 e 1 para as classes de microbacias do rio Capivari-Mirim.

5.4. AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA REDE DE DRENAGEM PARA AS MICROBACIAS

5.4.1. Relação entre variáveis da rede de drenagem e variáveis morfológicas

Para a análise das relações entre as variáveis da rede de drenagem e as variáveis morfológicas foram correlacionados os valores referentes às áreas das microbacias e às suas classes de declividade obtidos com as variáveis densidade de drenagem e densidade hidrográfica.

A Figura 29 exibe o gráfico da distribuição das classes de declividade nas microbacias do rio Capivari-Mirim. Para cada microbacia foi efetuado o cálculo da porcentagem da área ocupada por uma determinada classe de declividade, obtida com auxílio de cartas topográficas 1:10.000, de 1979, e do programa AUTOCAD MAP R3, conforme descrito anteriormente (item 4.2.1.3). Nota-se o predomínio das classes 3 e 4 em todas as microbacias, ou seja, prevalecem inclinações do terreno entre $3^\circ - 6^\circ$ e $6^\circ - 11^\circ$, respectivamente. Observa-se ainda, que nas microbacias com áreas superiores a 2 Km^2 (classes B, C, e D) a porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade 1 e 2 tende a aumentar. A classe 5 apresenta valores inferiores a 5% enquanto as classes 6 e 7 não ocorrem na área e por isso não foram analisadas.

Os gráficos das Figuras 30 a 35 demonstram as relações existentes entre a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem, para o ano de 1972, e as classes de declividade definidas para as microbacias do rio Capivari-Mirim.

Observa-se, de modo geral, uma tendência de correlação linear negativa entre a densidade hidrográfica (D_h) e as classes de declividade 1, 2 e 3, enquanto que para a classe de declividade 4, a tendência é de crescimento linear. Ou seja, à medida que aumenta a porcentagem das áreas ocupadas pelas classes de declividade 1, 2 e 3, os valores de D_h tendem a diminuir, enquanto que um aumento da porcentagem das áreas ocupadas pela classe de declividade 4 implica em aumento dos valores de D_h . Para a variável densidade de drenagem foi verificada a mesma tendência de comportamento.

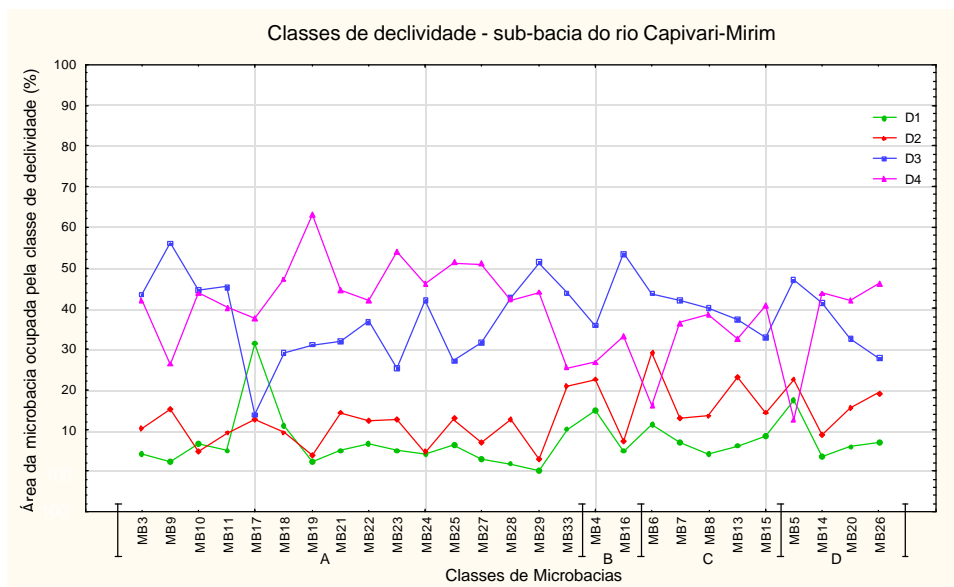


Figura 29 : Distribuição das classes de declividade nas microbacias da bacia do rio Capivari-Mirim.

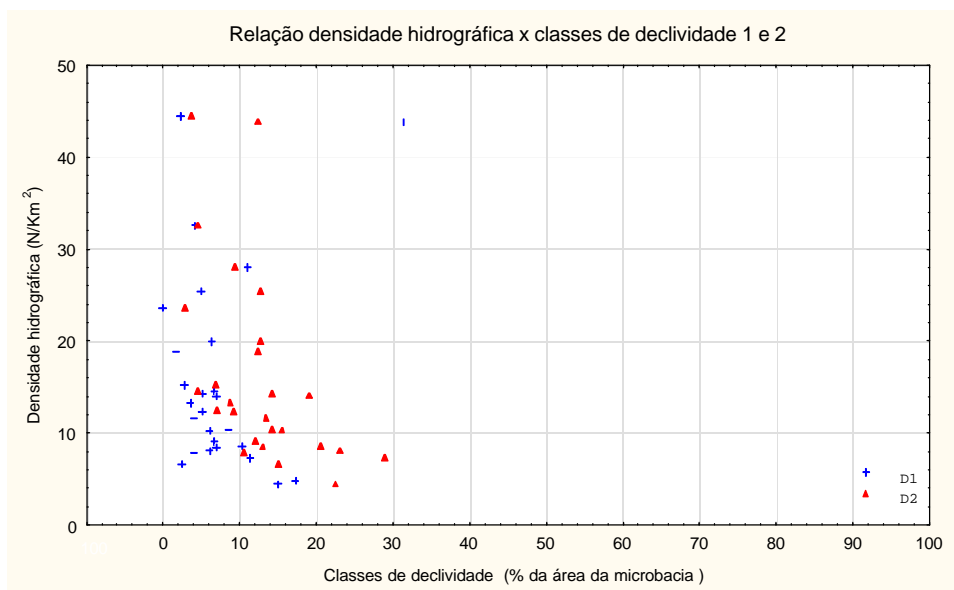


Figura 30: Relação entre a densidade hidrográfica (1972) e as classes de declividade 1 e 2.

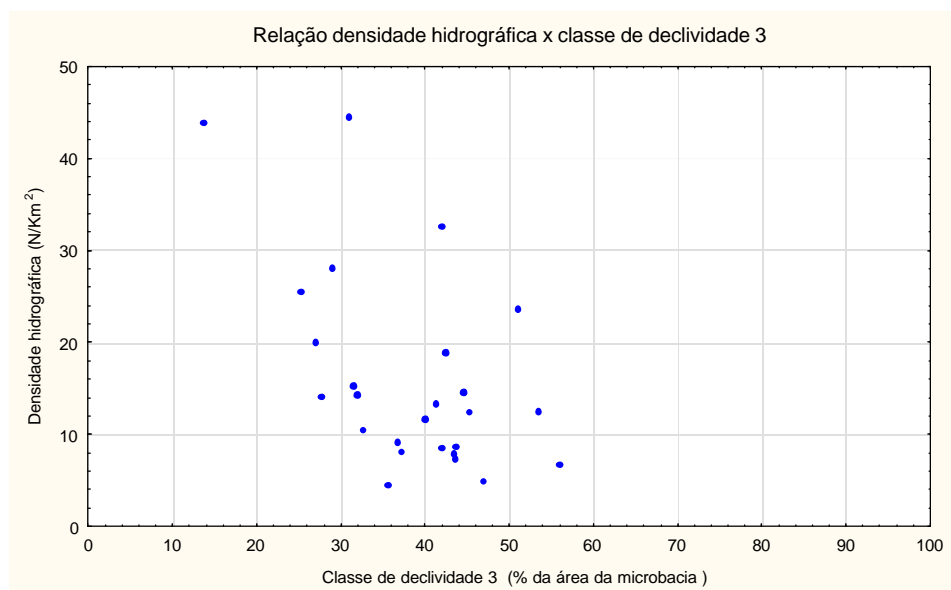


Figura 31: Relação entre a densidade hidrográfica (1972) e a classe de declividade 3.

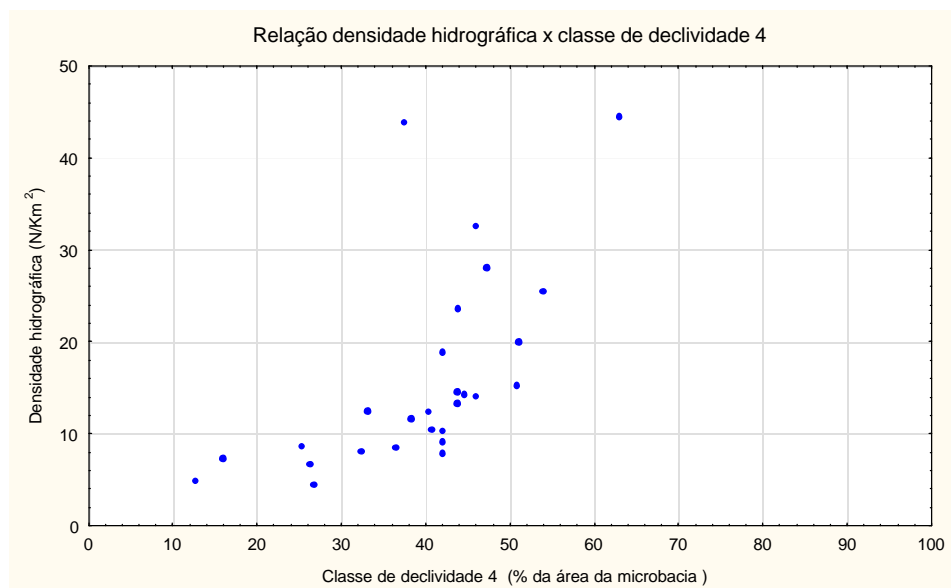


Figura 32: Relação entre a densidade hidrográfica (1972) e a classe de declividade 4.

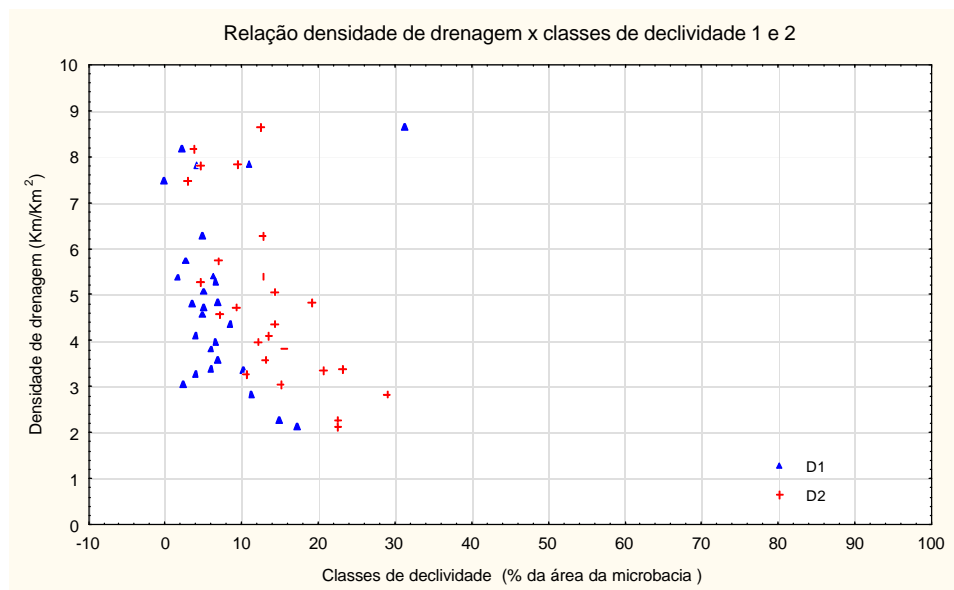


Figura 33: Relação entre a densidade de drenagem (1972) e as classes de declividade 1 e 2.

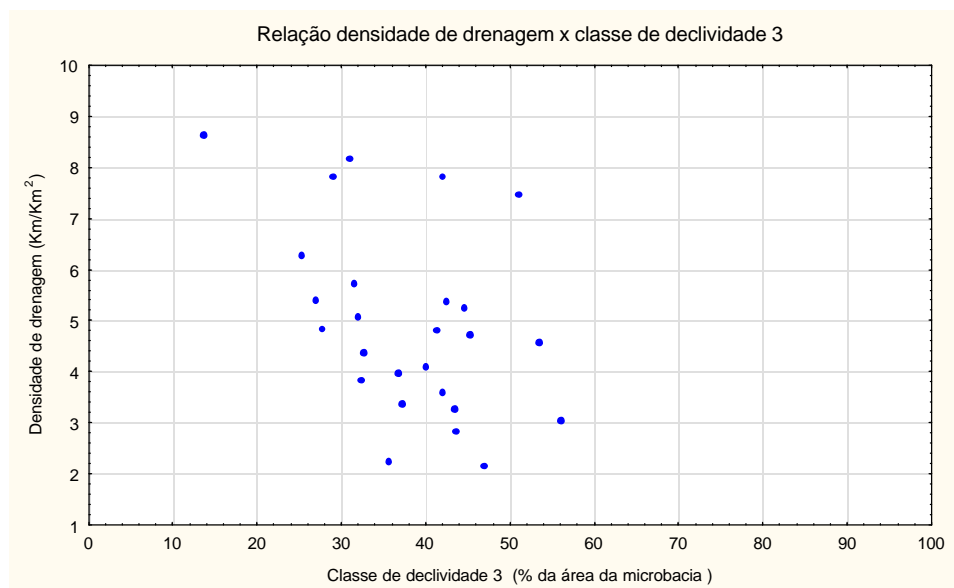


Figura 34: Relação entre a densidade de drenagem (1972) e a classe de declividade 3.

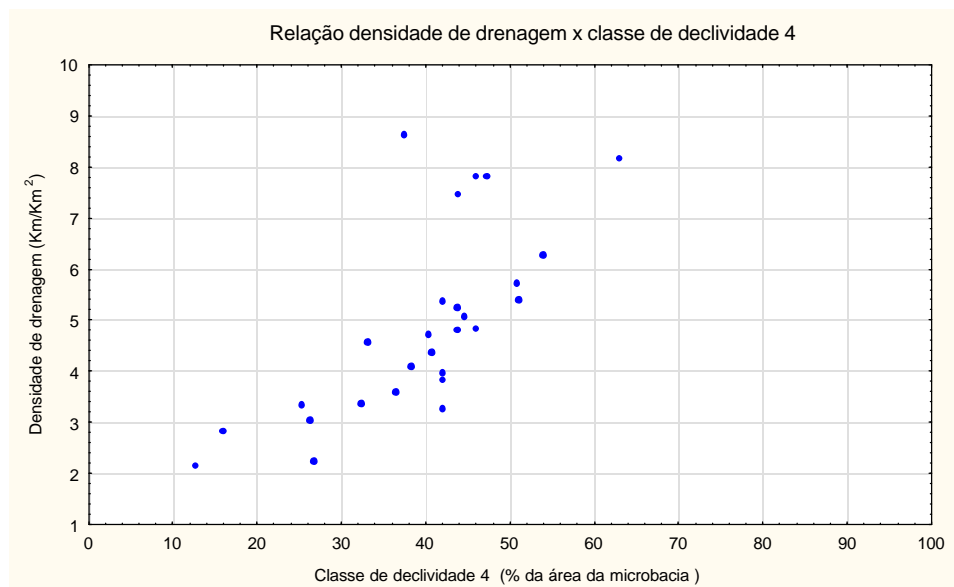


Figura 35: Relação entre a densidade de drenagem (1972) e a classe de declividade 4.

A Figura 36 ilustra as relações existentes entre a densidade de drenagem e as áreas das classes de microbacias do rio Capivari-Mirim. Todos os valores de densidade de drenagem acima da média referem-se às microbacias com áreas inferiores a 2 Km², ou seja, microbacias pertencentes à classe A. As demais classes de microbacias apresentam valores de densidade de drenagem abaixo da média.

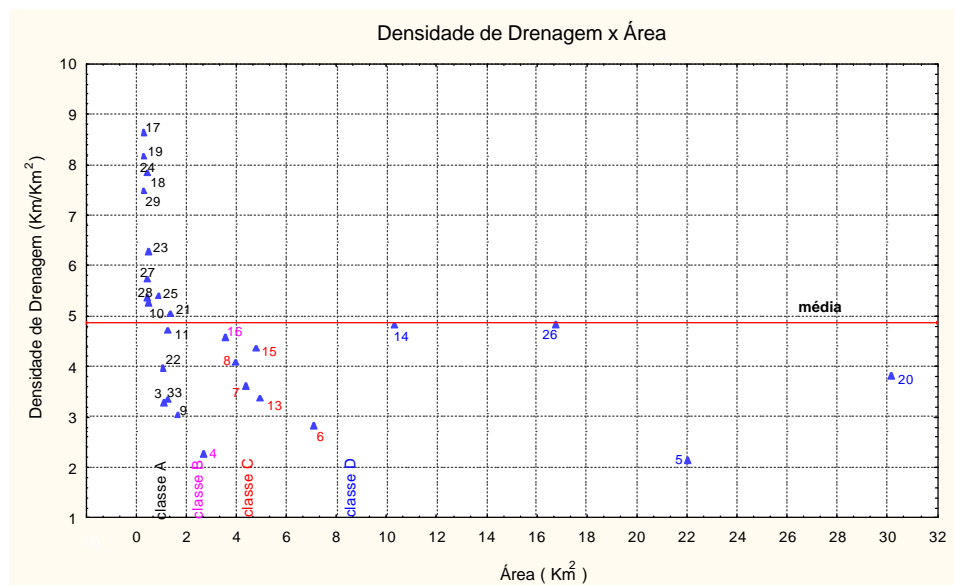


Figura 36. Relação entre área das microbacias e a densidade de drenagem (1972).

5.4.2. Relação entre as variáveis da rede de drenagem para o ano de 1972 e o substrato rochoso

As microbacias analisadas foram classificadas quanto aos diferentes tipos litológicos presentes, a partir do mapa de substrato rochoso compilado (IPT, 1981, CPRM, 1991; PEREIRA, 1996; GALEMBECK, 1997; IG, 1999), escala 1:50.000. Microbacias constituídas por mais de 60% em área de um determinado tipo litológico foram consideradas pertencentes à esse grupo. Esse critério permitiu classificá-las em: bacias constituídas predominantemente por rochas areníticas (arenitos finos a muito finos e arenitos médios a grossos); bacias constituídas predominantemente por rochas rítmicas (ritmitos silto-argilosos e areno-argilosos) e bacias constituídas pelo embasamento cristalino. A classe embasamento cristalino não foi analisada pois suas rochas afloram na região de cabeceira da bacia do rio Capivari-Mirim, trecho que se encontra sem cobertura de vôo.

O gráfico da Figura 37 exibe os valores da densidade de drenagem em microbacias de composição arenítica. Das 17 microbacias constituídas por esse tipo litológico, 12 apresentam valores abaixo da média. Em relação as microbacias compostas predominantemente por rochas rítmicas, 6 das 7 microbacias apresentam valores de densidade de drenagem acima da média (Figura 38).

Para os valores de densidade hidrográfica nota-se que 13 das 17 microbacias areníticas apresentam valores abaixo da média (Figura 39), e 4 das 7 microbacias rítmicas apresentam valores acima da média (Figura 40).

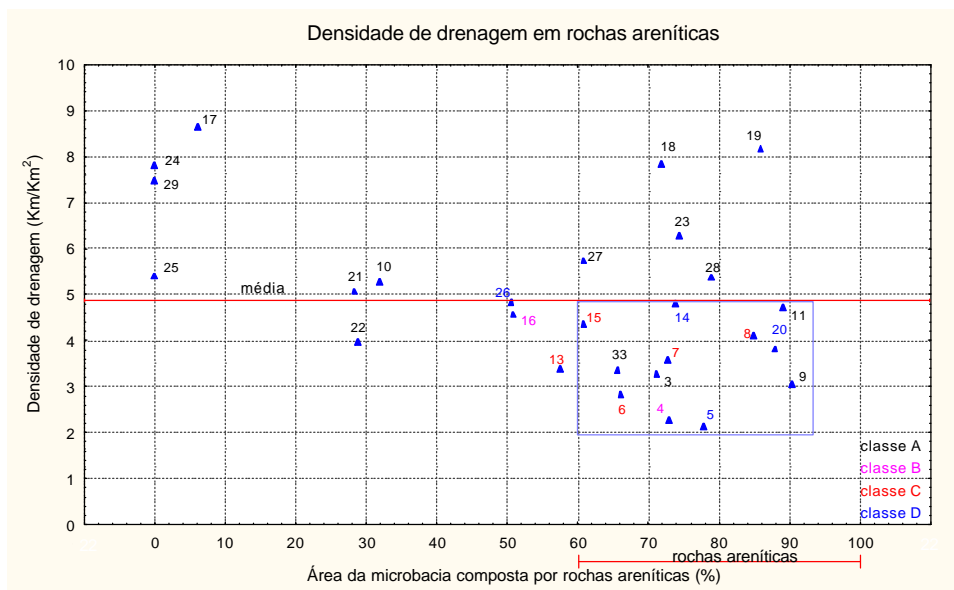


Figura 37: Relação entre microbacias de composição arenítica e a densidade de drenagem (1972).

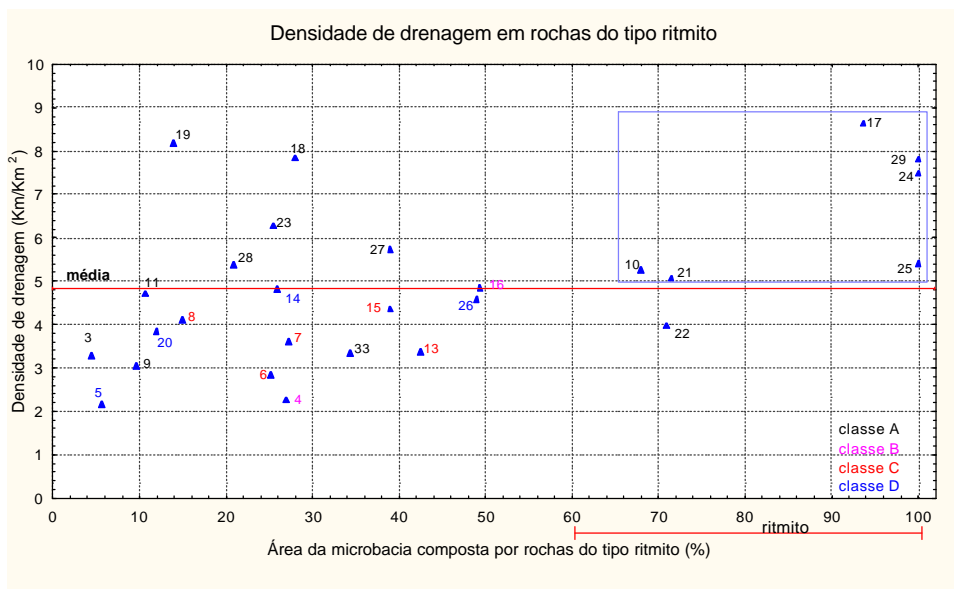


Figura 38: Relação entre microbacias de composição rítmica e a densidade de drenagem (1972).

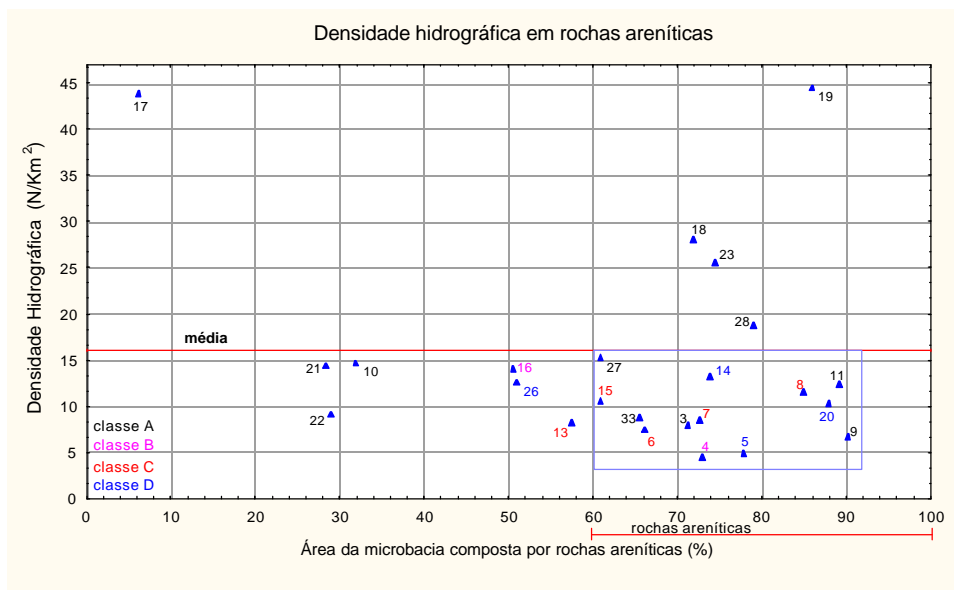


Figura 39: Relação entre microbacias de composição arenítica e a densidade hidrográfica (1972).

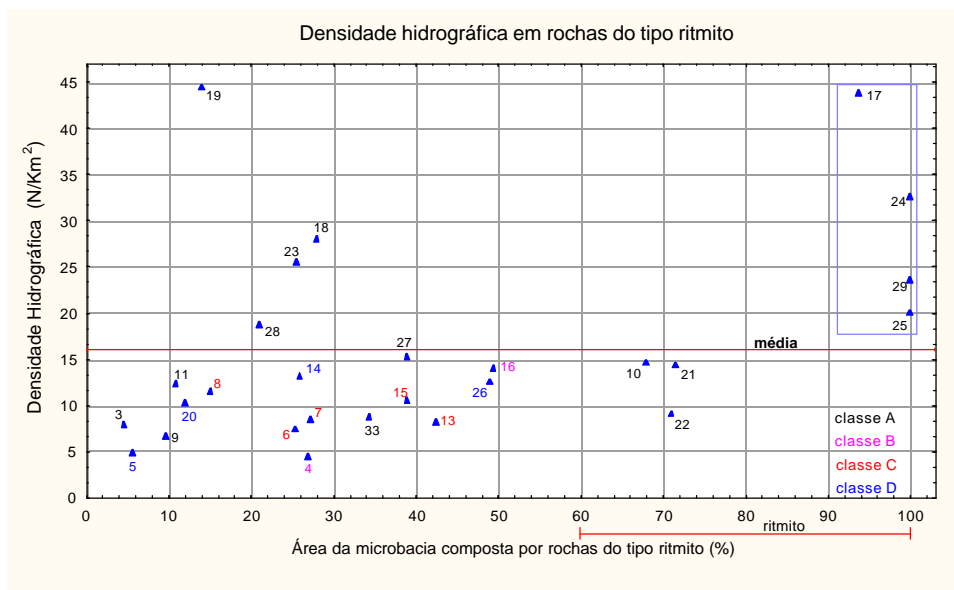


Figura 40: Relação entre microbacias de composição rítmica e a densidade hidrográfica (1972).

5.4.3. Relação entre as variáveis da rede de drenagem e suas taxas de variação (%) no período entre 1972 e 1995

As alterações ocorridas na rede de drenagem das microbacias, entre 1972 e 1995, foram observadas por meio da análise de suas taxas de variação no período em questão. Valores positivos indicam um aumento no valor da variável, enquanto que valores negativos indicam redução da variável analisada. Cabe ressaltar que as taxas de variações inferiores a 10% não foram consideradas nas análises, pois podem conter erros de fotointerpretação, mensuração ou processamento de dados (COLLARES, 2000).

Na análise da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica em relação às suas taxas de variação, nota-se que as maiores alterações registradas apresentam valores predominantemente acima da média nas microbacias da classe A, e abaixo da média para as microbacias das outras classes. Com relação à Dd, das seis microbacias que apresentam perdas superiores a 15%, apenas as MB5 e MB8 não pertencem à classe A (Figuras 41 e 42).

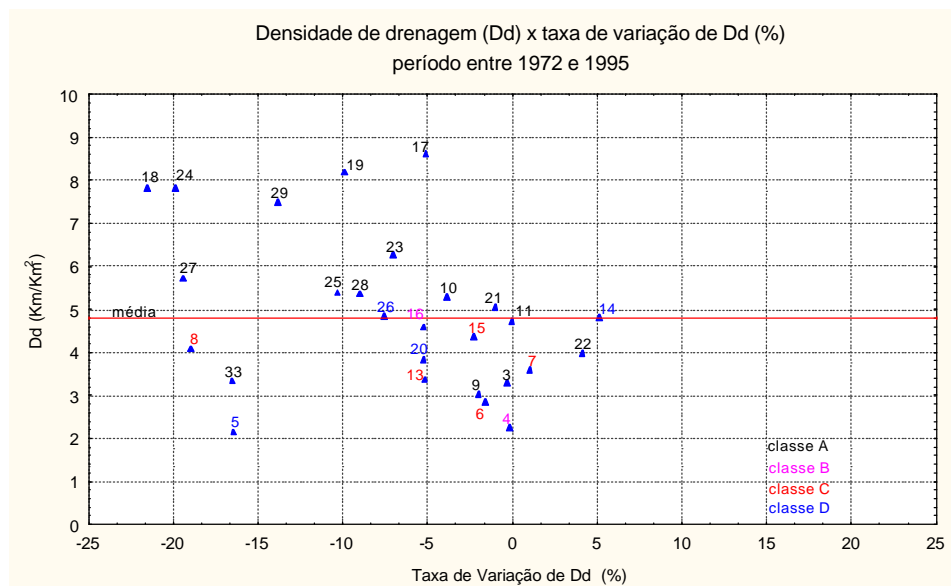


Figura 41: Relação entre densidade de drenagem e sua taxa de variação (%), para as classes de microbacias, no período entre 1972 e 1995.

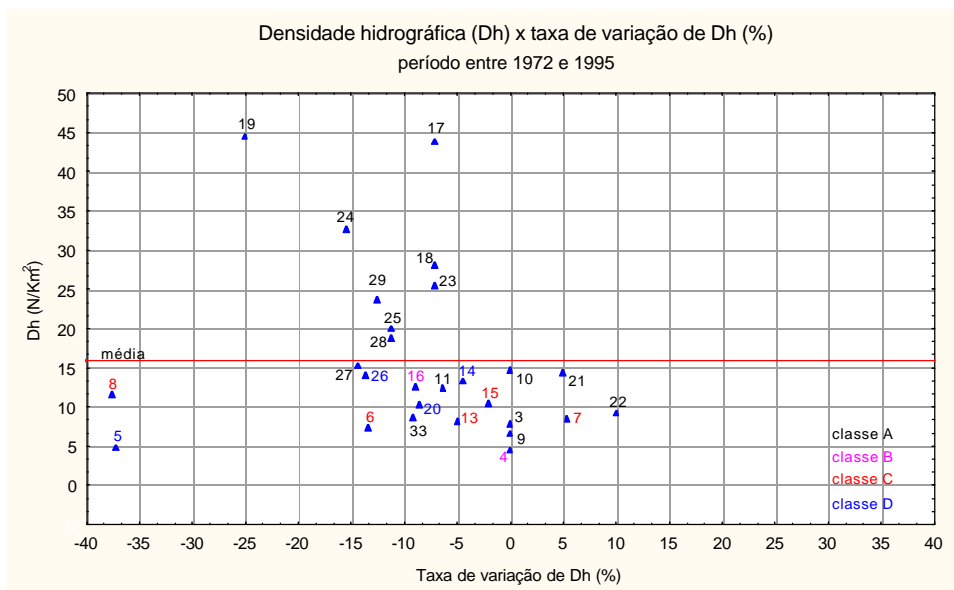


Figura 42: Relação entre densidade hidrográfica e sua taxa de variação (%), para as classes de microbacias, no período entre 1972 e 1995.

O gráfico da Figura 43 apresenta a relação entre as taxas de variação da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica no período entre 1972 e 1995. A relação existente permite delimitar 4 grupos de microbacias onde ocorrem alterações :

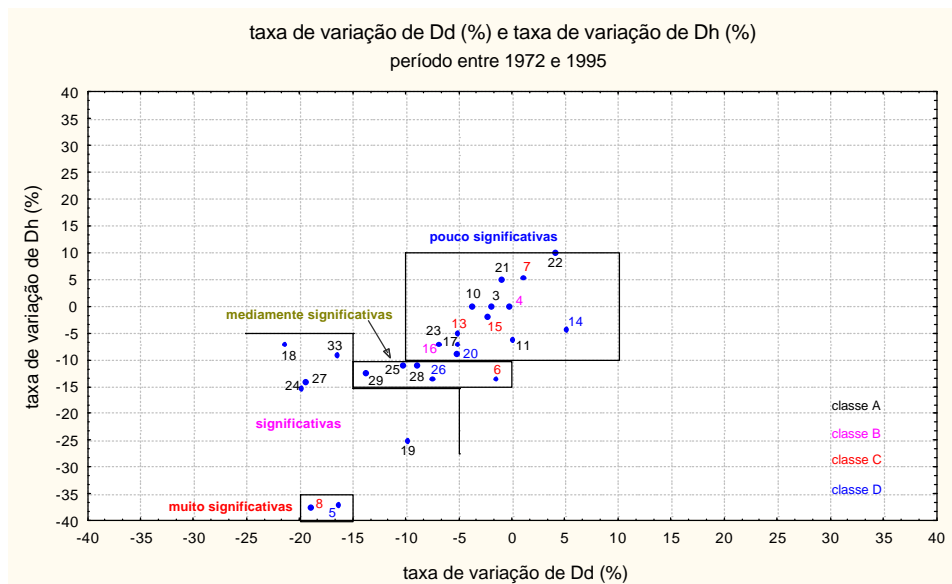


Figura 43: Relação entre taxas de variação (%) de densidade de drenagem e densidade hidrográfica, para as classes de microbacias, no período entre 1972 e 1995.

- Grupo de alterações muito significativas : exhibe as mais elevadas taxas de variação de Dh (reduções entre 25% e 40%) e de Dd (reduções entre 15% e 20%). Compreende as microbacias MB5 e MB8.
- Grupo de alterações significativas : exhibe altas taxas de variação (15% - 20%) de Dd ou de Dh. As microbacias inseridas nesse grupo são as MB18, MB24, MB27, e MB33, com maiores taxas de variação para os valores de Dd e menores taxas de variação para os valores de Dh, e a MB19, com altas taxas de variação de Dh.
- Grupo de alterações mediamente significativas : exhibe baixas taxas de variação de Dd ou de Dh (< 15%) e compreende as microbacias MB25, MB28 e MB29, com exceção das microbacias MB26 e MB6 que exibem, predominantemente, maiores reduções nos valores da densidade hidrográfica (10% a 15%).
- Grupo de alterações pouco significativas : apresenta variações em torno de +10% e -10% na relação entre as taxas de variação, tanto para Dd quanto para Dh. Está dentro da faixa adotada como de variação pequena, que pode conter erros de processo e, em razão disso, foi considerado como alterações pouco significativas. Os valores obtidos para as microbacias desse grupo encontram-se no Anexo 2.

Os gráficos das Figuras 44 a 47 exibem as relações entre a área e a ordem hierárquica dos canais das microbacias e as taxas de variação (%) da densidade de drenagem e da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 (Rb 1-2). Os resultados demonstram que as maiores variações ocorreram em microbacias com áreas inferiores a 5 Km² e as maiores perdas se deram, preferencialmente, nos canais de terceira ordem. Cabe ressaltar que todas as reduções observadas nos valores de Rb1-2 (%) referem-se às microbacias de terceira ordem.

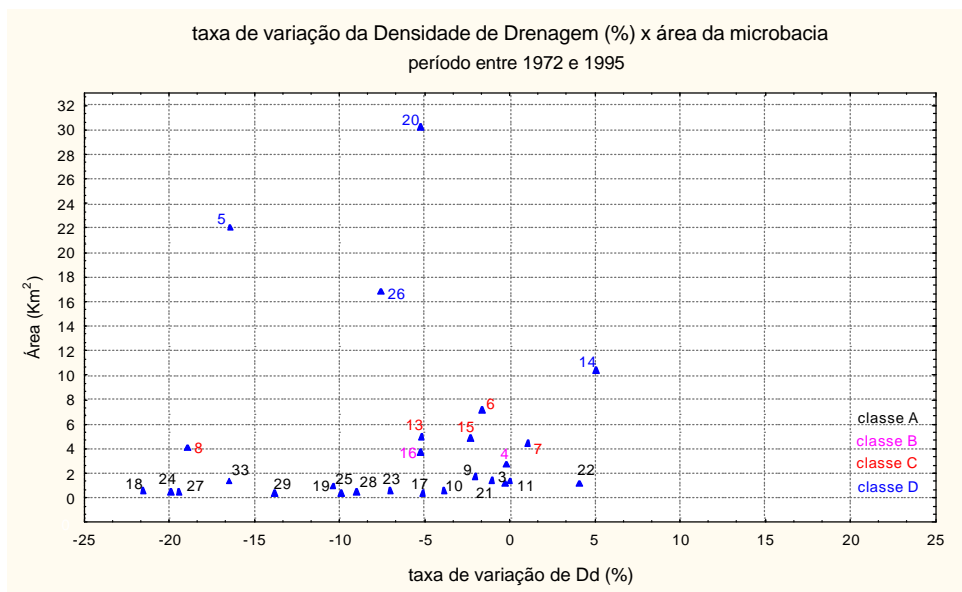


Figura 44: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a área das microbacias.

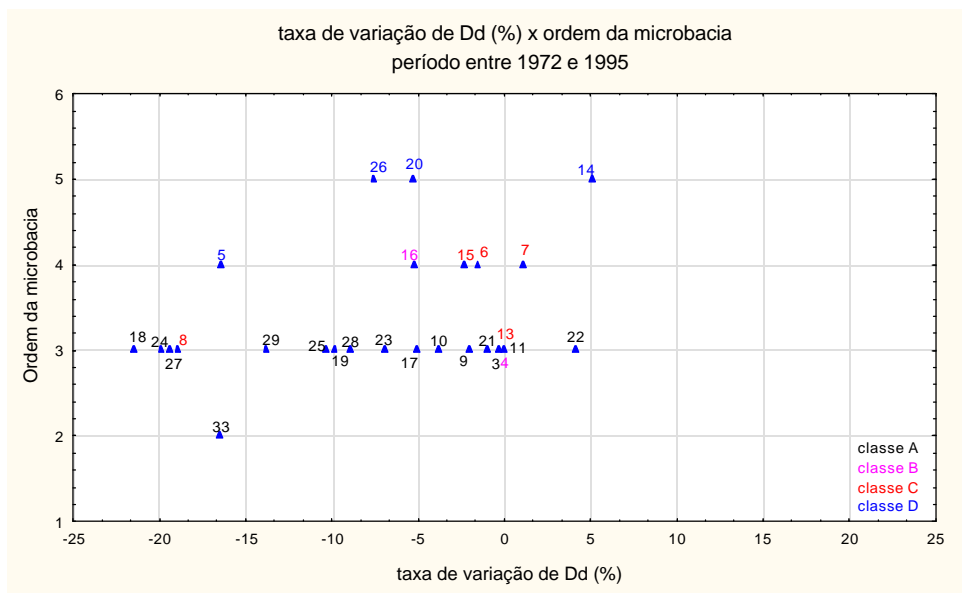


Figura 45: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a ordem hierárquica dos canais das microbacias.

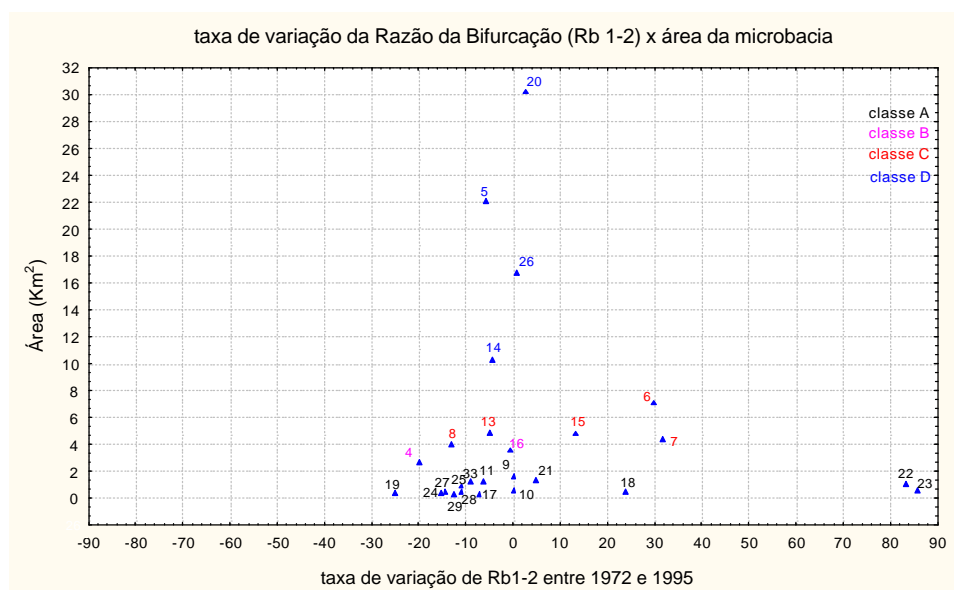


Figura 46: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a área das microbacias.

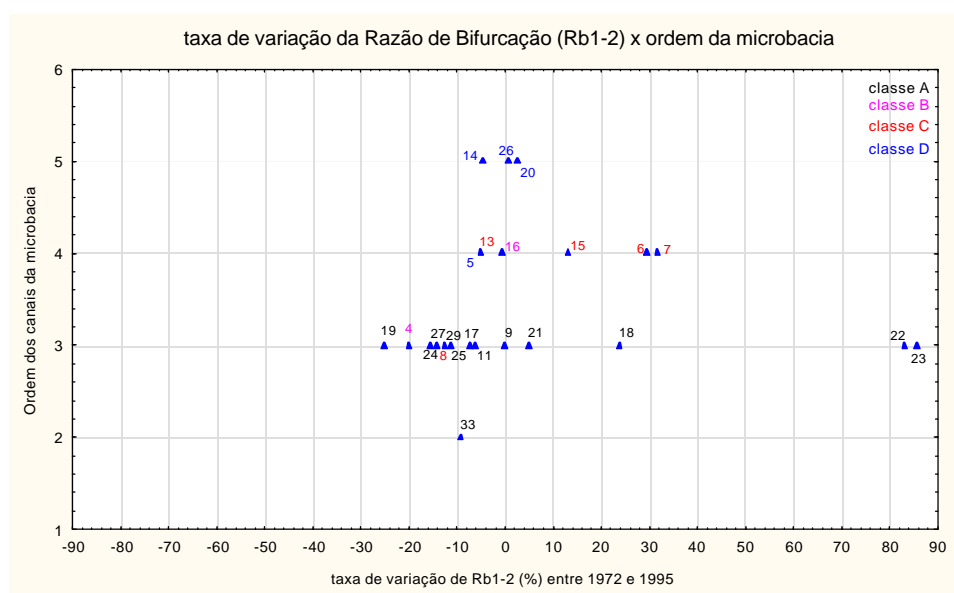


Figura 47: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a ordem hierárquica dos canais das microbacias.

5.4.4. CARACTERÍSTICAS DE USO E OCUPAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Os valores em área, compreendidos para cada classe de uso e ocupação, foram correlacionados com as áreas de cada microbacia, para os dois períodos analisados, com o objetivo de identificar as microbacias que mais sofreram alterações com as intervenções antrópicas.

5.4.4.1. Relação entre taxas de variação das variáveis da rede de drenagem e as taxas de variação das características do uso e ocupação

Para a análise das relações entre as taxas de alterações ocorridas nas variáveis da rede de drenagem (Dd e Dh) e as taxas de alterações ocorridas quanto ao uso e ocupação das microbacias, no período entre 1972 e 1995, utilizou-se os mapas de uso e ocupação gerados para as duas épocas em questão (Figuras 20 e 21).

A partir dos mapas gerados foi calculada a porcentagem equivalente à área ocupada para cada atividade existente nas microbacias. As diferenças entre os valores obtidos para 1972 e para 1995, ou seja, redução ou expansão dessa atividade, foram confrontada com as taxas de variações sofridas pelas variáveis da rede de drenagem. Os resultados obtidos para essas correlações encontram-se nos gráficos das Figuras 48 à 59.

O Quadro 05 sintetiza as alterações ocorridas nas microbacias do rio Capivari-Mirim. As cores vermelho e azul indicam, respectivamente, redução ou expansão dos diferentes tipos de uso e ocupação existentes na área, enquanto que espaços em branco refletem atividades que não sofreram alterações no período analisado.

De modo geral, nota-se a redução de áreas ocupadas pela classe pastagem/capoeira, principalmente em razão da expansão de hortifrutigranjeiros e de áreas urbanas e, secundariamente, do cultivo da cana-de-açúcar.

As microbacias MB5 e MB6 apresentam as maiores taxas de expansão urbana, com valores superiores a 20%, em atividades do tipo ocupação pouco e mediamente adensada, e perdas superiores a 10% na densidade hidrográfica (Figuras 48 a 51), em detrimento da redução das atividades do tipo pastagem/capoeira (Figuras 52 e 53).

As microbacias MB8, MB25, MB27, MB29e MB33 apresentaram perdas superiores a 10%, tanto para densidade de drenagem quanto para densidade hidrográfica. Essas microbacias sofreram expansões superiores a 20% em atividades do tipo hortifrutigranjeiros (Figuras 54 e 55) e reduções superiores a 25% em pastagem /capoeira (Figuras 52 e 53).

A microbacia MB24 apresentou perdas superiores a 15% nos valores de densidade de drenagem e de densidade hidrográfica. Essa microbacia apresentou expansão de 50% em atividades de cultivo de cana (Figuras 56 e 57), a qual substituiu antigas áreas ocupadas por pastagens (Figuras 52 e 53).

A microbacia MB33 sofreu expansões em torno de 20% nas atividades do tipo hortifrutigranjeiros (Figuras 54 e 55) e mata /reflorestamento (Figuras 58 e 59) e reduções superiores a 10% na densidade de drenagem. Essas atividades implantaram-se em antigas áreas ocupadas por pastagens (Figuras 52 e 53).

Quadro 05 : Síntese das variações no uso e ocupação ocorridas nas microbacias que apresentaram alterações mais significativas na correlação Dd (%) / Dh(%).

MICROBACIA	P/C	H	C	M / REF	REP	EXPURB		CLASSE
						O. P. A.	O. M. A.	
MB3	+	-						A
MB8	-	+		+				A
MB10	-	+						A
MB11	-	+						A
MB17		-	+	+				A
MB18	-		-	+				A
MB19	-		+					A
MB21	-	-	+	+	+			A
MB22	-	+	+	+				A
MB23	+	-	-					A
MB24	-	-	+					A
MB25	-	+	+					A
MB27	-	+		-				A
MB28	+	+		-				A
MB29	-	+						A
MB33	-	+		+	+			A
MB4	+	-			+		+	B
MB16								B
MB8	-	+		-	+	+	+	C
MB7	-	-		-	+	+		C
MB8	-	+		-	+			C
MB13	-	-		-	+	+		C
MB16	-	+	-	+				C
MB5	-	-		+	+	+	+	D
MB14	-	+		+	+			D
MB20	-	-	+	+		+		D
MB26	-	+	-	-	+			D

P/C = pastagem/mata capoeira

H = hortifrutigranjeiros

C = cana

M/REF = mata/reflorestamento

REP = represas

EXPURB = expansão urbana

OPA = ocupação pouco adensada

OMA = ocupação mediamente adensada

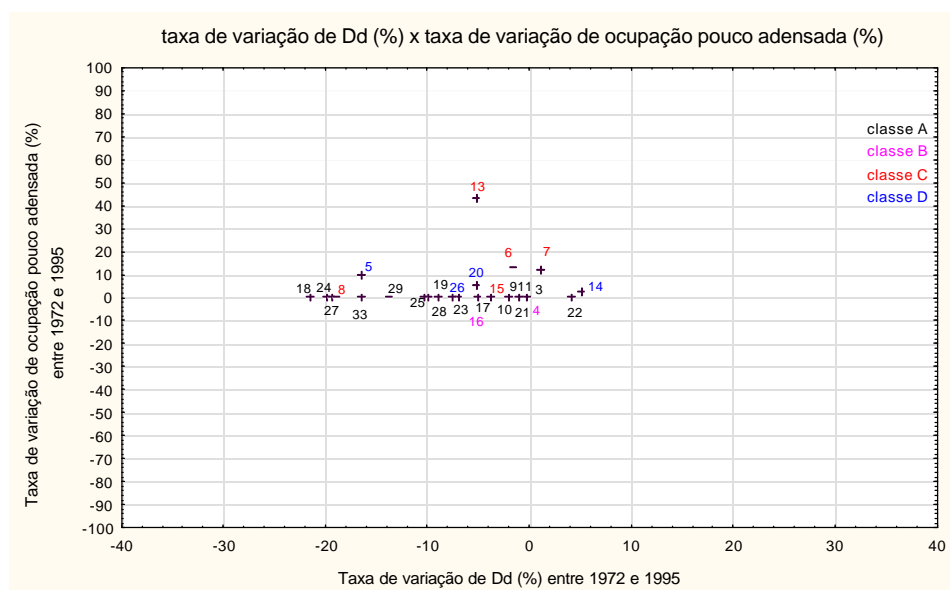


Figura 48: Relação entre a taxa de variação de ocupação pouco adensada e a taxa de variação na densidade de drenagem (Dd) entre 1972 e 1995.

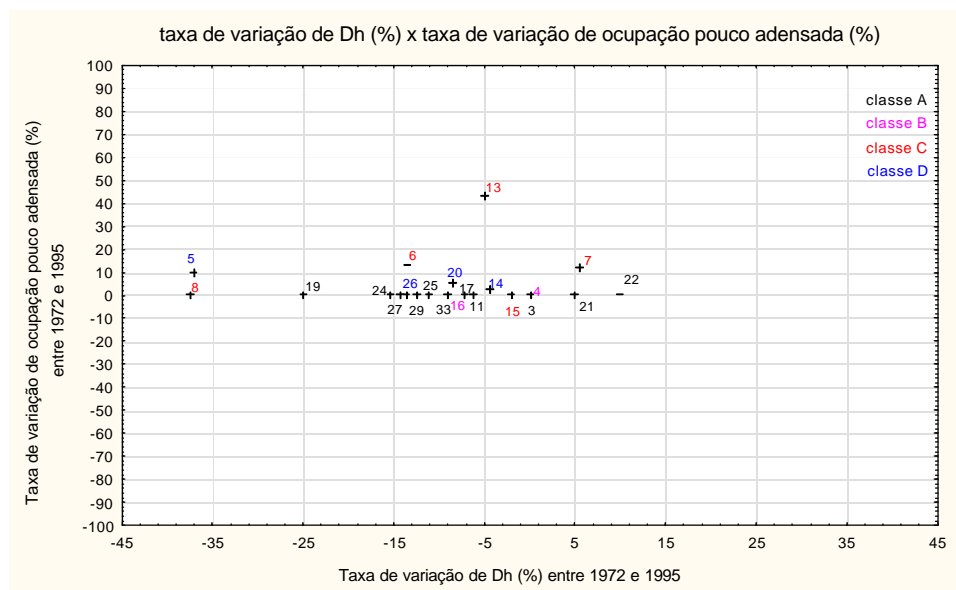


Figura 49: Relação entre a taxa de variação de ocupação pouco adensada e a taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh) entre 1972 e 1995.

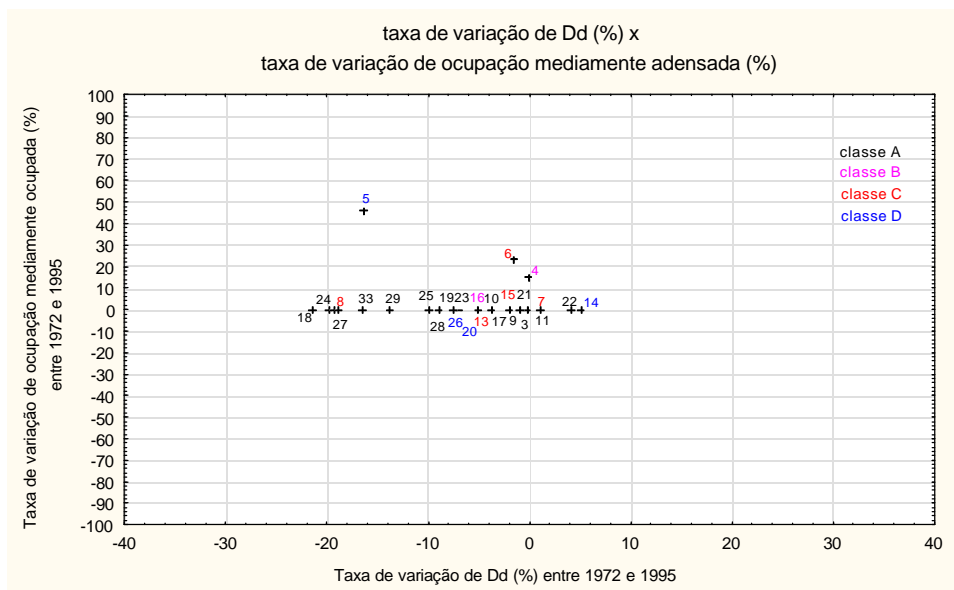


Figura 50: Relação entre taxa de variação da ocupação mediamente adensada e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).

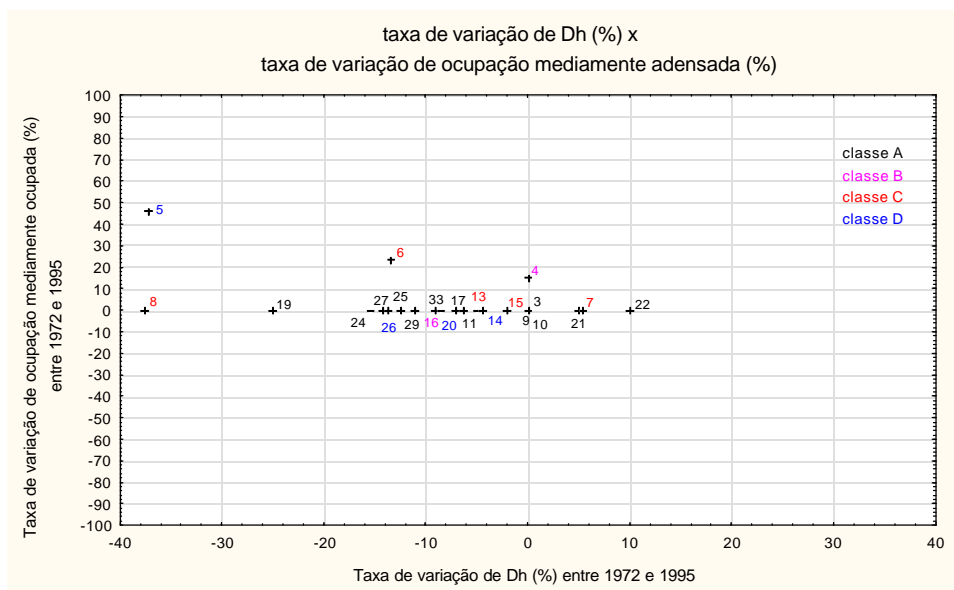


Figura 51: Relação entre taxa de variação da ocupação mediamente adensada e taxa de variação na densidade de hidrográfica (Dh).

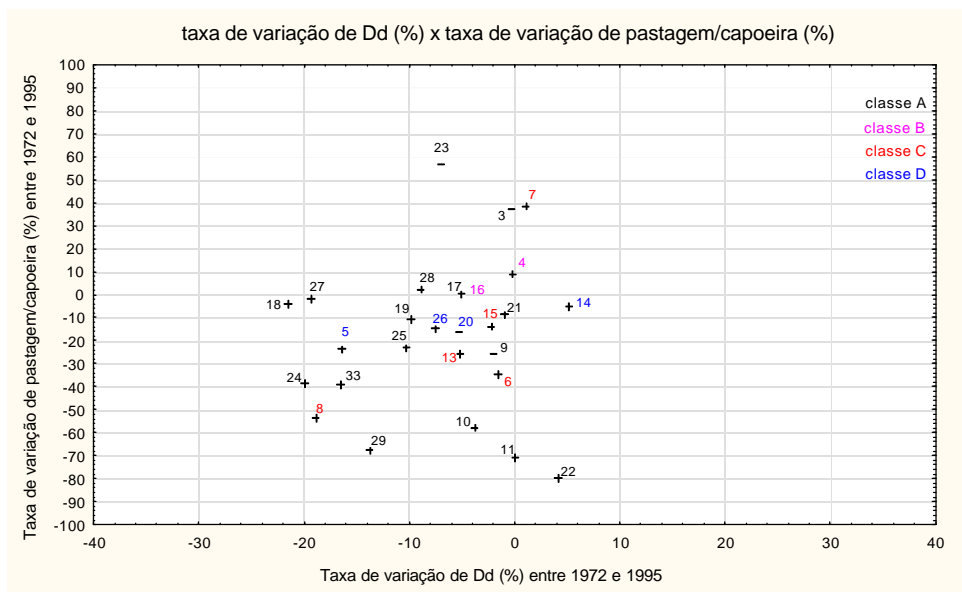


Figura 52: Relação entre taxa de variação de pastagem /capoeira e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).

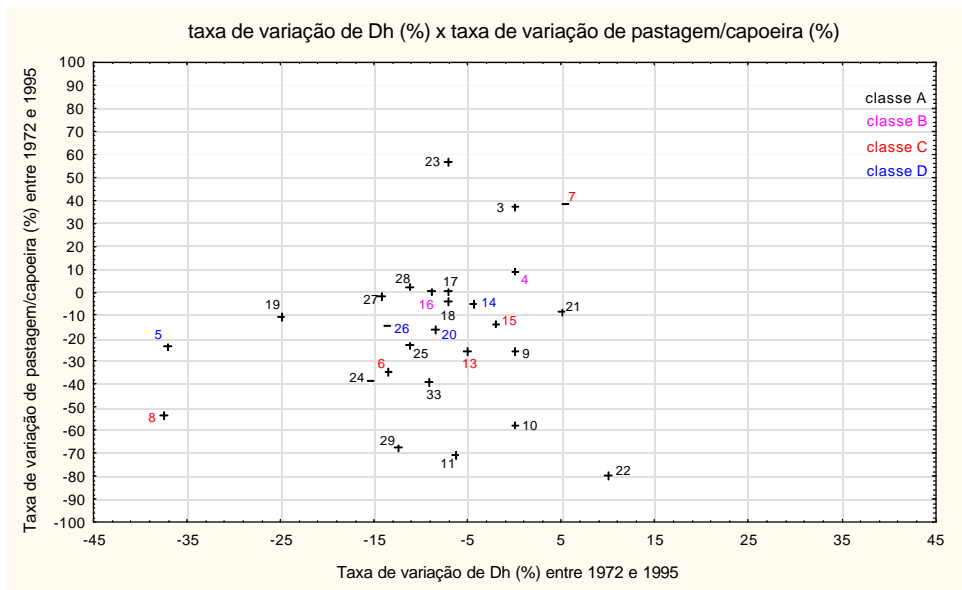


Figura 53: Relação entre taxa de variação de pastagem /capoeira e taxa de variação na densidade de hidrográfica (Dh).

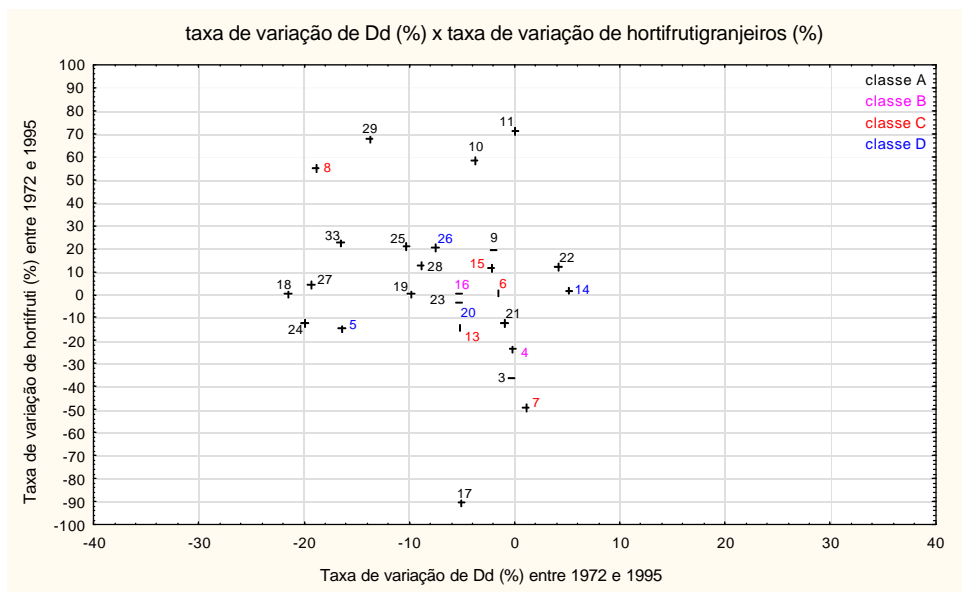


Figura 54: Relação entre taxa de variação de hortifrut e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).

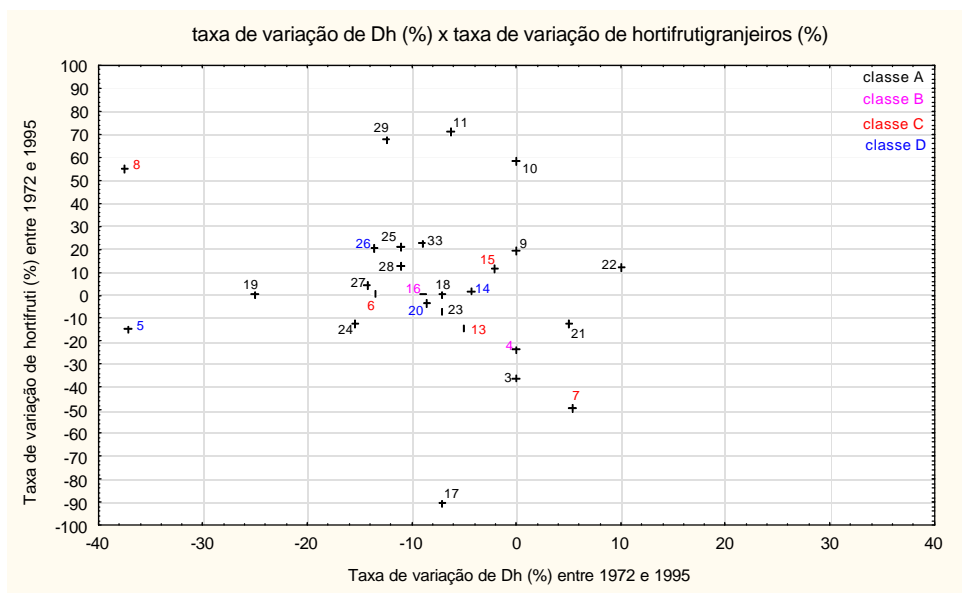


Figura 55: Relação entre taxa de variação de hortifrut e taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh).

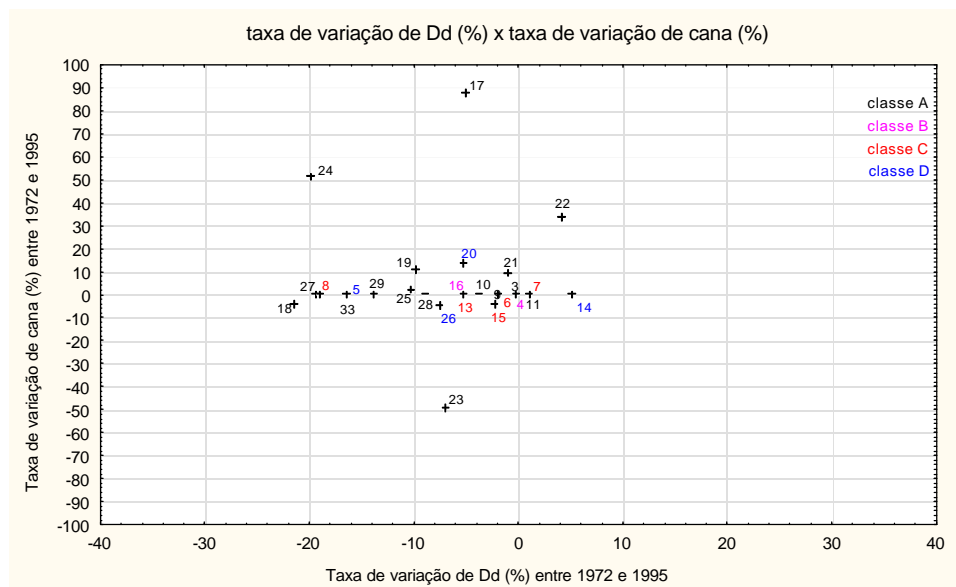


Figura 56: Relação entre taxa de variação de cana e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).

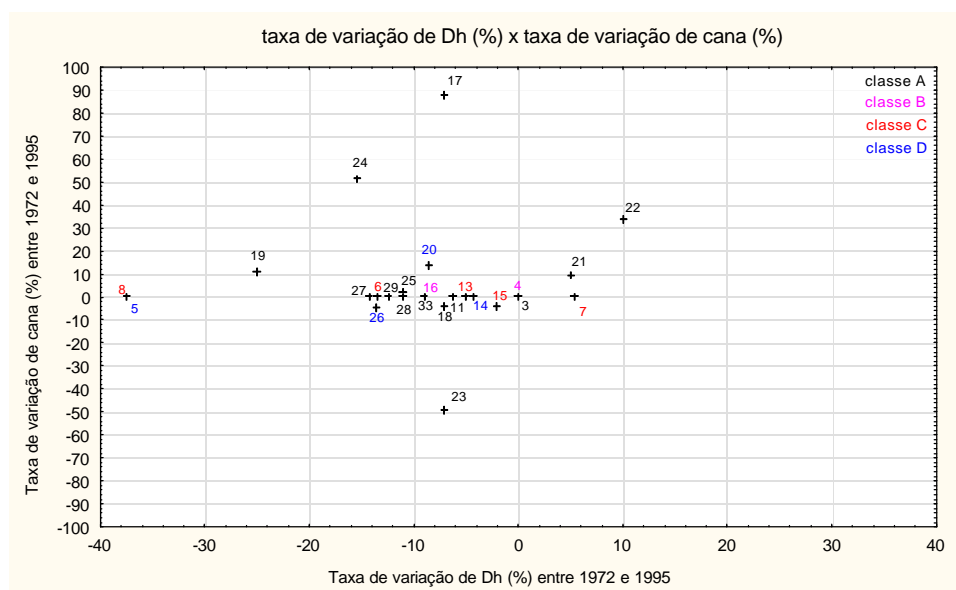


Figura 57: Relação entre taxa de variação de cana e taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh).

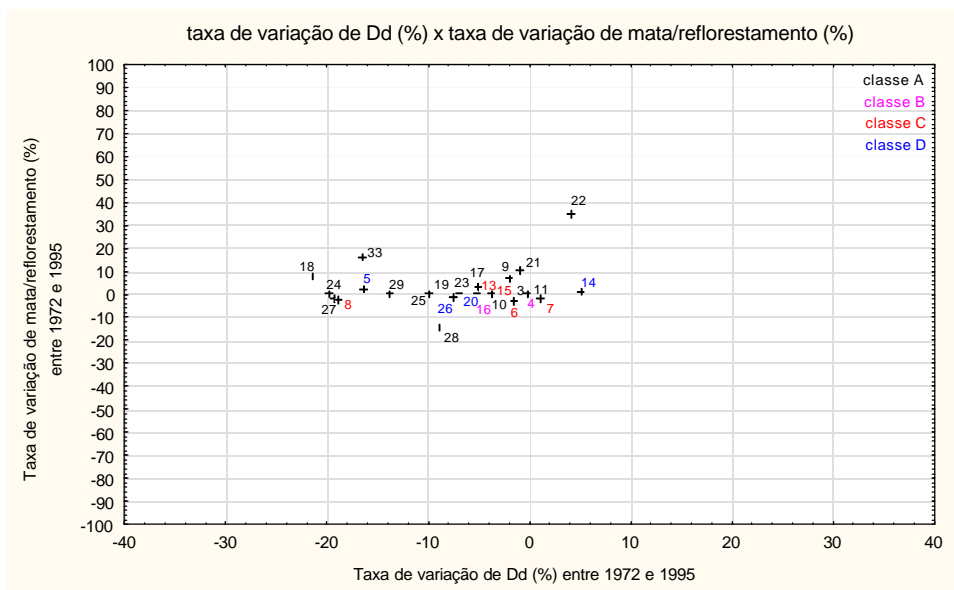


Figura 58: Relação entre taxa de variação de mata/reflorestamento e taxa de variação na densidade de drenagem (Dd).

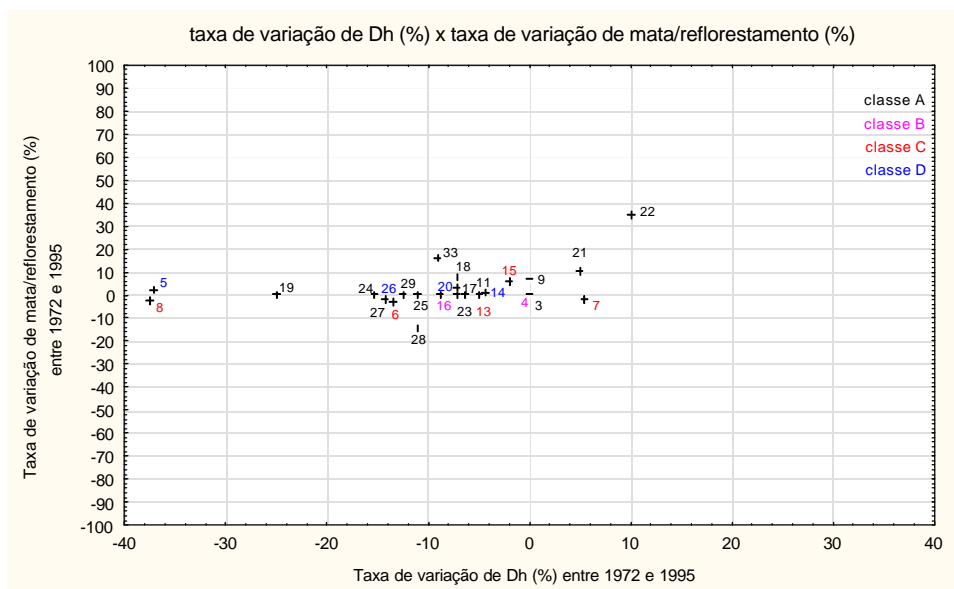


Figura 59: Relação entre taxa de variação de mata/reflorestamento e taxa de variação na densidade hidrográfica (Dh).

5.4.5. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DOS SUBSETORES DA CLASSE D

Com o intuito de identificar áreas com alterações mais pronunciadas, inseridas em uma microbacia hidrográfica, como proposto por COLLARES (2000), foram selecionadas as microbacias do rio Capivari-Mirim, passíveis de serem subdivididas, para avaliar o comportamento de suas variáveis morfométricas no período entre 1972 e 1995. Essas microbacias correspondem à classe D, conforme a subdivisão efetuada anteriormente nesta pesquisa, e, em razão disso apresentam áreas entre 10 e 30 Km². O objetivo dessa avaliação foi testar o procedimento metodológico aplicado para a sub-bacia do rio Capivari-Mirim, com uma área de 188 Km² e que abrange outras bacias menores, em microbacias menores, que também permitem subdivisões. Cada microbacia pertencente a classe D foi subdividida em novas microbacias, denominadas sub-setores (Figura 60), para diferenciá-las das anteriormente analisadas.

5.4.5.1. Relação entre variáveis da rede de drenagem e variáveis morfológicas dos sub-setores

A Tabela 14 apresenta os sub-setores da classe D e seus valores em área.

Tabela 14 : sub-setores da classe D e suas respectivas áreas.

SUB-SETOR	ÁREA (Km ²)
MB14a	4.00
MB14b	3.51
MB14c	1.63
MB20a	9.58
MB20b	10.47
MB20c	2.30
MB20d	1.91
MB20e	1.35
MB20f	0.71
MB26a	5.36
MB26b	12

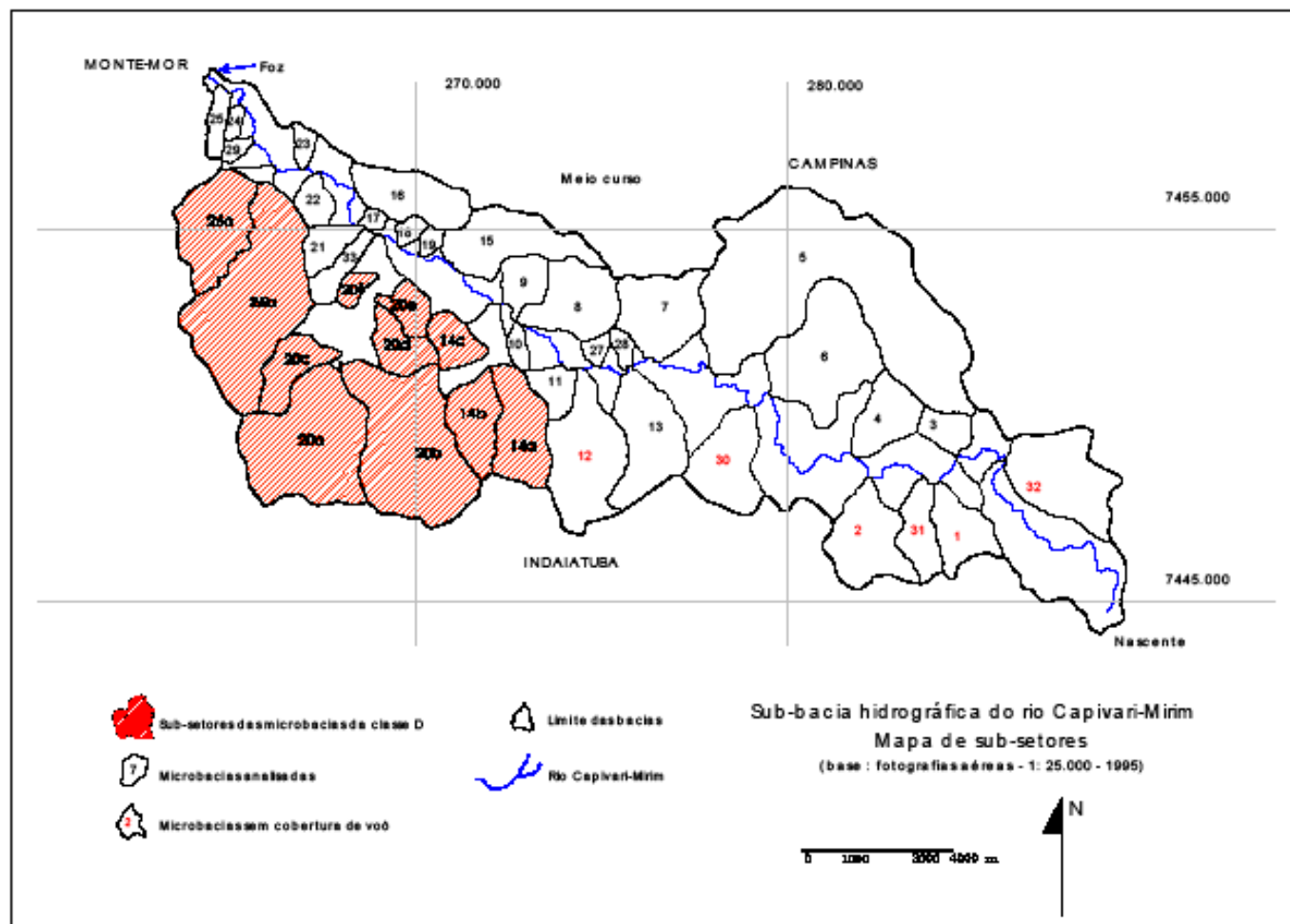


Figura 60: Mapa de subdivisão das microbacias da classe D em sub-setores

A Figura 61 exhibe as relações existentes entre área e densidade de drenagem para os sub-setores da classe D. Os sub-setores com áreas inferiores a 2 Km² apresentam valores de densidade de drenagem acima da média, enquanto que nos demais, os valores encontram-se abaixo da média.

A Figura 62 apresenta a distribuição das classes de declividade para esses sub-setores, os quais exibem o predomínio das classes 3 e 4. De modo geral, quanto maior a área dos sub-setores ocupada pela classe de declividade 3 ou 4, maiores os valores de densidade hidrográfica (Figura 63).

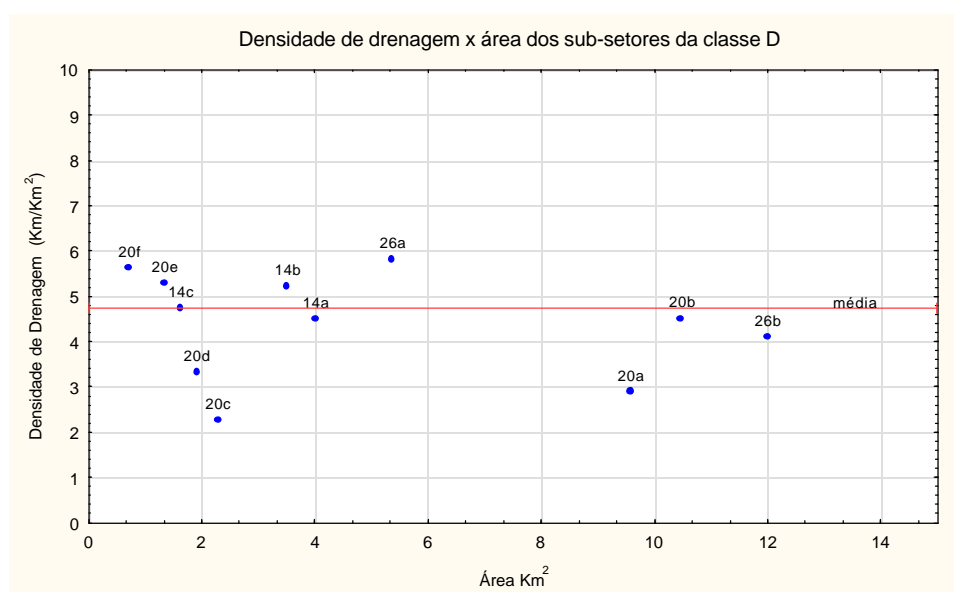


Figura 61: Relação entre a área dos sub-setores da classe D e a densidade de drenagem.

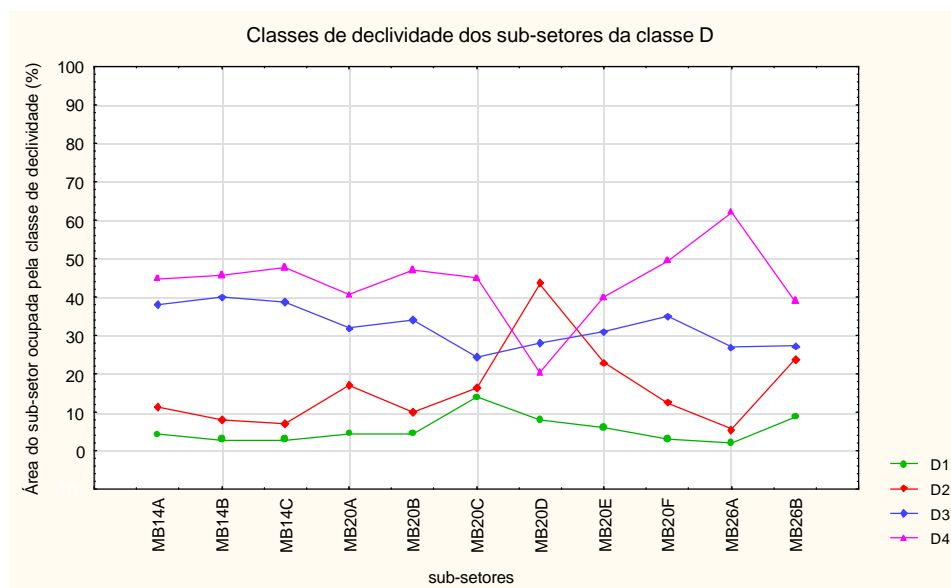


Figura 62 : Distribuição das classes de declividade para os sub-setores da classe D.

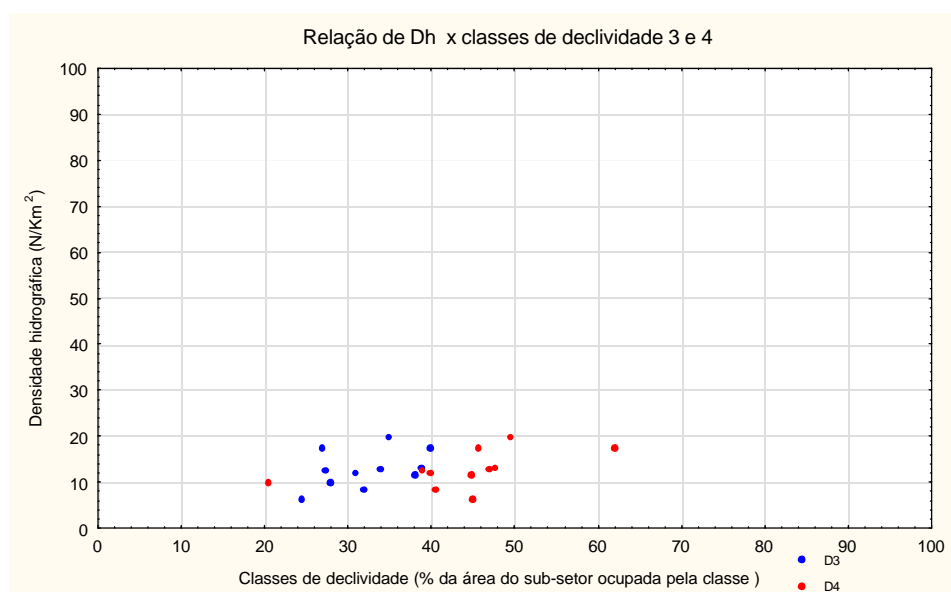


Figura 63: Relação entre a densidade hidrográfica e as classes de declividade 3 e 4.

5.4.5.2. Relação entre as variáveis da rede de drenagem dos sub-setores e o substrato rochoso

A Figura 64 exibe a relação entre a densidade de drenagem e o tipo de substrato rochoso predominante em cada sub-setor. Observa-se que os valores da densidade de drenagem encontram-se abaixo da média para as rochas de

composição arenítica e acima da média para rochas compostas por ritmitos. Esse mesmo comportamento é verificado para a densidade hidrográfica (Figura 65).

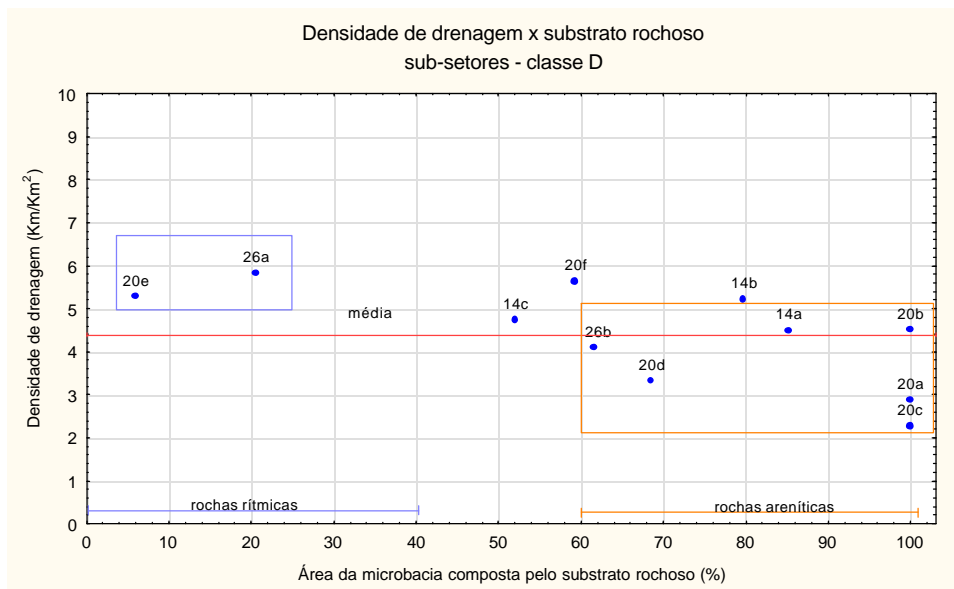


Figura 64: Relação entre a densidade de drenagem e substrato rochoso dos sub-setores da classe D.

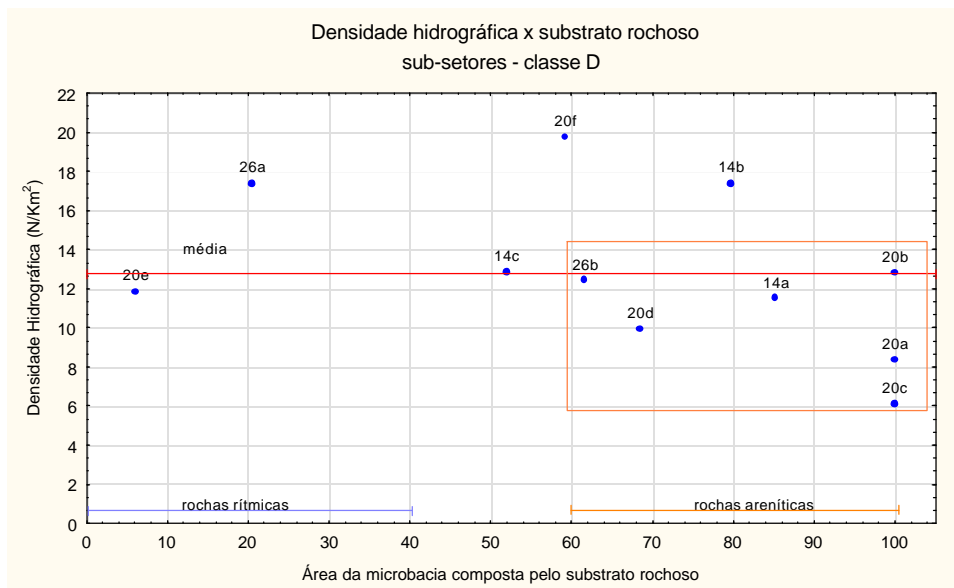


Figura 65: Relação entre a densidade hidrográfica e substrato rochoso dos sub-setores da classe D.

5.4.5.3. Relação entre as variáveis da rede de drenagem dos sub-setores e suas taxas de variação (%) no período entre 1972 e 1995

O gráfico da Figura 66 apresenta a relação entre as taxas de variação da densidade de drenagem (Dd) e da densidade hidrográfica (Dh) para os sub-setores da classe D, no período entre 1972 e 1995.

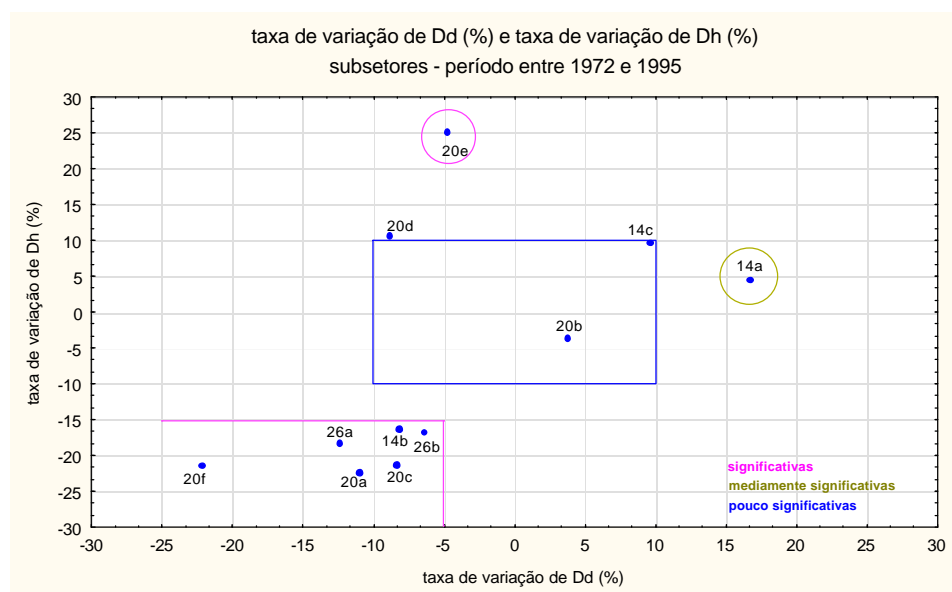


Figura 66: Relação entre taxas de variação (%) da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica, para os sub-setores da classe D, no período entre 1972 e 1995.

A relação existente essas taxas permitiu delimitar 3 grupos de alterações:

- Grupo de alterações significativas: compreende os sub-setores 20a; 20c, 20e, 20f, 26a, 26b, e 14b e apresenta as maiores taxas de variação de Dd e/ou de Dh (entre 15% e 25%);
- Grupo de alterações mediamente significativas : exhibe taxas de variação de Dd ou de Dh baixos (= 15%) e compreende o sub-setor 14a;
- Grupo de alterações pouco significativas : apresenta variações em torno de +10% e -10% na relação entre as taxas de variação, tanto para Dd quanto para Dh. Como descrito anteriormente para as microbacias, esses valores de variação encontram-se dentro da faixa adotada como pequena, que pode conter erros de processo e, em razão disso, foram

considerados como alterações pouco significativas. Os valores obtidos para os sub-setores desse grupo encontram-se no Anexo 2.

A Figura 67 mostra a relação entre a taxa de variação da densidade de drenagem e a área dos sub-setores. Observa-se que as maiores variações, tanto positivas quanto negativas, ocorreram em sub-setores com áreas inferiores a 5 Km².

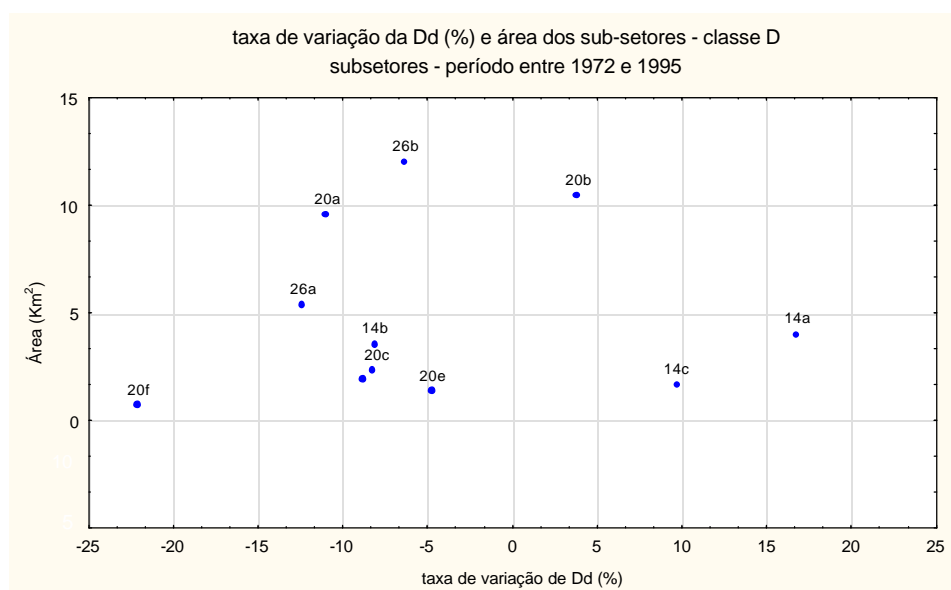


Figura 67: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a área dos sub-setores da classe D.

A Figura 68 exibe a relação entre a taxa de variação da densidade de drenagem e a ordem dos canais dos sub-setores da classe D. As maiores alterações observadas ocorreram principalmente em canais de terceira ordem, seguidos pelos canais de quarta ordem.

As Figuras 69 e 70 apresentam as relações entre as taxas de variação da razão de bifurcação entre canais de ordem 1 e 2, a área e a ordem hierárquica dos canais dos sub-setores. Os resultados demonstram que as maiores variações ocorreram em sub-setores com áreas inferiores a 5 Km² e as maiores perdas preferencialmente nos canais de terceira ordem.

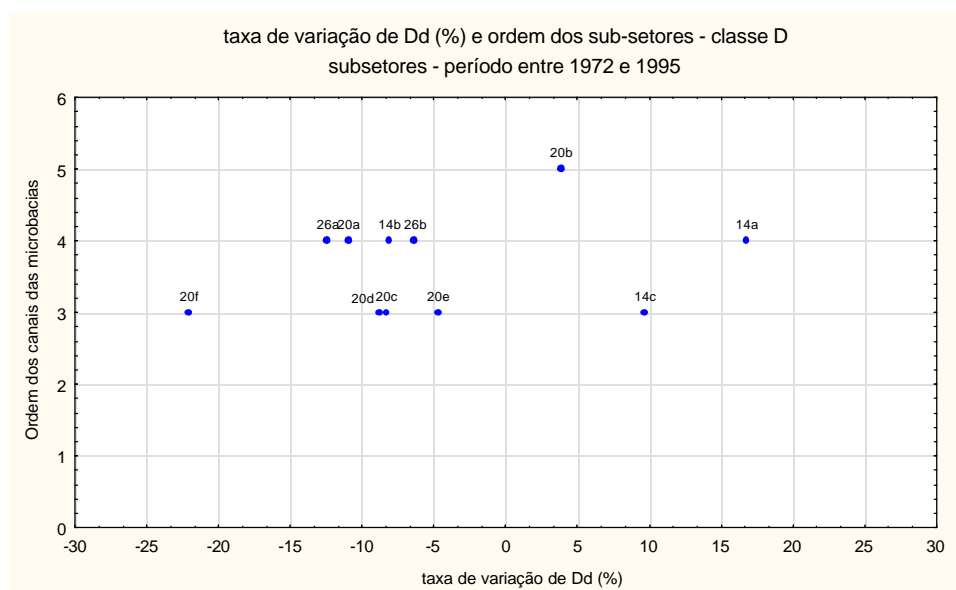


Figura 68: Relação entre a taxa de variação (%) da densidade de drenagem e a ordem hierárquica dos canais dos sub-setores da classe D.

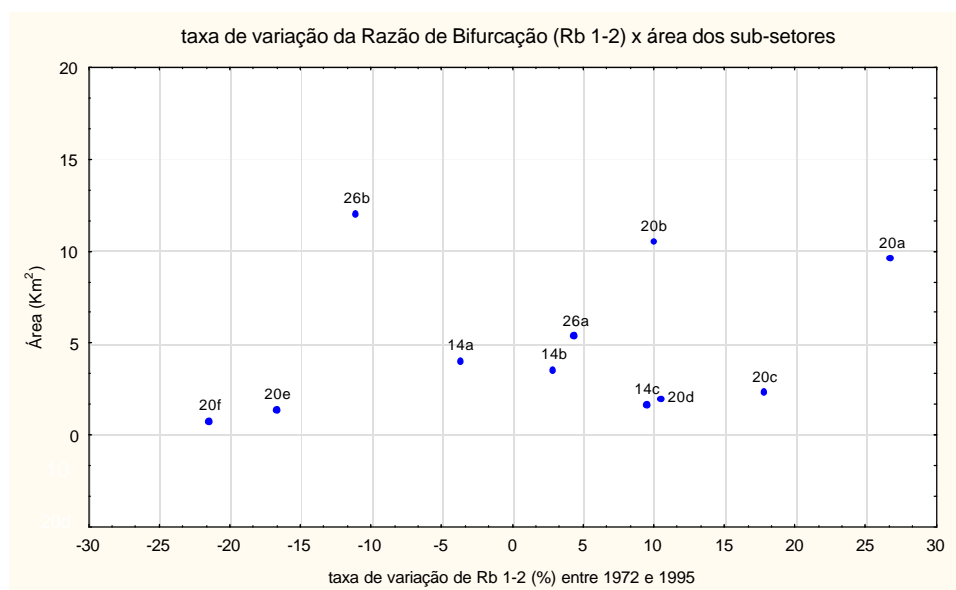


Figura 69: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a área dos sub-setores da classe D.

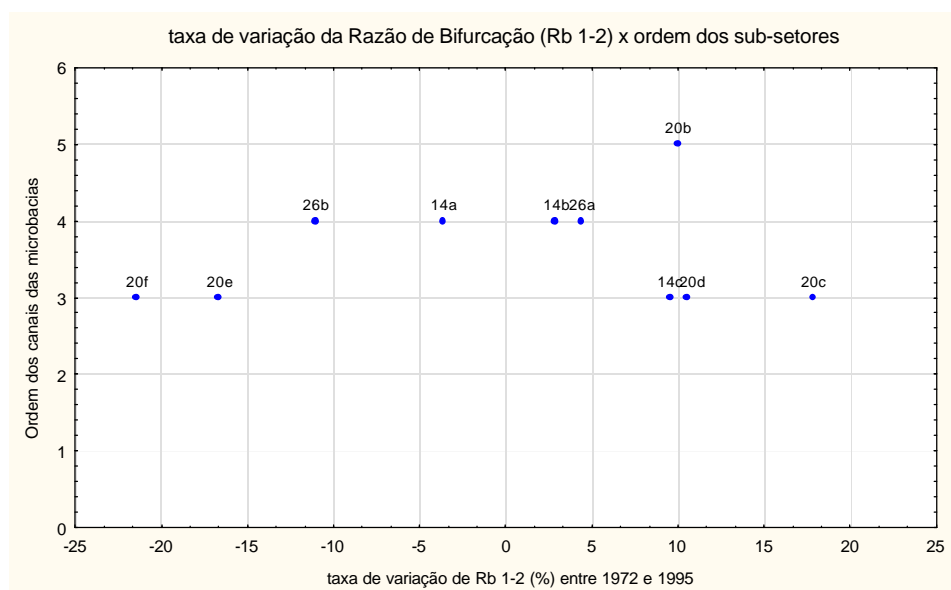


Figura 70: Relação entre a taxa de variação (%) da razão de bifurcação em canais de ordem 1 e 2 e a ordem hierárquica dos canais dos sub-setores da classe D.

5.4.5.4. Taxas de variação das características do uso e ocupação dos sub-setores

A Figura 71 apresenta as taxas de variação das classes de uso e ocupação dos sub-setores no período analisado. Foram consideradas as classes de uso e ocupação com redução ou expansão acima de 10%.

Nota-se uma redução das áreas com atividades do tipo pastagem/capoeira, as quais foram ocupadas principalmente pelo avanço dos hortifrutigranjeiros e/ou do cultivo de cana-de-açúcar, como nos sub-setores 26a, 26b, 20a, 20e, 20f, e 14c. Em relação à expansão urbana mediamente adensada, foi detectado apenas uma expansão, acima de 30%, localizada no sub-setor 20d, o qual apresentou a maior redução de área com pastagem.

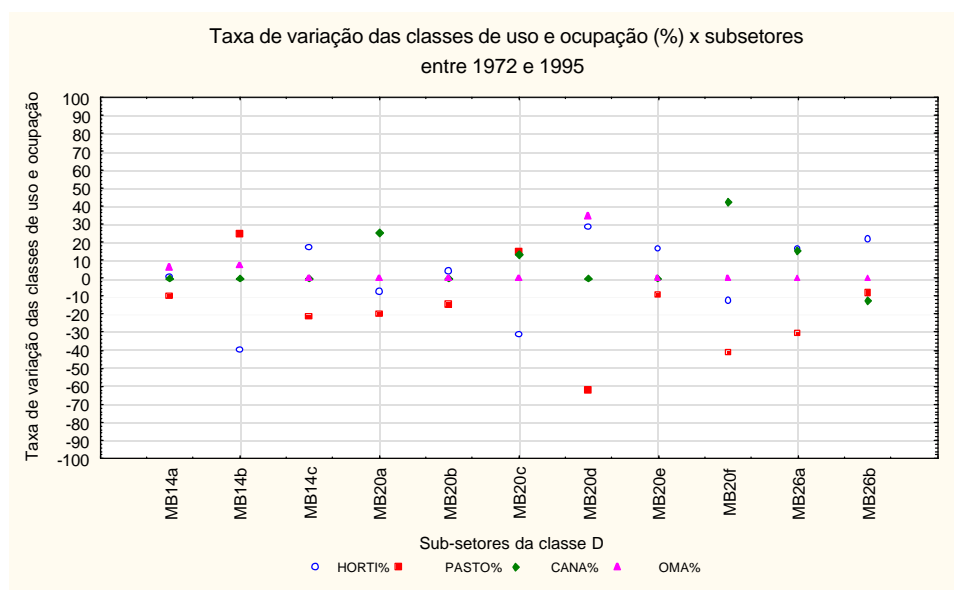


Figura 71: Variações nas taxas (%) das classes de uso e ocupação presentes nos sub-setores da classe D.

5.5. AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DA REDE DE DRENAGEM DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM

As alterações na rede de drenagem das microbacias e dos sub-setores do rio Capivari-Mirim foram estabelecidas a partir da avaliação dos resultados obtidos nas análises anteriormente apresentadas. Foram considerados dois grupos de atributos na avaliação :

- Grupo 1: as relações existentes entre as variáveis da rede de drenagem, densidade de drenagem e densidade hidrográfica, e suas taxas de variação no período entre 1972 e 1995, como critério de avaliação das alterações;

- Grupo 2: determinação das possíveis causas dessas alterações, tais como :
 - a) o tipo de atividade antrópica desenvolvida na área e sua influência nas alterações observadas;
 - b) a influência das características do meio físico como fatores pré-disponentes à alteração. Foram considerados o substrato rochoso, os materiais inconsolidados e a declividade do terreno.

Como resultado destas análises obteve-se o mapa de alterações das microbacias e dos sub-setores do rio Capivari-Mirim (Figura 72), classificadas em alterações *pouco significativas*, *mediamente significativas*, *significativas*, e *muito significativas*. O grau de alteração foi determinado a partir da conjugação das maiores taxas de variação de densidade hidrográfica e de densidade de drenagem registradas.

O gráfico da Figura 73 exibe a relação entre as taxas de variação (%) da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica, identificadas para as microbacias e os sub-setores da sub-bacia do rio Capivari-Mirim, no período analisado.

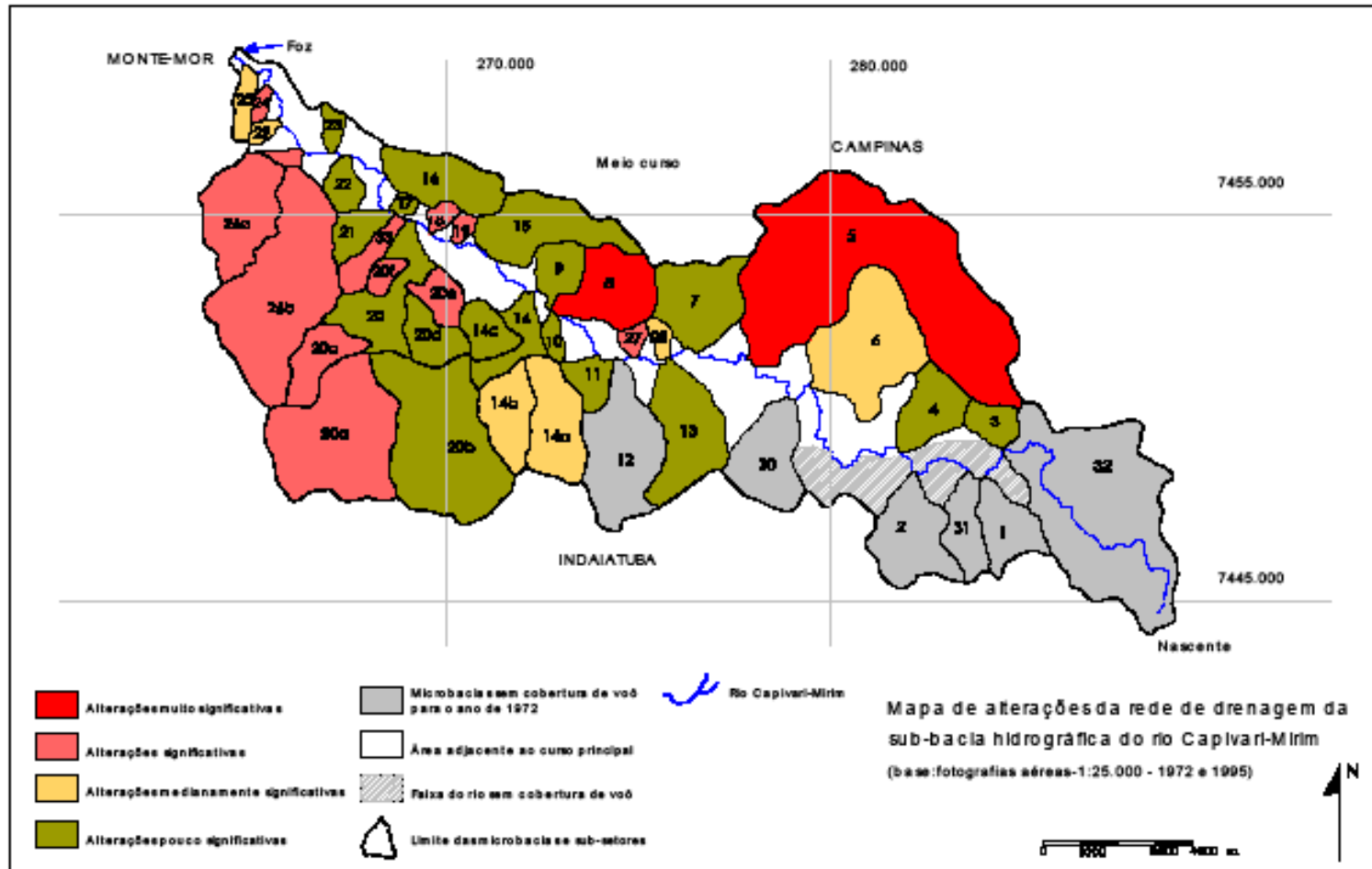


Figura 72: Mapa de alterações da rede de drenagem das microbacias e dos sub-setores do rio Capivari-Mirim.

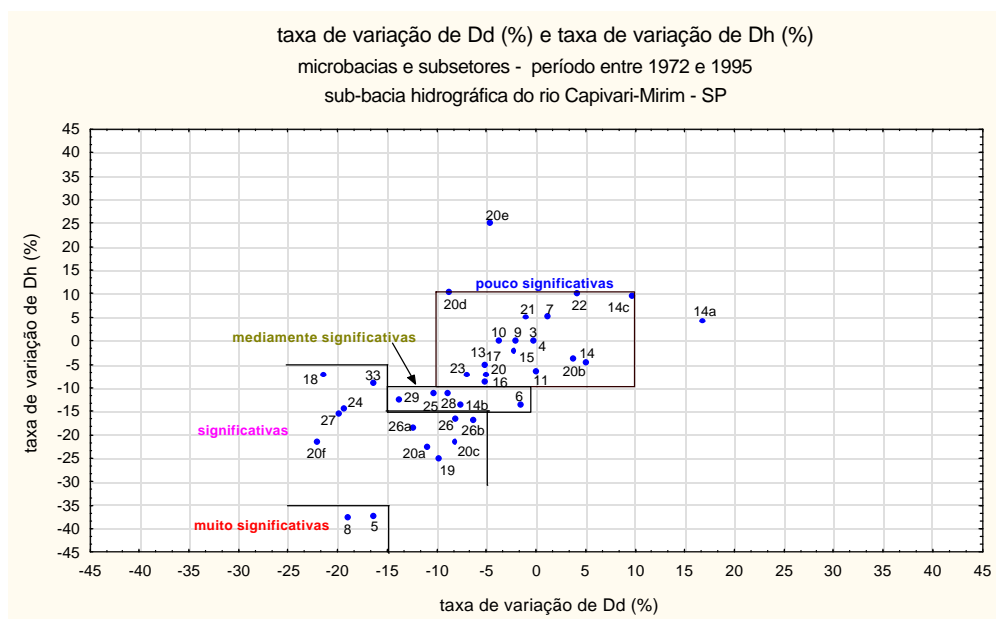


Figura 73: Relação entre as taxas de variação de Dd e de Dh para as microbacias e os sub-setores da bacia do rio Capivari-Mirim.

As microbacias com alterações mais pronunciadas foram as MB5 e MB8, classificadas como microbacias com alterações muito significativas.

A microbacia MB5 apresentou perda de 37% na densidade hidrográfica e de 16% na densidade de drenagem. Os materiais inconsolidados que a compõem pertencem ao compartimento de relevo SD3, representado por colinas amplas, com topos extensos e tabulares, sub-horizontais, com o predomínio das classes de declividade 2 nos topos e 3 nas porções médias das vertentes. Essa microbacia apresenta-se em intenso processo de expansão urbana, prioritariamente nas porções do terreno onde encontram-se as colinas de topos aplainados. Essa configuração do relevo favorece a implantação de loteamentos, bairros de periferias e favelas (Figura 74), além da implantação e ampliação de grandes obras, os quais contribuíram para a desativação de canais primários naturais. As grandes obras implantadas nessa microbacia foram :

- obras lineares como a duplicação da rodovia Santos Dumont e um novo traçado da ferrovia
- obras de retaludamento e expansão do aeroporto internacional de Viracopos, com grande movimentação de terras (Figuras 75, 76 e 77);

- implantação de atividades de mineração de argila, com cavas à céu aberto, atualmente abandonadas, sem recuperação do terreno.



Figura 74: Vista geral de área com ocupação desordenada, localizada na porção norte do aeroporto e do córrego Viracopos (periferia de Campinas).



Figura 75: Movimentação de terra para obras de ampliação do aeroporto internacional de Viracopos, Campinas.



Figura 76: Obras de retaludamento do terreno na cabeceira da pista do aeroporto internacional de Viracopos, Campinas. Notar o sistema de canaletas instalado, o qual redireciona o escoamento das águas superficiais nesse trecho.



Figura 77: Outra vista geral da pista do aeroporto internacional de Viracopos, Campinas.

A microbacia MB8 apresentou perda de 37,5% na densidade hidrográfica e de 19% na densidade de drenagem. É composta por relevo de colinas amplas, com topos tabulares, subordinadamente arredondados, pertencentes ao

compartimento de relevo SD4.1. Essa microbacia sofreu uma intensa substituição de suas áreas de pastagens por cultivos de hortifruti, os quais encontram-se, principalmente, em terrenos com classes de declividade 3 e 4. Essa característica do relevo pode estar contribuindo para a desconfiguração dos canais, motivado pelo manejo agrícola.

O grupo de microbacias com alterações significativas, composto pelas microbacias MB18, MB19, MB20a, MB20c, MB20e, MB20f, MB24, MB26a, MB26b, MB27 e MB33, apresentou perdas variando de 15% a 25% para a densidade de drenagem e/ou para a densidade hidrográfica. Todas as microbacias classificadas nesse grupo apresentam características eminentemente rurais, com expansão de atividades do tipo hortifrutigranjeiros e de cultivo de cana-de-açúcar, em substituição de antigas áreas ocupadas por pastagens. Essas microbacias caracterizam-se por relevos de colinas médias dissecadas, com encostas côncavo-convexas, subordinadamente côncavo-retilínea-convexas, com topos predominantemente arredondados e predomínio das classes de declividade 3 e 4. Os materiais inconsolidados presentes correspondem aos sedimentos arenosos e areno-argilosos, provenientes dos arenitos do Grupo Itararé. Destas microbacias, apenas as MB24 e 26a são compostas pelos sedimentos das litofácies argilosas dos ritmitos do Grupo Itararé.

Dessas microbacias, exceção é feita à MB20e, que apresentou expansão de 25% nos valores de sua taxa de variação de densidade hidrográfica. Esse aumento de canais foi atribuído à predisposição do meio físico, uma vez que essa área apresenta pouca intervenção antrópica. É constituída por materiais inconsolidados provenientes de sedimentos quaternários, em seu trecho de nascente (topo da colina), e solo de alteração dos arenitos muito finos, areno-argilosos do Grupo Itararé, de seu meio curso até sua foz (porções médias e inferiores das colinas). Nos trechos ocupados pelos sedimentos do Grupo Itararé observa-se o desenvolvimento de anfiteatro de erosão, com incremento de canais primários naturais.

As microbacias MB6, MB25, MB28, MB29, MB14a e MB14b, classificadas em alterações mediamente significativas, apresentaram taxas de variação de Dd e/ou de Dh em torno de 15%. Destas microbacias, a MB6 apresentou, predominantemente, expansão de ocupação mediamente adensada e as

microbacias MB14a e MB14b apresentaram expansão pouco adensada, em porções do terreno com maiores declividade (classe 4).

Na microbacia MB6 constatou-se que o desaparecimento de canais naturais de ordem 1 foi devido à duplicação da rodovia Santos Dumont, com suas obras de corte e aterro, e não necessariamente à ocupação desordenada instalada nessa área.

A microbacia MB14a apresentou aumento de 16% em sua taxa de variação de densidade de drenagem, entre 1972 e 1995. Esse aumento no comprimento dos canais foi atribuído principalmente à expansão de atividades agrícolas nos trechos de nascente, associada à pré-disposição do meio físico da microbacia. A região de cabeceira apresenta relevo com predomínio de declividade entre 6° e 11° e materiais inconsolidados provenientes dos sedimentos areno-argilosos dos arenitos muito finos do Grupo Itararé.

As microbacias restantes tiveram suas áreas ocupadas pela expansão de hortifrutigranjeiros e cultivo de cana-de-açúcar, principalmente em seus trechos de nascente.

As microbacias classificadas em alterações pouco significativas foram as MB3, MB7, MB9, MB10, MB11, MB13, MB14, MB14c, MB15, MB16, MB17, MB20, MB20b, MB21, MB22, MB23 e MB20d. Os resultados das análises dessas microbacias encontram-se descritos nas tabelas do Anexo 2.

Na análise das relações existentes entre as variáveis da rede de drenagem e suas taxas de variação foi observada a influência das dimensões das microbacias e dos sub-setores, da declividade do terreno, do substrato rochoso e dos tipos de materiais inconsolidados no comportamento das variáveis densidade de drenagem e densidade hidrográfica.

Com relação à influência das dimensões das microbacias e dos sub-setores observou-se que todos os valores de densidade de drenagem acima da média referem-se às microbacias com áreas inferiores a 2 km² e de ordem 3. Esses resultados confirmam a tendência de comportamento descrita por HORTON (1945) e CHRISTOFOLLETI (1979), de que bacias de menor porte e grau hierárquico elevado tendem a apresentar valores de densidade de drenagem mais elevados.

Foi observada uma influência direta da declividade do terreno nos valores de densidade de drenagem e de densidade hidrográfica. Tanto para as

microbacias quanto para os sub-setores predominam as classes de declividade 3 e 4, ou seja, prevalecem inclinações do terreno entre 3° - 6° e 6° - 11°, respectivamente. Os valores da densidade hidrográfica e da densidade de drenagem são mais elevados nas microbacias com maior porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade 4, e nos sub-setores, pelas classes de declividade 3 e 4. Nos trechos das microbacias e dos sub-setores, com maior porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade 1 e 2, os valores de Dd e de Dh tendem a diminuir e suas dimensões são superiores a 2km². Esse fato corrobora as observações de CHRISTOFOLLETI (1979), de que os *segmentos de ordens inferiores estão nos setores mais altos dos cursos d'água, onde as declividades tendem a ser mais acentuadas e à medida que as áreas das microbacias aumentam incorporam-se áreas topográficas mais suaves, originando regiões com declividade mais baixa.*

O substrato rochoso também mostrou-se influente, tanto na densidade de drenagem quanto na densidade hidrográfica. Para as microbacias de composição predominantemente arenítica, os valores de Dd e de Dh apresentaram-se abaixo da média, enquanto que para as microbacias compostas predominantemente por ritmitos os valores foram acima da média.

Em relação às taxas de variação da densidade de drenagem, da densidade hidrográfica e da razão de bifurcação entre canais de ordem 1 e 2, as maiores alterações registradas ocorreram em microbacias e em sub-setores com áreas inferiores a 5 km², com exceção das microbacias MB5 e MB 8. As maiores perdas ocorreram preferencialmente nos canais de terceira ordem. Nos sub-setores, todas as reduções dos valores de Rb (1-2) ocorreram em microbacias de terceira ordem.

Em alguns casos observou-se que, em uma primeira análise, algumas microbacias apresentaram reduções inferiores a 10% em seus valores de Dd e de Dh e foram classificadas como *alterações pouco significativas* (MB20 e MB14). No entanto, a análise em seus sub-setores mostrou reduções acima de 15% nos valores das variáveis da rede de drenagem, o que permitiu diferenciar as áreas com *alterações mais significativas* e refinar a análise e classificação.

Nas microbacias com áreas muito pequenas, inferiores a 1 km², foram constatadas maiores alterações nos valores da densidade de drenagem. Para essas microbacias, a redução no número de canais de primeira ordem parece

influenciar diretamente nos valores do comprimento total de sua rede de drenagem, onde a distância entre a nascente e a foz tende a ser menor e, qualquer alteração, por menor que seja, diminui sua capacidade de escoamento linear.

Para as características de uso e ocupação pode ser constatada uma tendência geral de redução de áreas com predomínio de pastagens em razão do aumento de áreas com predomínio de hortifrutigranjeiros (Figura 78), cultivo de cana-de-açúcar (Figura 79) e expansão de áreas urbanas. As áreas com maior expansão urbana apresentaram perdas superiores a 20% em Dh e superiores a 15% em Dd. Nas microbacias com expansão de atividades agrícolas e alterações significativas, com predomínio de hortifrutigranjeiros e cana-de-açúcar, os valores de redução de Dd e de Dh estiveram em torno de 15% a 20%. Para as microbacias onde houve aumento das atividades do tipo mata/reflorestamento observou-se uma redução dos parâmetros mensurados. Esse fato está associado à maior dificuldade de visualização e extração de canais nessas áreas do que à alterações provocadas por esse tipo de atividade.



Figura 78: Vista geral das áreas com expansão de atividades agrícolas, principalmente hortifrutigranjeiros.



Figura 79 : Exemplo de áreas com predomínio de cultivo de cana-de-açúcar.

O quadro 06 sintetiza as características de uso e ocupação predominantes nas microbacias analisadas e classificadas quanto às suas alterações.

Quadro 06: resumo das atividades antrópicas predominantes e os diferentes graus de alteração nas microbacias do rio Capivari-Mirim.

	Muito Significativa	Significativa	Mediamente Significativa	Pouco Significativa
OMA	5		, 6,	20d,
OPA	5		14a, 6	7, 13, 20b
H	8	27, 26a, 26b, 33, 20e	25, 28, 29,	9, 10, 11, 15, 14c
C		19, 24, 20a, 20c, 20f, 26a,		17, 21, 22
P/C			14b	3, 23,
M/R		18		21, 22

OMA = ocupação mediamente adensada

OPA = ocupação pouco adensada

H = hortifrutigranjeiros

C = cana

P/C = pastagem/mata capoeira

M/R = mata/reflorestamento

6. ANÁLISE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI-MIRIM

6.1. GENERALIDADES

Os trabalhos de monitoramento de cursos d'água em bacias hidrográficas indicam as tendências da variação da qualidade das águas e adequam os usos identificados com os níveis apropriados à sua qualidade (FEAM, 1998). A avaliação da qualidade dessas águas, de acordo com as atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, direciona o planejamento para a melhoria da qualidade ambiental da região.

O monitoramento da qualidade da água pode ser conduzido para várias propostas, segundo vários autores e agências internacionais de proteção ao meio ambiente. Dentre estas destaca-se a obtenção de informações, por meio de levantamento sistemático de dados, em locais previamente selecionados, com estabelecimento de uma frequência de avaliação. Esse tipo de monitoramento visa o desenvolvimento de programas de prevenção e/ou remediação da poluição, bem como o gerenciamento e o planejamento ambiental da bacia estudada.

As técnicas de monitoramento aplicadas devem ser direcionadas de acordo com as propostas e os objetivos do estudo de monitoramento, assim como as amostragens, as quais podem ser efetuadas na superfície da água ou a

uma certa faixa de variação de profundidade (PARR, 1994). Fatores como a metodologia e os locais de amostragem além da escolha do método analítico apropriado são muito importantes e devem ser incluídos no desenvolvimento do programa de monitoramento de qualidade das águas.

As análises físico-químicas apresentadas neste capítulo foram efetuadas em amostras de água coletadas quinzenalmente na sub-bacia do rio Capivari-Mirim, em locais previamente estabelecidos, de acordo com as principais atividades de uso e ocupação presentes na área, segundo procedimento metodológico descrito no capítulo 4. Foram selecionadas 13 estações de coleta na sub-bacia, distribuídas ao longo do canal principal e de seus afluentes, e 2 estações no rio Capivari, situadas imediatamente antes e após a foz do rio Capivari-Mirim (Figura 80).

O objetivo destas análises foi o de detectar parâmetros acima dos valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente e, com isso, indicar áreas com maior potencial de degradação para futuros estudos mais detalhados (transportes de poluentes, simulações de fluxo, etc.).

Os parâmetros físico-químicos analisados para cada amostra coletada foram: temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, nitrato, fosfato, amônia e oxigênio dissolvido. Os valores máximo e mínimo permitidos para cada parâmetro seguiram aqueles estabelecidos pela legislação ambiental vigente (Resolução CONAMA 20/86) e adotados pela CETESB, para águas da classe 2, na qual se enquadra o rio Capivari-Mirim (Tabela 15).

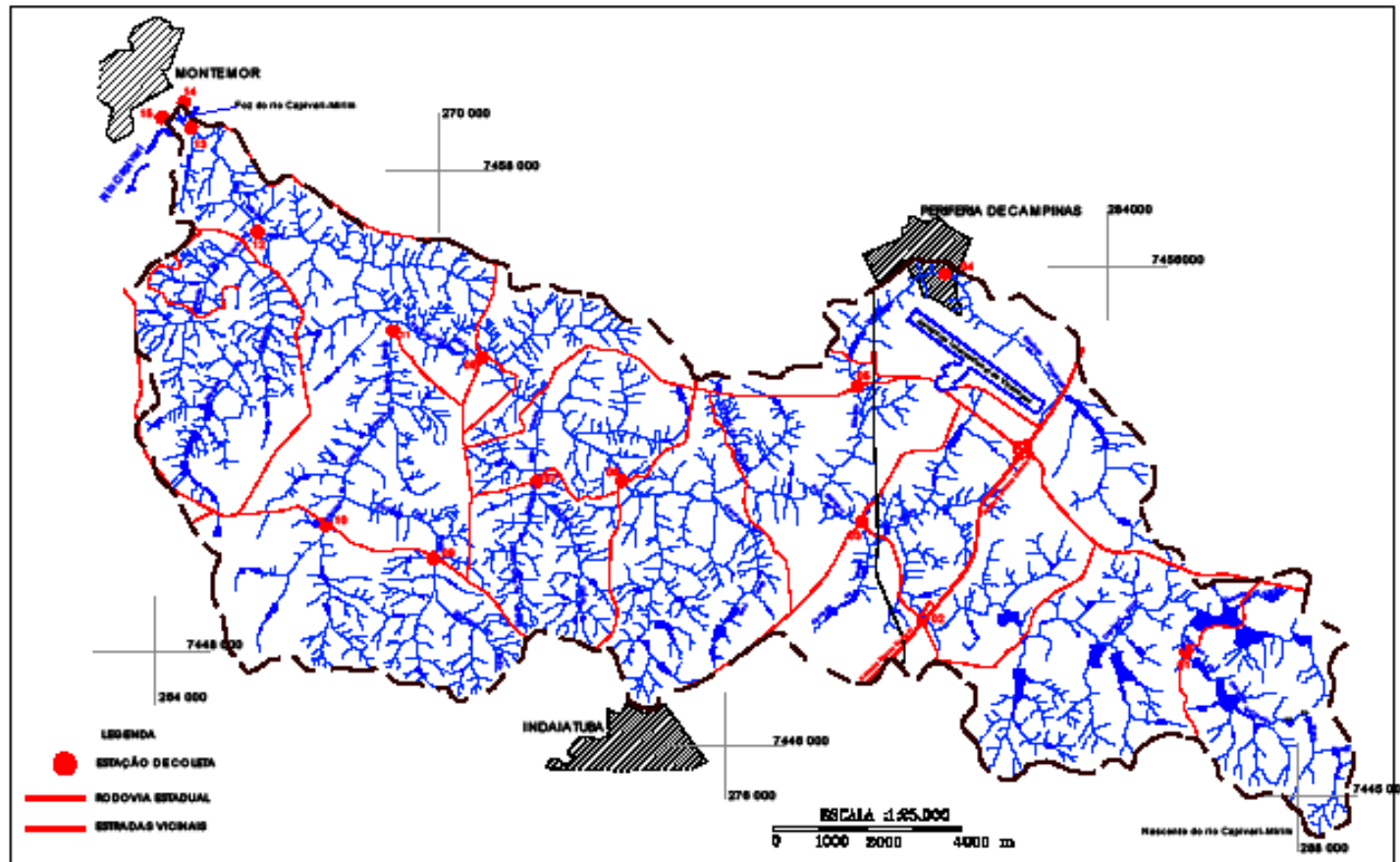


Figura 80 : Localização das estações de coleta na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.

Tabela 15: Valores máximos e mínimos permitidos pela legislação, para os parâmetros analisados no rio Capivari-Mirim.

Parâmetro Analisado	Unidade	Valor Máximo Permitido (VMP)	Valor Mínimo Permitido (VminP)
temperatura	°C	---	---
pH		9	6
amônia	mg/l NH ₃	0,5	
nitrato	mg/l N	10	
fosfato	mg/l P	0,025	
oxigênio dissolvido	mg/l O ₂		5
condutividade	µS/cm	---	---
sólidos suspensos totais	mg/l	500	

A variação dos parâmetros mensurados interfere em diversos processos químicos e biológicos que ocorrem na água.

A temperatura afeta o conteúdo de oxigênio presente na água, o qual tende a diminuir quando do aumento desta, assim como altera as taxas de fotossíntese das plantas e as taxas metabólicas dos organismos aquáticos.

Devido a grande variedade de organismos e animais presentes na água, os valores de pH podem variar de 6 a 9, para manter as condições de vida aquática a esses seres.

O fósforo e o nitrogênio são nutrientes essenciais para as plantas e animais, para manter sua cadeia alimentar aquática. O fósforo é um nutriente que ocorre em concentrações muito baixas na maioria das águas e, um pequeno acréscimo em sua concentração pode desencadear um desequilíbrio nos cursos d'água, incluindo o crescimento acelerado de plantas e algas, diminuição das taxas de oxigênio disponíveis, a morte de peixes e outros organismos aquáticos e o comprometimento da qualidade da água.

Junto com o fósforo, o nitrato em excesso também pode acelerar a eutrofização e alterar a qualidade das águas. Esses por sua vez, alteram as concentrações de oxigênio dissolvido, a temperatura e outros parâmetros indicadores.

Os nitratos provenientes de áreas agrícolas tendem a diluir-se mais rapidamente que outros nutrientes, como o fósforo, devido à seu maior poder de dissolução nas águas. Águas poluídas com nitrogênio rico em matéria orgânica

(amônia) podem apresentar baixos valores de nitrato pois a decomposição da matéria orgânica diminui os níveis de oxigênio dissolvido, o que dificulta a conversão de amônia em nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3).

A mensuração dos sólidos totais pode ser um indicador útil dos efeitos do escoamento superficial proveniente de áreas agrícolas, de águas residuárias, de esgotos e de outras fontes.

A condutividade elétrica em rios é influenciada pelas características geológicas da área estudada (menor em rochas graníticas e maior em rochas argilosas) e pela presença de sólidos inorgânicos dissolvidos, como cloretos, nitratos, sulfatos, fosfatos, sódio, magnésio, etc., além de compostos orgânicos, como óleos e graxas. A temperatura também contribui para a alteração da condutividade elétrica nas águas. Quanto mais quente a água, maior será sua condutividade elétrica.

Portanto, cada parâmetro analisado pode indicar as condições específicas das águas, associadas aos seus prováveis tipos de poluição. O quadro 07 exibe essa associação.

Quadro 07: Associação dos parâmetros físico-químicos com os possíveis tipos de poluição.

Características Indicadas	Parâmetros
Poluição por escoamento superficial áreas urbanas, agrícolas, descargas industriais, águas residuárias, esgotos, etc.	temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos
Poluição orgânica	temperatura amônia, nitrato e oxigênio dissolvido
Fertilizantes Esgotos, sistemas de fossas sépticas, escoamento superficial de áreas com estábulos e chiqueiros, etc.	fosfato e nitrato

As análises físico-químicas das águas superficiais do rio Capivari-Mirim foram realizadas no Laboratório de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos. Os resultados foram interpretados e analisados graficamente, com auxílio dos programas STATISTICA 4.3 e EXCELL 97. Os valores obtidos para cada parâmetro analisado são apresentados em tabelas, no Anexo 3.

6.2.TENDÊNCIAS DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS MENSURADOS NO RIO CAPIVARI-MIRIM

A análise desenvolvida procurou verificar a tendência de variação espaço-temporal da concentração dos parâmetros físico-químicos nas estações de coleta inseridas na sub-bacia do rio Capivari-Mirim, quais sejam, pontos 1 a 13, com o objetivo de identificar locais com valores acima dos permitido pela legislação vigente. Para as estações de coleta localizadas no rio Capivari (pontos 14 e 15) foi avaliado o comportamento dos parâmetros antes e após a entrada do rio Capivari-Mirim neste rio.

Os gráficos das Figuras 81 a 96 apresentadas a seguir exibem a variação de cada parâmetro, no tempo e no espaço. Os valores máximo e/ou mínimo permitidos pela legislação são identificados em vermelho, com as siglas VMP e VMinP, respectivamente. As etapas de coleta, denominadas de 1 a 18, correspondem aos meses em que estas foram efetuadas. A identificação das etapas de coleta encontra-se descrita na Tabela 16.

Tabela 16: Identificação das etapas de coleta efetuadas.

Etapas de Coleta	Mês - 1999
1	janeiro
2	fevereiro
3	fevereiro
4	março
5	março
6	abril
7	abril
8	maio
9	junho
10	junho
11	julho
12	julho
13	agosto
14	agosto
15	setembro
16	setembro
17	outubro
18	outubro

Os gráficos das Figuras 81 e 82 exibem a variação da concentração da amônia. Observa-se uma tendência geral de aumento de concentração desse parâmetro nas estações de coleta 4, 5, 7, 10 e 12. No mês de fevereiro nota-se que todas as estações apresentaram seus valores acima do permitido pela

legislação, sendo que os pontos 1, 4, 5, 7, 10, 12 e 13 ultrapassaram esses limites mais de uma vez.

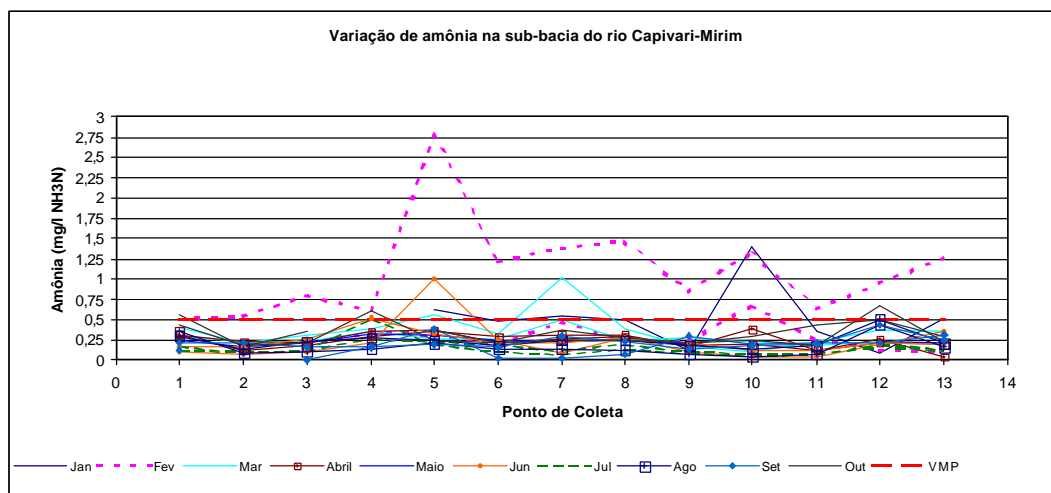


Figura 81: Variação da concentração de amônia nos pontos de coleta.

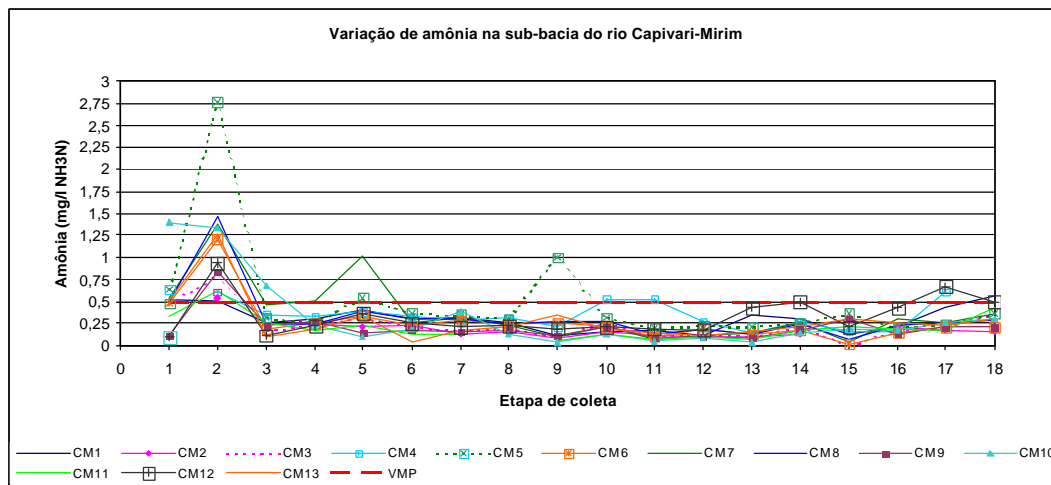


Figura 82: Variação da concentração de amônia durante as etapas de coleta.

Os resultados obtidos na análise de nitrato demonstram que em todas as estações de coleta as concentrações encontram-se abaixo dos valores permitidos pela legislação, muito embora seja possível observar uma tendência de aumento da concentração em direção ao ponto 8, sendo que os pontos 5, 7, 11 e 12 apresentaram os valores mais elevados (Figura 83). Observa-se, também,

uma nítida tendência de aumento de concentração em todos os pontos a partir da etapa 13, ou seja, do mês de agosto (Figura 84).

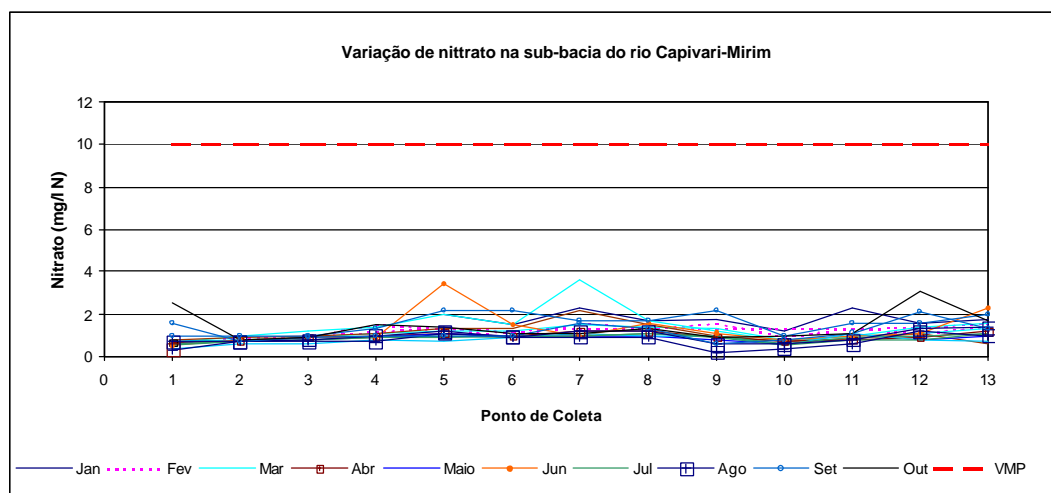


Figura 83: Variação da concentração de nitrito nos pontos de coleta.

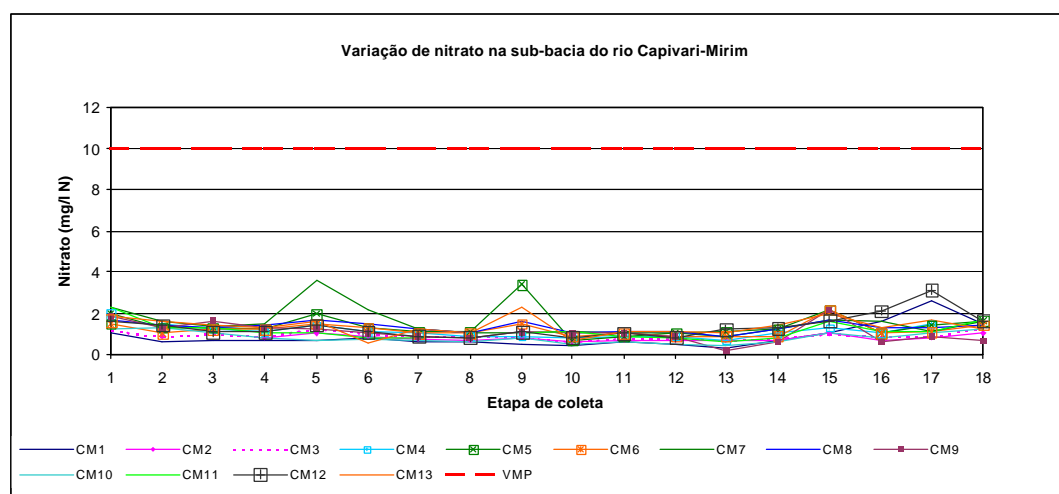


Figura 84: Variação da concentração de nitrito durante as etapas de coleta.

Os gráficos das Figura 85 e 86 exibem a variação da concentração de fosfato. Nota-se uma tendência de aumento da concentração em todos os pontos no período de março – abril (etapas 5 a 7) e de agosto – setembro (etapa 13 e 14), cujos resultados ultrapassaram os valores máximo permitidos pela legislação por mais de 6 vezes. Os pontos 1, 5, 6, 7, 8, 10, 12 e 13 foram os que apresentaram os maiores valores de concentração acima do permitido.

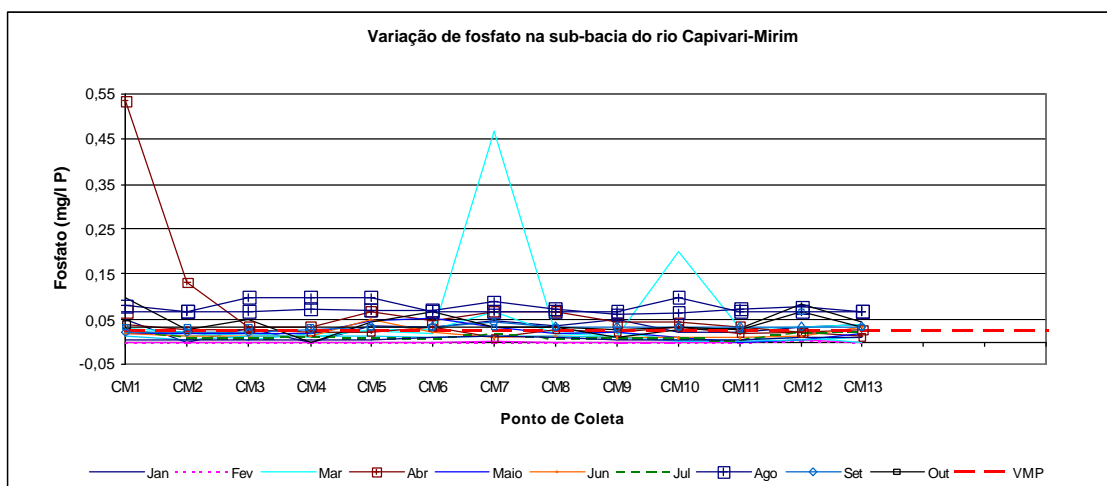


Figura 85: Variação da concentração de fosfato nos pontos de coleta.

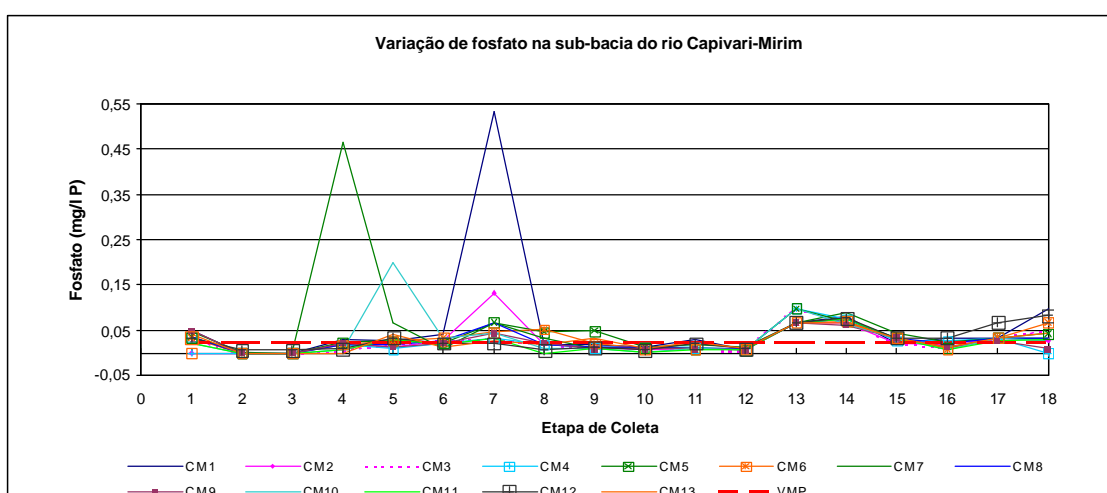


Figura 86: Variação da concentração de fosfato durante as etapas de coleta.

Os gráficos das Figuras 87 e 88 exibem as concentrações de oxigênio dissolvido ao longo das estações de coleta na sub-bacia do rio Capivari-Mirim. Em geral esses valores encontram-se acima de 5,0 mg/l O₂, valor mínimo estabelecido pela legislação, com exceção dos pontos 1, 4, 7, 9, 11, e 12, onde observa-se uma tendência de diminuição dos mesmos. É possível observar uma tendência geral de redução nos valores de oxigênio dissolvido nos meses de janeiro-fevereiro, quando as concentrações de amônia e fosfato encontram-se mais elevadas e em alguns casos, acima dos valores permitidos. Nos meses de maio a julho nota-se a recuperação e o aumento das concentrações de

oxigênio dissolvido, período esse em que a amônia e o fosfato apresentam valores de concentração mais baixos em relação aos períodos anteriores.

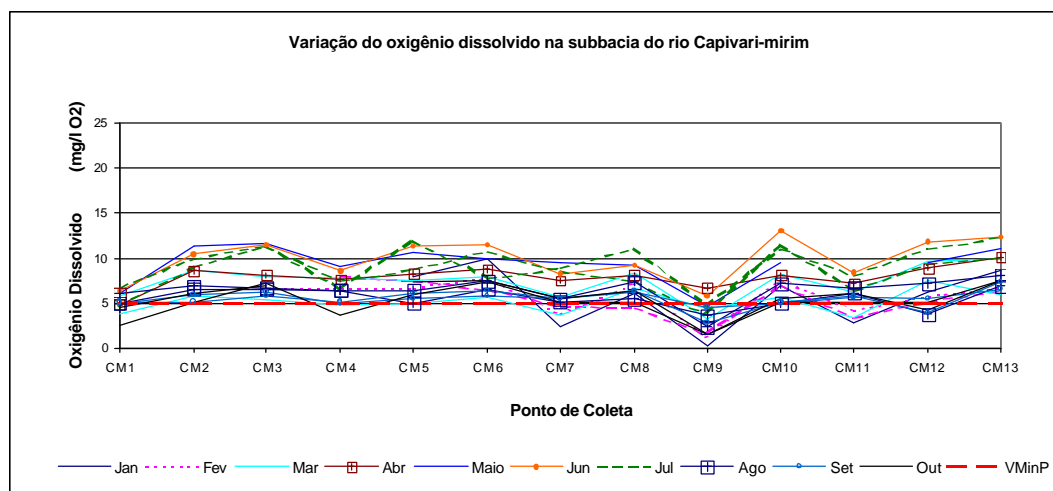


Figura 87: Variação da concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta.

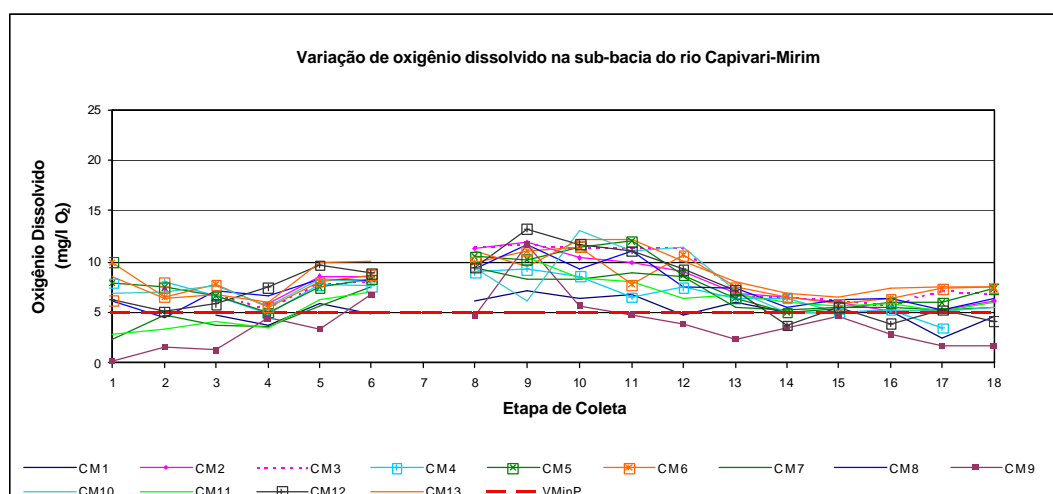


Figura 88: Variação da concentração de oxigênio dissolvido durante as etapas de coleta.

Os valores da temperatura mostraram, de maneira geral, uma oscilação entre 14,7 °C e 30,1 °C. O gráfico da Figura 89 demonstra claramente a variação sazonal ocorrida no período em que foram efetuadas as coletas. As temperaturas estiveram mais elevadas nos meses de janeiro a abril e setembro-outubro, enquanto que no período de maio a agosto estas apresentaram-se mais baixas.

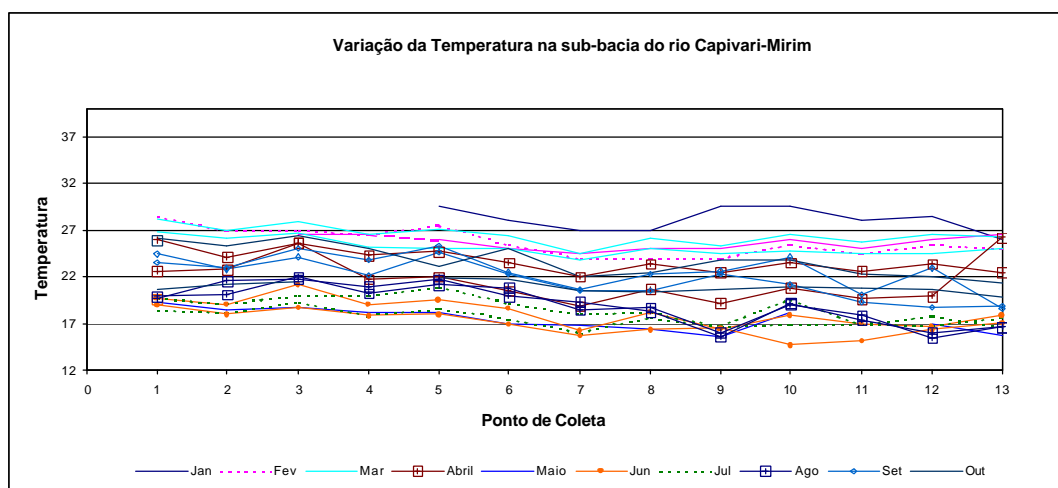


Figura 89: Variação da temperatura nos pontos de coleta.

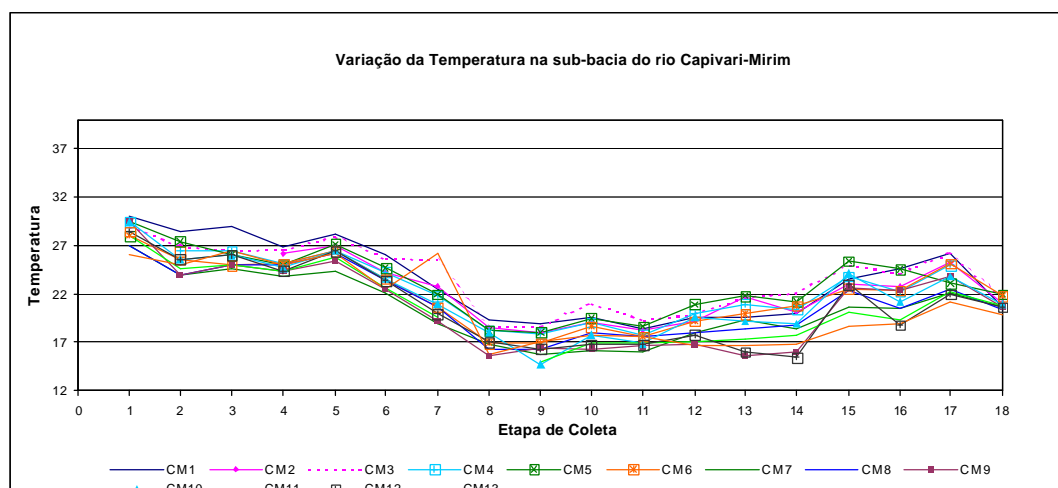


Figura 90: Variação da temperatura durante as etapas de coleta.

As concentrações de sólidos suspensos totais apresentaram-se abaixo dos valores permitidos em todos os pontos analisados (Figura 91), embora os pontos 5, 7, 8, 9, 11 e 12 exibam as maiores concentrações detectadas. Nota-se que as maiores concentrações detectadas nesses pontos foram predominantemente nos meses de janeiro a abril, período coincidente com as maiores concentrações de fosfato, amônia e nitrato, com exceção de alguns valores mais elevados em junho e agosto.

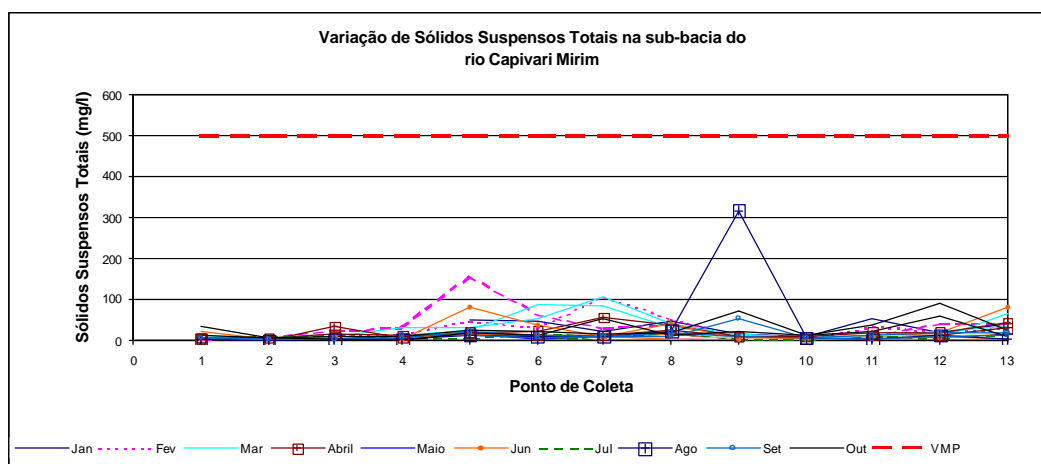


Figura 91: Variação da concentração dos sólidos suspensos totais nos pontos de coleta.

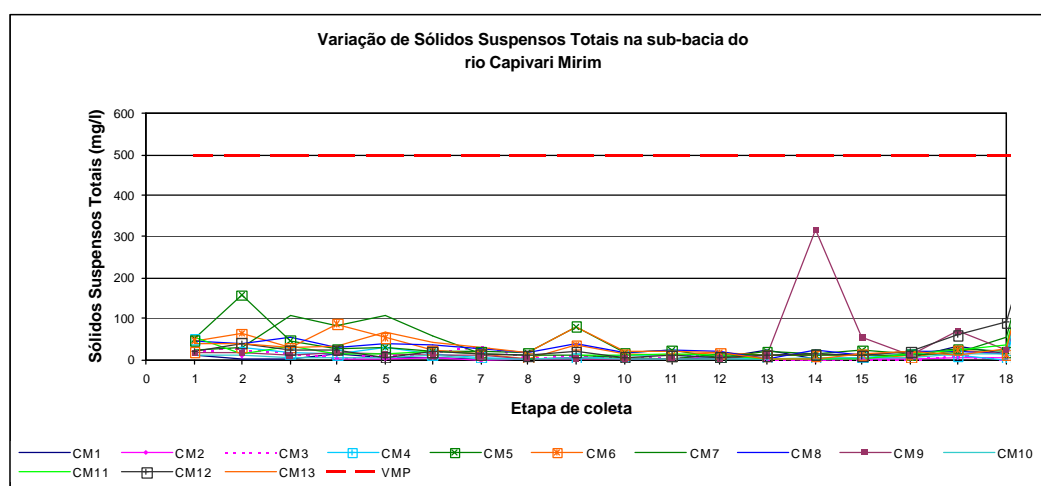


Figura 92: Variação da concentração dos sólidos suspensos totais durante as etapas de coleta.

Os valores de condutividade elétrica apresentam-se, de modo geral, abaixo de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, com concentrações mais elevadas nos meses de maio a julho e de agosto a setembro, e principalmente nos pontos 1, 9 e 12 (Figuras 93 e 94).

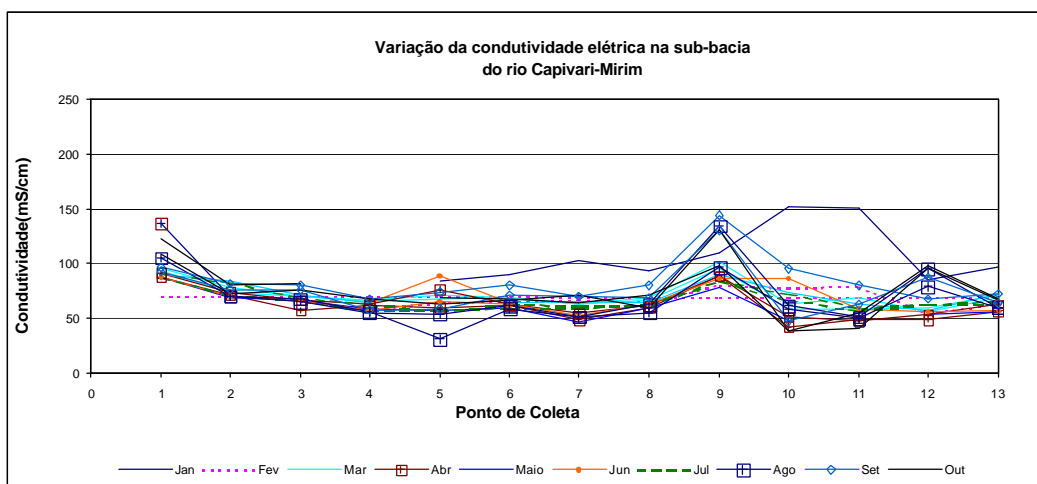


Figura 93: Variação da concentração da condutividade elétrica nos pontos de coleta.

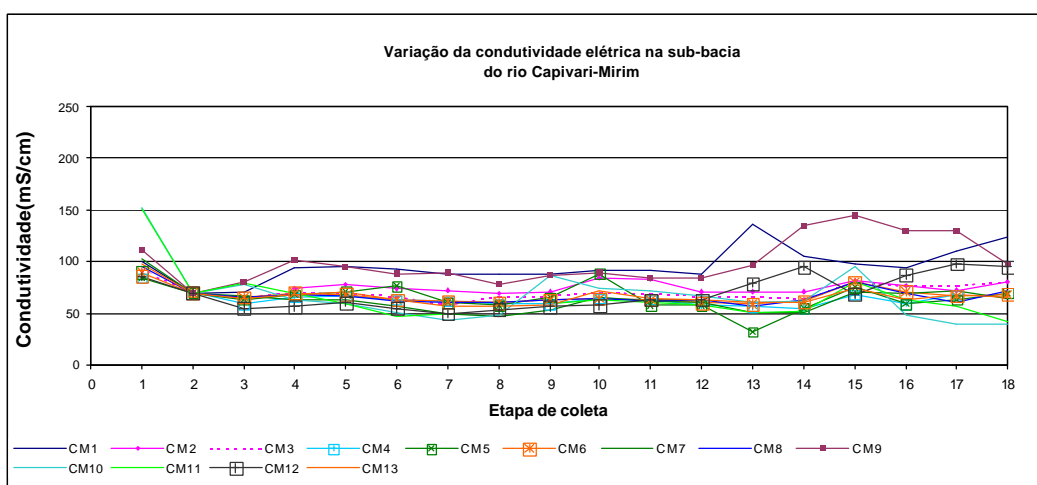


Figura 94: Variação da concentração da condutividade elétrica durante as etapas de coleta.

O pH das amostras analisadas situou-se dentro da faixa estipulada pela legislação ambiental vigente (Figura 95). No gráfico da Figura 96 nota-se, na distribuição dos valores de pH durante as etapas de coleta, um aumento das concentrações no período de julho e agosto, quando as concentrações de fosfato, amônia e nitrato e os valores da temperatura apresentaram-se mais

elevados e a concentração de oxigênio dissolvido esteve abaixo dos valores mínimos permitidos (5,0 mg/l O₂).

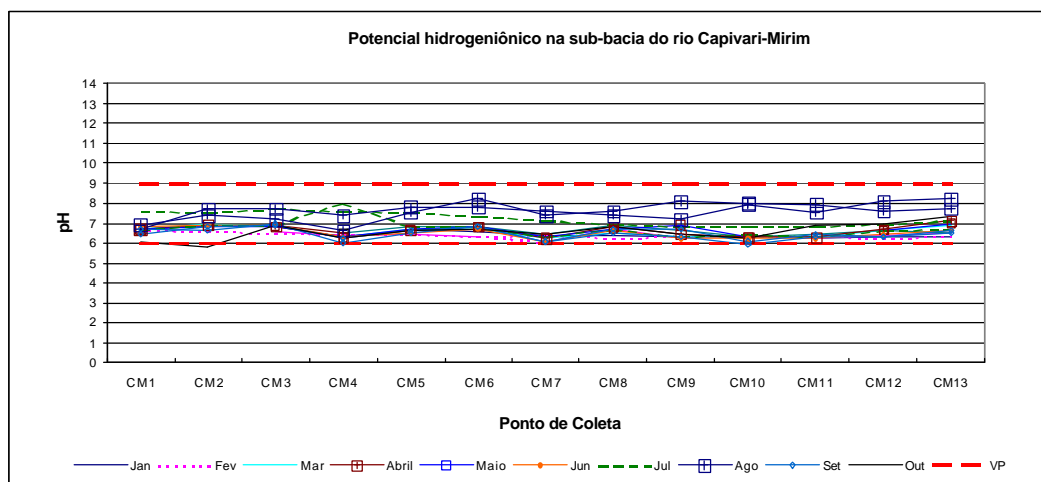


Figura 95: Variação do pH nos pontos de coleta.

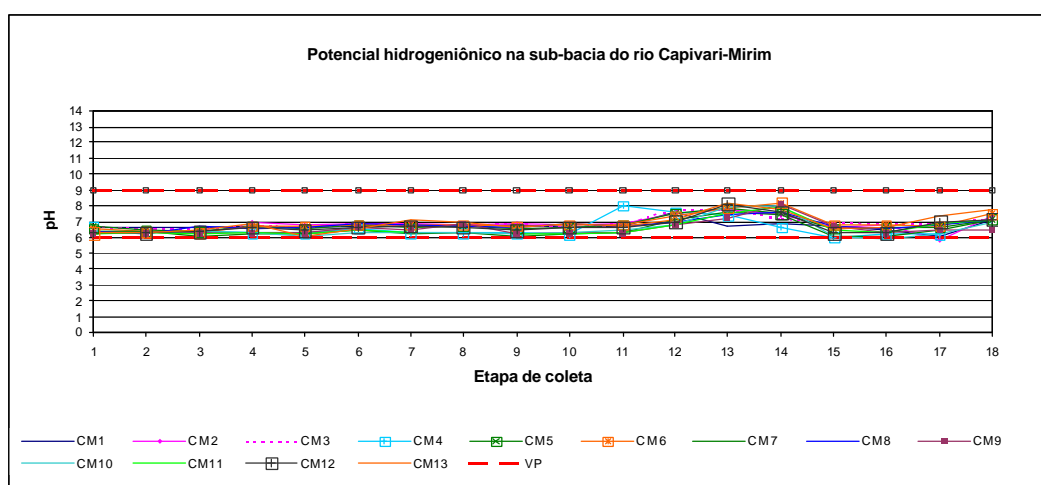


Figura 96: Variação do pH durante as etapas de coleta.

6.3 CONTRIBUIÇÃO DO RIO CAPIVARI-MIRIM PARA A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO CAPIVARI

A análise das amostras coletadas no rio Capivari teve como objetivo observar a influência das águas do rio Capivari-Mirim no comportamento dos parâmetros mensurados neste rio. Os pontos 14 e 15 correspondem às estações de coleta localizadas antes e após a foz do rio Capivari-Mirim, respectivamente.

Foi possível detectar uma redução nos valores das concentrações de 5 parâmetros dentre os 8 mensurados. Os parâmetros que apresentaram variações em seus valores foram a amônia, o nitrato, o fosfato, o oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica. Os gráficos das Figuras 97 a 101 exibem o comportamento desses parâmetros.

Embora a amônia e o fosfato apresentem concentrações acima dos valores permitidos, e o oxigênio dissolvido esteja abaixo dos valores mínimos estabelecidos, é possível constatar que os resultados obtidos no ponto 15, após a foz do rio Capivari-Mirim, tendem, geralmente, a melhorar em relação ao ponto 14.

Os valores de nitrato sofreram reduções pequenas, enquanto que os valores da condutividade elétrica apresentaram reduções consideráveis.

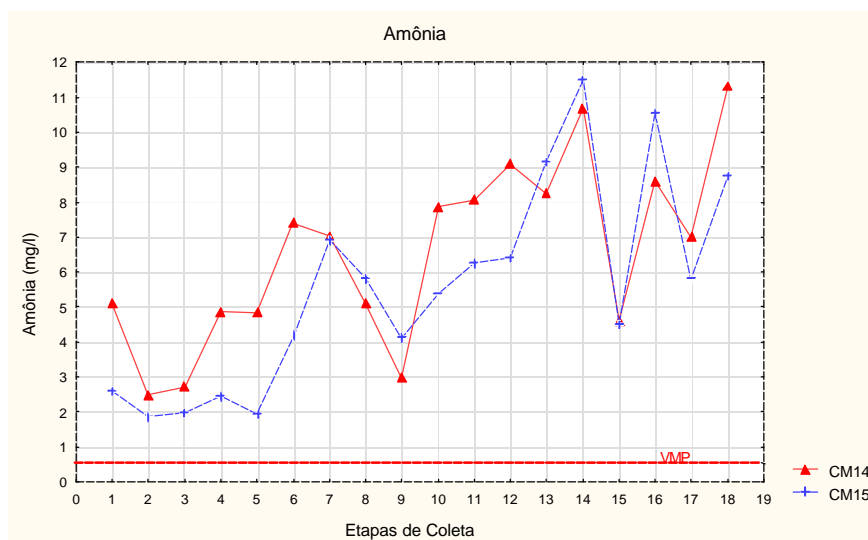


Figura 97: Valores de amônia para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.

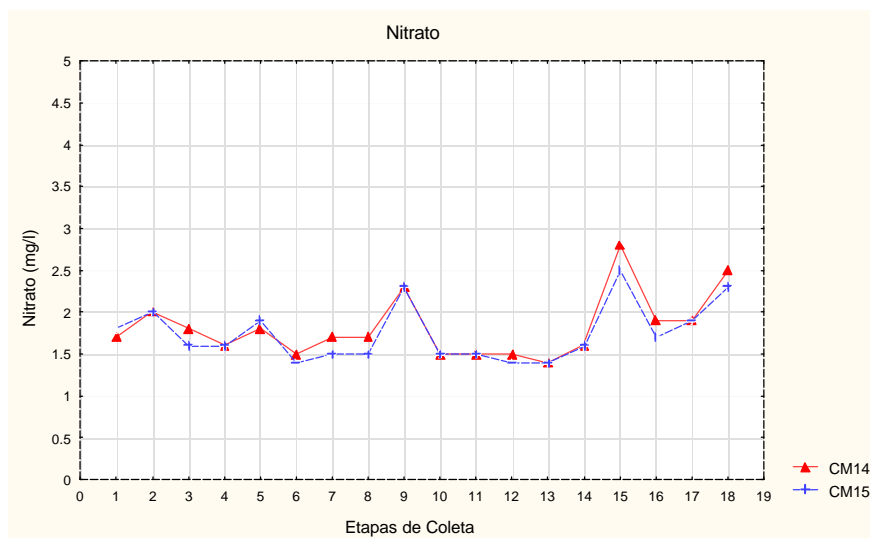


Figura 98: Valores de nitrato para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.

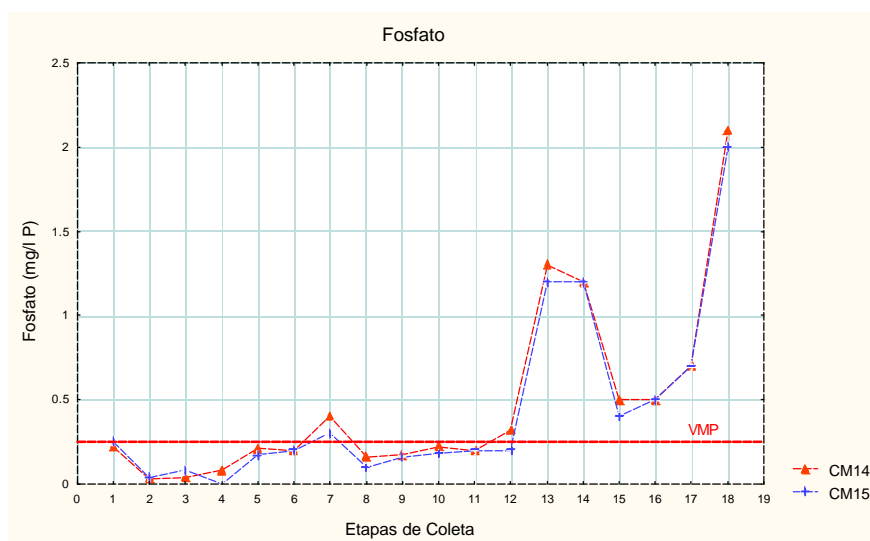


Figura 99: Valores de fosfato para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.

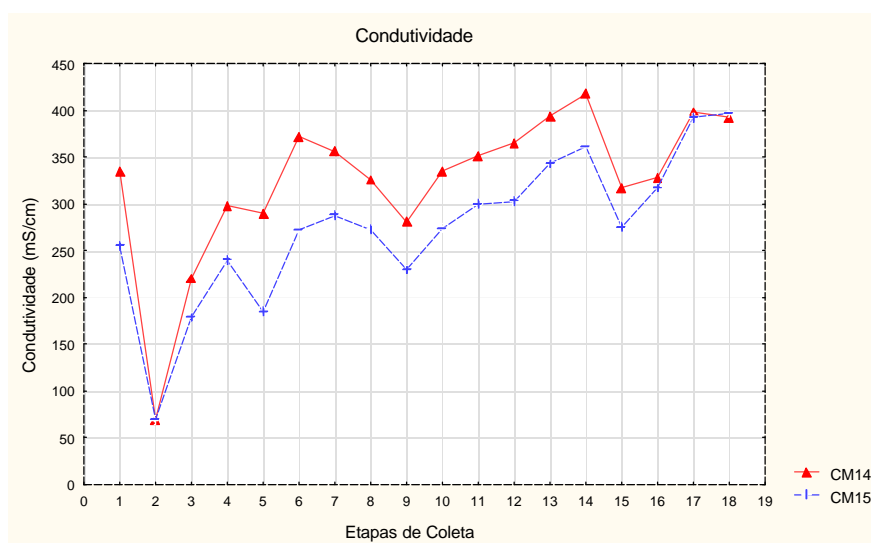


Figura 100: Valores de condutividade elétrica para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.

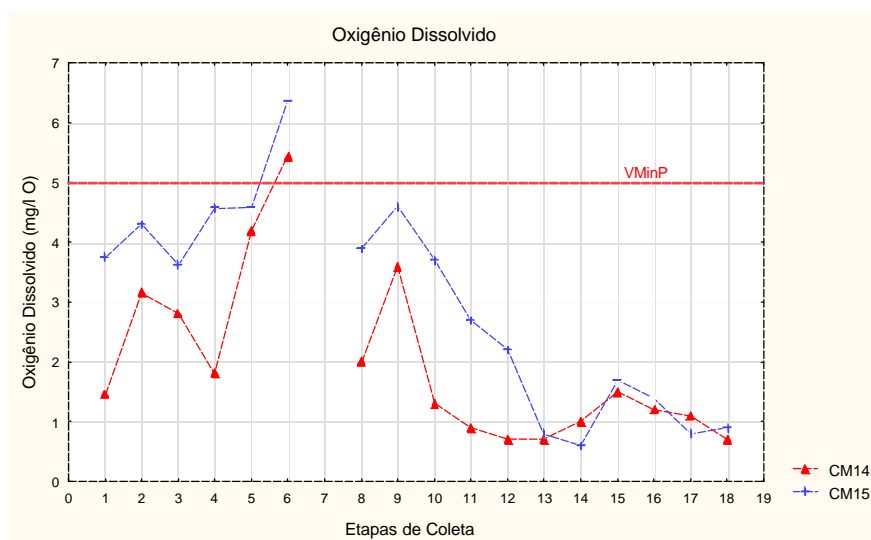


Figura 101: Valores de oxigênio dissolvido para o rio Capivari antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.

A Tabela 17 apresenta a porcentagem de variação dos parâmetros nos quais houve predomínio de redução de suas concentrações após a foz do rio Capivari-Mirim. Os valores negativos e positivos indicam redução e aumento das concentrações, respectivamente. A amônia e a condutividade apresentaram as maiores variações de concentração, com reduções de até 49%, enquanto que os valores de oxigênio dissolvido aumentaram, atingindo até 300% em alguns casos, como no mês de julho.

Tabela 17 : Porcentagem de variação dos parâmetros mensurados no rio Capivari.

Etapa de coleta	amônia (mg/l NH ₃)			nitrato (mg/l N)			fosfato (mg/l P)			oxigênio dissolvido (mg/l O ₂)			condutividade (µS/cm)		
	CM14	CM15	%V	CM14	CM15	%V	CM14	CM15	%V	CM14	CM15	%V	CM14	CM15	%V
01	5.08	2.6	-48.8	1.7	1.8	5.9	0.22	0.25	13.6	1.46	3.76	157.5	334.8	255.0	-23.8
02	2.48	1.86	-25	2.0	2.0	0.0	0.03	0.04	33.3	3.16	4.3	36.1	69.0	69.3	0.4
03	2.72	1.96	-27.9	1.8	1.6	-11.1	0.04	0.08	100	2.8	3.62	29.3	220.0	179.4	-18.5
04	4.86	2.45	-49.6	1.6	1.6	0.0	0.08	0.0	-100	1.81	4.57	152.5	298.0	240.0	-19.5
05	4.83	1.93	-60.0	1.8	1.9	5.6	0.21	0.17	-19.0	4.2	4.58	9.0	290.0	185.4	-36.1
06	7.4	4.18	-43.5	1.5	1.4	-6.7	0.2	0.2	0.0	5.44	6.37	17.1	372.0	272.0	-26.9
07	7.03	6.92	-1.6	1.7	1.5	-11.8	0.4	0.3	-25	----	----	----	356.0	288.0	-19.1
08	5.1	5.82	14.1	1.7	1.5	-11.8	0.16	0.1	-37.5	2.0	3.9	95.0	326.0	273.0	-16.3
09	2.97	4.12	38.7	2.3	2.3	0.0	0.17	0.16	-5.9	3.6	4.6	27.8	281.0	230.0	-18.1
10	7.86	5.39	-31.4	1.5	1.5	0.0	0.22	0.18	-18.2	1.3	3.7	184.6	335.0	274.0	-18.2
11	8.06	6.26	-22.3	1.5	1.5	0.0	0.2	0.2	0.0	0.9	2.7	300.0	352.0	300.0	-14.8
12	9.0	6.4	-29.5	1.5	1.4	-6.7	0.32	0.2	-37.5	0.7	2.2	214.0	365.0	303.0	-17.0
13	8.25	9.15	10.9	1.4	1.4	0.0	1.3	1.2	-7.7	0.7	0.8	14.3	394.0	344.0	-12.7
14	10.7	11.5	7.5	1.6	1.6	0.0	1.2	1.2	0.0	1.0	0.6	-40.0	418.0	361.0	-13.6
15	4.6	4.5	-2.2	2.8	2.5	-10.7	0.5	0.4	-20	1.5	1.7	13.3	317.0	275.0	-13.2
16	8.6	10.5	22.6	1.9	1.7	-10.5	0.5	0.5	0.0	1.2	1.4	16.7	328.0	318.0	-3.0
17	7.0	5.8	-17.1	1.9	1.9	0.0	0.7	0.7	0.0	1.1	0.8	-27.3	399.0	393.0	-1.5
18	11.3	8.75	-22.6	2.5	2.3	-8.0	2.1	2.0	-4.8	0.7	0.9	28.6	393.0	397.0	101.0

% V = Porcentagem de variação do parâmetro mensurado antes e após a foz do rio Capivari-Mirim.

6.4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MENSURADOS NO RIO CAPIVARI-MIRIM

Como descrito anteriormente, as estações de coleta foram selecionadas a partir dos diferentes tipos de uso e ocupação existentes na área. A localização dessas estações em microbacias com áreas distintas teve como objetivo indicar regiões diversificadas para estudos detalhados, como microbacias e sub-setores, de forma a permitir a avaliação de qual deles reflete melhor as alterações e em que trechos elas ocorrem.

A relação das estações de coleta e dos parâmetros que ultrapassaram os limites estabelecidos, apresentados na Tabela 18, tanto em valores absolutos quanto em valores relativos, demonstra que as concentrações de nitrato, de sólidos suspensos totais e de pH, bem como os valores da temperatura, estiveram dentro dos níveis admissíveis, muito embora estes apresentem tendências de variações em alguns períodos.

O fosfato apresentou-se acima dos níveis permitidos em todas as estações de coleta, em torno de 6 a 10 vezes, o que representa até 55% das etapas de coleta com valores acima dos permitidos.

As concentrações de oxigênio dissolvido ultrapassaram os níveis mínimos permitidos nos pontos 1, 4, 7, 8, 9, 11 e 12, em até 14 vezes. A condutividade elétrica esteve acima de $100\mu\text{S}/\text{cm}$ nos pontos 1, 7, 9, 10 e 11, no máximo por 6 vezes.

De modo geral foi possível constatar que a alteração de alguns parâmetros interfere diretamente no comportamento de outros. Quando as concentrações de amônia, nitrato e fosfato apresentavam-se mais elevadas, as taxas de oxigênio dissolvido encontravam-se diminuídas (abaixo de $5,0\text{ mg/l O}_2$) e os valores de material sólido em suspensão elevados.

A temperatura também mostrou-se influente no comportamento dos parâmetros avaliados. No período mais quente as taxas de oxigênio dissolvido apresentaram-se menores, devido à maior mobilização de íons presentes na água, constatada pela maior concentração de amônia, fosfato e nitrato, anteriormente citados. A condutividade elétrica também mostrou uma tendência de aumento de seus valores nos períodos mais quentes.

Tabela 18 : relação das estações de coleta e dos parâmetros mensurados que ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação.

Estação de coleta	Parâmetros															
	Amônia (mg/l NH ₃)		Fosfato (mg/l P)		Nitrato (mg/l N)		Oxigênio Dissolvido (mg/l O ₂)		Temperatura (°C)		Sólidos Susp. Totais (mg/l)		Condutividade (>100 µS/cm)		pH	
	VA	VR (%)	VA	VR (%)	VA	VR (%)	VA	VR (%)	VA	VR (%)	VA	VR (%)	VA	VR (%)	VA	VR (%)
01	2	11	10	55.5	-	-	6	37.5	-	-	-	-	4	22.2	-	-
02	1	6.6	6	37.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03	1	5.5	7	38.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	4*	25*	6	37.5	-	-	2	13.3	-	-	-	-	-	-	-	-
05	4*	22*	10	55.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	1	5.5	10	55.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	4	22	10	55.5	-	-	4	23.5	-	-	-	-	1	5.5	-	-
08	1	5.5	8	44.4	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-
09	1	5.5	6	33.3	-	-	14	82.3	-	-	-	-	6	33	-	-
10	3	16.7	8	44.4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.5	-	-
11	1	6	7	41.2	-	-	4	25	-	-	-	-	1	5.5	-	-
12	2	11	8	44.4	-	-	3	17.6	-	-	-	-	-	-	-	-
13	2	11	9	50.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VA = valor absoluto = número de vezes em que o parâmetro mensurado ultrapassou os limites estabelecidos.

VR = valor relativo = % das etapas de coleta em que o parâmetro mensurado ultrapassou os limites estabelecidos.

* : valores absolutos iguais e valores relativos diferentes indicam que não foi possível efetuar a amostragem em uma determinada estação de coleta. As tabelas com a descrição das estações de coleta, suas respectivas datas de amostragem e valores dos parâmetros analisados encontram-se no Anexo 2.

Portanto, as relações obtidas entre os parâmetros mensurados indicam que estes são influenciados, em seu comportamento, pelo efeito da sazonalidade da região. O gráfico da Figura 102 exibe o pluviograma médio mensal, acumulado para o período de 1987 a 1997 (DAEE, 1997), de duas estações localizadas próximas à sub-bacia do rio Capivari-Mirim e de uma no aeroporto de Viracopos. Nota-se que nessa região os meses mais quentes são os que apresentam as maiores taxas de precipitação. Este fato corrobora os resultados observados para a bacia do rio Capivari-Mirim, que em períodos mais quentes apresentou maior mobilização de íons, muito provavelmente associado às maiores precipitações locais e à redução das taxas de oxigênio dissolvido.

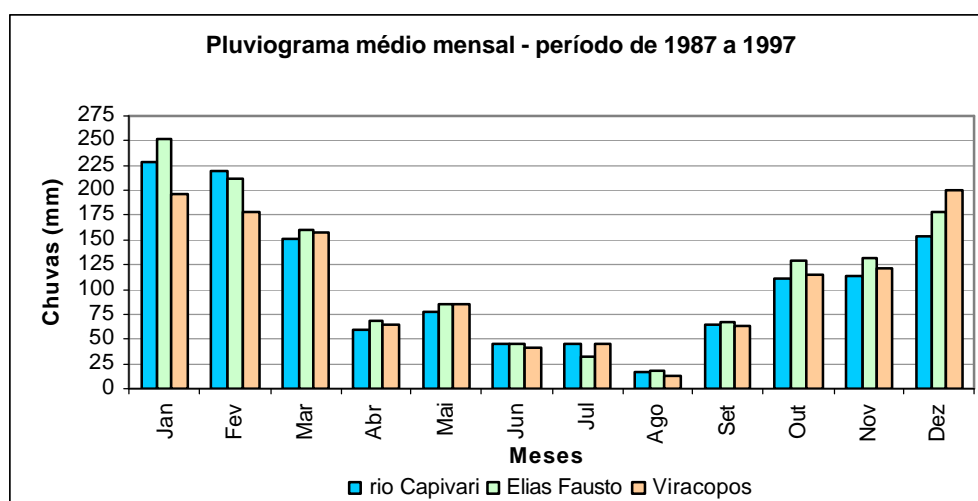


Figura 102 : pluviograma médio mensal, acumulado de 1987 a 1997, na região da sub-bacia do rio Capivari-Mirim (Fonte : DAEE, 1997).

De acordo com ITC (1996), a variação na qualidade das águas é aceita como um geoindicador pois reflete as mudanças que estão ocorrendo na superfície, em um período relativamente curto, cujos impactos são relevantes em seus sistemas naturais modificados. A padronização dos parâmetros físico-químicos da água também contribui para que esta seja aceita como um geoindicador.

A partir dessa premissa, as estações de coleta em que algum dos parâmetros mensurados ultrapassou os valores permitidos foram consideradas como áreas indicadoras de alguma alteração. À esse fato foi associada a

microbacia em que cada estação de coleta está inserida. Dentre as 13 estações de coleta analisadas, 8 encontram-se inseridas em microbacias e 5 situam-se no curso principal do rio Capivari-Mirim.

Com isso, as áreas indicadas para uma primeira avaliação e estudos mais detalhados foram as que encontram-se inseridas em microbacias. Essa indicação justifica-se pois, somente a partir da identificação das fontes de poluição e de um melhor entendimento da dinâmica hidrogeoquímica das microbacias, será possível ou não associá-las aos resultados das estações de coleta localizadas no curso principal do rio Capivari-Mirim, que, em muitos casos, situam-se após a foz de algumas destas microbacias.

Portanto, as microbacias indicadas foram as MB5, MB26, MB32, MB20 e os subsetores 14a, 14b, 20a e 20b (Figura 103). A Tabela 19 exibe a relação das microbacias/sub-setores indicados e suas respectivas estações de coleta.

Tabela 19: microbacias indicadas para estudos e respectivas estações de coleta.

Microbacia / Sub-setor	Estação de coleta
5	4 e 5
20	11
26	12
32	1
14a	7
14b	7
20a	10
20b	9

Dentre as áreas indicadas, a microbacia MB5 é a única que apresenta o predomínio de expansão urbana, principalmente de ocupações desordenadas, como periferia e favelas.

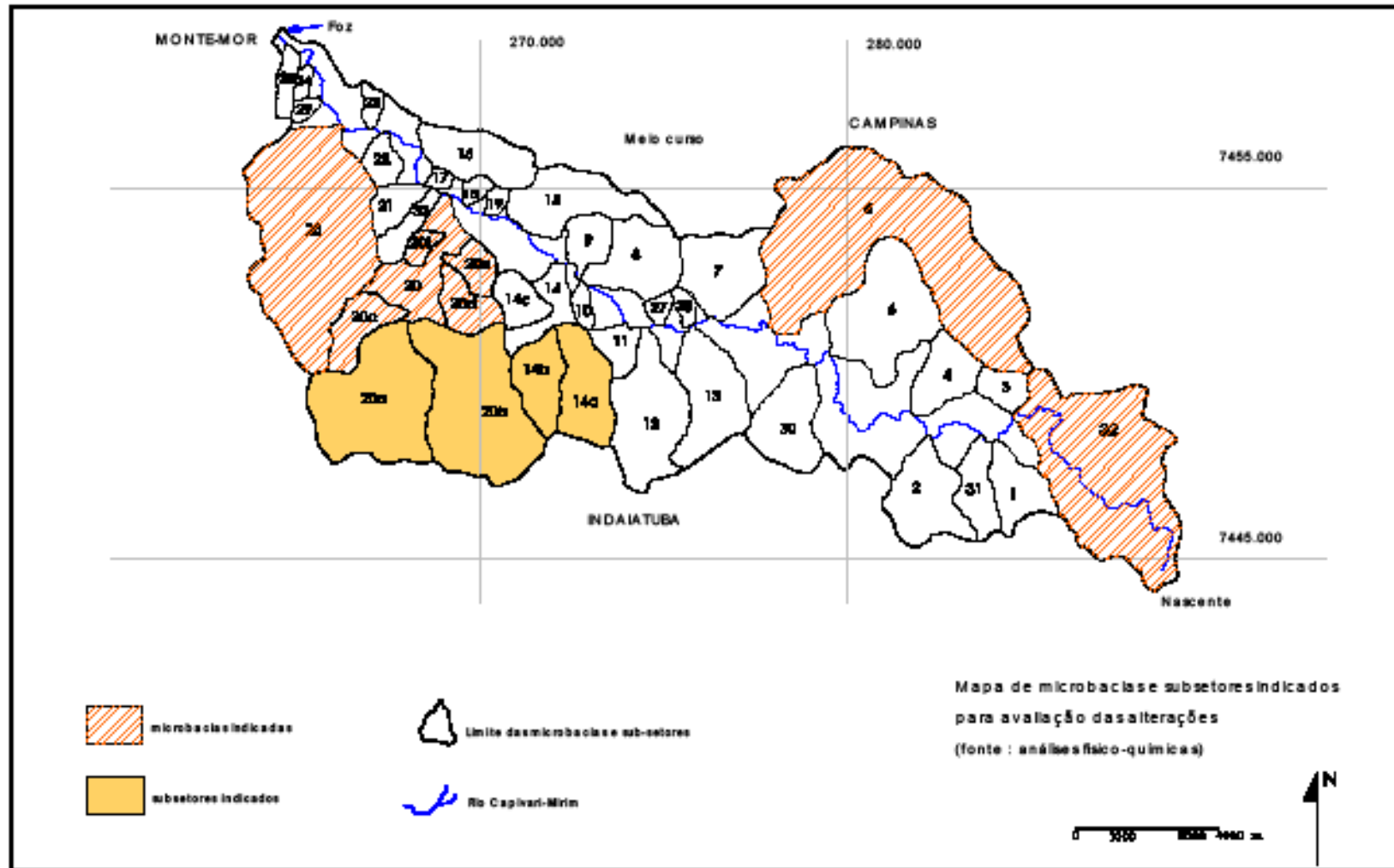


Figura 103 : Mapa de microbacias e subsetores indicados para avaliação das alterações.

As altas concentrações de fosfato e amônia registradas estão associadas, provavelmente, a esse tipo de ocupação. Essas alterações podem indicar poluição orgânica proveniente de esgotos e sistemas de fossas sépticas ineficientes.

As demais microbacias e sub-setores apresentam atividades predominantemente agrícolas. As concentrações detectadas estão associadas, muito provavelmente, à poluição por escoamento superficial oriundo das áreas adubadas (culturas diversas) e de áreas com estábulos, chiqueiros e granjas.

A estação de coleta 12 localiza-se na foz da microbacia MB26, o que torna necessário estudá-la desde a nascente para detectar as possíveis fontes e causas das alterações. Essa situação se repete para a microbacia MB32 (ponto 1).

Em relação aos sub-setores 20a e 20b, a área a ser analisada encontra-se melhor representada, visto que cada estação de coleta encontra-se imediatamente após a foz de cada sub-setor. A microbacia MB20 foi indicada pois possui uma estação de coleta em sua foz (ponto 11) e por abranger os sub-setores anteriormente citados. Os estudos dessa microbacia como um todo permitirão que sejam efetuadas comparações com seus sub-setores e avaliadas as possíveis fontes das alterações (e suas localizações) dos parâmetros mensurados.

A estação de coleta 7 localiza-se após a confluência dos sub-setores 14 a e 14b, o que também implica em avaliação dessas duas microbacias para identificação das fontes de poluição.

Portanto, os resultados obtidos nas análises das águas superficiais do rio Capivari-Mirim permitiram:

- identificar os locais cujos parâmetros mensurados ultrapassaram os níveis de concentração admissíveis pela legislação vigente;
- definir as microbacias às quais esses locais pertencem e indicar regiões para estudos mais específicos.

7. CONCLUSÕES

7.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A aplicação da proposta metodológica de COLLARES (2000) mostrou-se válida na avaliação das alterações da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim.

A análise temporal de fotografias aéreas, em um período de 23 anos, permitiu diagnosticar as alterações sofridas pela rede de drenagem das microbacias e as mudanças ocorridas nas características de uso e ocupação de seus terrenos. Portanto, o estudo comparativo das características dos terrenos em períodos distintos contribui para a compreensão dos processos e dos agentes modificadores das microbacias e torna-se uma etapa fundamental na avaliação de suas alterações ambientais.

Na caracterização morfométrica das microbacias, as variáveis *densidade de drenagem* e *densidade hidrográfica* foram as que refletiram as mudanças ocorridas na rede de drenagem.

Na análise das relações existentes entre essas variáveis e suas taxas de variação foi observado que, a declividade do terreno, o substrato rochoso, e as dimensões das microbacias e dos subs-setores exercem influência em seu comportamento.

Os valores da densidade hidrográfica e da densidade de drenagem são mais elevados nas microbacias e sub-setores com maior porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade 3 e 4 e tendem a diminuir nos trechos com maior porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade 1e 2. Esse fato corrobora as observações de CHRISTOFOLLETI (1979), de que os segmentos de ordens inferiores estão nos setores mais altos dos cursos d'água, onde as

declividades tendem a ser mais acentuadas e à medida que as áreas das microbacias aumentam incorporam-se áreas topográficas mais suaves, originando regiões com declividade mais baixa.

Em relação ao substrato rochoso, para as microbacias de composição predominantemente arenítica, os valores de Dd e de Dh apresentaram-se abaixo da média, enquanto que para as microbacias compostas predominantemente por ritmitos os valores foram acima da média.

Dentre os fatores de ordem natural e os de natureza antrópica avaliados, nota-se que, as características naturais do terreno condicionam o comportamento das microbacias frente aos processos do meio físico e controlam o avanço da ocupação humana em seus terrenos.

A atividade antrópica, por sua vez, atua como agente modificador das microbacias, que desvia, retifica, suprime e polui seus canais naturais. Além disso, altera a configuração original dos terrenos por meio de obras de médio e grande porte, como implantação e duplicação de rodovias, retaludamentos e cortes e aterros.

Para as características de uso e ocupação pode ser constatados uma tendência geral de redução das áreas de pastagens em razão do aumento de áreas com predomínio de hortifrutigranjeiros, cultivo de cana-de-açúcar e expansão de áreas urbanas.

A área com maior expansão urbana foi a da microbacia MB5, com uma taxa de 55,5%, desencadeada pela expansão da periferia de Campinas, pela duplicação da rodovia Santos Dumont e de um novo traçado de ferrovia, além de obras de retaludamento e de ampliação do aeroporto internacional de Viracopos, e de atividades de mineração, com cavas à céu aberto, atualmente abandonadas, sem recuperação do terreno.

A região que apresentou a maior expansão urbana e de condomínios de chácaras corresponde ao eixo Campinas-Indaiatuba com predomínio de extensas áreas compostas por relevo de colinas amplas e topos aplainados. As ocupações desordenadas (favelas) implantadas nesse trecho localizam-se preferencialmente nas porções mais íngremes dos terrenos e às margens de rodovias e de uma estrada vicinal.

Nas microbacias com expansão de atividades agrícolas e alterações *muito significativas* e *significativas* há o predomínio de hortifrutigranjeiros e cultivo

de cana-de-açúcar. O manejo agrícola inadequado, com remobilização de solo, principalmente nas áreas de nascente e de cultivo de cana-de-açúcar, pode estar contribuindo para as alterações nas variáveis morfométricas, a partir do recobrimento de canais primários naturais.

Com relação à influência das dimensões das microbacias e dos sub-setores foi observada a tendência típica de comportamento descrita por HORTON (1945) e CHRISTOFOLLETI (1979), de que bacias de menor porte e grau hierárquico maior tendem a apresentar valores de densidade de drenagem mais elevados.

A compartimentação da bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim em classes de microbacias, efetuada de modo empírico, a partir da seleção das faixas de valores em relação as áreas obtidas, permitiu subdividi-la em 4 classes. É importante ressaltar que, para a escala de trabalho adotada, as microbacias com áreas inferiores a 5 Km² e de ordem 3 foram as que apresentaram as maiores alterações, com exceção das microbacias MB5 e MB8.

A subdivisão das microbacias da classe D em sub-setores demonstrou que, na maioria dos casos, estes apresentam áreas superiores às microbacias da classe A e poderiam ser reconsiderados quanto às classes de microbacias definidas, muito embora as alterações registradas também tenham ocorrido preferencialmente em áreas inferiores a 5 Km² e em microbacias de ordem 3.

A compartimentação da sub-bacia do rio Capivari-Mirim em classes de microbacias e em sub-setores permitiu subdividi-la em 38 unidades físicas de estudo para avaliação das alterações. Entretanto, os resultados obtidos demonstraram que as alterações ocorreram preferencialmente em microbacias de ordem 3.

A partir desta constatação, verifica-se que, para a escala de trabalho adotada as microbacias de terceira ordem podem refletir melhor as alterações ocorridas na rede de drenagem do que a compartimentação em classes e sub-setores.

Para a sub-bacia do rio Capivari-Mirim, a adoção da bacia de terceira ordem como critério de avaliação das alterações na rede de drenagem implica em um aumento de 38 para 70 unidades físicas de estudo submetidas à análise. Isso significa um melhor detalhamento no diagnóstico da bacia e um maior refinamento da avaliação das alterações. Portanto, as microbacias de terceira ordem podem ser consideradas como as unidades físicas básicas de estudo, quando efetuadas avaliações de alteração em escala 1:25. 000, pois serão nessas áreas, preferencialmente, que as modificações na rede de drenagem estarão ocorrendo.

As variáveis morfométricas *densidade de drenagem* e *densidade hidrográfica* refletem de forma efetiva as mudanças ocorridas na rede de drenagem das microbacias. Esta afirmação pode ser constatada pela análise do gráfico da Figura 104, onde estão compilados os resultados obtidos por COLLARES (2000), SILVA (2000), além dos resultados obtidos neste trabalho.

Cabe ressaltar que os autores anteriormente citados analisaram bacias hidrográficas distintas e aplicaram a proposta metodológica de COLLARES (2000) em escalas diferentes. A análise efetuada por COLLARES (2000), para a bacia hidrográfica do rio Capivari, foi regional, abrangendo desde microbacias de ordem 3 até ordem 6. SILVA (2000), avaliou as alterações sofridas na rede de drenagem da sub-bacia do ribeirão Piçarrão, por meio de análise mais detalhada, utilizando as microbacias de ordem 3 como critério de avaliação.

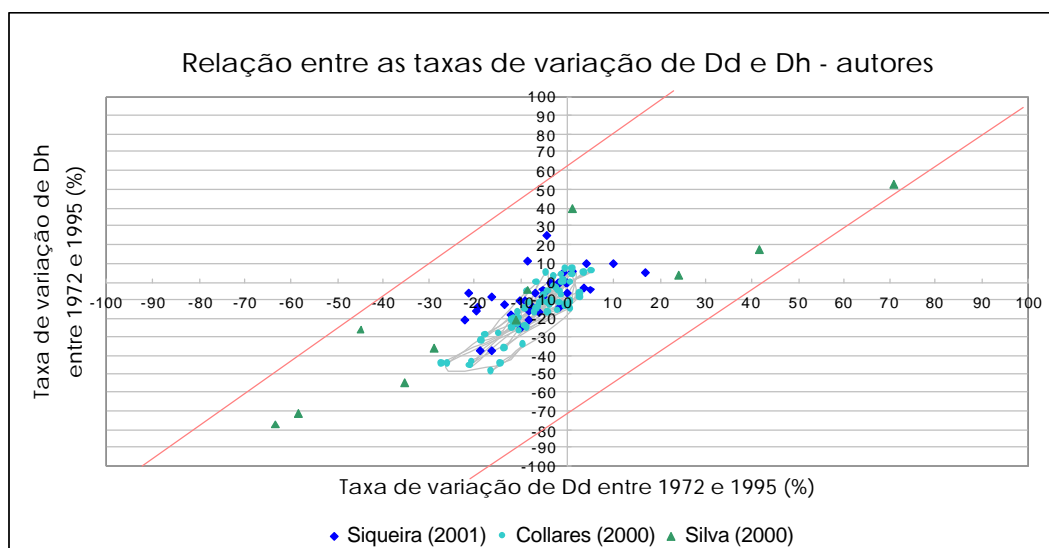


Figura 104 : relação entre as taxas de variação da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica, entre 1972 e 1995, obtidas por diferentes autores.

Nesta figura destaca-se uma faixa que correlaciona a variação dos valores da densidade de drenagem e da densidade hidrográfica, entre 1972 e 1995, as quais apresentam-se dispostas segundo dois quadrantes, que podem ser associados aos processos geradores dessas alterações.

As reduções nos valores dessas variáveis estão associadas às alterações induzidas ao meio físico, ou seja, associam-se, principalmente, aos “processos antropogênicos” advindos da urbanização e sua expansão. Processos como a canalização e a retificação de cursos d’água, a implantação e a duplicação de rodovias e obras do tipo corte e aterro promovem a desestruturação da configuração original da rede de drenagem, suprimindo seus canais naturais e diminuindo seu comprimento total. Outros processos contribuem para essas alterações, como a retirada da cobertura vegetal e a exposição do solo, além da substituição dessas áreas por matas capoeiras, por atividades agrícolas e pela implantação de condomínios e chácaras. Esse tipo de alteração nas variáveis Dd e Dh pode ser correlacionado ao quadrante 3 do gráfico da Figura 104.

O aumento nos valores das variáveis Dd e Dh pode estar associado tanto às alterações naturais quanto àquelas induzidas ao meio físico. Associa-se aos processos de erosão e assoreamento, desencadeados pelo manejo agrícola inadequado, pelo pisoteio de gado, assim como pela susceptibilidade natural

dos terrenos a esses processos, que contribuem para a formação de ravinas e para o surgimento de novos canais de escoamento superficial. Além disso, a perda de canais de ordem 1 e 2, principalmente, e a conseqüente diminuição da ordem hierárquica de uma determinada microbacia também contribui para esse fato. Essa microbacia, que individualmente sofreu perdas em suas variáveis morfométricas, passa a integrar uma nova microbacia, de ordem hierárquica superior. Ou seja, ocorre uma agregação de microbacias e, conseqüentemente, um aumento na área, no número e comprimento de canais, quando analisada a nova microbacia formada. Esses tipos de alterações nas variáveis Dd e Dh podem ser correlacionados ao quadrante 1 do gráfico da Figura 104.

7.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

As análises físico-químicas das águas superficiais do rio Capivari-Mirim possibilitaram a identificação dos locais cujos parâmetros mensurados ultrapassaram os níveis de concentração admissíveis pela legislação vigente e a indicação de regiões para estudos que conduzam ao entendimento do comportamento hidrogeoquímico das microbacias e à identificação das causas das anomalias.

As estações de coleta cujos parâmetros mensurados ultrapassou um maior número de vezes os valores permitidos localizam-se predominantemente em áreas agrícolas, com exceção das estações 4 e 5, localizadas na microbacia do córrego Viracopos, em processo de expansão urbana. Por conseguinte, os parâmetros amônia e fosfato foram os que mais apresentaram concentrações acima do permitido. Em contrapartida, a concentração de nitrato esteve cerca de 60% abaixo do valor máximo permitido. Contudo foi possível observar uma tendência de aumento da concentração de nitrato em algumas estações de coleta, as quais, associadas aos resultados dos outros parâmetros, correspondem às regiões com anomalias.

Foi possível constatar que a alteração de alguns parâmetros interfere diretamente no comportamento de outros, assim como estes são influenciados pelo efeito da sazonalidade da região. Nos períodos de janeiro a março e novembro a dezembro, com maiores precipitações (Figura 102), as

concentrações de amônia, fosfato e nitrato apresentavam-se mais elevadas e as taxas de oxigênio dissolvido diminuídas (abaixo de 5,0 mg/l O₂).

Embora os parâmetros avaliados no rio Capivari-Mirim sejam insuficientes para o cálculo do índice de qualidade da água, os resultados obtidos nas estações de coleta 14 e 15 demonstraram que a água proveniente do rio Capivari-Mirim apresenta-se em melhores condições que a do rio Capivari, e que aquela contribui para a melhoria da água deste rio. Apesar da maioria dos parâmetros mensurados nessas estações apresentarem-se acima dos valores permitidos pela legislação, observou-se que, após a foz do rio Capivari-Mirim, estes tendem a melhorar suas concentrações.

As áreas indicadas para estudos mais detalhados correspondem às estações de coleta inseridas em microbacias, cuja hierarquia fluvial dos canais varia de ordem 4 a 5. Tal fato justifica-se pois, somente a partir da identificação das fontes de poluição e de um melhor entendimento da dinâmica hidrogeoquímica das microbacias, será possível identificar em quais de seus trechos estão ocorrendo as alterações físico-químicas e se estes pertencem à microbacias de ordens inferiores. A partir disso será possível avaliar os resultados das estações de coleta do curso principal do rio Capivari-Mirim, que situam-se após a foz de algumas destas microbacias.

Portanto, o estudo das alterações ocorridas na sub-bacia do rio Capivari-Mirim aplicando a proposta metodológica de COLLARES (2000), por meio da caracterização morfométrica e de análises de parâmetros físico-químicos da rede de drenagem, mostrou-se um procedimento válido e adequado para fins de avaliação ambiental do meio físico em microbacias hidrográficas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. L. (1994). Análise do mapeamento geotécnico nos processos de gestão ambiental. (Revisão Bibliográfica). SGS/EESC/USP.
- ALBRECHT , D. R. (1992). Cobrança pelo uso das águas na Bacia do Rio Ruhr. *In*: Articulação Institucional e Instrumentos de Gestão (Tema 3). Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE, FUNDAP. p. 107-118.
- ALBRECHT , D. R. (1992). Gerenciamento de recursos hídricos na bacia do rio Ruhr . *In*: Gerenciamento de Bacias Hidrográficas - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE, FUNDAP. p. 49-56.
- AMARAL , H. K. (1993). Princípios de gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas. *In*: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 48-62.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (1989). Norma: degradação do solo. Terminologia (NC 10.703).
- ASSUNÇÃO, J. V. (1995). Critérios para estudo prévio de impacto ambiental. Importância. *In*: TAUKE-TORNISIELO, S. M. ; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (eds) (1995) . Análise ambiental : uma visão multidisciplinar. 2ed. ver. e ampl. São Paulo, ed. UNESP, p.73-76.

- AVERETT, R. C. & McKNIGHT, D. M. (1987). *Chemical quality of water and the hidrologic cicle* - Lewis Publishers, Inc. , USA , 382p.
- BACHION, M. L. (1997). Mapeamento geotécnico das áreas urbanas da região sudoeste do Município de Campinas – SP, escala 1:25.000. 2v. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos ,USP. São Carlos, SP.
- BATALHA, B. H. L. & PARLATORE, A . C. (1993) . Controle da qualidade da água para consumo humano - Bases conceituais e operacionais - SP, CETESB , 198 p.
- BATALHA, B. H. L. (1989). Padrões de qualidade da água para consumo humano. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE CONTROLE AMBIENTAL E SEGURANÇA EM MINERAÇÃO, São Paulo, 1989, *editado pela EPUSP*, p. 223-239.
- BERGER, A. R. (1997). *Assessing rapid environmental change using geoindicators. Environmental Geology*, 32(1):36-44.
- BIDÓIA, E. D.; BRITO, I. R. C.; ANGELIS, D. F. (1997). A presença de NaCl introduzindo toxidade nas águas residuárias. In : MARTOS, H. L. & MAIA, N. B.(coords) (1997). Indicadores Ambientais. Sorocaba, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS/PUC, p.121-129.
- BITAR, O. Y. & BRAGA, T. O. (1995). O meio físico na recuperação de áreas degradadas. In: BITAR, O. Y. , coord. (1995) .Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo – ABGE/IPT, p. 165-180.
- BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. E. (1998). Gestão ambiental. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A., coords (1998) . Geologia de Engenharia, São Paulo: ABGE, p.499-508.
- BLACK, P. E. (1991). *Watershed hidrology* - Prentice Hall , New Jersey , USA. , 408 p.
- BONILLA, E. V. (1992). *La cuenca del rio Bogota – Colombia* . In: Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE, FUNDAP. p. 57-64.
- BOOM, P. J. , CALOW, P. , PETTS, G. E. (ed.), (1992). *Rivers consevation and management*. John Wiley & Sons ed., 470 p.
- BRANCO, S. M. (1972). Poluição – A morte de nossos rios. Rio de Janeiro: Ed. Ao Livro Técnico AS, 157p.
- BRANCO, S. M. (1991). A água e o homem. In : PORTO, R. L.(org.) Hidrologia ambiental. São Paulo, ABRH/EDUSP, p.3-26.
- CALOW, P. & PETTS, G. (1992). *The rivers handbook. Hidrological and ecological principles*. Blackwell Science. Vol. 1.

- CARNESECA , L. F. (1998). O sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos no Estado de São Paulo - Revista Águas e Energia Elétrica , Out/98 - <http://www.geocities.com/CapitolHill/Senate/6505> (Janeiro/1999).
- CHRISTOFOLETTI , A . (1969). Análise morfométrica das bacias hidrográficas. Not. Geomorfológica, Campinas, 9(18) : 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI , A . (1974). Geomorfologia - Ed. Edgar Blucher Ltda , SP.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1979). A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. *Geografia*. V. 4, n. 8, p. 23-42.
- CHRISTOFOLETTI , A . (1991). Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento. In : TAUKE, S. M. (org). Análise ambiental : uma visão multidisciplinar. São Paulo : UNESP, 1991.
- CHRISTOFOLETTI , A . (1992). Zoneamento geoambiental para o uso do solo rural e urbano na bacia do rio Corumbataí (SP). *In: A Bacia do Rio Corumbataí e sua importância para os municípios da região (Tema 5) - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE, FUNDAP. p. 171-176.*
- CHRISTOFOLETTI, A. & FONSECA, V. (1996). Bacias hidrográficas como unidade de estudo. *In: ANAIS DO II WORKSHOP DO PROJETO PIRACENA : A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDOS. ESTRUTURA E PROCESSOS. Coordenado por Epaminondas S. B. Ferraz , CENA, Piracicaba, SP, p.171-175.*
- COLLARES, E. G. (1996). Degradação ambiental: bases conceituais, análise e avaliação. Revisão Bibliográfica. Escola de Engenharia de São Carlos /USP. São Carlos, 104p.
- COLLARES, E. G. (2000). 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. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2v.
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) (1991) Projeto Integração Geológica da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório de Integração Geológica. V.1. Textos e Anexos.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) – (1978). Análise físico-químicas de águas- transferência de tecnologia. Normatização Técnica – Saneamento Ambiental. NT07.
- CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI .(1992). Programa de investimentos para recuperação e proteção das bacias dos rios Piracicaba e Capivari. Relatório para identificação. Governo do Estado de São Paulo, 98p.
- COORDENADORIA DE AÇÃO REGIONAL (1979) – Divisão de Geografia do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, folhas topográficas, escala 1:10.000. Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo.

- CORSON, W. H. (1993). Manual global de ecologia: o que você precisa saber a respeito da crise no meio ambiente. Trad. de A. G. Camaru. São Paulo, Augustus, 413p.
- COSTA E SILVA , R. J. (1993). Instrumentos de política de recursos hídricos na lei de proteção de mananciais. *In: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 34-47.*
- CSUROS , M. (1994). *Environmental sampling and analysis for technicians* -Lewis Publishers, 320 p.
- CUNHA, M. A. & CONSONI, A. J. (1995) – Os estudos do meio físico na disposição de resíduos. *In : BITAR, O. Y., coord. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo, ABGE/IPT, p.217-227.*
- DAVIS, J. C. (1986). *Statistics and data analysis in geology*. 2 ed. USA. John Wiley & Sons.
- DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (1997) - Bano de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. CD ROM.
- DE JORGE, F. N. & UEHARA, K. (1998). Águas de superfície. *In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A., coords (1998) . Geologia de Engenharia, São Paulo: ABGE, p.*
- DOMINGUES, T. F.; CAMARGO, P. B. de; KRUSCHE, A. V.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L. (1996). Monitoramento dos corpos d'água de uma usina de açúcar e álcool e suas implicações em bacias hidrográficas. *In: ANAIS DO II WORKSHOP DO PROJETO PIRACENA : A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDOS. ESTRUTURA E PROCESSOS, Coordenado por Epaminondas S. B. Ferraz , CENA, Piracicaba, SP, p.106-109.*
- DUNNE , T. & LEOPOLD , L.B. (1995). *Water in environmental planning* - W. H. Freeman and Company, N.Y. , USA. 818 p.
- E. A. (1992). Classifying remotely sensed data for use in an agricultural nonpoint-source pollution model. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 4, n. 2, p. 179-183.
- ESPINOSA, H. R. M. (1993). Desenvolvimento e meio ambiente sob nova ótica. *Ambiente – Revista CETESB de tecnologia*, v.7, n. 1, p.40-44.
- FELLENBERG , G. (1980). Introdução aos problemas da poluição ambiental - EDUSP , USP, SP. 196 p.
- FONTES, A. L. (1997). Caracterização geoambiental da bacia do rio Japaratinga (SE). Rio Claro, 298p. Tese (Doutorado) – IGCE, Universidade Estadual Paulista.

- FORNASARI FILHO, N. & BITAR, O. Y. (1995). O meio físico em estudos de impacto ambiental – EIA . *In*: BITAR, O. Y. , coord. - Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo – ABGE/IPT, p. 151-162.
- FORNAZARI FILHO N., coord. (1992). Alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo, IPT, 162p. (IPT, publicação 1972; Boletim 61).
- FRANK, B. (1995). Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes. Florianópolis, SC. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina.
- GALLEMBECK, T. M. B. (1997). O Complexo múltiplo, centrado e pluriserial Itu – SP. Tese (Doutorado)- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 2v.
- GANZELI , J. P. - 1993 - A política estadual de recursos hídricos - Lei 7663/91. *In*: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 63-70.
- GOODCHILD , M. F. ; PARKS , B. O. ; STEYAERT , L. T. (1993). *Environmental modeling with GIS* - Oxford University Press, 488 p.
- GRECCHI, R. C. (1997). Estudos geoambientais. Revisão Bibliográfica. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 70p.
- GRECCHI, R. C. (1998). Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento. São Carlos, 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GUIMARÃES , G. G. & GOMES , M. C. A. A. (1993). Sistema integrado de fiscalização - SOS Mananciais - Guarapiranga . *In*: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 84-97.
- GUIMARÃES , P. C. V. (1993). Financiamento para gestão da política estadual de recursos hídricos. *In*: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 71-83.
- HEWITT , C. N.(1991). *Instrumental analysis of pollutants* - *Environmental management Series* - editors : CAIRNSJRN , J. & HARRISON , R. M. - Elsevier Applied Science , Chapman & Hall , 367 p.
- IBAMA (1995). Diretrizes de pesquisa aplicada ao planejamento e gestão ambiental - Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis , Brasília. Coleção Meio Ambiente , 101 p.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) (1981). Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000. São Paulo. 2v. (IPT monografias 6).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) (1998) Seleção preliminar de áreas para disposição de resíduos sólidos na Região Metropolitana de Campinas, SPI. *In*: 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. Florianópolis, ABGE.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) (1999) Seleção de áreas para tratamento e disposição final de resíduos industriais e domésticos na Região Metropolitana de Campinas, SP. São Paulo, Relatório Técnico, 7 mapas.
- INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AEROSPATIAL SURVEY EARTH SCIENCE – (ITC) (1996). *Tools for assessing rapid environmental changes – The 1995 geoindicador checklist*. Netherlands, publ. N.46.
- INVI , R.(1992). Estudos e propostas de cobrança pelo uso das águas no Estado de São Paulo. *In*: Articulação Institucional e Instrumentos de Gestão (Tema 3). Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI , DAEE , FUNDAP. p. 119-130.
- ISEMBURG , A. A. (1992). Sistemas de tratamento de esgotos do município de campinas. *In*: Aspectos dos Contextos Municipais e Regionais (Tema 1) - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE, FUNDAP. p. 11-16.
- JAKUBAUSKAS, M. E.; WHISTLER, J. L.; DILLWORTH, M.E.;MARTINKO, E. A. (1992). Classifying remotely sensed data for use in an agricultural nonpoint- source pollution model. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 4, n. 2, p. 179-183.
- KEMMER , F. N. (1988). *Water chemistry and interpretation of water analyses - In: The NALCO Water Handbook* , McGrall Hill Company, 2d edition, p. 4.1-4.29.
- KEMMER , F. N. (1988). *Water contaminants : occurrence and treatment - In: The NALCO Water Handbook* , McGrall Hill Company, 2d edition, p. 6.1-6.28.
- KONHAUSER, K. O., POWELL, M. A., FYFE, W. S., LONGSTAFFE, F. J., TRIPATHY, S. (1997). *Trace element chemistry of major rivers in Orissa State, India. . Environmental Geology*, 29 (1/2):132-141.
- LANNA , E . L. (1995). Gerenciamento de bacia hidrográfica - Aspectos conceituais e metodológicos. Brasília , Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Coleção Meio Ambiente, 171 p.
- LAROCQUE, A . C. L. & RASMUSSEN, P. E. (1998). *An overview of trace metals in the environment, from mobilization to remediation. Environmental Geology*, 33 (2/3):85-91.

- LEONI, L. & SARTORI, F. (1997) . *Heavy metal and arsenic distributions in sediments of the Elba-Arentario basin, southern Tuscany, Italy. Environmental Geology*, 32 (2):82-92.
- MACHADO , P. A. L.(1988). *Direito ambiental brasileiro* – SP, Ed. Malheiros, 7ª ed., 894 p.
- MANAHAN, S. E. (1994). *Environmental chemistry*. Lewis Publishers. 6th ed., 811p.
- MONOSOWSKI, E. (1991). Avaliação de impacto ambiental na perspectiva do desenvolvimento sustentável. *In: SÁNCHEZ, L. E., (coord. tec). SIMPÓSIO AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS*, São Paulo, 1991, editado pela EPUSP, 1993, p.3-10.
- MONTICELI , J. J. (1992). Atuação do consórcio intermunicipal das bacias dos rios Piracicaba e Capivari . *In: Aspectos dos Contextos Municipais e Regionais (Tema 1) - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE , FUNDAP. p. 3-9.*
- MONTICELI , J. J. (1993) A gestão descentralizada de recursos hídricos, saneamento e meio ambiente no Estado de São Paulo - 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA - Poços de Caldas, MG – ABGE - vol. 2, p. 275-281.
- MONTICELI , J. J.(1993). Modelos de gestão de recursos hídricos - Consórcio Intermunicipal . *In: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 98-111.*
- MOTA , S. (1997). *Introdução à engenharia ambiental - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES - RJ, 1ª ed. , 292 p.*
- NEGRI, B. (1992). Urbanização e demanda de recursos hídricos na bacia do rio Piracicaba no Estado de São Paulo. *In: Aspectos dos Contextos Municipais e Regionais (Tema 1) - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE , FUNDAP. p.27-40.*
- NUCCI , N. L. R. (1993). Aproveitamento dos recursos hídricos na região metropolitana de São Paulo. *In: Política e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente , Coordenadoria de Educação Ambiental - Governo do Estado de São Paulo - Série Seminários e Debates , p. 9-33.*
- OKA-FIORI, C. & CHRISTOFOLETTI, A. (1980). O uso da densidade de rios como elemento para caracterizar as formações superficiais. *Not. Geomorfológica, Campinas, 20 (39-40) : 73-85, 1980.*
- OLIVEIRA , A. M. S. ; BITAR , O. Y. ; FORNASARI FILHO, N.(1995). Geologia de engenharia e meio ambiente. *In: BITAR, O. Y. , coord. (1995). Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo – ABGE/IPT, p. 5-14.*

- PÁDUA, H. B. (1997). Variáveis físicas, químicas e biológicas para caracterização das águas em sistemas abertos. *In* : MARTOS, H. L. & MAIA, N. B.(coords) (1997). Indicadores Ambientais. Sorocaba, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS/PUC, p.89-98.
- PALMA, J. B. (1998). Métodos de "clean-up": importância do meio físico. (Revisão Bibliográfica). SGS/EESC/USP.
- PARR, W. (1992). *Water monitoring*. *In* : CALOW, P. & PETTS, G. *The rivers handbook. Hydrological and ecological principles*. Blackwell Science. Vol. 1.
- PIRES, J. S. R. & SANTOS, J.E. (1995). Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. *Ciência Hoje*, v. 19, n. 110, p. 40-45.
- PIRES NETO, A. G. (1996). Estudo Morfotectônico das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí e áreas adjacentes ao Planalto Atlântico e Depressão Periférica. Proj. CNPq nº 150011/94-6, IGCE-UNESP, Rio Claro, 71p.
- PORTO, M.F.A.; BRANCO, S. M.; LUCA, J.S. (1991). Caracterização da qualidade da água. *In*: PORTO, r. l. *org. Hidrologia ambiental*. São Paulo, ABRH/EDUSP. p. 27-66.
- PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIS, N. C. (1995). Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. *In* : BITAR, O. Y., coord. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo, ABGE/IPT, p.189-200.
- PROCHNOW , M. C. R. (1990). Análise ambiental da sub-bacia do rio Piracicaba : subsídios ao seu planejamento e manejo. Rio Claro - SP - Tese (Doutorado). IGCE, UNESP , 330 p.
- PROCHNOW , M. C. R. (1992). Problemas e impactos urbanos e agrícolas. *In*: A bacia do rio Corumbataí e sua importância para os municípios da região (Tema 5). Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE , FUNDAP. p. 165-170.
- PRODEMGE/FEAM (1998). Navegando pelas águas. Informações de Recursos Hídricos. Governo do Brasil, Ministério do Meio Ambiente. <http://hidricos.prodemge.gov.br/index.htm> , (Janeiro/1999).
- RAMESH, V; KUMAR, K. S; ESWARAMOORTHY, S; PURVAJA, G. R. (1995). Migration and contamination of major and trace elements in groundwater of Madras City, India. *Environmental Geology* , v. 25, p.126-136.
- SAITO, L; GRIGG, N. S; WARD, R.C. (1994). Water-quality data management: survey of corrent trend. *Journal of Water resources Planning and Management* , v. 120, n. 5, p. 587-612.
- SALOMÃO , F. X. T. & IWASA, O. Y. (1995). Erosão e ocupação rural e urbana. *In* : BITAR, O. Y., COORD. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo, ABGE/IPT, p.31-57.

- SCHUMM , S. A. (1977). *The Fluvial Sistem* - John Wiley & Sons ed. , 334 p.
- SILVA, S. F. (2000). *Avaliação das alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Piçarrão, Campinas – SP. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2v.*
- SIMÕES, S. J. C. (1997). A dinâmica dos sistemas e a caracterização de geoindicadores. *In* : MARTOS, H. L. & MAIA, N. B.(coords) (1997). *Indicadores Ambientais*. Sorocaba, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS/PUC, p. 59-70.
- SINGH , V. P. (ed.) (1982). *Applied Modeling in Catchment Hidrology*. Water Resources Publications - Book Craftens , USA. , 563 p.
- TIENDUC, N. (1992). O princípio francês da gestão das águas e a experiência da Agência de Água Sena-Normandia (Seine-Normandie). *In*: Gerenciamentos de Recursos Hídricos (Tema 2) - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE , FUNDAP. p. 41-48.
- TOMMASI, L. R. (1994). *Estudo de impacto ambiental*. São Paulo, CETESB : terragraph artes e informática, 354p.
- TROPPEMAYER , H. (1992). Características naturais e sócio-econômicas. *In*: A Bacia do Rio Corumbataí e sua importância para os municípios da região (Tema 5) - Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Etapa Piracicaba: ATAS CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA E CAPIVARI, DAEE , FUNDAP. p. 161-164.
- USEPA (1998). *An Introduction to water quality monitoring* - *In*: *Monitoring water quality* - <http://www.epa.gov/owow/monitoring/monintro.html> , (Janeiro/1999).
- VALENTE, A . L. S. (1996). Uma metodologia para determinação de áreas de risco através de geoprocessamento e sensoriamento remoto. *In* : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Salvador, 1996. Anais. Salvador, Bahia.
- VILLALBA, M; ROSA, F. J. B; RODRIGUEZ, M. T.; SÁNCHEZ, J. C. J. (1995). Hydrochemical study of an aquifer system in an agricultural area in South West Spain. *Water Research*, v. 29, n.5, p. 1361-1372.
- WARD , A. D. & ELLIOT , J. W. (ed.) (1995). *Environmental hidrology* - Lewis Publishers, USA , 462 p.
- WRANIC, A . D; HROMADKA, T. V; SAINT, P. K. (1994). Pollutant Loadings generated by nonpoint sources in the Santa Monica Bay drainage basin: a case study. *Water Resource Management*, v. 8, p. 327-343.
- YOSHINAGA, S.; FERNANDES, A.J.; NOGUEIRA, S.A.A.; HASSUDA, S.; PIRES NETO, A.G..1995. Subsídios ao planejamento territorial de Campinas e aplicação

da abordagem de tipos de terreno. *In*: CONG. BRAS. GEOL. ENGENHARIA. 6. Salvador. ABGE.

ZABEL, T. F. (1993). *Diffuse sources of pollution by heavy metals. Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, v.7, p.513-520.

ZUQUETTE, L. V. (1987). Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. São Carlos. 3v. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos USP. São Carlos.

ZUQUETTE, L. V. (1993). Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico : fundamentos e guia para elaboração. Livre Docência. 2v. Escola de Engenharia de São Carlos USP. São Carlos.

Anexos

Anexo 1 : Mosaicos de fotografias aéreas da sub-bacia do rio Capivari-Mirim para os anos de 1972 e 1995 e exemplo de pares estereoscópicos de algumas sub-bacias da área.

Anexo 2 : Análise Morfométrica.

Anexo 3 : Análise Físico – Química.

Anexo 1 - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP / Uso e Ocupação - continuação 1

MB22-72	80			20		
MB22-95		12	33,5	54,5		
MB22-Dif	-80	12	33,5	34,5		
MB23-72	43,6	7,3	49,1			
MB23-95	100					
MB23-Dif	56,4	-7,3	-49,1			
MB24-72	87,5	12,5				
MB24-95	48,5		51,5			
MB24-Dif	-39	-12,5	51,5			
MB25-72	90	10				
MB25-95	66,7	31	2,3			
MB25-Dif	-23,3	21	2,3			
MB27-72	30,4			69,5		
MB27-95	28,3	4,3		67,4		
MB27-Dif	-2,1	4,3		-2,1		
MB28-72	54,2			45,8		
MB28-95	56,3	12,5		31,2		
MB28-Dif	2,1	12,5		-14,6		
MB29-72	100					
MB29-95	32,4	67,6				
MB29-Dif	-67,6	67,6				
MB33-72	43,6	52		4		
MB33-95	4	74,2		20,3		
MB33-Dif	-39,6	22,2		16,3		

Uso e Ocupação - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP - continuação 2

MICROBACIA	Pastagem / Capoeira (%)	Hortifruti (%)	Cana (%)	Mata / Reflorestamento (%)	Expansão Urbana (%)	
					O. P. A.	O. M. A
MICROBACIAS - CLASSE B						
MB4-72	75,7	23,8				
MB4-95	84,6					14,8
MB4-Dif	8,9	-23,8				14,8
MB16-72			100			
MB16-95			100			
MB16-Dif			0			
MICROBACIAS - CLASSE C						
MB6-72	80	15		3	2	
MB6-95	45,5	15,5			15	23
MB6-Dif	-34,5	0,5		-3	13	23
MB7-72	31,4	57,5		11		
MB7-95	70	8,1		9	12	
MB7-Dif	38,6	-49,4		-2	12	
MB8-72	58,7	26,8		14,5		
MB8-95	5	82		12		
MB8-Dif	-53,7	55,2		-2,5		
MB13-72	76,3	18,5		3,6		
MB13-95	50,5	4,1			43,2	
MB13-Dif	-25,8	-14,4			43,2	
MB15-72	57,5		13,1	29,3		
MB15-95	43,75	11,5		9	34,8	
MB15-Dif	-13,75	11,5	-4,1	5,5		

Anexo 1 - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP / Uso e Ocupação - continuação 3

MICROBACIA	Pastagem / Capoeira (%)	Hortifrutis (%)	Cana (%)	Mata / Reflorestamento (%)	Expansão Urbana (%)	
					O. P. A.	O. M. A
MICROBACIAS - CLASSE D						
MB5-72	65,3	19		5	0	
MB5-95	41,5	4		7,1	10	45,5
MB5-Dif	-23,8	-15		2,1	10	45,5
MB14-72	50	48,3		1,55		
MB14-95	44,6	49,7		2,4	2,5	
MB14-Dif	-5,4	1,4		0,85	2,5	
MB20-72	39	42	15	3,5		
MB20-95	22,5	38,2	28,6	5	5	
MB20-Dif	-16,5	-3,8	13,6	1,5	5	
MB26-72	37	32	28	2,2		
MB26-95	22	52	23,6	0,8		
MB26-Dif	-15	20	-4,4	-1,4		
SUB-SETORES - CLASSE D						
MB14a-72	70	25,5		4		
MB14a-95	60	26		7,3	5,7	
MB14a-Dif	-10	0,5		3,3	5,7	
MB14b-72	25,7	74,3				
MB14b-95	49,6	34,5		8	7,2	
MB14b-Dif	23,9	-39,8		8	7,2	
MB14c-72	53,4	46,6				
MB14c-95	32,1	63,2		3,7		
MB14c-Dif	-21,3	16,6		3,7		

Anexo 1 - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP / Uso e Ocupação - continuação 4

SUB-SETOR	Pastagem / Capoeira (%)	Hortifrutis (%)	Cana (%)	Mata / Reflorestamento (%)	Expansão Urbana (%)	
					O. P. A.	O. M. A
SUB-SETORES - CLASSE D						
MB20a-72	25,6	33,6	35,7	4,5		
MB20a-95	5,6	26,1	60,7	6,6		
MB20a-Dif	-20	-7,5	25	2,1		
MB20b-72	41	56,3		2,4		
MB20b-95	26,2	60,2		5,4	7,6	
MB20b-Dif	-14,8	3,9		3	7,6	
MB20c-72	5,7	46,7	45,4			
MB20c-95	19,7	15,7	58,4	5,7		
MB20c-Dif	14	-31	13	5,7		
MB20d-72	89,5	9		1,5		
MB20d-95	26,9	37,1		0	34	
MB20d-Dif	-62,6	28,1		-1,5	34	
MB20e-72	60,7	29,6		9,7		
MB20e-95	51,1	46		2,9		
MB20e-Dif	-9,6	16,4		-6,8		
MB20f-72	67,6	30		2,4		
MB20f-95	26,7	17,3	42	14		
MB20f-Dif	-40,9	-12,7	42	11,6		

Uso e Ocupação - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP -continuação 5

SUB-SETOR	Pastagem / Capoeira (%)	Hortifrutis (%)	Cana (%)	Mata / Reflorestamento (%)	Expansão Urbana (%)	
					O. P. A.	O. M. A
SUB-SETORES - CLASSE D						
MB26a-72	60,7	29,3	9,7			
MB26a-95	29,8	45,2	24,3			
MB26a-Dif	-30,9	15,9	14,6			
MB26b-72	26,7	33,3	36,2	2,8		
MB26b-95	18,6	54,7	23,4	1		
MB26b-Dif	-8,1	21,4	-12,8	-1,8		

Obs. : - os valores apresentados referem-se à área (%) da microbacia e/ou do sub-setor ocupada por uma determinada atividade antrópica

- MB X - Dif = taxa de variação da atividade antrópica no período avaliado
- valores negativos indicam redução do parâmetro mensurado
- OPA = ocupação pouco adensada
- OMA = ocupação mediamente adensada

Anexo 2

Substrato Rochoso - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP

Microbacia	Arenito (%)	Ritmito (%)	Embasamento (%)	Classe	Ordem Bacia
MB3	71,3	4,6	19,1	A	3
MB9	90,3	9,7	0	A	3
MB10	32	68	0	A	3
MB11	89,2	10,8	0	A	3
MB17	6,25	93,75	0	A	3
MB18	72	28	0	A	3
MB19	86	14	0	A	3
MB21	28,5	71,5	0	A	3
MB22	29	71	0	A	3
MB23	74,5	25,5	0	A	3
MB24	0	100	0	A	3
MB25	0	100	0	A	3
MB27	61	39	0	A	3
MB28	79	21	0	A	3
MB29	0	100	0	A	3
MB33	65,6	34,4	0	A	2
MB4	73	27	0	B	3
MB16	51	49	0	B	4
MB6	66,2	25,3	8,5	C	4
MB7	72,7	27,3	0	C	4
MB8	85	15	0	C	3
MB13	57,5	42,5	0	C	4
MB15	61	39	0	C	4
MB5	77,9	5,6	16,4	D	4
MB14	74	26	0	D	5
MB20	88	12	0	D	5
MB26	50,6	49,4	0	D	5

Obs: os valores apresentados referem-se à área (%) da microbacia recoberta por um determinado tipo litológico

Anexo 2

Substrato Rochoso - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP - continuação

Sub-setor	Arenito (%)	Ritmito (%)	Embasamento (%)	Ordem Bacia
MB14A	85,2	14,8	0	4
MB14B	79,7	20,3	0	4
MB14C	52	48	0	3
MB20A	100	0	0	4
MB20B	100	0	0	5
MB20C	100	0	0	3
MB20D	68,5	31,5	0	3
MB20E	6	94	0	3
MB20F	59,2	40,8	0	3
MB26A	20,5	79,5	0	4
MB26B	61,6	38,4	0	4

Obs: os valores apresentados referem-se à área (%) do sub-setor recoberto por um determinado tipo litológico

Anexo 2

Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim / SP

Compartimentação do Relevo

MICROBACIA	ÁREA(Km ²)	CR1(%)	S1(%)	S2 (%)	S3 (%)	S4.1(%)	S4.2 (%)	S5.1(%)	S5.3(%)	S6.1(%)	S6.2(%)	S6.3(%)
MB03	1,15	26,38	3,16	0	70,45	0	0	0	0	0	0	0
MB09	1,66	0	0	0	0	69	31	0	0	0	0	0
MB10	0,55	0	94,65	0	0	5,35	0	0	0	0	0	0
MB11	1,30	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB17	0,32	0	0	0	0	0	0	81,25	18,75	0	0	0
MB18	0,50	0	0	0	0	0	0	53,5	46,48	0	0	0
MB19	0,36	0	0	0	0	0	0	93,75	6,25	0	0	0
MB21	1,40	0	0	0	2,7	0	0	0	3,3	93,9	0	0
MB22	1,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
MB23	0,55	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
MB24	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
MB25	0,90	0	0	0	26,7	0	0	0	0	73,2	0	0
MB27	0,46	0	53,6	0	0	46,4	0	0	0	0	0	0
MB28	0,48	0	90,5	0	0	9,5	0	0	0	0	0	0
MB29	0,34	0	0	0	26,8	0	0	0	73,2	0	0	0
MB33	1,28	0	0	0	21,2	0	0	0	3,1	0	0	75,7
MB04	2,72	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
MB16	3,60	0	0	0	0	0	0	4,23	95,7	0	0	0
MB06	7,10	13	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0
MB07	4,40	0	14	0	44	8,5	33,5	0	0	0	0	0
MB08	4,00	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
MB13	4,95	0	46,4	0	53,6	0	0	0	0	0	0	0
MB15	4,80	0	0	0	0	16,8	34,1	47	0	0	0	2,1
MB05	22,05	8,4	0	21,6	70	0	0	0	0	0	0	0
MB14	10,35	0	18,3	0	0	2,7	0	0	0	0	0	79
MB20	30,20	0	0	0	17,25	7,75	0	0	0	0	0	75
MB26	16,80	0	0	0	34,6	0	0	0	3	18,4	44	0

Obs : os valores apresentados referem-se à porcentagem da área da microbacia analisada, ocupada por um determinado compartimento de relevo.

Anexo 2

Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim / SP

Compartimentação do Relevo - continuação

SUBSETORES	ÁREA(Km ²)	CR1(%)	S1(%)	S2 (%)	S3 (%)	S4.1(%)	S4.2 (%)	S5.1(%)	S5.3(%)	S6.1(%)	S6.2(%)	S6.3(%)
MB14A	4,00	0	35,6	0	0	0	0	0	0	0	0	64,4
MB14B	3,51	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	95
MB14C	1,63	0	0	0	0	6,2	0	0	0	0	0	93,8
MB20A	9,58	0	0	0	40,7	0	0	0	0	0	0	59,3
MB20B	10,47	0	0	0	0	5,2	0	0	0	0	0	94,8
MB20C	2,29	0	0	0	42,6	0	0	0	0	0	0	57,4
MB20D	1,91	0	0	0	0	71,5	0	0	0	0	0	28,5
MB20E	1,35	0	0	0	0	31,8	0	0	0	0	0	68,2
MB20F	0,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
MB26A	5,36	0	0	0	4,1	0	0	0	4	60,6	31,3	0
MB26B	12,00	0	0	0	49,2	0	0	0	0	0	50,8	0

Obs : os valores apresentados referem-se à porcentagem da área do sub-setor analisado, ocupado por um determinado compartimento de relevo.

CR = Sistema Cristalino

SD = Sistema Sedimentar

Anexo 2

Variáveis Morfométricas - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP

Microbacia	Área	IC	Classe	Ordem Bacia	Dd - 1972	Dd - 1995	Dd 72-95 (%)	Dh - 1972	Dh - 1995
MB3	1,15	0,82	A	3	3,27	3,26	-0,27	7,83	7,83
MB9	1,66	0,98	A	3	3,02	2,96	-1,99	6,63	6,63
MB10	0,55	0,70	A	3	5,25	5,47	-3,81	14,55	14,55
MB11	1,30	0,71	A	3	4,71	3,62	0,00	12,31	11,54
MB17	0,32	0,83	A	3	8,63	8,19	-5,07	43,75	40,63
MB18	0,50	0,80	A	3	7,82	6,14	-21,48	28,00	26,00
MB19	0,36	0,86	A	3	8,17	7,36	-9,86	44,44	33,33
MB21	1,40	0,80	A	3	5,05	5,09	-0,99	14,29	15,00
MB22	1,10	0,82	A	3	3,96	4,13	4,13	9,09	10,00
MB23	0,55	0,72	A	3	6,27	5,84	-6,96	25,45	23,64
MB24	0,40	0,79	A	3	7,80	6,25	-19,87	32,50	27,50
MB25	0,90	0,53	A	3	5,39	4,83	-10,31	20,00	17,78
MB27	0,46	0,79	A	3	5,72	4,61	-19,39	15,22	13,04
MB28	0,48	0,72	A	3	5,35	4,88	-8,95	18,75	16,67
MB29	0,34	0,68	A	3	7,47	6,44	-13,78	23,53	20,59
MB33	1,28	0,46	A	2	3,34	2,80	-16,47	8,59	7,81
MB4	2,72	0,81	B	3	2,25	2,24	-0,16	4,41	4,41
MB16	3,60	0,63	B	4	4,57	4,33	-5,22	12,50	11,39
MB6	7,10	0,69	C	4	2,83	2,78	-1,55	7,32	6,34
MB7	4,40	0,73	C	4	3,59	3,63	1,08	8,41	8,86
MB8	4,00	0,66	C	3	4,08	3,34	-18,92	11,50	7,50
MB13	4,95	0,59	C	4	3,36	3,18	-5,17	8,08	7,68
MB15	4,80	0,47	C	4	4,35	4,25	-2,25	10,42	10,21
MB5	22,05	0,40	D	4	2,13	1,78	-16,40	4,76	2,99
MB14	10,35	0,62	D	5	4,80	5,05	5,11	13,24	12,66
MB20	30,20	0,66	D	5	3,82	3,63	-5,24	10,20	9,34
MB26	16,80	0,67	D	5	4,83	4,46	-7,53	13,99	12,08

Anexo 2

Variáveis Morfométricas - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP - continuação 1

Microbacia	Dh 72-95 (%)	Rb(1-2) - 1972	Rb(1-2) - 1995	Rb(1-2) 72-95 (%)	RIm(2-1)- 1972	RIm(2-1)- 1995	RIm (2-1) 72-95(%)
MB3	0,00	4,50	3,00	-33,33	2,41	0,72	-70,03
MB9	0,00	3,67	3,67	0,00	3,46	3,46	-0,09
MB10	0,00	4,00	4,00	0,00	1,28	3,18	144,00
MB11	-6,32	3,20	3,00	-6,25	1,31	2,39	81,94
MB17	-7,14	4,67	4,33	-7,14	2,22	2,46	10,78
MB18	-7,14	3,50	4,33	23,81	1,19	0,96	-19,74
MB19	-25,00	5,33	4,00	-25,00	1,58	0,97	-38,56
MB21	5,00	4,00	4,20	5,00	1,91	2,52	32,23
MB22	10,00	2,00	3,67	83,33	2,01	2,64	31,45
MB23	-7,14	3,50	6,50	85,71	0,86	1,05	22,60
MB24	-15,38	4,33	3,67	-15,38	1,14	1,40	23,29
MB25	-11,11	4,50	4,00	-11,11	0,74	1,10	47,55
MB27	-14,29	3,50	3,00	-14,29	1,26	1,66	31,84
MB28	-11,11	4,50	4,00	-11,11	0,71	1,55	117,19
MB29	-12,50	4,00	3,50	-12,50	0,52	0,49	-5,34
MB33	-9,08	11,00	10,00	-9,09	8,33	8,08	-2,99
MB4	0,00	5,00	4,00	-20,00	1,26	1,33	5,76
MB16	-8,89	3,75	3,73	-0,61	1,54	1,79	16,65
MB6	-13,46	5,78	7,50	29,70	1,35	2,34	73,00
MB7	5,41	3,70	4,88	31,80	1,61	1,37	-15,00
MB8	-37,50	11,50	10,00	-13,00	3,90	4,02	3,10
MB13	-5,00	5,00	4,75	-5,00	2,20	1,92	-12,70
MB15	-2,00	3,33	3,77	13,20	1,26	1,31	4,00
MB5	-37,14	8,75	8,25	-5,71	1,63	1,32	-19,12
MB14	-4,38	3,91	3,74	-4,38	1,98	1,44	-27,56
MB20	-8,52	4,16	4,27	2,66	1,60	1,53	-4,95
MB26	-13,62	4,20	4,23	0,78	1,67	1,69	1,53

Anexo 2

Variáveis Morfométricas - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP - continuação 2

Sub-setor	A (Km2)	Ordem Bacia	Dd-1972	Dd-1995	Dd 72-95 (%)	Dh-1972	Dh-1995	Dh 72-95 (%)	Rb(1-2)72
MB14A	4,00	4	4,50	5,25	16,79	11,50	12,00	4,35	3,83
MB14B	3,51	4	5,21	4,79	-8,13	17,38	14,53	-16,39	3,81
MB14C	1,63	3	4,74	5,20	9,70	12,88	14,11	9,52	7,00
MB20A	9,58	4	2,88	2,57	-10,97	8,35	6,47	-22,50	4,44
MB20B	10,47	5	4,51	4,68	3,84	12,80	12,32	-3,73	4,19
MB20C	2,29	3	2,27	2,08	-8,27	6,11	4,80	-21,43	4,67
MB20D	1,91	3	3,33	3,04	-8,81	9,95	10,99	10,53	3,80
MB20E	1,35	3	5,30	5,05	-4,72	11,85	14,81	24,98	4,00
MB20F	0,71	3	5,63	4,39	-22,08	19,72	15,49	-21,44	4,67
MB26A	5,36	4	5,82	5,10	-12,40	17,35	14,18	-18,28	4,04
MB26B	12,00	4	4,10	3,84	-6,33	12,42	10,33	-16,78	4,81

Anexo 2

Variáveis Morfométricas - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP - continuação 3

Sub-setor	Rb(1-2)95	Rb1-2 72-95(%)	Rlm(2-1)72	Rlm(2-1)	Rlm2-1 72-95	Ic (A/Ac)
MB14A	3,69	-3,66	2,16	1,18	-45,28	0,61
MB14B	3,92	2,90	1,42	1,77	24,54	0,66
MB14C	7,67	9,52	3,75	3,05	-18,67	0,72
MB20A	5,64	26,82	1,97	2,17	10,32	0,73
MB20B	4,61	10,02	1,86	1,83	-1,87	0,66
MB20C	5,50	17,86	0,46	0,75	61,04	0,56
MB20D	4,20	10,53	1,00	1,23	22,23	0,64
MB20E	3,33	-16,67	1,88	1,25	-33,65	0,71
MB20F	3,67	-21,43	0,95	1,49	56,51	0,72
MB26A	4,22	4,42	1,59	1,36	-14,11	0,68
MB26B	4,28	-11,04	1,89	1,92	1,46	0,55

IC = Índice de Circularidade

Dd = Densidade de Drenagem

Dh = Densidade Hidrográfica

Rb (1-2) = Razão de bifurcação entre canais de primeira e segunda ordem

Rlm (2-1) = Razão de comprimento médio entre canais de primeira e segunda ordem

X 72-95 (%) = Taxa de alteração de uma determinada variável da rede de drenagem no período analisado

Obs. : valores negativos indicam redução do parâmetro mensurado

Anexo 2 - Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim / SP

Classes de Declividade

MICROBACIA	ÁREA(Km ²)	1	2	3	4	5	6	7
MB03	1,15	4	10,5	43,5	42	0	0	0
MB09	1,66	2,4	15,1	56,1	26,3	0	0	0
MB10	0,55	6,6	4,64	44,6	43,7	0,46	0	0
MB11	1,30	5,1	9,3	45,3	40,3	0	0	0
MB17	0,32	31,25	12,5	13,8	37,5	4,95	0	0
MB18	0,50	11	9,45	29	47,3	3,25	0	0
MB19	0,36	2,3	3,7	31	63	0	0	0
MB21	1,40	5,1	14,3	32	44,6	4	0	0
MB22	1,10	6,6	12,2	36,8	42	2,4	0	0
MB23	0,55	5	12,7	25,3	54	3	0	0
MB24	0,40	4,2	4,6	42	46	3,2	0	0
MB25	0,90	6,4	12,8	27	51,2	2,6	0	0
MB27	0,46	2,8	7	31,6	50,9	7,7	0	0
MB28	0,48	1,7	12,5	42,5	42,1	1,2	0	0
MB29	0,34	0	3	51,2	43,9	1,9	0	0
MB33	1,28	10,2	20,7	43,7	25,4	0	0	0
MB04	2,72	15	22,5	35,75	26,8	0	0	0
MB16	3,60	4,9	7,2	53,5	33,2	1,2	0	0
MB06	7,10	11,4	29	43,6	16	0	0	0
MB07	4,40	7	13	42	36,5	1,5	0	0
MB08	4,00	4	13,5	40,1	38,4	4	0	0
MB13	4,95	6,1	23,2	37,2	32,5	1	0	0
MB15	4,80	8,6	14,3	32,7	40,8	3,5	0	0
MB05	22,05	17,3	22,5	47	12,7	0,5	0	0
MB14	10,35	3,5	8,9	41,4	43,8	2,2	0	0
MB20	30,20	6	15,5	32,5	42	4	0	0
MB26	16,80	7	19,2	27,8	46	0	0	0

Valores = % da área da microbacia ocupada por uma determinada classe de declividade

Anexo 2 - Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim / SP

Classes de Declividade - continuação

SUBSETORES	ÁREA(Km ²)	1	2	3	4	5	6	7
MB14A	4,00	4,4	11,4	38,1	44,8	1,3	0	0
MB14B	3,51	2,9	8	39,9	45,7	3,5	0	0
MB14C	1,63	2,9	7	38,8	47,7	3,1	0,4	0
MB20A	9,58	4,5	17	32	40,6	5,9	0	0
MB20B	10,47	4,5	10,2	34	47	4,3	0	0
MB20C	2,29	14	16,5	24,5	45	0	0	0
MB20D	1,91	8	43,5	28	20,5	0	0	0
MB20E	1,35	6	23	31	40	0	0	0
MB20F	0,71	3	12,5	35	49,5	0	0	0
MB26A	5,36	2,2	5,6	27	62,1	3,1	0	0
MB26B	12,00	8,9	23,7	27,3	38,9	1,2	0	0

Valores = % da área do sub-setor ocupado por uma determinada classe de declividade

declividade (%)
classe 1 = < 2
classe 2 = 2-5
classe 3 = 5-10
classe 4 = 10-20
classe 5 = 20-30
classe 6 = 30-50
classe 7 = >50

Anexo 2 - Sub-bacia Hidrográfica do Rio Capivari-Mirim - SP / Uso e Ocupação

MICROBACIA	Pastagem / Capoeira (%)	Hortifruti (%)	Cana (%)	Mata / Reflorestamento (%)	Expansão Urbana (%)	
					O. P. A.	O. M. A
MICROBACIAS - CLASSE A						
MB3-72	6,5	92,1				
MB3-95	43,5	55,6				
MB3-Dif	37	-36,5				
MB9-72	27,7	17,5		54,8		
MB9-95	1,9	36,7		61,4		
MB9-Dif	-25,8	19,2		6,6		
MB10-72	100					
MB10-95	41,8	58,2				
MB10-Dif	-58,2	58,2				
MB11-72	100					
MB11-95	29,2	70,8				
MB11-Dif	-70,8	70,8				
MB17-72		90,6		9,4		
MB17-95			87,5	12,5		
MB17-Dif		-90,6	87,5	3,1		
MB18-72	60		40			
MB18-95	56		36	8		
MB18-Dif	-4		-4	8		
MB19-72	75		25			
MB19-95	64		36			
MB19-Dif	-11		11			
MB21-72	48,5	30		21,4		
MB21-95	39,5	17,8	9,3	32		
MB21-Dif	-9	-12,2	9,3	10,6		

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Data de Coleta	Amônia (mg/l)												
	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	0,53		0,46		0,63	0,48	0,54	0,50	0,12	1,39	0,34	0,09	0,51
05/02/99	0,50	0,54	0,79	0,60	2,76	1,21	1,38	1,46	0,84	1,33	0,62	0,94	1,26
19/02/99	0,26		0,18	0,35	0,31	0,19	0,46	0,24	0,23	0,68	0,25	0,11	0,10
18/03/99	0,30	0,23	0,22	0,34	0,26	0,25	0,51	0,23	0,28	0,22	0,17	0,23	0,19
30/03/99	0,39	0,21	0,32	0,38	0,54	0,33	1,01	0,38	0,15	0,10	0,22	0,36	0,34
14/04/99	0,30	0,22	0,21	0,34	0,36	0,22	0,26	0,30	0,18	0,19	0,12	0,26	0,03
30/04/99	0,31	0,12	0,18	0,29	0,35	0,29	0,31	0,31	0,16	0,38	0,12	0,21	0,18
21/05/99	0,25	0,15	0,20	0,32	0,30	0,24	0,22	0,24	0,18	0,13		0,22	0,20
17/06/99	0,11	0,07	0,10	0,20	1,00	0,25	0,09	0,27	0,11	0,03	0,04	0,19	0,34
30/06/99	0,16	0,15	0,26	0,52	0,32	0,21	0,20	0,27	0,21	0,13	0,13	0,20	0,20
06/07/99	0,17	0,11	0,11	0,52	0,20	0,10	0,07	0,13	0,08	0,05	0,07	0,19	0,14
10/07/99	0,12	0,10	0,12	0,26	0,22	0,19	0,12	0,18	0,10	0,08	0,09	0,18	0,12
07/08/99	0,35	0,09	0,10	0,14	0,21	0,13	0,14	0,13	0,07	0,04	0,06	0,42	0,16
24/08/99	0,30	0,13	0,22	0,27	0,25	0,17	0,25	0,24	0,17	0,14	0,17	0,50	0,21
14/09/99	0,12		0,00	0,15	0,37	0,02	0,03	0,07	0,30	0,19	0,21	0,21	0,30
28/09/99	0,21	0,21	0,16	0,16	0,19	0,15	0,30	0,22	0,13	0,18	0,19	0,44	0,25
14/10/99	0,43	0,17	0,21	0,60	0,24	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25	0,18	0,67	0,23
26/10/99	0,55	0,16	0,35		0,36	0,21	0,37	0,28	0,20	0,30	0,18	0,50	0,30

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Nitrato (mg/l N)

Data de Coleta	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	1,00		1,16		1,95	1,50	2,30	1,70	1,80	1,20	2,30	1,60	1,80
05/02/99	0,60	0,90	0,90	1,50	1,30	1,00	1,60	1,40	1,30	1,30	1,30	1,40	1,60
19/02/99	0,65		1,00	1,20	1,30	1,20	1,35	1,30	1,60	1,00	1,30	1,10	1,40
18/03/99	0,70	0,80	0,90	1,10	1,20	1,20	1,50	1,40	1,30	0,80	1,00	1,10	1,30
30/03/99	0,65	1,00	1,20	1,40	2,00	1,50	3,60	1,70	1,20	0,70	1,00	1,40	1,60
14/04/99	0,80	0,90	1,00	1,10	1,30	1,30	2,20	1,50	1,00	0,75	0,83	1,10	0,57
30/04/99	0,63	0,73	0,90	1,00	1,10	1,00	1,20	1,20	0,90	0,70	0,80	0,90	1,20
21/05/99	0,60	0,70	0,90	0,90	1,10	1,00	1,00	1,00	0,80	0,60		0,80	1,00
17/06/99	0,50	0,80	0,90	0,90	3,40	1,50	1,00	1,60	1,10	0,80	1,00	1,10	2,30
30/06/99	0,40	0,60	0,60	0,80	0,70	0,90	1,10	1,00	1,00	0,50	1,10	0,80	0,70
06/07/99	0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	1,00	1,00	1,10	1,00	0,60	0,90	1,00	1,10
10/07/99	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90	1,00	1,10	0,90	0,50	0,80	0,80	1,10
07/08/99	0,30	0,70	0,70	0,70	1,10	0,90	0,90	0,90	0,20	0,40	0,60	1,20	1,00
24/08/99	0,70	0,70	0,80	1,00	1,20	0,90	1,20	1,20	0,60	0,60	0,80	1,30	1,40
14/09/99	1,00	1,00	1,00	1,30	2,20	2,20	1,70	1,70	2,20	1,00	1,60	1,60	2,00
28/09/99	1,60	0,70	0,90	1,00	1,00	1,00	1,60	1,30	0,60	0,80	1,10	2,10	1,30
14/10/99	2,60	0,80	0,90	1,50	1,40	1,10	1,10	1,30	0,90	1,00	1,10	3,10	1,70
26/10/99	1,50	1,00	1,30		1,60	1,40	1,60	1,40	0,70	1,20	1,70	1,60	1,20

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Data de Coleta	Fosfato (mg/l P)												
	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	0,05	0,00	0,03	0,00	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,04
05/02/99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
19/02/99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
18/03/99	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,47	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
30/03/99	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,07	0,02	0,01	0,20	0,03	0,03	0,04
14/04/99	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01
30/04/99	0,53	0,13	0,03	0,03	0,07	0,05	0,07	0,07	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03
21/05/99	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02
17/06/99	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
30/06/99	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
06/07/99	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
10/07/99	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
07/08/99	0,07	0,07	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,07	0,07	0,07
24/08/99	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07
14/09/99	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
28/09/99	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
14/10/99	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03
26/10/99	0,10	0,03	0,05	0,00	0,04	0,07	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,08	0,04

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Oxigênio Dissolvido (mg/l O₂)

Data de Coleta	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	1,64		10,82		7,88	9,94	2,30	6,12	0,18	6,86	2,74	6,22	8,52
05/02/99		7,30		7,98	7,40	6,50	4,66	4,44	1,58	7,04	3,36	5,16	6,42
19/02/99	4,68		6,72	6,60	6,62	7,76	3,74	7,22	1,24	7,60	4,12	5,78	6,72
18/03/99	3,76	5,77	5,35	4,83	5,00	5,52	3,62	6,69	4,40	5,64	3,44	7,41	5,92
30/03/99	5,76	8,53	7,89	7,77	7,41	7,96	5,62	8,35	3,31	8,27	6,15	9,66	9,90
14/04/99	4,84	8,52	8,00	7,56	8,25	8,77	7,52	8,10	6,70	8,03	7,10	8,81	10,09
30/04/99													
21/05/99	6,10	11,30	11,60	9,00	10,50	10,00	9,40	9,20	4,60	9,40		9,40	11,10
17/06/99	7,20	11,90	11,80	9,30	10,20	11,00	8,30	11,70	11,70	6,10	10,30	13,20	9,50
30/06/99	6,40	10,40	11,50	8,60	11,40	11,50	8,30	9,20	5,70	13,10	8,40	11,80	12,20
06/07/99	6,70	10,00	11,40	6,50	12,00	7,70	8,90	11,00	4,70	11,00	8,00	11,10	12,20
10/07/99	4,70	9,00	11,40	7,50	8,70	10,70	8,50	7,50	3,80	11,50	6,40	9,30	10,10
07/08/99	6,00	6,90	6,70	6,40	6,30	7,40	5,50	7,30	2,40	7,20	6,70	7,20	8,00
24/08/99	5,00	6,50	6,50	6,30	5,00	6,50	5,20	5,50	3,50	5,00	6,00	3,70	6,90
14/09/99	5,00	5,90	6,20	5,00	5,40	5,80	5,50	6,20	4,50	5,00	5,60	5,50	6,50
28/09/99	5,10	5,10	5,70	5,20	6,00	6,30	5,50	6,40	2,80	5,20	5,80	3,90	7,30
14/10/99	2,50	5,20	7,20	3,50	5,90	7,30	5,20	5,20	1,60	5,10	5,10	5,20	7,40
26/10/99	4,50	6,10	6,90		7,30	7,40	5,50	6,40	1,60	5,50	6,00	4,20	7,50

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)

Data de Coleta	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	100,00		92,40		84,00	90,00	102,80	94,80	110,60	152,00	150,50	86,00	97,30
05/02/99	70,10	70,90	70,90	70,60	70,10	70,00	69,60	69,40	69,40	69,30	69,30	69,20	69,00
19/02/99	70,50		65,70	58,80	63,50	65,90	66,30	65,00	80,00	78,10	79,00	55,20	64,60
18/03/99	93,60	74,00	70,90	65,70	68,20	69,70	63,40	68,70	101,80	62,90	69,60	56,20	68,50
30/03/99	95,30	77,40	69,80	66,50	71,50	68,60	62,60	67,20	95,40	59,30	59,30	59,90	71,40
14/04/99	91,70	74,10	67,10	63,30	76,10	62,50	55,80	62,00	88,90	51,10	47,30	54,50	62,80
30/04/99	88,40	71,80	57,20	61,90	60,10	61,00	48,90	59,80	89,30	42,20	48,80	49,50	56,20
21/05/99	88,30	69,20	66,40	58,90	58,00	60,00	47,00	60,20	78,00	48,20		53,40	56,10
17/06/99	88,20	70,30	67,10	58,30	65,40	63,40	53,00	62,50	87,00	87,30	58,90	56,00	57,50
30/06/99	90,50	84,40	71,30	63,80	88,60	64,60	64,90	64,00	90,10	73,80	62,50	57,20	72,40
06/07/99	91,50	83,00	69,40	63,00	57,50	63,30	61,80	61,80	84,00	72,60	60,40	62,40	64,80
10/07/99	88,50	71,50	66,90	58,00	57,30	59,70	59,70	63,40	84,40	66,30	58,00	62,40	62,20
07/08/99	137,00	70,40	67,50	56,00	31,70	58,60	51,00	55,50	96,20	59,50	50,60	78,60	59,90
24/08/99	105,00	70,60	64,70	54,80	54,50	62,00	51,30	63,00	135,00	62,00	51,50	95,00	60,40
14/09/99	97,30	81,20	80,10	67,70	74,50	80,80	70,80	80,30	144,20	95,40	80,20	68,40	73,40
28/09/99	93,20	76,40	76,20	58,40	58,80	71,00	70,00	69,00	130,20	48,00	63,00	87,50	63,50
14/10/99	109,50	72,80	76,50	68,30	63,40	66,90	72,20	60,40	130,20	38,70	55,50	98,20	68,20
26/10/99	123,70	80,60	81,80		69,00	68,20	64,00	72,00	98,10	39,40	42,00	95,30	66,00

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Potencial hidrogeniônico (pH)

Data de Coleta	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	6,62		6,73		6,66	6,54	6,34	6,32	6,29	6,29	6,21	6,27	6,25
05/02/99	6,63	6,52	6,51	6,39	6,41	6,31	6,32	6,19	6,3	6,29	6,28	6,24	6,27
19/02/99	6,58		6,53	6,37	6,38	6,3	6,09	6,68	6,22	6,32	6,18	6,32	6,45
18/03/99	6,7	7	6,8	6,3	6,7	6,7	6,2	6,5	6,3	6,3	6,3	6,6	6,9
30/03/99	6,6	6,8	6,7	6,3	6,5	6,7	6,2	6,6	6,3	6,1	6,2	6,4	6,1
14/04/99	6,7	6,9	6,9	6,5	6,8	6,8	6,4	6,9	6,6	6,3	6,4	6,6	6,5
30/04/99	6,7	6,9	6,8	6,3	6,6	6,8	6,2	6,8	6,4	6,3	6,3	6,7	7,1
21/05/99	6,7	6,8	6,8	6,3	6,7	6,8	6,3	6,7	6,9	6,3		6,6	7
17/06/99	6,8	6,9	6,9	6,3	6,5	6,7	6,1	6,6	6,2	6,2	6,2	6,4	6,6
30/06/99	6,6	6,8	6,7	6,2	6,6	6,8	6,2	6,9	6,3	6,3	6,2	6,6	6,9
06/07/99	6,7	6,9	6,9	8	6,8	6,8	6,3	6,7	6,3	6,4	6,3	6,6	6,7
10/07/99	7,6	7,5	7,7	7,6	7,5	7,3	7,1	7	6,8	6,8	6,8	7	7,1
07/08/99	6,7	7,7	7,7	7,4	7,8	7,8	7,6	7,4	7,2	7,9	7,5	8,1	8,2
24/08/99	6,9	7,4	7,2	6,6	7,5	8,2	7,4	7,6	8,1	8	7,9	7,6	7,7
14/09/99	6,7	6,6	7	6	6,5	6,8	6,1	6,7	6,7	6,1	6,4	6,3	6,5
28/09/99	6,4	6,8	6,9	6,2	6,6	6,8	6,1	6,5	6,3	5,9	6,3	6,3	6,6
14/10/99	6,1	5,8	6,9	6,2	6,6	6,7	6,4	6,8	6,4	6,2	6,9	7	7,3
26/10/99	7,1	7,3	7,2		7,1	7,5	7,1	7,1	6,4	7	7,1	7,1	7,7

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Sólidos Suspensos Totais (mg/l)

Data de Coleta	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	11,00		22,00		49,00	46,00	23,00	47,00	17,00	9,00	54,00	21,00	41,00
05/02/99	2,00	10,00	26,00	30,00	157,00	65,00	31,00	42,00	16,00	11,00	12,00	41,00	42,00
19/02/99	2,00		17,00	17,00	47,00	30,00	107,00	53,00	10,00	6,00	34,00	23,00	32,00
18/03/99	13,00	2,00	7,00	13,00	26,00	87,00	85,00	30,00	17,00	7,00	15,00	23,00	34,00
30/03/99	7,30	2,00	9,00	32,00	32,00	55,00	109,00	42,00	14,00	6,00	13,00	7,00	66,00
14/04/99	7,00	6,00	16,00	13,00	20,00	22,00	58,00	37,00	9,00	9,00	20,00	21,00	43,00
30/04/99	2,00	1,00	34,00	6,00	19,00	15,00	15,00	28,00	10,00	5,00	15,00	13,00	29,00
21/05/99	5,00	4,00	7,00	5,00	18,00	3,00	9,00	16,00	2,00	4,00		9,00	16,00
17/06/99	6,00	4,00	9,50	5,00	80,00	36,00	8,50	41,00	5,00	6,00	9,50	19,00	81,00
30/06/99	5,00	2,50	6,50	10,00	18,00	12,00	7,00	16,00	4,00	2,00	9,00	8,00	21,00
06/07/99	3,00	3,20	8,00	9,50	23,50	11,50	4,50	23,00	3,00	3,50	13,50	9,50	19,00
10/07/99	5,50	9,00	14,00	6,00	8,00	17,00	12,00	20,00	3,00	3,00	10,00	7,00	18,00
07/08/99	22,00	2,00	3,00	4,00	19,00	9,00	10,00	5,00	9,00	5,00	2,00	10,00	3,00
24/08/99	4,00	1,00	3,00	5,00	13,00	9,00	11,00	23,00	316,00	7,00	3,00	13,00	4,00
14/09/99	7,00	3,00	5,00	7,00	22,00	12,00	10,00	11,00	54,00	7,00	3,00	10,00	15,00
28/09/99	7,00	3,00	2,00	13,00	12,00	8,00	11,00	20,00	10,00	8,00	14,00	21,00	20,00
14/10/99	35,00	7,00	9,00	10,00	27,00	24,00	18,00	21,00	72,00	12,00	24,00	59,00	11,00
26/10/99	12,00	6,00	4,00	s/c	21,00	15,00	54,00	12,00	24,00	12,00	36,00	92,00	28,00

Anexo 3

Sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Temperatura (° C)

Data de Coleta	Ponto de Coleta												
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	CM10	CM11	CM12	CM13
22/01/99	30,10		29,00		29,50	28,00	27,00	27,00	29,50	29,50	28,00	28,50	26,00
05/02/99	28,50	27,00	27,00	26,50	27,50	25,50	24,00	24,00	24,00	25,50	24,50	25,50	25,00
19/02/99	29,00		26,50	26,50	26,00	25,00	24,50	25,00	25,00	26,00	25,00	26,00	26,50
18/03/99	26,80	26,10	26,60	25,20	25,00	25,10	23,80	25,00	24,40	24,70	24,40	24,40	25,00
30/03/99	28,10	27,00	27,90	26,50	27,10	26,40	24,40	26,10	25,40	26,50	25,80	26,50	26,20
14/04/99	26,00	24,20	25,70	24,30	24,70	23,50	22,10	23,40	22,50	23,50	22,70	23,40	22,50
30/04/99	22,60	22,80	25,60	21,80	22,00	20,60	18,90	20,70	19,20	20,90	19,60	19,90	26,20
21/05/99	19,30	18,50	18,70	18,20	18,20	16,90	16,80	16,30	15,60	18,10		17,00	15,70
17/06/99	19,00	18,00	18,70	17,90	18,00	16,90	15,70	16,40	16,50	14,70	15,10	16,40	17,10
30/06/99	19,70	19,10	21,10	19,10	19,50	18,60	16,20	18,10	16,30	17,80	16,90	16,70	17,80
06/07/99	18,40	18,20	19,30	17,80	18,60	17,60	16,10	17,70	16,60	16,90	16,90	16,80	17,70
10/07/99	19,70	19,20	19,90	19,90	21,00	19,20	18,00	18,10	16,80	19,60	17,00	17,80	16,60
07/08/99	19,70	21,60	21,70	21,00	21,80	19,90	19,40	18,30	15,60	19,20	17,40	16,00	16,60
24/08/99	20,00	20,10	22,10	20,30	21,20	20,80	18,40	18,80	16,00	19,00	17,80	15,50	16,70
14/09/99	23,50	23,00	25,00	23,90	25,40	22,50	20,70	22,40	22,70	24,10	20,10	23,00	18,60
28/09/99	24,50	22,80	24,10	22,20	24,60	22,40	20,50	20,50	22,40	21,20	19,40	18,80	18,90
14/10/99	26,10	25,30	26,30	25,00	23,10	25,10	22,10	22,50	23,80	23,90	22,30	22,00	21,30
26/10/99	20,70	21,10	21,50		21,90	21,80	20,60	20,40	20,70	21,00	20,80	20,70	19,80

Anexo 3

Rio Capivari - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Ponto 14								
Data de Coleta	Parâmetros							
	A (mg/l NH ₃)	N (mg/l N)	F (mg/l P)	O. D (mg/l O ₂)	C (µS/cm)	pH	SST (mg/l)	T (° C)
22/01/99	5,08	1,70	0,07	1,46	334,80	6,54	101,00	27,00
05/02/99	2,48	2,00	0,01	3,16	69,00	6,37	234,00	27,00
19/02/99	2,72	1,80	0,01	2,80	220,00	6,48	68,00	27,00
18/03/99	4,86	1,60	0,03	1,81	298,00	7	68,00	26,20
30/03/99	4,83	1,80	0,07	4,20	290,00	7	42,00	26,90
14/04/99	7,40	1,50	0,07	5,44	372,00	7,1	28,00	22,90
30/04/99	7,03	1,70	0,13		356,00	7,1	21,00	22,50
21/05/99	5,10	1,70	0,05	2,00	326,00	6,9	24,00	17,10
17/06/99	2,97	2,30	0,06	3,60	281,00	6,8	76,00	18,00
30/06/99	7,86	1,50	0,07	1,30	335,00	6,9	23,00	19,60
06/07/99	8,06	1,50	0,07	0,90	352,00	6,9	21,00	19,50
10/07/99	9,08	1,50	0,11	0,70	365,00	7,3	22,00	18,50
07/08/99	8,25	1,40	0,43	0,70	394,00	7,6	25,00	19,60
24/08/99	10,70	1,60	0,40	1,00	418,00	7,8	44,00	19,90
14/09/99	4,60	2,80	0,17	1,50	317,00	7	99,00	22,00
28/09/99	8,59	1,90	0,17	1,20	328,00	7,1	14,00	19,00
14/10/99	7,00	1,90	0,23	1,10	399,00	7,4	86,00	23,90
26/10/99	11,30	2,50	0,70	0,70	393,00	7,5	66,00	20,70

Anexo 3

Rio Capivari - SP

Resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados

Ponto 15								
Data de Coleta	Parâmetros							
	A (mg/l NH ₃)	N (mg/l N)	F (mg/l P)	O. D (mg/l O ₂)	C (µS/cm)	pH	SST (mg/l)	T (° C)
22/01/99	2,59	1,80	0,08	3,76	255,00	6,46	72,00	27,00
05/02/99	1,86	2,00	0,01	4,30	69,30	6,46	173,00	26,50
19/02/99	1,96	1,60	0,03	3,62	179,40	6,45	67,00	26,00
18/03/99	2,45	1,60	0,00	4,57	240,00	7	118,00	25,70
30/03/99	1,93	1,90	0,06	4,58	185,40	6,6	469,00	24,80
14/04/99	4,18	1,40	0,07	6,37	272,00	7,1	29,00	23,30
30/04/99	6,92	1,50	0,10		288,00	7	21,00	21,30
21/05/99	5,82	1,50	0,03	3,90	273,00	6,9	27,00	17,90
17/06/99	4,12	2,30	0,05	4,60	230,00	6,7	75,00	17,50
30/06/99	5,39	1,50	0,06	3,70	274,00	6,9	24,00	20,00
06/07/99	6,26	1,50	0,07	2,70	300,00	6,8	45,00	19,20
10/07/99	6,40	1,40	0,07	2,20	303,00	7,4	15,00	18,90
07/08/99	9,15	1,40	0,40	0,80	344,00	7,7	17,00	19,40
24/08/99	11,50	1,60	0,40	0,60	361,00	8	24,00	20,40
14/09/99	4,50	2,50	0,13	1,70	275,00	7,2	36,00	22,40
28/09/99	10,54	1,70	0,17	1,40	318,00	7,2	20,00	22,50
14/10/99	5,80	1,90	0,23	0,80	393,00	7,4	38,00	24,10
26/10/99	8,75	2,30	0,67	0,90	397,00	7,5	46,00	21,70