

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE
CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENGENHARIA AMBIENTAL
DIRETORIA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO

ESTUDOS PRELIMINARES PARA O USO DE
ÍNDICES BIOLÓGICOS NO BIOMONITORAMENTO
DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS –
RIACHOS E CORREDEIRAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ATIBAIA

AGOSTO/2002

CETESB	FICHA TÉCNICA BIBLIOGRÁFICA
---------------	------------------------------------

DOCUMENTO

<i>Tipo</i> Relatório Técnico	<i>Data</i> Agosto/2002	<i>Origem</i> DAH	<i>N.º Página / V</i> 85 + anexos	<i>N.º Mapas</i> 01
----------------------------------	----------------------------	----------------------	--------------------------------------	------------------------

TÍTULO DO DOCUMENTO

Estudos preliminares para o uso de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais – riachos e corredeiras na bacia hidrográfica do rio Atibaia.

AUTOR RESPONSÁVEL

Assinatura / Carimbo / Data

AUTORES / ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM

Gisela Yuka Shimizu, Dr - USP/IB. Depto. Ecologia(Coordenadora)
Marta Condé Lamparelli - DAH
Guiomar Johnscher-Fornasaro - DAHC
Helena Mitiko Watanabe - DAHC
Mara Elisa Pereira Salvador - DAHC
Marcelo Pires da Costa - DAHC
Maria do Carmo Carvalho - DAHC
Mônica Luisa Kuhlmann - DAHC
Rita Cerqueira Ribeiro de Souza - DAHC
Eduardo Bertoletti - DAHI
Rosalina Pereira de A.Araújo - DAHI
Sandra Valéria Buratini - DAHI
Lívia Fernanda Agujaro - CPr-M
Dione Z. A. Pradella EQSE
Rodrigo Coelho Fialho, EQSE
José Beserra de Souza - EQSE
José Eduardo Bevilacqua, ERQ
Nelson Menegon Junior, ERQI
Ana Cristina Truzzi, ERQI
Elisabeth de Lourdes Avelino, SMA-SP
Instituições Parceiras
Ana Lúcia Brandimarte – USP/IB – Depto. Ecologia
Maria Aparecida Juliano de Carvalho USP/IB – DEPTO. ECOLOGIA
Suzana Sendacz – Inst. de Pesca/SAA

DOCUMENTO AUTORIZADO POR

Assinatura / Carimbo / Data

DOCUMENTO REVISADO

Assinatura / Carimbo / Data

CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

<input checked="" type="checkbox"/> Externa	<input type="checkbox"/> Interna
<input type="checkbox"/> Reservada	

PALAVRAS CHAVES

Rio Atibaia, índices biológicos, biomonitoramento

CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO

O.S. 12220800 - Estudos preliminares para o uso de Índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais - riachos e corredeiras na bacia hidrográfica do rio Atibaia

DISTRIBUIÇÃO INTERNA

Áreas / N.º de Cópias
1 cópia DAH, 1 cópia DAHC, 1 cópia DAHI, 1 cópia ERQ, 1 cópia EQSE, 1 cópia CPr-C, 1 cópia CPr-M, 1 cópia SMA - Entre Serras, 2 cópias Biblioteca

USO DA BIBLIOTECA

<i>Classificação de Assunto</i>	<i>N.º Documento</i>	<i>Visto / Carimbo / Data</i>
---------------------------------	----------------------	-------------------------------

TÍTULO DO DOCUMENTO

Estudos preliminares de biomonitoramento na bacia hidrográfica do rio Atibaia

RESUMO

O presente relatório apresenta os resultados, a análise e a discussão do projeto piloto de demonstração sobre biomonitoramento múltiplo realizado, na região da cabeceira do rio Atibaia, SP, em parceria entre equipes de Ecologia de Águas Continentais do Depto de Ecologia do IB-USP e da CETESB. Teve objetivo também de levantar informações integradas para complementar o projeto Entre Serras e Águas, implantado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com a finalidade de elaborar um plano de desenvolvimento sustentável para a área de influência da duplicação da Rodovia Fernão Dias. Em 8 pontos de amostragem, localizados nos rios Atibainha, Cachoeira e Atibaia, levantaram-se dados de parâmetros ambientais (água, sedimento) e bióticos (vegetação ripária, perifiton, zooplâncton, bentos, peixes, toxicidade da água e do sedimento). A partir destes dados, realizaram-se análises de agrupamento, com o objetivo de caracterizar os diferentes macro-habitats, assim como aplicaram-se diversos índices de avaliação integrada. Os resultados destas análises individualizadas foram confrontados sob forma de diagnósticos de qualidade ambiental, que mostraram-se ainda prematuros para a construção de um diagnóstico único, devido, principalmente, à falta de conhecimento sobre o tipo de corpo de água (de alto gradiente e de pequeno porte) e a biota regional. No entanto, produziu uma quantidade grande de informações inéditas sobre a região, além de apontar diversos problemas, anteriormente desconhecidos, a serem resolvidos e caminhos a serem seguidos em trabalhos futuros.

OBSERVAÇÕES

Este projeto contou com financiamento da FAPESP e colaboração de instituições parceiras: USP/I.B. - Depto. de Ecologia e Inst. de Pesca/ SAA

USO DA BIBLIOTECA*Local**Série*

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1. Justificativa	2
1.2. Objetivos	3
2. Materiais e Métodos	5
2.1. Área de Estudo	5
2.1.1 Descrição dos pontos de amostragem	5
2.1.2 Cronograma de coletas	6
2.2. Análise da Estrutura do Habitat	6
2.2.1 Caracterização da Mata Ripária	8
2.2.1.1 Serrapilheira	8
2.2.1.2 Grau de Sombreamento	8
2.2.1.3 Altura do Dossel	9
2.2.1.4 Largura da Faixa com Vegetação Arbórea/Arbustiva existente	9
2.2.1.5 Caracterização da Formação Vegetal	9
2.3. Medições, Coleta e Análise	9
2.3.1 Determinações de Variáveis Físicas	9
2.3.1.1 Velocidade do Fluxo	9
2.3.1.2 Transparência da Água	9
2.3.1.3 Temperatura da Água	9
2.3.2 Coleta de Materiais	9
2.3.2.1 Coleta de Amostras de Água	9
2.3.2.2 Coleta de Amostras de Sedimento	10
2.3.2.3 Coletas em Comunidades Aquáticas	10
2.3.2.3.1 Perifíton	10
2.3.2.3.2 Zooplâncton	10
2.3.2.3.3 Bentos	10
2.3.2.3.4 Peixes	11
2.3.3 Determinação das Variáveis da Água	11
2.3.3.1 pH e Potencial Redox (E_H)	11
2.3.3.2 Condutividade	11
2.3.3.3 Turbidez	11
2.3.3.4 Sólidos	12
2.3.3.5 Oxigênio Dissolvido	12
2.3.3.6 Carbono Orgânico Dissolvido (COD)	12
2.3.3.7 Nutrientes	12
2.3.3.8 Metais Pesados	12
2.3.3.9 Surfactantes	13
2.3.3.10 Pesticidas Organoclorados	13
2.3.3.11 Fenóis	13
2.3.3.12 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	13
2.3.3.13 Pigmentos Vegetais	13
2.3.3.14 Coliformes Fecais	13
2.3.4 Determinação das Variáveis do Sedimento	13
2.3.4.1 Resíduos Totais, Fixos, Fração Volátil e Umidade	13
2.3.4.2 Granulometria	13
2.3.4.3 Metais Pesados	14
2.3.4.4 Bifenilas policloradas Totais (PCBs)	14
2.3.4.5 Pesticidas Organoclorados	14
2.3.5 Análise das Variáveis Biológicas	14

2.3.5.1	Perifíton	14
2.3.5.2	Zooplâncton	14
2.3.5.3	Bentos	15
2.3.5.4	Peixes	15
2.3.5.5	Teste de Toxicidade da Água.....	15
2.3.5.6	Teste de Toxicidade do Sedimento	15
2.4.	Tratamento de Dados	15
2.4.1	Caracterização Ambiental	15
2.4.1.1	Análise de Agrupamento.....	16
2.4.1.2	Correlações	16
2.4.2	Caracterização Biológica	16
2.4.2.1	Perifíton	16
2.4.2.2	Zooplâncton	16
2.4.2.3	Bentos	17
2.4.2.4	Peixes.....	18
2.4.2.5	Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	18
2.4.2.6	Índice de Estado Trófico (IET)	19
2.4.2.7	Índice de Parâmetros Mínimos para Preservação da Vida Aquática(IPMCA).....	19
2.4.2.8	Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA).....	22
2.4.2.9	Tríade	23
3.	Resultados e Discussões Parciais.....	25
3.1.	Análise da Estrutura do Hábitat.....	25
3.1.1	Avaliações das fichas de campo: caracterização física/qualidade da água	25
3.1.2	Estrutura do hábitat.....	25
3.1.3	Vegetação ripária	26
3.2	Análise das Variáveis Ambientais	28
3.2.1	Variáveis relativas à água e luminosidade da margem	28
3.2.2	Toxicidade da água	36
3.2.3	Sedimento	39
3.2.4	Toxicidade do sedimento	40
3.2.5	Análise de agrupamento das variáveis da água.....	44
3.2.5	Análise de agrupamento da totalidade das variáveis ambientais	48
3.2.	Comunidade Biológicas	50
3.3.1	Perifíton	50
3.3.2	Zooplâncton	54
3.3.3	Comunidade bentônica.....	57
3.3.4	Peixes	63
3.3.	Avaliações Integradas.....	67
3.4.1	Índice de estado trófico.....	67
3.4.2	Cálculo do IVA	69
3.4.3	Tríade	69
4.	Discussão Geral	72
5.	Conclusões	77
5.1.	Diagnóstico	77
5.2.	Metodologias.....	77
6.	Referências Bibliográficas	78
7.	Anexos	
8.	Equipe Técnica	
9.	Agradecimentos	

ESTUDOS PRELIMINARES PARA O USO DE ÍNDICES BIOLÓGICOS NO BIOMONITORAMENTO DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS – RIACHOS E CORREDEIRAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ATIBAIA, SP.

1. INTRODUÇÃO

O rio Atibaia e seus tributários localizam-se na Bacia do Rio Piracicaba, pertencente ao 4º grupo de UGRHIs¹ do Estado de São Paulo, segundo estabelecido pela Lei Estadual nº 7663 de dezembro de 1991. As águas desta bacia destinam-se ao abastecimento público, industrial e à irrigação, recebendo efluentes domésticos, industriais pontuais e resíduos agropecuários difusos. A área, predominantemente ocupada por pastagem, abriga indústrias de papel e celulose, alimentícia, sucro-alcooleira, têxtil, curtumes, metalúrgicas, químicas e petroquímica (CETESB, 1998).

As águas dos rios formadores Cachoeira e Atibainha, a montante dos reservatórios de Cachoeira e Atibainha, pertencem à classe 1, enquanto aquelas a jusante das respectivas barragens e do rio Atibaia pertencem à classe 2 (Decreto Estadual nº 10.755, de novembro de 1997; Decreto Estadual nº 8.468). Em ambas as classes, a preservação e proteção das comunidades aquáticas está prevista pela classificação Federal (Resolução CONAMA nº 20, de 1986).

Regiões localizadas em terreno serrano estão mais protegidas da expansão urbana e encontram-se em melhor estado de preservação, com remanescentes da vegetação natural associados à pecuária (monocultura de braquiária), reflorestamento (monoculturas de eucalipto e pinheiro) e chácaras de lazer, enquanto que em zona de várzeas, a ocupação humana é mais intensa e diversificada, acrescida de atividade agrícola (SMA, 1998), em geral de forma inadequada à preservação da vida aquática.

Diversos municípios, parcial ou totalmente, estão incluídos na APA² Piracicaba/Juqueri-Mirim (Joanópolis, Piracaia, Nazaré Paulista, Bragança Paulista, Vargem, Tuiuti, Pedra Bela e Pinhalzinho), enquanto que em Atibaia está delimitada a APA Represa Bairro da Usina. Áreas Naturais Tombadas existem em Mairiporã (Reserva Estadual da Cantareira), Atibaia e Bom Jesus dos Perdões (Tombamento Serra de Atibaia ou Itapetininga). Mairiporã apresenta também um Parque Estadual (Parque Estadual da Cantareira), enquanto que Atibaia é denominada Estância Turística e, Bragança Paulista, Estância Climática (SMA, 1998).

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo implantou o projeto *Entre Serras e Águas*, com o intuito final de elaborar um plano de desenvolvimento sustentável para a área de influência da duplicação da Rodovia Fernão Dias. Esta área abrange os municípios de São Paulo e Guarulhos, densamente ocupados, acrescidos de outros 11 (acima mencionados) menos densos, localizados em região montanhosa e áreas de remanescentes da vegetação nativa (SMA, 1998).

De toda esta região, apenas 26% dos esgotos recebem tratamento e, com exceção de Bragança Paulista, contemplada com aterro sanitário, os locais de deposição de resíduos sólidos domésticos são inadequados e muitos, próximos a mananciais (SMA, 1998). Além disso, informações ecológicas sobre a área são extremamente escassas, necessitando de atenção sob forma de projetos de pesquisa.

Segundo PESCOD (1990), embora um projeto de pesquisa em gestão de recursos hídricos no contexto de países em desenvolvimento possa identificar abordagens promissoras, nem sempre

¹ Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

² Área de Proteção Ambiental

sua execução pode ser autorizada pelas agências governamentais, pelo risco de investimento que podem apresentar, a não ser que seja experimentado em campo, em pequena escala. Para estes casos, os *projetos de demonstração* são ideais para testar a validade de resultados de pesquisa numa situação real, sem onerar a agência com investimento de grande porte. Também proporciona a oportunidade de se testar as características operacionais e de manutenção de um sistema e treinar os recursos humanos da agência.

Por outro lado, ROSENBERG e RESH (1996) definem como primeiro passo ao desenvolvimento de um programa de monitoramento a execução de um *estudo piloto*, ou de *reconhecimento*, essencial para a execução bem sucedida de qualquer estudo de biomonitoramento que venha a envolver mais do que a aplicação de um procedimento padronizado, pois neste são revelados onde ocorrem os organismos, suas densidades aproximadas, sua agregação espacial, elementos essenciais na decisão do número de unidades amostrais e de estratificação (ou não) por habitats específicos.

Desta forma, o grupo de Ecologia de Águas Continentais do Depto de Ecologia-IB-USP, em parceria com a CETESB e colaboração da SMA, decidiram implantar na área um *projeto piloto de demonstração* sobre biomonitoramento múltiplo (senso DAVIS *et al.*, 1996), seguindo a tendência internacional (*e.g.* CHAPMAN, 1992; BARBOUR *et al.*, 1997). Este projeto contou com o financiamento da FAPESP dentro da Alínea Políticas Públicas (Processo nº 98/14186-7), sendo este relatório o produto final da primeira fase deste trabalho.

1.1. JUSTIFICATIVA

O monitoramento da qualidade da água é, tradicionalmente, realizado através da utilização de variáveis físicas e químicas da água, em rede de pontos fixos de amostragem, para comparação com padrões de qualidade legalmente estabelecidos para diferentes propósitos. O componente biológico normalmente está presente apenas sob a forma de avaliação da contaminação por bactérias coliformes e a concentração de clorofila *a*. Esta abordagem tradicional representa a condição ambiental no momento da coleta do material, necessitando de complementação biológica para uma avaliação em nível ecossistêmico (PRAT *et al.*, 1986).

O biomonitoramento, definido como o uso sistemático de organismos vivos na determinação da qualidade do ambiente aquático, adiciona um componente temporal à avaliação ambiental, representando, com a sua presença, a exposição a condições passadas (ROSENBERG e RESH, 1996). Este processo utiliza-se de seres vivos presentes nos ecossistemas, em abordagens de escalas espaço-temporais e de níveis de organização variadas, podendo extrapolar o ambiente aquático incluindo também o seu entorno, incorporando o conceito de bacia hidrográfica (ALLAN *et al.*, 1997; ALLAN e JOHNSON, 1997).

A proposta deste projeto justifica-se pelos fatos que se seguem.

- (1) A existência de uma massa crítica de recursos humanos especializada em avaliação biológica na CETESB, confirmando PESCOD (1990) que aponta a viabilidade de mobilização destes profissionais em países em desenvolvimento.
- (2) A existência de uma massa crítica de informações sobre taxonomia e ecologia de organismos aquáticos, geradas pela comunidade acadêmica, também prevista por PESCOD (1990).
- (3) A constatação da carência de informações ecológicas sobre ecossistemas lóticos, em especial de pequenas dimensões, no Estado de São Paulo (MONTEIRO JÚNIOR, 1997).

- (4) A implantação do projeto *Entre Serras e Águas*, pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com a finalidade de elaborar um plano de desenvolvimento sustentável para a área de influência da duplicação da Rodovia Fernão Dias.
- (5) A publicação da Resolução SMA-65 (D.O.E.S.P 14/08/1998) que, entre outras resoluções, criou um Grupo de Trabalho para "... revisar o IVA³ no sentido de indicar
- (6) outros métodos que utilizem indicadores biológicos e índices de eutrofização". Este GT nomeou um Grupo Técnico composto por especialistas da CETESB, universidades e institutos de pesquisa, que realizou um intenso estudo sobre a informação existente.
- (7) A constatação da existência de uma distância entre as universidades e institutos de pesquisa em relação aos trabalhos da CETESB (MONTEIRO JÚNIOR, 1997), isto é, a necessidade da quebra do isolamento cultural entre a pesquisa limnológica e a gestão de recursos hídricos (senso CULLEN, 1990), através de uma maior interação com objetivos comuns.
- (8) A necessidade de testar metodologias de coleta e tratamento de materiais biológicos e de dados, a partir de amostragem padronizada, valorizando-se a escala regional (ALLAN e JOHNSON, 1997).
- (9) A necessidade de avaliar a adequação de diferentes comunidades no biomonitoramento regional, de acordo com as suas características biológicas/ecológicas peculiares.
- (10) fato do programa de biomonitoramento ser considerado uma ferramenta complementar de alto conteúdo de informações que, na maioria dos casos, necessita de instrumental técnico pouco sofisticado (THORNE e WILLIAMS, 1997), sendo uma abordagem apropriada para pesquisa em gestão de recursos hídricos no contexto de países em desenvolvimento (PESCOD, 1990).
- (11) A oportunidade proporcionada pela criação do Programa Pesquisas em Políticas Públicas pela FAPESP.

1.2. OBJETIVOS

- (1) Desenvolver um *projeto piloto de demonstração* (senso ROSENBERG e RESH, 1996 e PESCOD, 1990) de biomonitoramento múltiplo, envolvendo as comunidades fito e zooplancônicas, perifítica, bentônica, de peixes e de vegetação perimetral, na Bacia do rio Atibaia, com abordagem de bacia hidrográfica.
- (2) Criar ou adequar índices biológicos de avaliação ambiental e validar metodologias e procedimentos de biomonitoramento que complementem a rede de monitoramento básico da CETESB, integrando a avaliação da qualidade da água superficial, sedimento e comunidades.
- (3) Aplicar, no âmbito da SMA/CETESB, metodologias oriundas de pesquisas acadêmicas que gerem resultados e divulgar, no âmbito das universidades e instituições de pesquisa,

³ Índice de Proteção da Vida Aquática

as vantagens da parceria com órgãos de controle ambiental para a conservação/recuperação da qualidade ambiental.

- (4) Gerar subsídios que auxiliem na elaboração de um plano de educação ambiental para estes ecossistemas, junto ao projeto *Entre Serras e Águas* da SMA e órgãos das prefeituras locais.
- (5) Formar pessoal qualificado em parceria com instituições públicas e/ou privadas relacionadas ao ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de cabeceira do rio Atibaia, estudada por este trabalho, compreende 6 municípios (Joanópolis, Piracaia, Nazaré Paulista, Bom Jesus dos Perdões, Mairiporã e Atibaia) em região serrana. Uma síntese das informações existentes sobre a região em estudo pode ser encontrada na obra *Entre Serras e Águas - Plano de Desenvolvimento Sustentável para a Área de Influência da Duplicação da Rodovia Fernão Dias* (SMA, 1998).

2.1.1. DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Dentro da área de estudo, foram alocados 8 pontos de amostragem (Fig. 1), com a seguinte distribuição:

- (1) Rio Atibainha - 2 pontos a montante e 1 a jusante do reservatório de Atibainha;
- (2) Rio Cachoeira - 2 pontos a montante e 1 a jusante do reservatório de Cachoeira;
- (3) Rio Atibaia - 1 ponto junto à captação do município de Atibaia (ATIB02010) da rede de monitoramento da qualidade das águas interiores da CETESB) e mais um, a jusante deste, junto à captação do município de Itatiba.

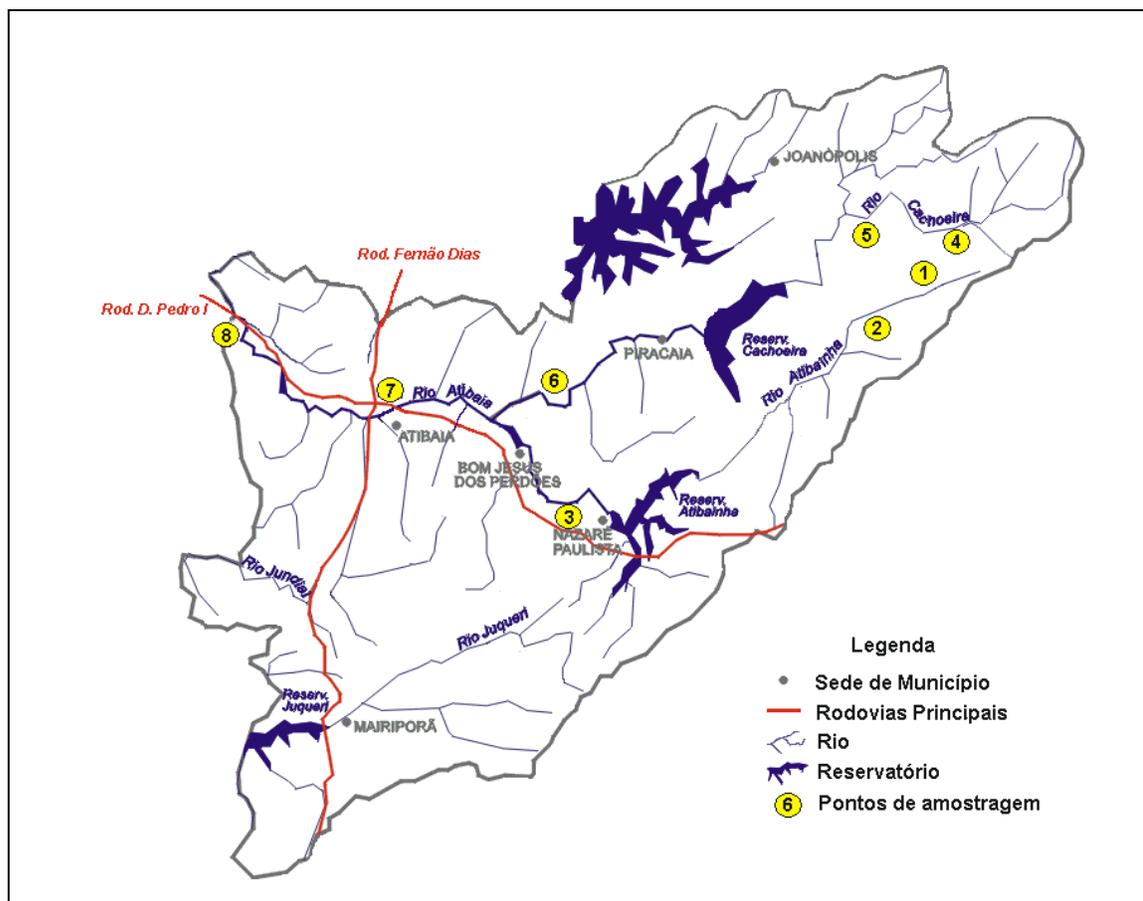


Figura 1. Mapa da sub-bacia da região de cabeceira do rio Atibaia, SP, com a localização dos pontos de amostragem.

Abaixo encontra-se a descrição de cada um dos pontos de amostragem, cujas coordenadas geográficas foram obtidas através do uso de um receptor de medição de sinais por satélites (GPS marca Trimble, modelo 100048YT).

- Ponto 1. Rio Atibainha, a montante do reservatório, Município de Piracaia, Bairro Atibainha Acima, a montante da Fazenda Tecelagem, a jusante da Salmonicultura Mantiqueira (atualmente produzindo trutas), 23°01'04,4" S, 46°09'30,0" O. Cota de 900m.
- Ponto 2. Rio Atibainha, a montante do reservatório, Município de Piracaia, Bairro Atibainha Acima, a jusante do Sítio Pica-Pau, próximo à Fazenda Nogueira Montanhês, 23°01'20,2" S, 46°10'40,0" O. Cota de 840m.
- Ponto 3. Rio Atibainha, a jusante do reservatório, Município de Nazaré Paulista, entre Bom Jesus dos Perdões e Nazaré Paulista, no Hotel Estância Atibainha, 23°09'55,8" S, 46°25'08,5" O. Cota de 750m.
- Ponto 4. Rio Cachoeira, a montante do reservatório, Município de Joanópolis, a montante da Cachoeira dos Pretos, próximo à Fazenda Pedra do Carmo, 22°58'38,5" S, 46°08'52,5" O. Cota de 1.100m.
- Ponto 5. Rio Cachoeira, a montante do reservatório, Município de Joanópolis, ponte sobre o rio na estrada Joanópolis - Cachoeira dos Pretos, próximo ao bairro dos Pretos e a cerca de 17km do centro da cidade, 22°58'02,9" S, 46°12'33,4" O. Cota de 880m.
- Ponto 6. Rio Cachoeira, a jusante do reservatório, Município de Piracaia, porto de areia próximo à olaria no Bairro dos Caneados, na estrada Batatuba – Caneados, 23°06'00,7" S, 46°25'44,6" O. Cota de 750m.
- Ponto 7. Rio Atibaia, Município de Atibaia, junto à captação do município de Atibaia (AT2000 da rede básica de monitoramento da qualidade de água da CETESB), 23°06'08,0" S, 46°32'39,1" O. Cota de 740m.
- Ponto 8. Rio Atibaia, a jusante do Ponto 7, junto à captação do município de Itatiba, 23°58'59,6" S, 46°49'35,0" O. Cota de 710m.

2.1.2. CRONOGRAMA DE COLETAS

Devido às intensas chuvas ocorridas durante o início de 2000, as coletas foram adiadas para a segunda quinzena de março. Mesmo assim, nos dias que antecederam as coletas e durante os trabalhos de campo, ocorreram chuvas, o que dificultou em muito a locomoção.

Abaixo encontra-se o cronograma das coletas, realizadas em março de 2000.

1° PERÍODO DE COLETAS

Dia 21 - Pontos 01 e 02

Dia 22 - Pontos 04 e 05

2° PERÍODO DE COLETAS

Dia 28 - Pontos 03 e 06

Dia 29 - Pontos 07 e 08

2.2. ANÁLISE DA ESTRUTURA DO HÁBITAT

Para a caracterização geral dos pontos de coleta e análise da estrutura do hábitat, utilizaram-se as fichas de campo apresentadas no protocolo "Rapid Bioassessment Protocols for Use in

Wadable Streams and Rivers” desenvolvido pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) (BARBOUR *et al.*, 1999), com modificações prévias realizadas segundo as experiências específicas da equipe (Anexos I a III).

Sendo parte de um protocolo, a utilização destas fichas teve o objetivo de testá-las e adaptá-las às condições locais, para a utilização neste e em outros trabalhos posteriores.

Cada ponto de coleta foi classificado, a partir da visita prévia ao local, como sendo de Alto (Pontos 1, 2, 4 e 5) ou Baixo Gradiente (os demais pontos).

É definido como rios de alto gradiente aqueles cuja declividade é maior que 1,5/1000m e geralmente composto por um substrato grosseiro com uma alta abundância de “cobble”, “boulders” e “rocks”. E rios de baixo gradiente aqueles com declividade inferior à 1,5/1000m e em geral com substrato predominantemente fino composto por areia, silte e argila.

A ficha de caracterização física/qualidade da água (Anexo I) incluía os seguintes itens:

1. Localização do corpo de água
2. Identificação da equipe de campo
3. Data da amostragem
4. Condições do tempo (meteorológico)
5. Registros físicos do local (mapa de localização e detalhes do ponto)
6. Caracterização do rio
7. Caracterização do entorno da área de drenagem
8. Vegetação ciliar na área de preservação permanente
9. Características do canal
10. Presença de detritos vegetais maiores (heterogeneidade do ambiente)
11. Vegetação aquática
12. Qualidade da água (variáveis básicas e observações sobre poluição)
13. Sedimento/substrato (observações sobre poluição)
14. Descrição semi-quantitativa do substrato (inorgânica e orgânica)

As fichas de avaliação de habitat (Anexo I) incluíam as seguintes variáveis, em duas escalas:

A. A serem avaliados no trecho de amostragem (100 metros)

1. Substrato para epifauna/abrigo disponível
2. Presença de macrófitas aquáticas marginais ou no canal
3. Grau de enterramento (das pedras)⁴ / Caracterização do substrato das poças⁵
4. Regimes de velocidade/profundidade⁴ / Variabilidade da poça⁵
5. Deposição de sedimento
6. Condição de fluxo no canal

B. A serem avaliados em trecho mais amplo do que o de amostragem

7. Alteração no canal
8. Frequência de corredeiras (ou curvas)⁴ / Sinuosidade do canal⁵
9. Estabilidade das margens⁶
10. Proteção vegetal da margem⁶

⁴ alto gradiente

⁵ baixo gradiente

⁶ avaliadas separadamente, direita e esquerda

11. Largura da vegetação ripária⁶

Para cada uma das variáveis, foi determinada uma pontuação entre 0 e 20 (exceto as das margens, que receberam metade da pontuação por margem), para designar a sua categoria de condição (ótima, sub-ótima, marginal ou pobre). Algumas das descrições das categorias também foram previamente adaptadas. Estas fichas modificadas foram testadas pela equipe, por meio de avaliação de cenários projetados (diapositivos).

No campo, simultaneamente, três membros da equipe avaliaram visualmente oito variáveis do hábitat ao longo de um trecho de 100 metros, anotando os resultados, no mesmo local em que foram feitas as coletas das comunidades biológicas. No total, 12 membros da equipe analisaram os parâmetros do hábitat nos oito pontos de amostragem.

Os dados obtidos através do preenchimento das fichas em campo foram utilizados para os propósitos que se seguem:

- (a) Caracterização dos pontos de amostragem
- (b) Avaliação da variabilidade das anotações entre os observadores
- (c) Readaptação e otimização das fichas

Foi determinada a pontuação total de cada ponto de coleta e calculada a média e o desvio padrão das três observações, sendo estes valores considerados como Índice de Hábitat de cada local.

2.2.1. Caracterização da mata ripária

Além das variáveis de hábitat constantes nas fichas, desenvolveu-se também uma caracterização genérica da mata ripária⁷ dos 8 pontos de amostragem, por meio da avaliação de variáveis adicionais.

Partindo do princípio que o protocolo de campo deva ser de fácil preenchimento, é importante que contenha variáveis básicas e representativas, de forma a permitir um enquadramento em classes de estágios de desenvolvimento e, assim, viabilizar uma análise ecológica.

O trabalho de avaliação da mata ripária constituiu-se da mensuração, em ambas as margens do rio, em cada ponto, de 5 parâmetros distintos, escolhidos pela simplicidade de sua mensuração⁸, a saber:

2.2.1.1. Serapilheira

A serapilheira (presença, ausência, e características) é um dos parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão, de acordo com o Decreto número 750, de 10 de fevereiro de 1993, que adotou como um dos padrões para classificação da vegetação da Mata Atlântica (BRASIL, 1993), uma vez que seu depósito apresenta diferenças entre os estágios sucessionais da vegetação, bem como entre níveis de antropização.

A espessura da serapilheira foi medida por meio de régua, com escala em cm, em posição vertical, aprofundando-a na sua superfície, sem pressão, até atingir o solo compacto.

2.2.1.2. Grau de sombreamento

O grau de sombreamento/luminosidade no interior da mata foi medido por meio de um luxímetro MINIPA modelo MLM-1332.

⁷ considerada a área de preservação permanente, segundo o Código Florestal (Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965, art. 2º)

⁸ para possibilitar a utilização posterior por leigos, mediante treinamento, através de equipamentos simples

2.2.1.3. Altura do dossel

Essa medição foi utilizada para a avaliação do estágio sucessional da vegetação. O critério utilizado foi a classificação recomendada pela Resolução CONAMA número 01, de 31 de janeiro de 1994, que considera a altura média do dossel de 1,5 - 8,0 m como em estágios iniciais, de 4,0 – 12,0 m como em estágio médio e maior que 10,0 m como em estágios avançados de sucessão, para floresta umbrófila semidecídua (CONAMA, 1994).

Esta variável foi mensurada por meio de um telêmetro RANGING PONTI-METER 120 para a árvore mais representativa do dossel.

2.2.1.4. Largura da faixa com vegetação arbórea/arbustiva existente

A medição foi feita com trena, com escala em metros, iniciando-se na linha da água e perpendicular a ela.

2.2.1.5. Caracterização da formação vegetal

Além das variáveis acima definidas, foi feita ainda, uma caracterização sucinta e genérica da formação vegetal, levantando-se informações sobre as espécies mais representativas e comuns, bem como a presença de sub-bosque, de epífitas, cipós, bromélias e de vegetação aquática. O critério para avaliar a fisionomia, a florística e a estrutura da vegetação baseou-se apenas em observação visual.

2.3. MEDIÇÕES, COLETA E ANÁLISE

2.3.1. Determinações de variáveis físicas

2.3.1.1. Velocidade do fluxo

A velocidade do fluxo da água nos pontos de coleta foi medida por meio do fluxômetro modelo Columbia (The Great Atlantic Trading Co. Ltd), expondo o medidor à correnteza pelo tempo padrão de 2 minutos e calculando-se o valor através da fórmula:

$$\text{Velocidade em m/s} = (0,0005 \times F) + 0,1544$$

onde: F = valor lido no aparelho, por segundo
conforme instrução do fabricante.

2.3.1.2. Transparência da água

As determinações de transparência da água foram realizadas através de disco de Secchi de 25 cm de diâmetro, com resultados expressos em metros (m).

2.3.1.3. Temperatura da água

A temperatura superficial e do fundo da água foi determinada por medição direta, através do método eletrométrico, com aparelho marca WTW, modelo pH 197.

2.3.2. Coleta de materiais

2.3.2.1. Coleta de amostras de água

As amostras de água para análises físicas e químicas, microbiológicas e ecotoxicológicas foram coletadas segundo Guia de Coleta CETESB (CETESB, 1988) e Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995).

2.3.2.2. Coleta de amostras de sedimento

As amostras de sedimento para a análise granulométrica e de resíduos foram obtidas em triplicata, para cada local de amostragem, com o uso de um pegador do tipo Petersen modificado, com área de 596 cm².

As amostras para determinação de contaminantes químicos (metais pesados e compostos orgânicos xenobióticos) foram coletadas nos Pontos 3, 6, 7 e 8, onde o ambiente lótico exibia melhores condições para a formação de zonas deposicionais. Foi amostrada apenas a parte superficial (até cerca de 6 cm de profundidade) dos sedimentos.

2.3.2.3. Coletas em comunidades aquáticas

2.3.2.3.1. Perifíton

Foram coletadas amostras de três diferentes substratos (pedras, folhas e ramos submersos), com três réplicas por tipo de substrato para cada ponto amostral.

Procurou-se, quando possível, padronizar o tamanho das pedras, o tipo de folhas (forma, rugosidade e desenvolvimento - maduras mas não senescentes) e ramos (quanto à espessura, formato e rugosidade).

A remoção da comunidade perifítica foi feita através de raspagem com pincéis e escovas macias, e enxágüe de área representativa de todo o substrato, acondicionando o material em frascos de vidro com diluição em água destilada até volume conhecido (150 mL).

As amostras resultantes foram homogeneizadas e divididas em 2 frascos, sendo 80mL para análise de clorofila e 70 mL para análise da comunidade de perifíton.

As amostras para análise de clorofila *a* do perifíton foram mantidas refrigeradas até filtragem e as destinadas à análise da comunidade foram preservadas com 6 mL de formalina 4%.

As áreas das folhas e das superfícies raspadas das pedras foram medidas através do desenho das mesmas (contorno em papel translúcido) e posterior leitura em medidor de área foliar (CID, INC., modelo CI202). A área dos ramos foi calculada por aproximação à figura geométrica mais próxima (cilindro).

Foram feitas lâminas permanentes para identificação de diatomáceas, utilizando-se para oxidação ácido sulfúrico e permanganato de potássio e como meio, naphrax, segundo HASLE & FRYXELL (1970).

2.3.2.3.2. Zooplâncton

As amostras da comunidade zooplânctônica foram obtidas através da exposição à correnteza de uma rede, com abertura de malha de 70µm, por um tempo padrão de 2 minutos, exceto no Ponto 5 onde, por impossibilidade de acesso à correnteza, filtrou-se um volume de 100L de água.

Imediatamente após a coleta, no local, os organismos zooplânctônicos foram anestesiados com água mineral gasosa por 15 min e, em seguida, fixados com formaldeído 4% neutralizado.

2.3.2.3.3. Bentos

Na coleta de organismos bentônicos foram explorados exaustivamente todos os tipos de habitats existentes em cada ponto de amostragem. Foram previamente definidos 6 tipos diferentes de habitats potenciais: macrófitas aquáticas, detritos encalhados, canal, corredeira, margem deposicional e margem erosional. Para a obtenção das amostras foram utilizados, de acordo com a adequação, amostradores do tipo Hess (com rede de 0,5 mm e área de 678,9 cm²), rede manual (com rede de 0,5 mm) e pegadores do tipo Petersen modificado (com áreas de 325 e 596 cm²),

além de amostragem manual por catação. No uso da rede manual, foi padronizado o esforço amostral através da fixação do tempo de captura (2 minutos). As amostragens com Hess e pegador Petersen foram sempre realizadas em triplicata, enquanto que as de rede manual foram triplicatas ou únicas. Assim, foram obtidas amostras quantitativas (com Hess e Petersen), semi-quantitativas (com rede manual) e qualitativas (manual).

Em campo, o material foi pré-fixado com formaldeído neutralizado em volume suficiente para se atingir uma concentração final de 4 % e armazenado em sacos plásticos reforçados para transporte.

2.3.2.3.4. Peixes

Nos Pontos de coleta 1, 2, 4 e 5, foi usada uma rede de arrasto (10 m de comprimento, 2,4 m de altura, malha de 12 mm entre nós). A rede foi arrastada ao longo de um trecho de 100m por dois técnicos no sentido jusante-montante.

Nos Pontos 3, 6, 7 e 8, foram usadas cinco redes de espera (2 redes de 20 m comprimento, 1,5 m de altura, malha de 20 mm entre nós, e 3 redes de 10 m de comprimento, 1,5 m de altura, malha de 20 mm entre nós) colocadas junto às margens, nos locais considerados mais apropriados para a pesca, durante duas horas.

Além das coletas com redes, também foram contactados moradores locais para se obter informação sobre a presença de peixes. No Ponto 5, foi usada uma rede manual com cabo, para coleta de alevinos que ocorriam na vegetação junto às margens. Este dados foram utilizados apenas para a constatação da presença das espécies.

Todos os peixes capturados foram acondicionados em sacos plásticos e enviados sob refrigeração ao laboratório da CETESB, onde foram congelados.

2.3.3. Determinação das variáveis da água

Estas análises, salvo observações, foram realizadas sob responsabilidade dos laboratórios da CETESB.

2.3.3.1. pH e potencial redox (E_H)

A determinação de pH foi realizada por medição direta, com medidor de pH microprocessado, marca WTW, modelo pH 197, conforme Standard Methods, 19^a ed. (APHA, 1995).

A determinação de potencial redox foi realizada por medição direta, através de eletrodo combinado com sistema de referência xerolyt (KCl sólido) com sistema de medição por anel de platina, conectado em aparelho Metrohm Herisau, modelo E-588.

2.3.3.2. Condutividade

As medidas de condutividade foram realizadas com uma célula de condutividade e um condutímetro Orion, modelo 160. A checagem do eletrodo foi realizada utilizando-se soluções de KCl, na faixa analítica dinâmica de medida.

2.3.3.3. Turbidez

As medidas de turbidez foram realizadas pelo método nefelométrico, utilizando-se um turbidímetro marca VWR, modelo 200, comparado-se com uma suspensão-padrão de sulfato de formazina.

2.3.3.4. Sólidos

Os sólidos, aqui denominados como resíduo total, resíduo fixo e resíduo volátil, foram determinados gravimetricamente, conforme os métodos 2540-B e 2540-E descritos no Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995).

O procedimento consiste em evaporação de uma alíquota da amostra em cápsula de porcelana e secagem até massa constante, a 105°C para determinação de resíduo total e a 500°C para determinação de resíduo fixo e resíduo volátil.

2.3.3.5. Oxigênio dissolvido (OD)

As medidas de oxigênio dissolvido das amostras superficiais e de fundo foram realizadas por medição direta através de um oxímetro marca WTW, modelo OXI 197 (método eletrométrico).

2.3.3.6. Carbono orgânico dissolvido (COD)

As amostras foram preservadas com H₂SO₄, pH ≤ 2 e analisadas pelo método de oxidação por ultravioleta, e detecção por infravermelho, descrito no Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995).

2.3.3.7. Nutrientes

O fosfato solúvel e o fósforo total foram determinados pelo método colorimétrico automático com reagente molibdato/antimonil/ácido ascórbico, segundo Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995). Para a determinação de fósforo total, cada amostra foi previamente submetida à digestão com mistura ácido sulfúrico, sulfato de potássio e óxido de mercúrio, a 300°C, por duas horas.

As variáveis nitrogênio-amônia, nitrogênio Kjeldahl e nitrogênio orgânico foram determinadas pelo método colorimétrico automático com reagente fenol-alcalino (fenato), conforme Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995). Para a determinação de nitrogênio Kjeldahl, cada amostra foi submetida a digestão prévia com mistura ácido sulfúrico, sulfato de potássio e óxido de mercúrio a 350°C, por duas horas. O nitrogênio orgânico foi obtido pela diferença entre os valores de nitrogênio Kjeldahl e nitrogênio-amônia.

O nitrogênio-nitrito foi determinado pelo método espectrofotométrico com reagente sulfanilamida/cloreto de N-naftil etilenodiamina, conforme Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995).

O nitrogênio-nitrato foi determinado pelo método espectrofotométrico com reagente fenoldissulfônico, conforme NBR 12620 de set/92.

2.3.3.8. Metais pesados

Os metais, cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), zinco (Zn), cromo (Cr) e níquel (Ni) foram determinados por espectrometria de absorção atômica-chama, após digestão de cada amostra com mistura oxidante de ácido nítrico e ácido clorídrico, conforme procedimentos descritos nos métodos 3111 B e D do Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995), e normas técnicas CETESB pertinentes (CETESB, 1989a, b, c, d, 1990a, 1990b)

O mercúrio (Hg) foi determinado por espectrometria de absorção atômica-vapor frio. O procedimento analítico consta de digestão da amostra com mistura oxidante de ácido sulfúrico, permanganato de potássio e persulfato de potássio. Segue-se a eliminação do excesso de oxidantes pela adição de solução de cloreto de hidroxilamônio e a produção do vapor frio de mercúrio, através da adição de solução de cloreto estano e determinação espectrométrica. Este procedimento baseia-se no método 3112 B do Standard Methods, 19ª ed. (APHA, 1995).

2.3.3.9. Surfactantes

Em 100 mL de amostra de água, adiciona-se o reagente azul de metileno e clorofórmio. Os surfactantes aniônicos reagem com o azul de metileno formando um complexo azul que é extraído em clorofórmio. O extrato é lavado com solução ácida para hidrolisar complexos menos estáveis de substâncias interferentes. A intensidade de cor do extrato de clorofórmio é medida espectrofotometricamente a 650 nm e a concentração expressa em mg/L de substâncias ativas frente ao azul de metileno.

2.3.3.10. Pesticidas organoclorados⁹

Foi utilizado o método EPA 3510C (extração líquido-líquido em funil de separação). A quantificação dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons. O limite de interesse de detecção do procedimento total foi de 0,01µg/L.

2.3.3.11. Fenóis

Foi utilizado o método colorimétrico com 4-aminoantipirina seguida de extração com clorofórmio, segundo Standard Methods, 20^a ed. (APHA, 1998).

2.3.3.12. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

As amostras, sem preservação, foram analisadas pelo método da diluição e incubação a 20°C por 5 dias, segundo Standard Methods, 19^a ed. (APHA, 1995).

2.3.3.13. Pigmentos vegetais

As amostras de água para determinação das concentrações de clorofila *a* e feofitina *a*, coletadas em duplicata na superfície, foram acondicionadas em frasco âmbar de 1L, preservadas com 1mL de carbonato de magnésio (MgCO₃) 1% e mantidas refrigeradas até a entrada no laboratório. Estas foram filtradas em prazo máximo de 24 horas. O material retido no filtro foi extraído em acetona, sendo determinados os teores de clorofila *a* e feofitina *a* por método espectrofotométrico descrito na Norma Técnica CETESB L5.306 (CETESB, 1990c).

2.3.3.14. Coliformes fecais

A determinação de coliformes fecais foi realizada através da técnica de tubos múltiplos com o meio A1, de acordo com Norma Técnica CETESB L5.406 (CETESB, 1992) e Standard Methods, 19^a ed. (APHA, 1995).

2.3.4. Determinação das variáveis do sedimento

2.3.4.1. Resíduos totais, fixos, fração volátil e umidade

Os procedimentos de avaliação destas variáveis basearam-se nos métodos da EPA (1986). O grau de enriquecimento orgânico do sedimento foi avaliado através da porcentagem de resíduo volátil, tendo sido considerados substratos ricos em matéria orgânica os que apresentaram valores acima de 10% de peso seco, conforme sugerido por Ungemach (1960 *apud* ESTEVES, 1988).

2.3.4.2. Granulometria

As análises granulométricas procederam-se pelos métodos de peneiramento e tempo de decantação para as partículas finas, seguindo a Norma Técnica CETESB L6.160 (CETESB, 1995). Os sedimentos foram classificados no sistema de Shepard (SUGUIO, 1973),

⁹ Análises realizadas no Laboratório de Química Ambiental – LQA, Instituto de Química, UNICAMP, sob responsabilidade do Prof. Dr Wilson de Figueiredo Jardim.

empregando-se o *software* desenvolvido pelo Prof. Dr. Jorge Yamamoto do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

2.3.4.3. Metais pesados⁹

Na determinação de metais pesados em sedimento foi utilizado o método 3050b da EPA para secagem, maceração, homogeneização, digestão e filtragem. As leituras foram então realizadas por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES).

Na determinação de mercúrio total, cerca de 1g de sedimento úmido de cada amostra passou por digestão ácida sob aquecimento. A quantificação de mercúrio total nas amostras foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica por vapor frio, adaptado para análise por injeção em fluxo.

2.3.4.4. Bifenilas policloradas totais (PCBs)⁹

Para a abertura da amostra, foi utilizado o método EPA 3540C (Extração com Soxhlet). O extrato obtido foi tratado adotando-se o processo de *clean-up*, segundo os métodos EPA 3660B (para eliminação do enxofre) e EPA 3630C (passagem em coluna de sílica desativada). A quantificação foi realizada por cromatografia gasosa usando detector de captura de elétrons (ECD). O limite de detecção do procedimento total foi de 15µg/Kg.

2.3.4.5. Pesticidas organoclorados⁹

A abertura da amostra foi realizada de acordo com o método EPA 3540C (extração com Soxhlet). A quantificação dos compostos foi feita por cromatografia gasosa, usando detector de captura de elétrons (ECD). O limite de detecção do processo variou para cada amostra, de acordo com a massa utilizada e a porcentagem de umidade. O fator de recuperação (de 80%) foi determinado pelo método EPA 3630C (sílica gel *clean-up*).

2.3.5. Análise das variáveis biológicas

2.3.5.1. Perifíton

A quantificação de organismos da comunidade perifítica foi realizada em microscópio invertido, segundo Norma Técnica CETESB L5.303 (CETESB, 1990d). Os resultados foram convertidos para número de organismos por cm². As diatomáceas foram identificadas utilizando-se as lâminas permanentes confeccionadas e bibliografia especializada.

As alíquotas para análise de clorofila *a* foram preservadas com 1mL de carbonato de magnésio (MgCO₃) 1% e mantidas refrigeradas até a entrada no laboratório. Estas foram filtradas em prazo máximo de 24 horas. O material retido no filtro foi extraído em acetona, sendo determinados os teores de clorofila-*a* e feofitina-*a* por método espectrofotométrico descrito na Norma Técnica CETESB L5.306 (CETESB, 1990c). Os resultados foram expressos em µg de clorofila *a* e feofitina *a* por cm².

2.3.5.2. Zooplâncton¹⁰

Uma análise qualitativa precedeu a análise quantitativa, efetuada através de subamostragens, tendo sido a amostra previamente homogeneizada e colocada numa placa de Petri subdividida em quartis. Foram contados os organismos presentes em ¼ da amostra total, sob microscópio óptico.¹⁰

¹⁰ Análises realizadas pela Dra. Suzana Sendacz do Instituto de Pesca, SAA-SP.

2.3.5.3. Bentos

No laboratório, as amostras foram lavadas através de peneira com abertura de malha equivalente a 0,5 mm e o material retido preservado em álcool 70°GL e corado com Rosa de Bengala. Amostras ricas em material inorgânico grosseiro (areia, cascalho) foram também submetidas à flotação com solução saturada de NaCl.

Populações muito densas tiveram suas contagens sub-amostradas, tendo sido efetivamente contados ¼ dos organismos. Os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível, sob lupa, empregando-se as chaves de MERRIT e CUMMINS (1996), PENNAK (1989), PÉREZ (1988) e THORP e COVICH (1991).

2.3.5.4. Peixes

No laboratório, os peixes foram descongelados, identificados com o uso de literatura taxonômica e tiveram seu comprimento total (cm) e peso total (g) determinados (KLEMM *et al.*, 1993).

2.3.5.5. Teste de toxicidade da água

Na avaliação da qualidade das águas superficiais, foi utilizado o teste de toxicidade crônica com o cladóceros *Ceriodaphnia dubia*, de acordo com a Norma Técnica CETESB L5.022 - modificada (CETESB, 1991). Por este procedimento, indivíduos jovens (6 a 24 horas de idade) são expostos às amostras filtradas em rede de malha de 60µm, durante o período de 7 dias, com alimentação diária e renovação da solução a cada 48 horas. São avaliados os efeitos sobre a sobrevivência em 48 horas (agudo) e sobre a sobrevivência e reprodução dos organismos-teste após 7 dias (crônico).

Os resultados obtidos foram analisados através do teste *t* por bioequivalência, disponível no Programa Estatístico TOXSTAT 3.5 (WEST INC. e GULLEY, 1996).

2.3.5.6. Teste de toxicidade do sedimento

As amostras foram obtidas em triplicata nos Pontos 3, 6, 7 e 8, através da mesma metodologia utilizada para a obtenção de material para a determinação de substâncias químicas no sedimento.

Foram realizados testes de toxicidade aguda com o anfípodo *Hyalella azteca*, segundo metodologia ASTM (1988), na qual indivíduos jovens são expostos às amostras de sedimento durante dez dias, em sistema estático. Ao final deste período, registra-se a mortalidade dos organismos-teste. A porcentagem de mortalidade foi avaliada através do Programa Estatístico TOXSTAT 3.5 (WEST INC. e GULLEY, 1996), verificando se os resultados obtidos com as amostras apresentaram diferença significativa em relação ao ponto de referência.

2.4. TRATAMENTO DOS DADOS

2.4.1. Caracterização ambiental

Os dados das medições e determinações relativas às variáveis ambientais receberam dois tratamentos, como se seguem:

2.4.1.1. Análise de agrupamento

As variáveis ecológicas listadas a seguir foram integradas através de uma análise de agrupamento, empregando-se como coeficiente a Distância Euclidiana Simples e o método de Ward, utilizando-se o software FITOPAC, versão 2.0.

- (1) Ambiental: grau de sombreamento/luminosidade
- (2) Água: velocidade de corrente, O.D. de superfície e de fundo, condutividade, turbidez, dureza, fosfato solúvel, P_{total} , N_{total} , $N_{amoniacal}$, $N_{Kjeldahl}$, $N_{orgânico}$, $N_{nitrito}$, $N_{nitrato}$, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, COD., resíduo volátil, coliformes fecais e clorofila
- (3) Sedimento: E_H , diâmetro médio, resíduo volátil, umidade, Cr, Cu, Pb, Zn, Hg, PCBs

Uma vez que os parâmetros oscilam segundo diferentes escalas, os dados foram previamente transformados para uma escala de 0 a 1, através da fórmula $[x - x_{mín.} / (x_{máx.} - x_{mín.})]$.

2.4.1.2. Correlações

Foi construída uma matriz de correlação das variáveis selecionadas, utilizando-se para tanto o coeficiente de correlação de Pearson, segundo o software “Statgraphics plus v2.1 for Windows”. Foi também testada a sua significância, ou seja, se ele poderia ser considerado estatisticamente diferente de zero. O nível de significância adotado foi de 5%.

2.4.2. Caracterização Biológica

2.4.2.1. Perifíton

Para fins de diagnóstico, foram utilizados apenas os resultados da densidade e o número de classes taxonômicas da comunidade perifítica encontrados nos galhos e folhas, segundo o critério apresentado no quadro que se segue.

Número de Classes Taxonômicas	Classificação
0 a 3	Ruim
4 - 5	Regular
6 - 7	Boa
8	Ótima

Essa metodologia é descrita em BARBOUR *et al.* (1999) e utilizada com ressalvas, já que se trata de uma alternativa para levantamentos rápidos e não fornece respostas tão precisas e consistentes quanto as que utilizam métodos estatísticos multivariados, índices e espécies indicadoras, que exigem identificação dos organismos até o nível específico.

2.4.2.2. Zooplâncton

A densidade dos organismos zooplancctônicos foi calculada a partir da fórmula:

$$D = N/V$$

onde:

D = estimativa da densidade

N = número de indivíduos capturados

V = volume filtrado pela rede

O volume filtrado pela rede é calculado pela fórmula:

$$V = a \times h$$

onde:

a = a área da boca da rede

h = a distância percorrida, estimada através da velocidade do fluxo medida e tempo de exposição da rede.

Foi realizada uma Análise em Componentes Principais (ACP) relacionando variáveis físicas, químicas e biológicas: velocidade da corrente, profundidade, transparência, OD da superfície, condutividade elétrica, resíduos totais, turbidez, nutrientes, clorofila-a e coliformes fecais, relevantes ao zooplâncton. Foi utilizado o programa PC-ORD 3.0, sendo que os valores das variáveis foram transformados em $\log(x+1)$ previamente à análise.

2.4.2.3. Bentos

As amostras quantitativas da macrofauna bentônica tiveram seus números transformados em ind/m^2 . Foram calculados, para cada amostra: a densidade de EPT (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera), o índice de riqueza (S), expresso como a soma das diferentes categorias taxonômicas encontradas na amostra, o índice de dominância, representado pelo maior valor de abundância relativa (n_i/N) da amostra (onde: n_i = densidade do taxon i; N = densidade total), o Índice de Comparação Sequencial (ICS) (CAIRNS e DICKSON, 1971), a razão Oligochaeta/Chironomidae (razão O/C) (WIEDERHOLM, 1980) e a razão Tanytarsini/Chironomidae (razão Tt/Chi). Os índices de riqueza e de dominância e a razão Oligochaeta/Chironomidae foram empregados em uma análise multimétrica para avaliação da qualidade do ambiente. Nesta análise, o resultado de cada índice para cada réplica foi ranqueado, seguindo os seguintes critérios apresentados no quadro abaixo.

Valor	Classificação	Cor	S	D	O/C
5	Péssimo		azóico		
4	Ruim		$S \leq 4$	$D > 0,75$	$O/C > 0,75$
3	Regular		$8 \geq S > 4$	$0,5 < D \leq 0,75$	$0,5 < O/C \leq 0,75$
2	Boa		$12 \geq S > 8$	$0,25 < D \leq 0,5$	$0,25 < O/C \leq 0,5$
1	Ótima		$S > 12$	$D \leq 0,25$	$O/C \leq 0,25$

Os índices para cada réplica foram então integrados através do cálculo da média dos valores de ranqueamento dos três índices. O diagnóstico final de cada ponto foi obtido pelo valor médio das réplicas.

Duas análises de agrupamento foram realizadas com os dados populacionais brutos (em indivíduos): uma quantitativa, empregando como coeficiente a Distância Euclidiana Simples e como técnica de agrupamento o método de Ward, e uma qualitativa, com o Índice de Jaccard e a média ponderada (WPGMA). Em ambos os casos foi usado o software FITOPAC, versão 2.0.

2.4.2.4. Peixes

Para cada ponto de amostragem, foi determinada a riqueza de espécies, a frequência relativa e a biomassa relativa de cada espécie de peixe. A partir dos dados de frequência relativa, foram calculados o índice de diversidade de Shannon-Wiener (logaritmo na base 2) e o índice e a dominância de Simpson (SIMPSON, 1949).

2.4.2.5. Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis: temperatura da amostra (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L), demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C) (mg/L), coliformes fecais (N.M.P./100mL), nitrogênio total (mg/L), fosfato total (mg/L), resíduo total (mg/L) e turbidez (U.N.T.). A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

em que:

n = número de parâmetros que entram no cálculo.

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação apresentada no quadro que se segue:

Valor	Classificação
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37-51	Aceitável
20 – 36	Ruim
0 – 19	Péssima

2.4.2.6. Índice de Estado Trófico (IET)

Para a avaliação do Índice de Estado Trófico foi adotado o índice de Carlson modificado (TOLEDO, 1990), que estabelece três níveis de estado trófico em função dos valores obtidos para as variáveis transparência (disco de Secchi), clorofila *a* e fosfato total.

Das três variáveis citadas foram aplicadas duas: clorofila *a* e fosfato total, uma vez que o referido índice foi originalmente desenvolvido para corpos de água lênticos. Além disso, os valores obtidos pelo disco de Secchi muitas vezes não são representativos do estado de trofia, tendo em vista que a penetração de luz nas águas pode estar relacionada à turbidez abiótica e não apenas à alta densidade de organismos planctônicos.

$$IET (CL) = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln CL}{\ln 2} \right)$$

$$IET (P) = 10 \left(6 - \frac{\ln (80,32 / P)}{\ln 2} \right)$$

Para a avaliação do estado trófico da água, segundo o índice de Carlson modificado, o critério abaixo apresentado no quadro abaixo foi utilizado para finalidades de diagnóstico:

Valor	Classificação
IET ≤ 44	Oligotrófico
44 < IET < 54	Mesotrófico
54 ≤ IET < 74	Eutrófico
IET ≥ 74	Hipereutrófico

2.4.2.7. Índice de Parâmetros Mínimos para Preservação da Vida Aquática (IPMCA)

O Índice de Parâmetros Mínimos para Preservação da Vida Aquática é composto por dois grupos de variáveis: substâncias tóxicas e variáveis essenciais (vide quadro abaixo). Para cada variável incluída no IPMCA, são estabelecidos três diferentes níveis de qualidade, com ponderações numéricas de 1 a 3, conforme apresentado no quadro a seguir.

Nível	Condições de Qualidade da Água
A	Águas com características necessárias para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos. Atende aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86 (ponderação 1).
B	Águas com características necessárias para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a reprodução pode ser afetada a longo prazo (ponderação 2).
C	Águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos aquáticos (ponderação 3).

O Nível A foi estabelecido de acordo com os padrões de qualidade de água estabelecido pela Resolução CONAMA número 20, de 18 de junho de 1986 (CONAMA, 1986). Os Níveis B e C usam limites obtidos das legislações americana (USEPA, 1991) e francesa (CODE PERMANENT: ENVIRONNEMENT ET NUISANCES, 1986), as quais estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas na água, para evitar efeitos crônicos e agudos à biota aquática.

O quadro que se segue apresenta as variáveis componentes do IPMCA e suas ponderações, de acordo com os três níveis de qualidade da água.

		Níveis	Faixa de variação	Ponderação
Parâmetros essenciais (PE)	OD (mg/L)	A	≥ 5	1
		B	3 a 5	2
		C	< 3	3
Substâncias Tóxicas (ST)	pH	A	6 a 9	1
		B	5 a < 6 e > 9 a 9,5	2
		C	< 5 e $> 9,5$	3
Substâncias Tóxicas (ST)	Toxicidade	A	não tóxico	1
		B	efeito crônico	2
		C	efeito agudo	3
Substâncias Tóxicas (ST)	Cádmio (mg/L)	A	$\leq 0,001$	1
		B	$> 0,001$ a 0,005	2
		C	$> 0,005$	3
Substâncias Tóxicas (ST)	Cromo (mg/L)	A	$\leq 0,05$	1
		B	$> 0,05$ a 1	2
		C	> 1	3
Substâncias Tóxicas (ST)	Cobre (mg/L)	A	$\leq 0,02$	1
		B	$> 0,02$ a 0,05	2
		C	$> 0,05$	3
Substâncias Tóxicas (ST)	Chumbo (mg/L)	A	$\leq 0,03$	1
		B	$> 0,03$ a 0,08	2
		C	$> 0,08$	3

Substâncias	Mercúrio (mg/L)	A	$\leq 0,0002$	1
		B	$> 0,0002$ a $0,001$	2
		C	$> 0,001$	3
Tóxicas	Níquel (mg/L)	A	$\leq 0,025$	1
		B	$> 0,025$ a $0,16$	2
		C	> 1	3
(ST)	Fenóis (mg/L)	A	$\leq 0,001$	1
B		$> 0,001$ a $0,05$	2	
C		$> 0,05$	3	
(Continuação)	Surfactantes (mg/L)	A	$\leq 0,5$	1
		B	$>0,5$ a 1	2
C		> 1	3	
	Zinco (mg/L)	A	$\leq 0,18$	1
		B	$>0,18$ a 1	2
		C	> 1	3

Dadas as ponderações para as variáveis analisadas em uma amostra de água, o IPMCA é calculado da seguinte forma:

$$\text{IPMCA} = \text{PE} \times \text{ST}$$

onde:

PE = Valor da maior ponderação do grupo de variáveis essenciais

ST = Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá ser o seguinte: valores menores que 0,5 serão arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 serão arredondados para cima

O valor do IPMCA pode variar de 1 a 9, sendo subdividido em quatro faixas de qualidade, classificando as águas para proteção da vida aquática como consta no quadro abaixo.

Valor	Classificação
1	Boa
2	Regular
3 e 4	Ruim
≥ 6	Péssima

2.4.2.8. Índice para Proteção da Vida Aquática (IVA)

A Resolução SMA número 65, de 13 de agosto de 1998, criou, dentre outros, o IVA, Índice para Proteção de Vida Aquática, composto inicialmente pelo IPMCA (DOESP, 1998). Esta resolução também criou um Grupo de Trabalho com o objetivo de aprimorar a avaliação da qualidade ambiental através deste índice, integrando outros componentes como indicadores biológicos e índices de eutrofização. De acordo com o estabelecido por este Grupo, o IVA (Zagatto *et al*, 1999) deverá ser calculado a partir do IPMCA e do IET, segundo a seguinte expressão:

$$IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET$$

Na ausência do valor de IET, para efeito de cálculos, o mesmo deve ser considerado igual a 1 (um). O IVA será dividido em 5 classes de qualidade conforme demonstrado no quadro que se segue.

Cor	Classificação
	Ótima
	Boa
	Regular
	Ruim
	Péssima

O quadro abaixo mostra os valores de IVA em cada classe de qualidade, de acordo com a variação do IPMCA e do IET.

		IPMCA				
		1	2	3	4	>6
IET	1	2,2	3,4	4,6	5,8	8,2 – 11,8
	2	3,2	4,4	5,6	6,8	9,2 – 12,8
	3	4,2	5,4	6,6	7,8	10,2 – 13,8
	4	5,2	6,4	7,6	8,8	11,2 – 14,8

Para a apresentação final dos dados do IVA é calculada uma média dos resultados de cada ponto, sendo atribuídos valores para cada classe de cores (ótima = 1, boa = 2, regular = 3, ruim = 4, péssima = 5), conforme quadro a seguir.

IPMCA

		1	2	3	4	>6
IET	1	1	3	4	4	5
	2	2	3	4	4	5
	3	3	4	4	5	5
	4	4	4	5	5	5

A média é arredondada, sendo considerada a classe de melhor qualidade até a metade de cada intervalo. Exemplo: classes: ótima $\leq 1,5$, boa $\leq 2,5$, regular $\leq 3,5$, ruim $\leq 4,5$ e péssima $>4,5$.

2.4.2.9. Tríade

O método da tríade de Avaliação da Qualidade do Sedimento (“Sediment Quality Triad” - CHAPMAN, 1990; CHAPMAN *et al.*, 1997) incorpora três fontes essenciais de informação sobre o grau de qualidade deste compartimento: concentrações de substâncias químicas, toxicidade e biota residente. Para tanto, é realizado um levantamento das concentrações de contaminantes orgânicos e inorgânicos nos sedimentos, e os seus efeitos são inferidos pelas respostas dos testes de toxicidade e da análise estrutural das comunidades bentônicas, possibilitando uma avaliação da biodisponibilidade destes químicos.

O método segue a premissa do uso de pontos referência, em que as medidas químicas, toxicológicas e biológicas de ambientes não ou pouco deteriorados são usadas como base de comparação para a avaliação da qualidade de locais a serem diagnosticados. Neste trabalho, o Ponto 3 foi considerado referência.

Entre as substâncias químicas usadas neste contexto, foram selecionados os metais pesados Pb, Cu, Cr, Hg, e Zn.

Para a medida de toxicidade (teste agudo com *Hyalella azteca*) as categorias baseadas nos dados de porcentagem de mortalidade foram definidas conforme apresentado no quadro abaixo.

Categoria	% de Mortalidade
1	0 - 20
2	20 - 50
3	50 - 100

Como medidas da comunidade bentônica foram utilizados: riqueza (S), dominância (D), densidade de EPT (DEPT) e as razões O/C e Tt/Chi. Só foram utilizados dados provenientes do habitat “margem deposicional”, onde foram retiradas as amostras para análise química e teste ecotoxicológico.

Os resultados médios de todas as medidas foram transformados em valores relativos (“RTR” - “ratio to reference”) aos dados do ponto referência, expressando o número de vezes que esta

medida excedeu em tamanho daquela esperada sob condições ambientais consideradas satisfatórias. Medidas que não respondem diretamente ao grau de degradação ambiental, foram transformadas em $1/x$ (no caso da densidade de EPT e S) e $1 - x$ (no caso da razão Tt/Chi).

Médias simples foram obtidas com os valores de RTR das determinações químicas e de comunidade. Estes valores, juntamente com os RTRs de toxicidade, foram lançados em gráficos com eixos equidistantes para cada ponto de coleta, mantendo-se sempre a mesma escala para os 3 eixos e locais de amostragem.

As áreas dos triângulos resultantes foram calculadas e relacionadas com as áreas dos pontos de referência, determinando-se deste modo um Índice de Qualidade de Sedimento (IQS), (DEL VALLS *et al.*, 1998). Quanto maior o tamanho da área do triângulo, maior será o grau de degradação ou pior a qualidade do sedimento local. Pontos com valores de IQS superiores ou iguais a 2,5 foram considerados como estando com alto grau de degradação de seus sedimentos; com valores entre 1,5 e 2,4, com grau intermediário, e com valores inferiores ou iguais a 1,4, com baixo ou nenhum nível de degradação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES PARCIAIS

Os resultados obtidos são apresentados por itens, juntamente com suas discussões parciais. Após a apresentação destas, uma discussão geral.

As tabelas encontram-se todas agrupadas no final do relatório, para a fluência da leitura.

3.1. ANÁLISE DA ESTRUTURA DO HÁBITAT

3.1.1. Avaliação das fichas de campo: caracterização física/qualidade da água

Os resultados da aplicação da *Ficha de Campo: Caracterização Física/Qualidade da Água* (Anexo I) estão apresentados na Tabela 1. Nesta encontram-se, em valores percentuais médios acompanhados pelos respectivos desvios padrões, as respostas ao preenchimento dos itens constantes da ficha. A área sombreada na tabela aponta os itens pouco preenchidos por diferentes motivos.

- (a) Aqueles que apresentaram real dificuldade de preenchimento, os quais foram posteriormente excluídos da ficha (itens 7, 34 e 35) e as frações do substrato (vide Anexo I), excluídas durante a amostragem.
- (b) Aqueles que não foram anotados por serem variáveis rotineiramente avaliadas pelos técnicos coletores da CETESB ou por depender de equipamento adequado (itens 18 e 19).
- (c) Aqueles que dependiam de informações dadas por terceiros (itens 2 e 3).

Os itens 16 e 17 apresentaram baixos valores de preenchimento mas os dados seriam passíveis de se obter, pois tratavam-se de valores resultantes de cálculos realizados com informações existentes.

Observando-se os valores médios selecionados (isto é, excluindo-se os apresentados nas justificativas de (a) a (c) acima) para os pontos de amostragem, nota-se que, com exceção feita ao Ponto 4 (onde não houve preenchimento de uma ficha, devido à presença de uma equipe de reportagem), o preenchimento resultou acima de 70%. Levando-se em consideração a heterogeneidade da equipe e o tempo limitado, o resultado pode ser considerado satisfatório.

Observando-se agora os valores médios por item, alguns deles apresentaram maiores dificuldades de preenchimento (6, 10, 21, 24 e 27), apontando as variáveis que necessitam de adaptação e/ou maior esclarecimento durante o treinamento para a utilização destas fichas.

A versão final desta ficha, adaptada, está apresentada no anexo I.

3.1.2. Estrutura do habitat

Após a utilização das fichas de campo *Avaliação do Hábitat* para rios de alto e baixo gradientes (Anexo I), seus resultados, foram analisados como um conjunto. A partir desta análise, os parâmetros de habitat *Presença de macrófitas*, *Grau de Enterramento* e *Deposição de Sedimento* foram excluídos dos cálculos, por não se enquadrarem às situações regionais e criarem dúvida aos usuários causando, como consequência, altos valores de desvio padrão. A versão final destas fichas, adaptada, estão apresentadas no anexo I.

Os *Índices de Hábitat* calculados para cada ponto de amostragem encontram-se nas Tabelas 2 e 3 e na Figura 2.

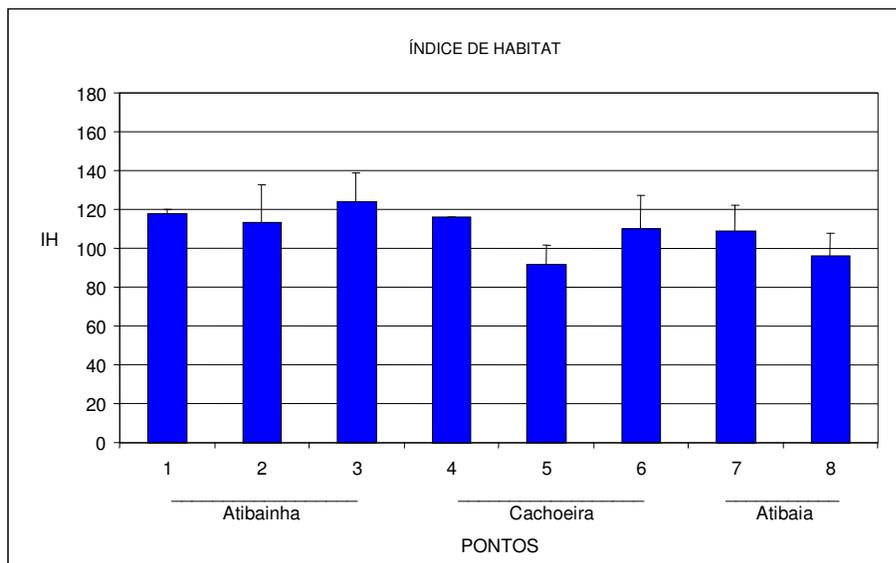


Figura 2. Distribuição dos valores de Índice de Hábitat nos pontos de amostragem (Pontos 1 a 3 – rio Atibainha; Pontos 5 a 6 – rio Cachoeira; Pontos 7 e 8 – rio Atibaia).

Os atributos que apresentaram menores valores foram *Proteção Vegetal da Margem* e *Largura da Vegetação Ripária*, evidenciando a degradação da cobertura vegetal ripária. O atributo que apresentou maior valor foi *Alteração no Canal* (Tabs 2 e 3), indicando a pouca interferência antrópica no canal dos rios.

Avaliados globalmente, os valores do *Índice de Hábitat* variaram entre 91,7 (Ponto 5) e 124 (Ponto 3) (Fig. 2; Tabs 2 e 3). Considerando-se as categorias:

Ruim: 0-60

Regular: 61-120

Bom: 121-180

conclui-se que os pontos caracterizam-se por uma condição geral mediana (REGULAR).

3.1.3 Vegetação ripária

Embora incluída nas fichas citadas acima, a vegetação ripária recebeu uma avaliação adicional, diferenciada, para testar a possibilidade de utilização por não especialistas.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 4 e na Figura 3. Como pode ser observado na Tabela 4, menos de 20% das margens analisadas apresentaram cobertura vegetal arbórea em largura estipulada pela legislação. Outras margens apresentaram extensões menores de arbóreas, algumas antropizadas (presença de eucaliptos), outras, transformadas em pastagem (Pontos 1 e 4, margem direita).

A altura do dossel foi variável, na maior parte dos casos abaixo de 15 m. A espessura da serapilheira, exceto no caso do Ponto 1, margem direita, esteve sempre abaixo de 2,0 cm.

De uma forma geral, pode-se observar que todos os pontos apresentam modificações antrópicas, em maior ou em menor grau.

Isoladamente, as variáveis avaliadas não refletem o grau de preservação das áreas amostradas, uma vez que, por exemplo, apesar de ser importante a largura da faixa de preservação

permanente, a existência ou não de serapilheira pode indicar a interferência antrópica, bem como a altura do dossel e o grau de sombreamento sugerem a idade do fragmento e, conseqüentemente o grau de perturbação sofrido.

Exemplificando, a Resolução CONAMA N° 01, de 31 de janeiro de 1994, que regulamenta o art. 6° do Decreto n° 750, de 10 de fevereiro de 1993, define vegetação primária e secundária, nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica (CONAMA, 1994). Dentre as diferentes variáveis, identifica vegetação secundária em estágio inicial com altura das plantas lenhosas situadas entre 1,5 e 8,0 metros e serapilheira, se presente, formando uma camada fina pouco decomposta; em estágio médio, altura das árvores variando entre 4 e 12 metros e presença de serapilheira com grande variação de espessura de acordo com a estação do ano e de um lugar para o outro; em estágio avançado, alturas máximas ultrapassando 10 metros e serapilheira variando em função do tempo e da posição, apresentando intensa decomposição.

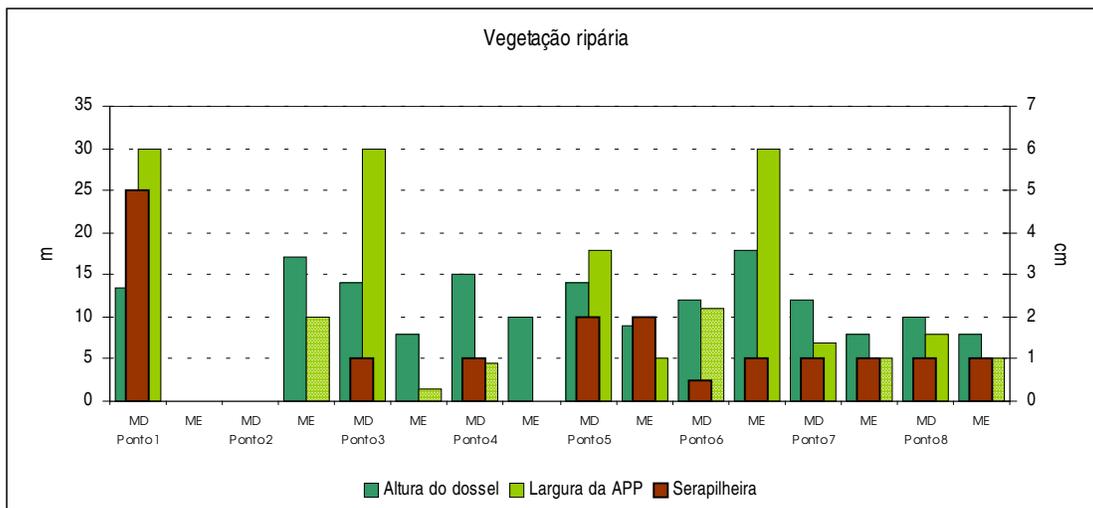


Figura 3. Avaliação da vegetação ripária ao longo dos pontos de amostragem, através da altura do dossel (m), largura da APP (Área de Proteção Permanente – 30m) (m) e espessura da serapilheira (cm). As barras texturizadas representam vegetação antropizada.

Desta forma, a análise conjunta das variáveis pode indicar seu estado de conservação e sua importância para a proteção do corpo d'água em questão.

A análise comparativa entre os pontos considerados neste estudo, permite verificar que a margem direita do Ponto 1 foi considerada a mais preservada, seguida da margem direita do Ponto 3 e da esquerda do Ponto 6. Já as margens esquerda do Ponto 1, direita do Ponto 2 e esquerda do Ponto 3 e margem esquerda do ponto 4, foram as que se mostraram menos preservadas. Destaca-se que, nestas duas primeiras, foi totalmente impossível quantificar as variáveis consideradas, devido à sua ausência. Já nas margens esquerdas dos Pontos 3 e 4 não se detectou a presença de, pelo menos, uma das variáveis, o que indica a presença significativa de alterações antrópicas nestes locais.

Destaca-se enfim, o fato de existirem Áreas de Preservação Permanentes antropizadas, com a presença apenas de árvores isoladas que, apesar de proporcionar o distanciamento de ações antrópicas da margem, não cumprem a função de proteção do solo, o que pode facilitar o início de processos erosivos ou o carreamento de nutrientes, empobrecendo e dificultando a regeneração natural e podendo interferir na qualidade do corpo d'água próximo.

Os resultados obtidos fazem desta análise um interessante instrumento para avaliação rápida, como será comentado posteriormente.

3.2. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Os pontos de amostragem, nas duas sub-bacias, apresentam características topográficas diferentes, estando o Ponto 4, no rio Cachoeira, em cota mais alta do que o Ponto 1, no rio Atibainha (Fig. 4).

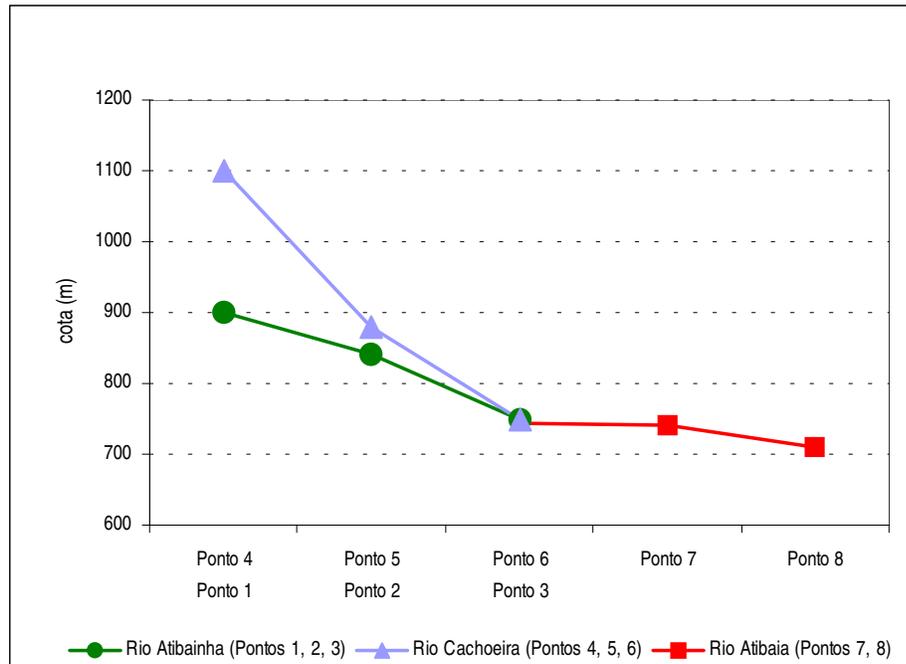


Figura 4. Esquema topográfico da distribuição dos pontos de amostragem nas sub-bacias dos rios Atibainha e Cachoeira e trecho do rio Atibaia.

3.2.1. Variáveis relativas à água e luminosidade da margem

Nas Figuras 5 (5.1 a 5.27) estão representados os resultados do comportamento espacial das variáveis ambientais da água e luminosidade da margem. Para melhor visualizar o gradiente, nesta figura, os pontos de amostragem foram agrupados na seguinte seqüência: Alto Gradiente - Atibainha, a montante da represa, Pontos 1 e 2; Alto Gradiente - Cachoeira, a montante da represa, Pontos 4 e 5; Baixo Gradiente – a jusante das represas, Ponto 3 Atibainha e Ponto 6 Cachoeira; e Baixo Gradiente – Atibaia, Pontos 7 e 8.

As variáveis físicas da água apresentaram os gradientes esperados para este tipo de corpo de água. Transparência e velocidade da água (Figs 5.2 e 5.3) tiveram seus valores mais altos nos pontos próximos às cabeceiras dos rios, sendo a relação entre estes inversa nestes trechos, evidenciando a diferença hidrodinâmica entre os dois rios. A profundidade dos rios aumenta no sentido montante - jusante (Fig. 5.5), assim como a temperatura da água (Fig. 5.7). No caso desta última variável, devido à hidrodinâmica e à profundidade, não há quase diferença entre os valores superficiais e de fundo.

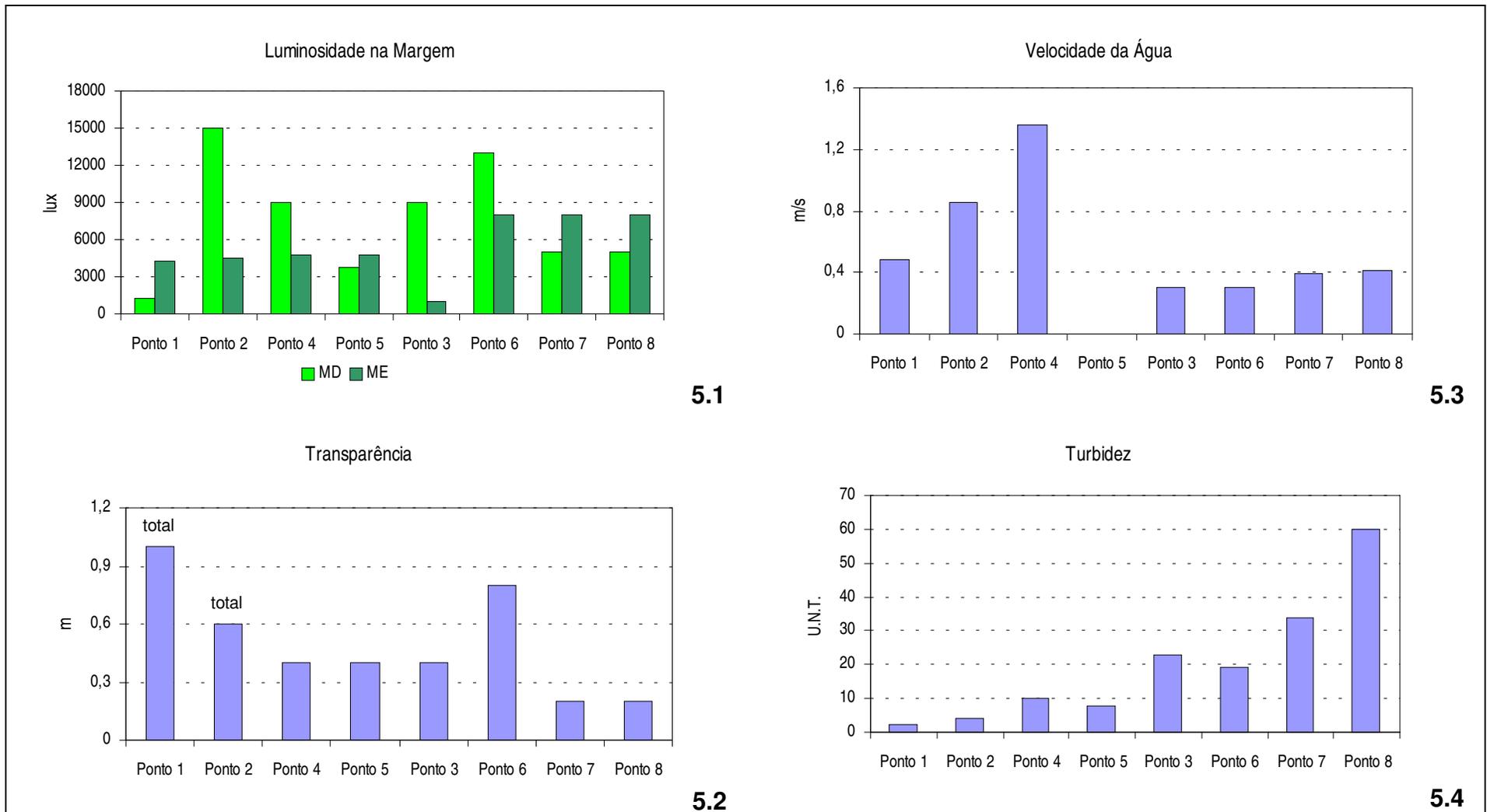


Figura5. Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.1 - Luminosidade nas margens (Lux) (MD = margem direita; ME = margem esquerda); 5.2 – Transparência da água (m); 5.3 - Velocidade da água (m/s); 5.4 – Turbidez da água (U.N.T.).

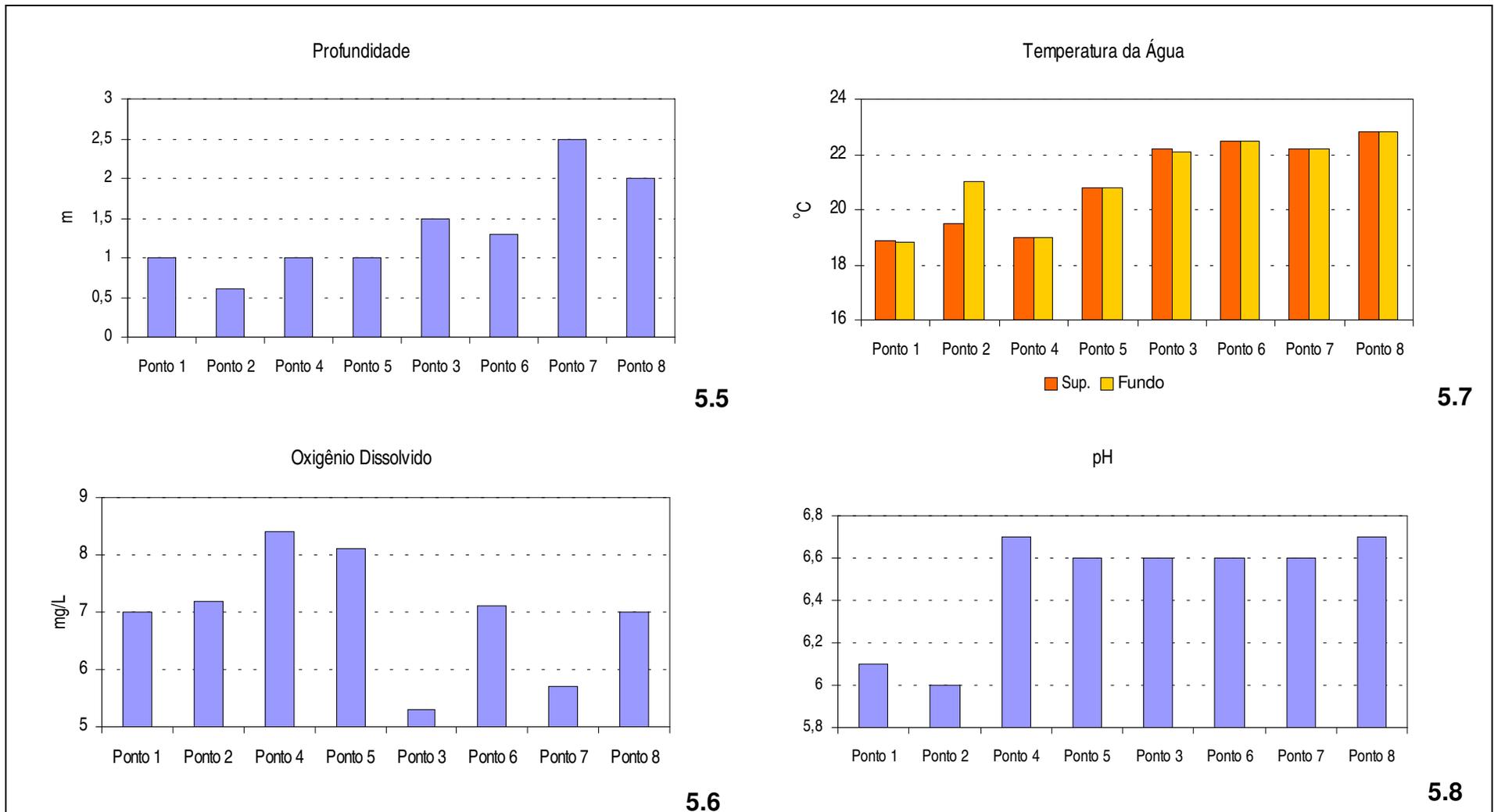


Figura 5. (cont.) Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.5 – Profundidade (m); 5.6 – Temperatura da água (°C); 5.7 – Oxigênio dissolvido na água (mg/L); 5.8 – pH da água.

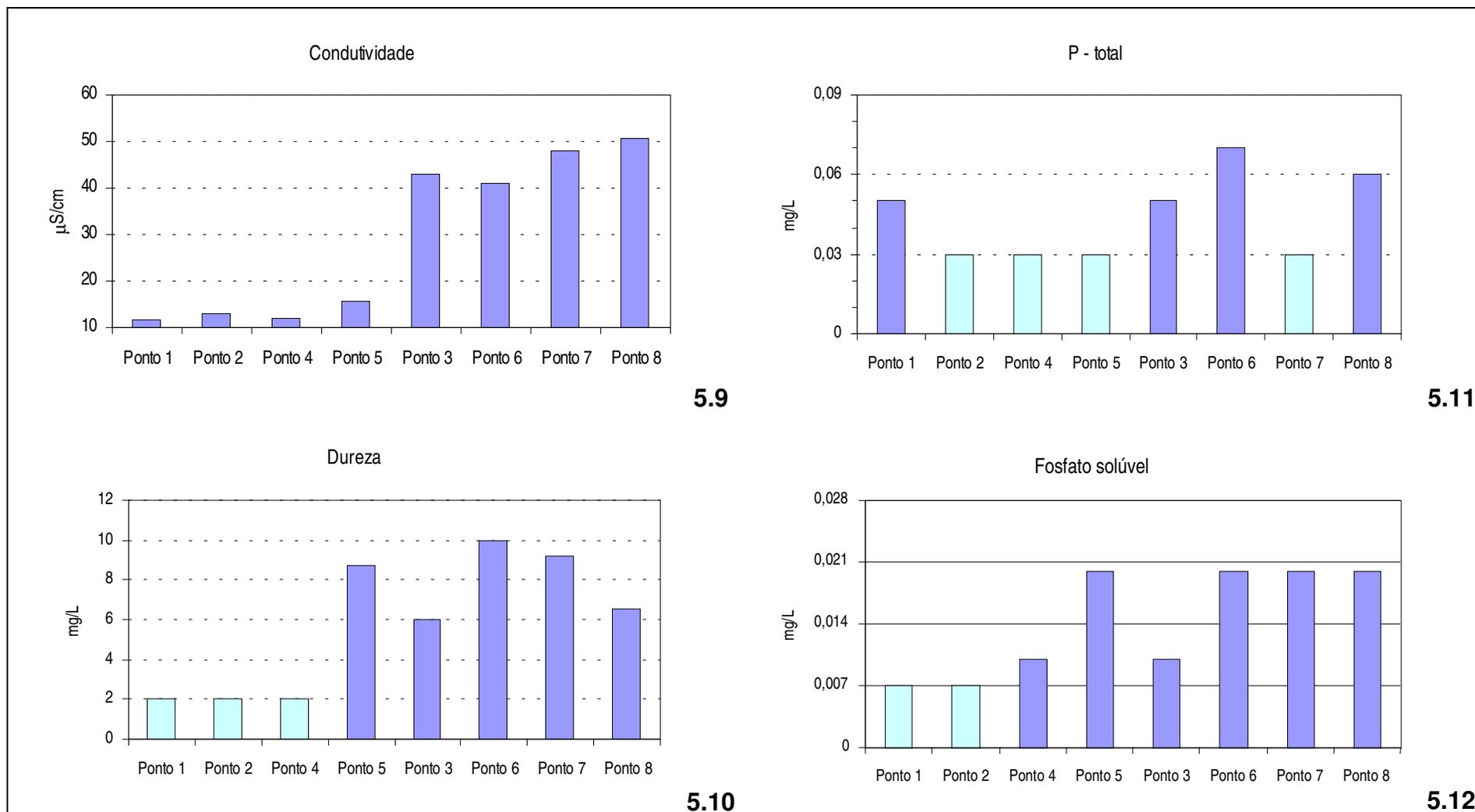


Figura 5. (cont.) Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.9 – Condutividade (µS/cm); 5.10 – Dureza (mg/L) da água; 5.11 – P-total (mg/L); 5.12 – Ortofosfato (mg/L) na água. As barras em cor mais clara representam concentrações abaixo do limite de detecção analítica.

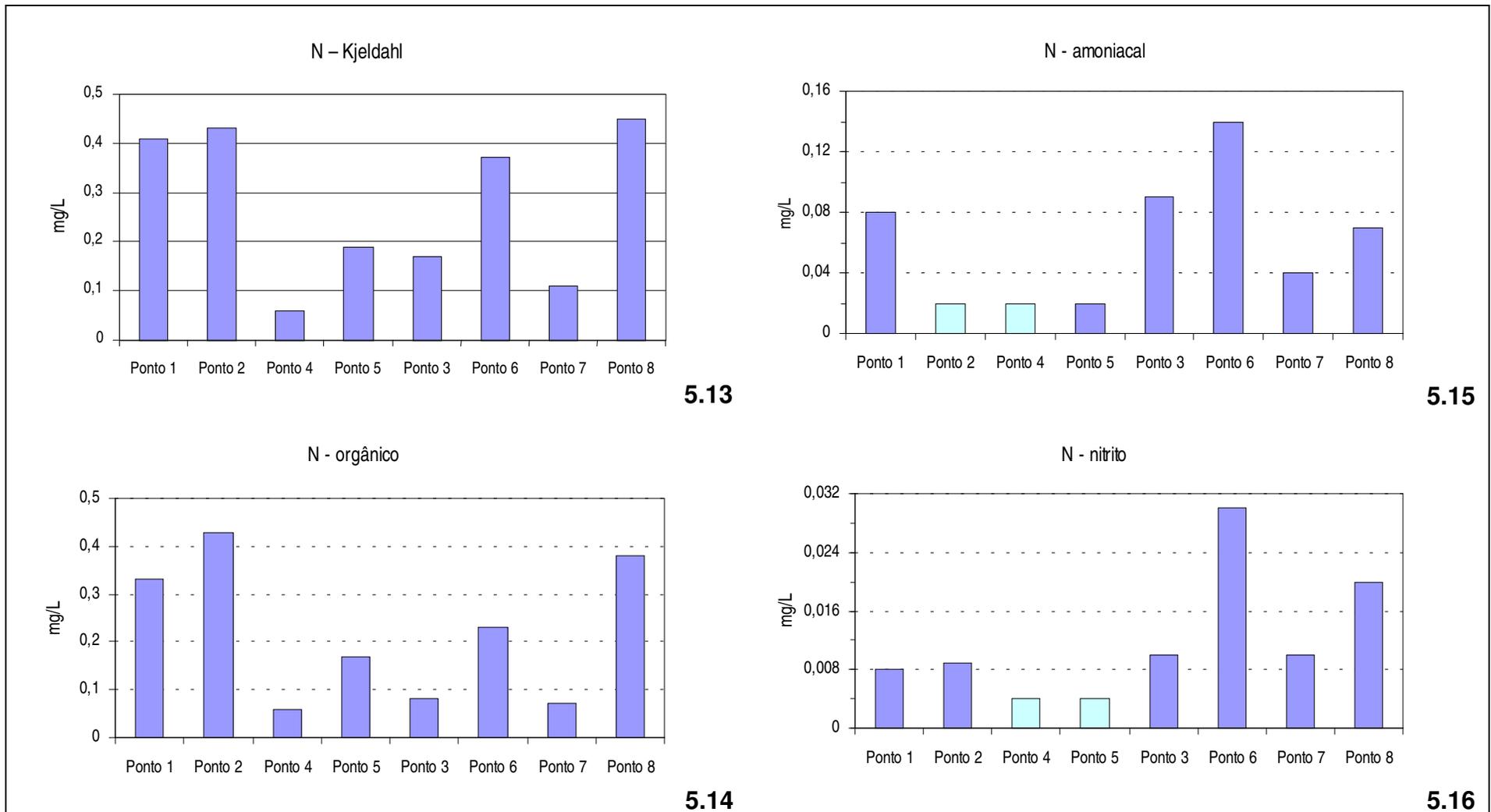
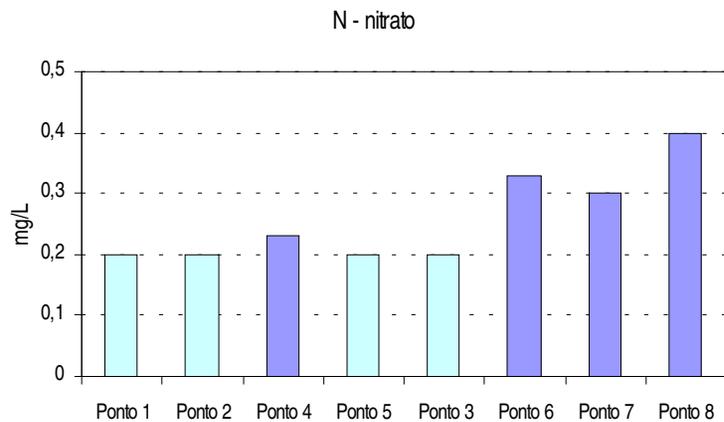
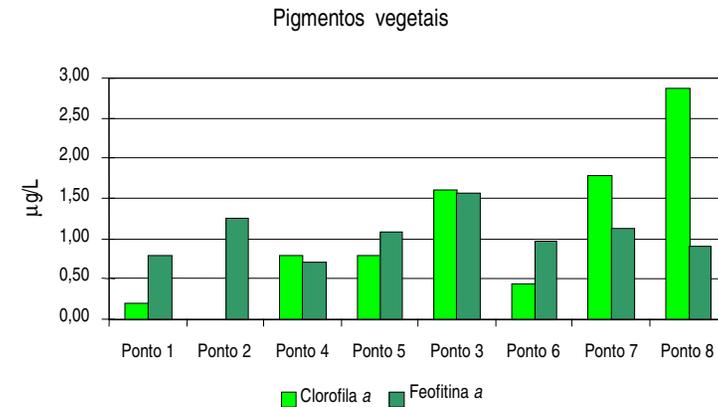


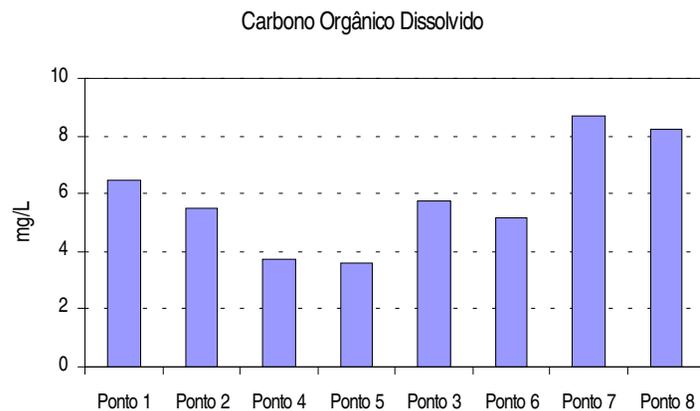
Figura 5. (cont.) Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.13 – N-Kjeldhal (mg/L); 5.14 – N-orgânico (mg/L); 5.15 – N-amoniaco (mg/L); 5.16 – N-nitrito (mg/L) na água. As barras em cor mais clara representam concentrações abaixo do limite de detecção analítica.



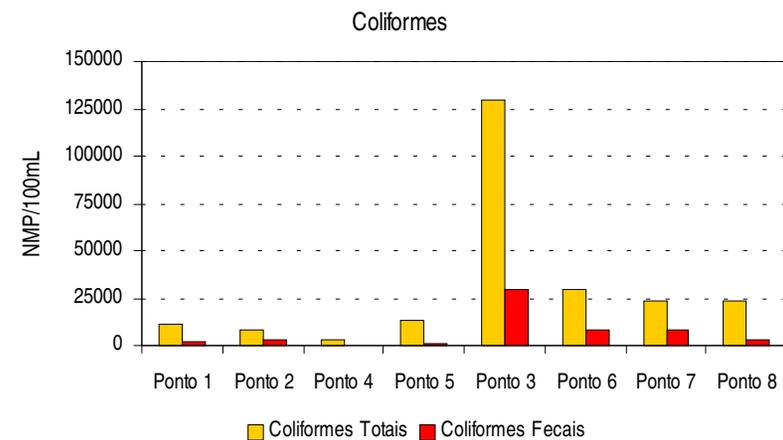
5.17



5.19

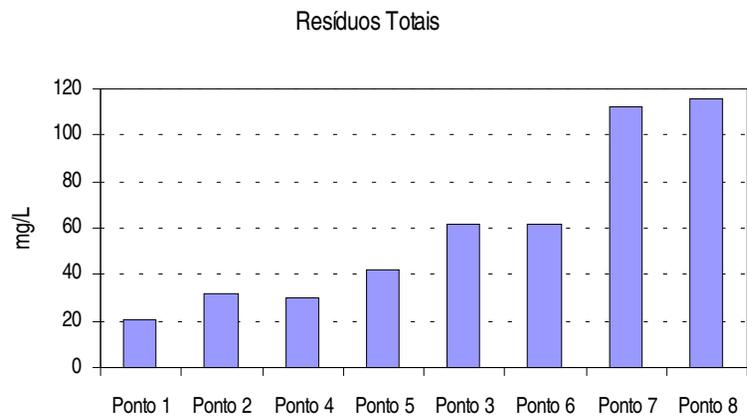


5.18

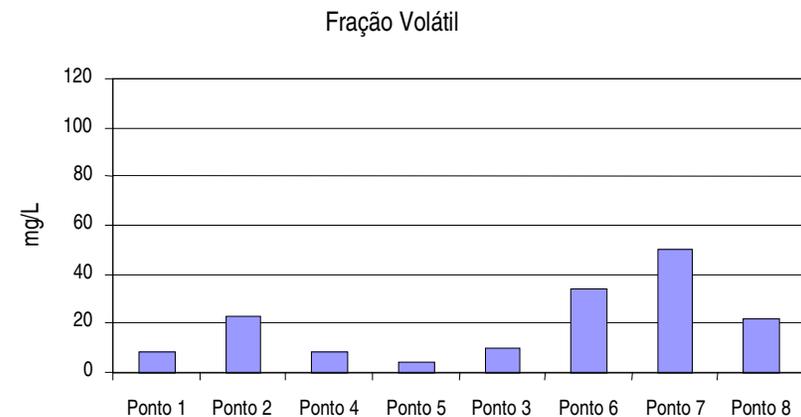


5.20

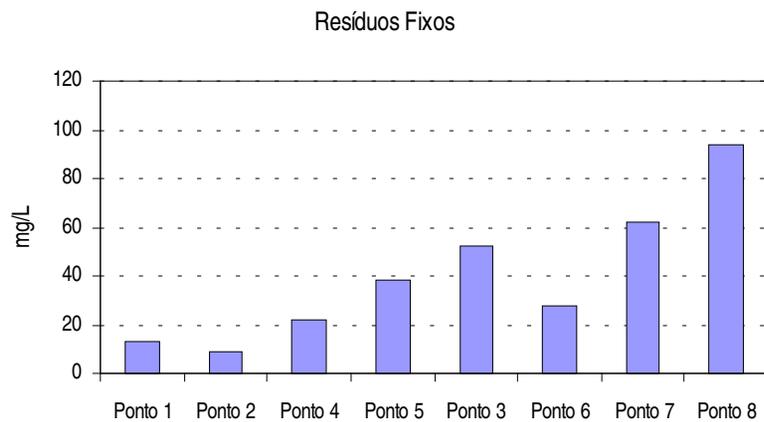
Figura 5. (cont.) Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.17 – N-nitrato (mg/L); 5.18 – Carbono orgânico dissolvido (mg/L); 5.19 – Pigmentos vegetais (µg/L); 5.20 – coliformes (NMP/100ml) na água. As barras em cor mais clara no gráfico para N-Nitrito representam concentrações abaixo do limite de detecção analítica.



5.21

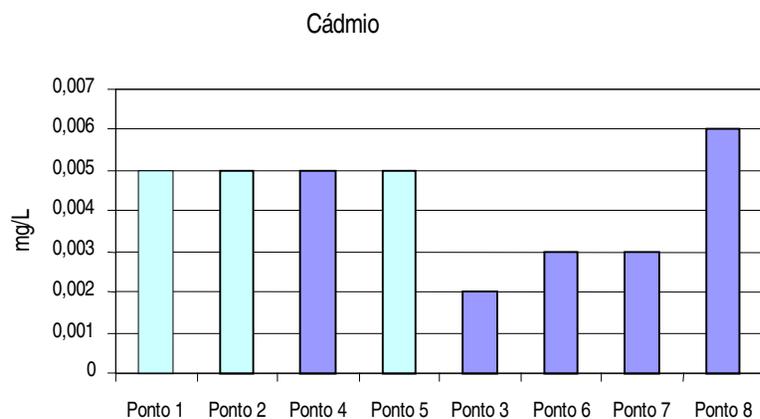


5.23

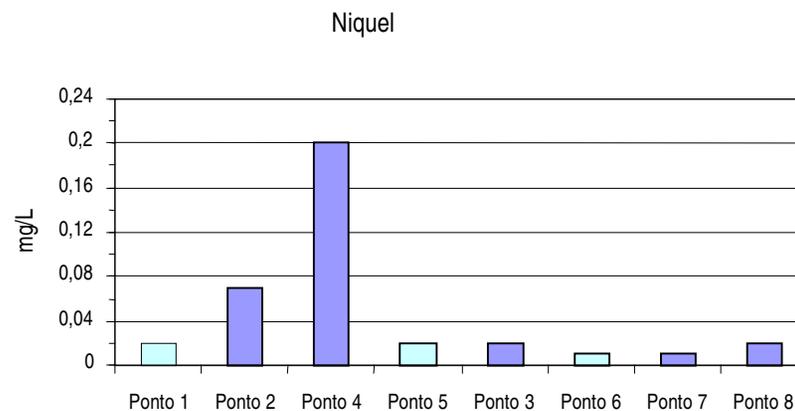


5.22

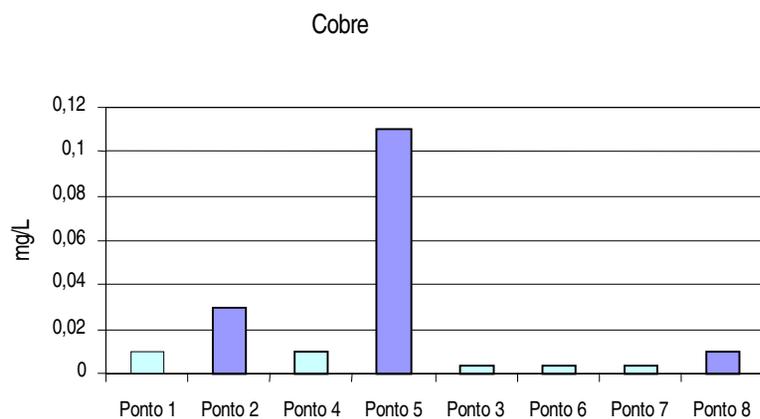
Figura 5. (cont.) Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.21 – Resíduos totais (mg/L); 5.22 – Resíduos fixos (mg/L); 5.23 – Fração volátil (mg/L) na água.



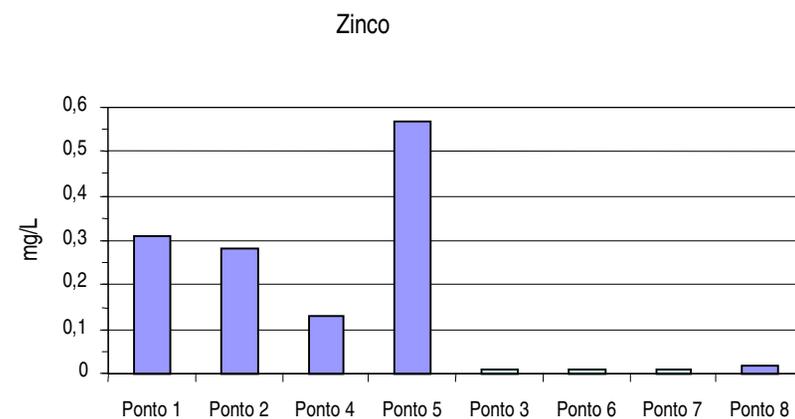
5.24



5.26



5.25



5.27

Figura 5. (cont.) Análise do comportamento espacial das variáveis ambientais ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 5.24 – Cádmi (mg/L); 5.25 – Cobre (mg/L); 5.26 – Níquel (mg/L); 5.27 – Zinco (mg/L) na água. As barras em cor mais clara representam concentrações abaixo do limite de detecção analítica.

As variáveis químicas da água apresentaram os gradientes esperados em alguns casos e comportamentos peculiares em outros. O oxigênio dissolvido apresentou valores mais altos nos pontos de alto gradiente, no entanto, naqueles do rio Atibainha, seus valores foram sensivelmente menores (Fig. 5.6), o que poderia estar associado ao menor gradiente deste rio (Fig. 4). Embora haja a citada diferença hidrodinâmica entre os rios, observando-se estes dados em conjunto com os de COD (Fig. 5.18), P-total (Fig. 5.11), N-Kjeldahl (Fig. 5.13), N-orgânico (Fig. 5.14) e, principalmente, N-amoniaco (Fig. 5.15), verifica-se uma provável influência do efluente do cultivo de trutas na qualidade das águas a montante do Ponto 1. Os baixos valores de fosfato solúvel e nitrato (Figs. 5.12 e 5.17) podem indicar a entrada, no corpo receptor, de material orgânico incompletamente decomposto, sob forma de partículas em suspensão ou dissolvidos (resíduos de ração não consumida e metabólicos), como é comum neste tipo de efluente (LOCH *et al.*, 1996).

As concentrações médias de clorofila *a* (Fig. 5.19), ao longo do trecho avaliado, foram baixas, oscilando entre ND (Ponto 2) e 2,86 µg/L (Ponto 8). Estes valores são inferiores ao limite de 10 µg/L estabelecido por Vollenweider (1975 *apud* TOLEDO *et al.*, 1983), acima do qual um corpo de água é considerado eutrofizado.

Já as concentrações médias de feofitina *a* variaram de 0,7 µg/L (Ponto 4) a 1,25 µg/L (Ponto 2). Este pigmento provavelmente tem origem no material vegetal terrestre (ROMANINI *et al.*, 1994), tanto marginal como carregado ao canal dos rios em episódios de chuva. Suas concentrações médias foram superiores às de clorofila *a* nos Pontos 1, 5 e 6 (Fig. 5.19), revelando uma comunidade fitoplânctônica pobre e com muitas células mortas, como esperado para este tipo de corpo de água.

Em relação às bactérias coliformes (Fig. 5.20), todos os valores obtidos, exceto os dos Pontos 4 (coliformes totais e fecais) e 5 (coliformes fecais), estiveram acima dos máximos estabelecidos pela legislação. Muito provavelmente isto se deve ao fato das margens dos rios serem ocupadas por pastagens.

Os resíduos totais e fixos (Figs. 5.21 e 5.22) apresentaram tendência de aumento na concentração ao longo do curso d'água. A fração volátil (Fig. 5.23) apresentou valores baixos nos pontos próximos às cabeceiras, mostrando o valor mais alto no Ponto 7, rio Atibaia (50 mg/L).

Dos metais presentes na água, Cr, Pb e Hg apresentaram valores sempre abaixo do limite de detecção analítica, o mesmo ocorrendo para surfactantes, Pentaclorofenol, Lindane, DBO e fenol, este último, determinado na água de fundo (Tab. 5). A análise do comportamento espacial Cd, Cu, Ni e Zn está apresentada na Figura 5 (5.24 a 5.27). Com exceção feita a Ni, os demais metais estiveram presentes em concentrações mais altas nos pontos localizados próximos às cabeceiras.

3.2.2. Toxicidade da água

Os resultados dos testes de toxicidade crônica com águas superficiais encontram-se na Figura 6. Neste gráfico verifica-se a ocorrência de efeito crônico a *Ceriodaphnia dubia* para as amostras coletadas nos Pontos 1 e 2 (rio Atibainha). Tal efeito manifestou-se de modo mais intenso no primeiro, uma vez que as médias de reprodução foram, respectivamente, de $4,5 \pm 3,5$ e $11,5 \pm 5,7$ jovens/adulta. Para a amostra referente ao Ponto 3, não foi registrada toxicidade, obtendo-se uma reprodução média de $26,6 \pm 4,3$ jovens/adulta.

Para as amostras provenientes do rio Cachoeira obteve-se perfil similar, observando-se toxicidade crônica ao microcrustáceo nas amostras referentes aos Pontos 4 e 5 e ausência de efeito na amostra correspondente ao Ponto 6. Nos dois primeiros, o resultado foi decorrente

tanto da inibição da reprodução (médias de jovens/adulta iguais a $7,8 \pm 7,1$ e $10,4 \pm 4,6$, respectivamente) como da redução da sobrevivência, correspondendo a 50% (Ponto 4) e 44% (Ponto 5) das adultas ao final do período de teste (Figura 6).

Para as amostras coletadas nos dois pontos de amostragem do rio Atibaia, não foi detectado efeito tóxico, registrando-se médias de reprodução elevadas: $21,6 \pm 9,3$ e $27,3 \pm 3,8$ jovens/adulta nos Pontos 7 e 8, respectivamente.

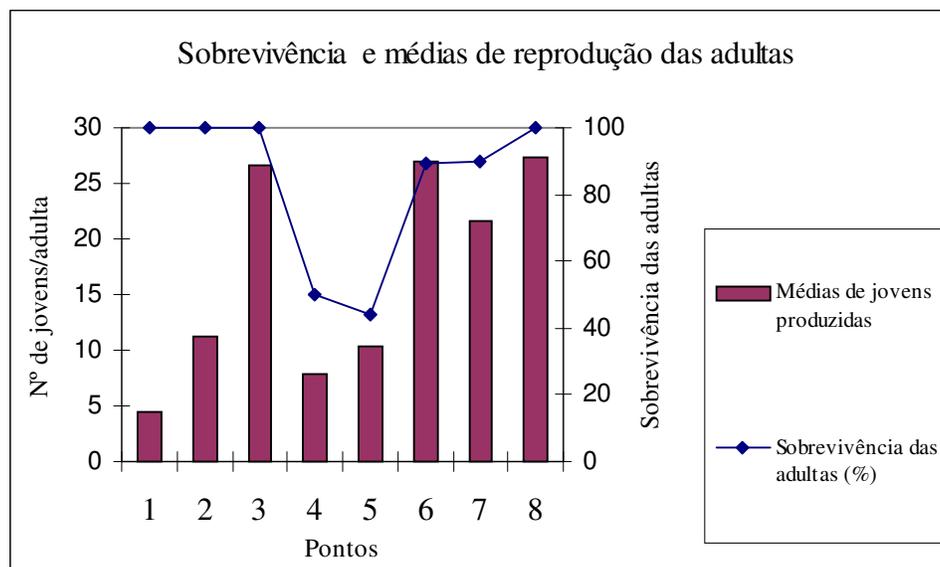


Figura 6. Efeito observado a *Ceriodaphnia dubia* com amostras de águas superficiais provenientes dos pontos de amostragem..

De um modo geral, essa ocorrência de toxicidade poderia ser atribuída à ação individual ou conjunta de alguns metais, embora os mesmos tenham sido determinados em suas concentrações totais e não em suas frações biodisponíveis.

Entre os metais que ultrapassaram os limites estabelecidos para preservação das comunidades aquáticas pela Resolução CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986 (CONAMA, 1986), encontra-se o cádmio, detectado nas amostras referentes a 5 pontos (3, 4, 6, 7 e 8; Tab. 5). Em algumas destas, as concentrações seriam suficientes para causar uma redução significativa da reprodução, pois, segundo estudos desenvolvidos por SUEDEL *et al.* (1997), utilizando água natural com características próximas às das amostras (pH entre 5,5 e 7,4 e dureza entre 6 e 28 mg/L em CaCO_3), a maior concentração de cádmio que não produziu efeito crônico a *C. dubia* foi de 0,001 mg/L. Contudo, apesar das referidas amostras apresentarem entre 0,002 e 0,006 mg/L de cádmio, observou-se efeito somente na correspondente ao Ponto 4.

As concentrações de zinco ultrapassaram os limites estabelecidos para corpos d'água de classe 2 nos Pontos 1 (0,31 mg/L), 2 (0,28 mg/L) e 5 (0,57 mg/L). Tais concentrações seriam capazes de causar efeito agudo a esse microcrustáceo, pois BELANGER e CHERRY (1990) observaram a letalidade de 50% dos organismos dessa espécie na concentração de 0,07 mg/L de zinco, em 48 horas de exposição, em água de superfície com pH 6,0 e dureza de 98 mg/L em CaCO_3 . Expondo outro cladóceros (*Daphnia magna*) pelo mesmo período e utilizando água natural com pH 7,74 e dureza de 45,3 em CaCO_3 , BIESINGER e CHRISTENSEN (1972), também obtiveram a mortalidade de 50% dos organismos na concentração de 0,10 mg/L desse metal.

Da mesma forma, o efeito crônico observado nas amostras coletadas nos Pontos 2 e 4, poderia

estar associado às concentrações de níquel (0,07 mg/L e 0,20 mg/L, respectivamente). KSZOS *et al.* (1992) verificaram inibição total da reprodução e mortalidade de 100% dos organismos expostos pelo período de 7 dias, na concen

tração de 0,0075 mg/L de níquel, em água com dureza de 42 mg/L em CaCO₃. Além disso, estes mesmos autores observaram que 0,04 mg/L desse metal em água com dureza de 109 mg/L em CaCO₃, promoveram efeito crônico sobre a reprodução de *D. magna*.

Finalmente, o cobre poderia ser responsável pela toxicidade observada nas amostras relativas aos Pontos 2 e 5, onde foi encontrado nas concentrações de 0,03 e 0,11 mg/L, respectivamente. JOP *et al.* (1995), avaliando os efeitos do cobre sobre esse cladóceros, em água natural de superfície com pH entre 6,6 e 7,4 e dureza de 16 a 28 mg/L em CaCO₃, obtiveram inibição de 50% do número de jovens produzidos por fêmea já na concentração de 0,015 mg/L. Quanto à toxicidade aguda, 0,0272 mg/L desse metal causaram a letalidade de 50% dos organismos num período de 48 horas, em água com dureza entre 6 e 10 mg/L em CaCO₃ (SUEDEL *et al.*, 1996).

Verifica-se, portanto, que os efeitos obtidos no presente estudo, podem ter sido bem menos pronunciados que os previstos por testes de laboratório, realizados com as substâncias químicas isoladas. Isso ocorre porque o risco potencial de metais às espécies aquáticas depende não só da sua concentração mas, principalmente, da sua biodisponibilidade, a qual é influenciada pela química da água (temperatura, concentração e natureza da matéria particulada, presença de ligantes e outros metais, etc.).

Assim, em águas de dureza tão baixa como a das amostras avaliadas, a toxicidade decorrente desses metais poderia ser mais elevada, uma vez que alguns elementos são, geralmente, mais tóxicos em águas de baixa dureza. Zinco e cádmio, por exemplo, têm sua toxicidade a *Daphnia pulex* reduzida quanto maior a concentração dos cátions responsáveis pela dureza (Ca²⁺ e Mg²⁺, sobretudo), os quais competiriam por sítios de adesão em tecidos sensíveis ou reduziriam sua atividade iônica. Inversamente, o cobre não tem sua toxicidade significativamente alterada pela dureza (PAULAUSKIS e WINNER, 1988).

Da mesma forma, nos valores de pH das amostras (6,0 a 6,7), ter-se-ia maior biodisponibilidade desses elementos metálicos pois, geralmente, na faixa de pH ácido, predominaria a forma iônica livre, mais tóxica que o composto não dissociado (MAYER *et al.*, 1994). BELANGER e CHERRY (1990), realizando testes de toxicidade com *C. dubia*, verificaram que zinco e cobre apresentavam toxicidade aguda mais elevada em pH 6,0 que em pH 9,0, e que este fato não se repetia em relação à toxicidade crônica, a qual pareceu ser pouco influenciada pelo pH.

A baixa concentração de sólidos, sobretudo nos Pontos 1, 2, 4 e 5, também pode tornar tais ambientes aquáticos mais suscetíveis ao estresse por metais, uma vez que águas com menor concentração de material particulado podem ter menor potencial de complexação, acarretando o aumento da concentração de íons livres e, conseqüentemente, de sua biodisponibilidade. Em contrapartida, a maior concentração de resíduos registrada nas amostras coletadas nos Pontos 3, 6, 7 e 8 poderia justificar a ausência de toxicidade, apesar dos níveis de cádmio registrados.

A matéria orgânica, sobretudo a presente na forma de substâncias húmicas, pode apresentar forte afinidade por alguns metais, reduzindo a concentração de seus íons livres, sua forma mais tóxica. PAULAUSKIS e WINNER (1988) e OIKARI *et al.* (1992) demonstraram, em estudos com *D. pulex* e *D. magna*, respectivamente, que cobre e zinco têm seu efeito tóxico atenuado quando há adição de ácidos húmicos; por outro lado, o cádmio pode ter sua biodisponibilidade aumentada.

Deve-se considerar, também, que os efeitos interativos entre os metais podem influenciar sua biodisponibilidade. Em algumas amostras, por exemplo, pode ter ocorrido efeito antagônico, em que a toxicidade conjunta de duas ou mais espécies metálicas é menor que sua toxicidade

individual. Nesse sentido, já foram determinadas interações negativas entre Zn^{2+} e Cd^{2+} e entre Cu^{2+} e Zn^{2+} (SARAKINOS *et al.*, 2000).

Finalmente, tais efeitos poderiam, ainda, estar relacionados à presença de outras substâncias químicas não avaliadas e que, da mesma forma que os metais, poderiam atingir estes corpos d'água através de fontes difusas, uma vez que não foram registradas fontes pontuais.

3.2.3. Sedimento

A análise granulométrica das amostras de sedimento (Tab.5; Fig. 7.2) mostrou que os trechos de cabeceira de ambos os rios apresentam uma predominância de sedimentos tipicamente arenosos, enquanto que os pontos a jusante das represas tendem a apresentar sedimento mais fino, com maiores contribuições das frações silte/argila, características de ambientes deposicionais.

Assim, no caso destes dois sistemas fluviais, a dinâmica de transporte dos sedimentos se dá através da exportação das partículas menores em direção ao rio Atibaia. Vale ressaltar que o rio Cachoeira apresenta forte deposição somente no Ponto 6 (Piracaia), em decorrência da barragem existente em seu trecho a montante. Este fato também fica demonstrado pelos maiores teores de umidade (53%), resíduo volátil (9%), bem como pelos valores de potencial redox (-174mV), verificados para este ponto (Tab. 5; Figs 7.5, 7.4 e 7.1).

No caso do Ponto 3, que representa o trecho final do rio Atibainha, também é possível constatar esta tendência, com base nos valores de umidade (53%) e resíduo volátil (9%) (Figs 7.5 e 7.4). Tais dados apontam uma presença significativa de matéria orgânica, justificada tanto pela existência da barragem do reservatório Atibainha, quanto pelos lançamentos de efluentes domésticos do município de Nazaré Paulista. Há também uma relação visível destes resultados com os de potencial redox (aproximadamente -170mV), indicando uma intensa decomposição anaeróbica da matéria orgânica lábil neste compartimento.

Os resultados sobre o conteúdo de metais pesados nas amostras de sedimento nos pontos 3, 6, 7 e 8, estão apresentados na Tabela 5 e nas Figuras 7.6 a 7.10. É possível observar, que em nenhuma oportunidade, esses valores superaram os de referência (folhelho médio), que representam o substrato geológico natural (TURENKIAN e WEDEPOHL, 1961).

Comparando-se os dados de metais da Tabela 5 com os critérios mais restritivos estabelecidos na América do Norte, segundo dados compilados em Smith *et al.* (1996), verifica-se que a maioria das substâncias encontraram-se abaixo das concentrações na qual seria esperado início de efeito adverso aos organismos aquáticos, com exceção do Cu (Pontos 7 e 8) e Cr (Pontos 6, 7 e 8).

É importante ressaltar que, na água, foram observadas concentrações elevadas de cádmio (Pontos 3, 4, 6, 7, e 8), zinco (Pontos 1, 2 e 5), níquel (Pontos 2 e 4) e cobre (Pontos 2 e 5). Estes resultados mostram que o zinco, o níquel e o cobre podem estar sendo depositados a jusante daqueles pontos, inclusive nos reservatórios Atibainha e Cachoeira. Dados de outro projeto mostram concentrações de mediana a alta desses contaminantes nos dois reservatórios (Smith *et al. op.cit.*). Quanto ao cádmio, a maioria das concentrações elevadas foram encontradas a jusante destes reservatórios.

Na Tabela 5 também estão apresentados os resultados de pesticidas orgânicos no sedimento nos pontos 3,6, 7 e 8. Verifica-se que, em geral, não foram detectados PCBs nos sedimentos, exceto em uma das réplicas dos Pontos 7 e 8, onde foram observados em níveis muito baixos.

Na determinação de Lindane, o limite de detecção apresentou variação ampla (de 1,4 a 3,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$), em decorrência da natureza da matriz, tendo sido sempre superior ao limite de interesse

(0,01 µg/kg), já que, segundo o critério norte americano mais restritivo, a concentração de início de efeito seria de 0,94 µg/kg e para a concentração de efeito severo, de 1,38 µg/kg. Considerando-se que o limite realmente detectado encontra-se em torno de 1/3 do limite de detecção, os valores obtidos neste estudo, mostraram que esse composto pode estar causando algum tipo de efeito para as comunidades presentes neste ecossistema.

Os dados referentes aos compostos DDE e DDT não foram levados em consideração, pois um número grande de interferentes foi observado para a maioria das amostras.

Seria importante, no futuro, realizar as determinações de outros compostos orgânicos, como Clordane, Endrin, Dieldrin e PAHs. Além disso, os problemas analíticos encontrados devem ser melhor investigados, já que é fundamental o levantamento de compostos orgânicos, principalmente em bacias com atividade agrícola e pecuária.

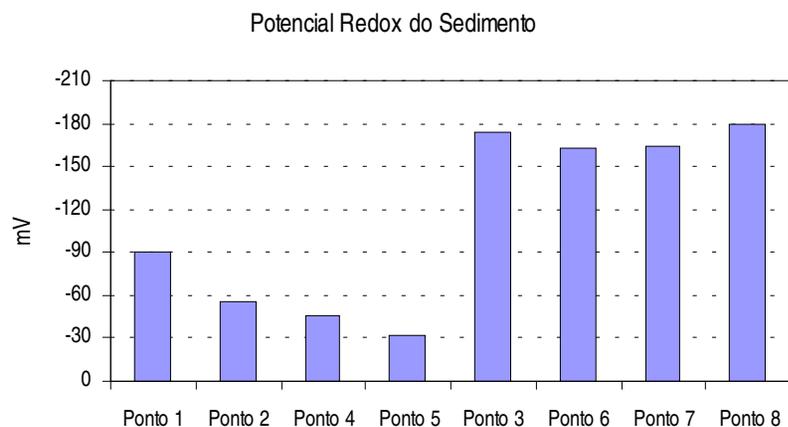
3.2.4. Toxicidade do sedimento

Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos testes de toxicidade aguda realizados com o anfípodo de água doce *Hyaella azteca*. Verifica-se que no Ponto 3, adotado neste trabalho como referência, o sedimento produziu elevada mortalidade para os organismos teste nas três réplicas, ou seja, 82,5% (réplica 1), 100% (réplica 2) e 45,0% (réplica 3). Para confirmar estes resultados, foi repetido o teste de toxicidade com a réplica 2 tendo sido obtidos novamente, 100% de mortalidade dos organismos teste. Pelos resultados das análises químicas, somente o Lindane esteve presente em concentrações capazes de causar efeito tóxico para as comunidades aquáticas.

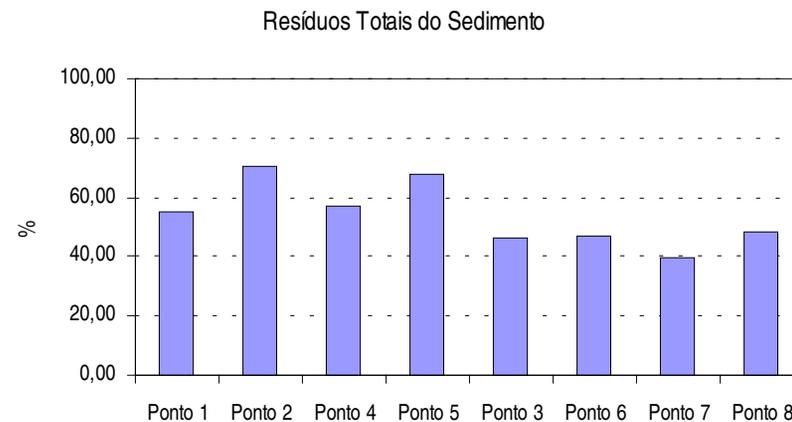
O sedimento do Ponto 6 apresentou-se menos tóxico dentre os pontos testados, sendo que na réplica 2 e 3 o efeito foi de 22,5 e 30%, respectivamente. Quimicamente, também neste ponto o Lindane poderia estar causando algum efeito, assim como o Cr. Entretanto, a relação causa-efeito varia de acordo com as diferentes variáveis, como teores de sulfetos e matéria orgânica, granulometria, pH e EH, que norteiam a disponibilidade dos contaminantes em sedimentos.

Nos Pontos 7 e 8, observaram-se também efeitos tóxicos agudos para *Hyaella azteca*, em duas das três réplicas analisadas, ou seja, réplicas 2 (60,0%) e 3 (72,5%) no Ponto 7, e 1 (47,5%) e 3 (33,3) no Ponto 8. Nestes pontos, as concentrações de Cu e Cr ultrapassaram os limites

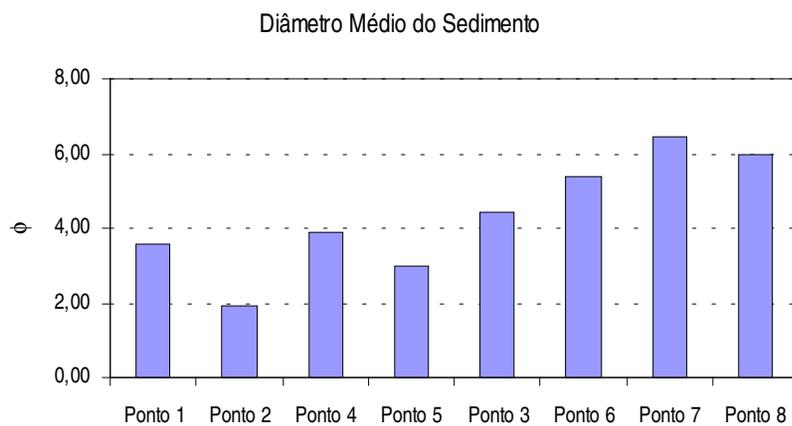
causadores de início de efeito, segundo critérios mais restritivos compilados em SMITH *et al.* (1996) (16,0 e 26,0 mg/kg, respectivamente), sendo que no Ponto 7, em todas as réplicas ambos os metais ultrapassaram estes limites, enquanto que no Ponto 8, Cr o fez nas três réplicas e Cu nas réplicas 1 e 3. Quanto aos compostos orgânicos, a substância Lindane poderia estar presente em concentrações causadoras de início de efeito nas réplicas 1 e 2 do Ponto 7.



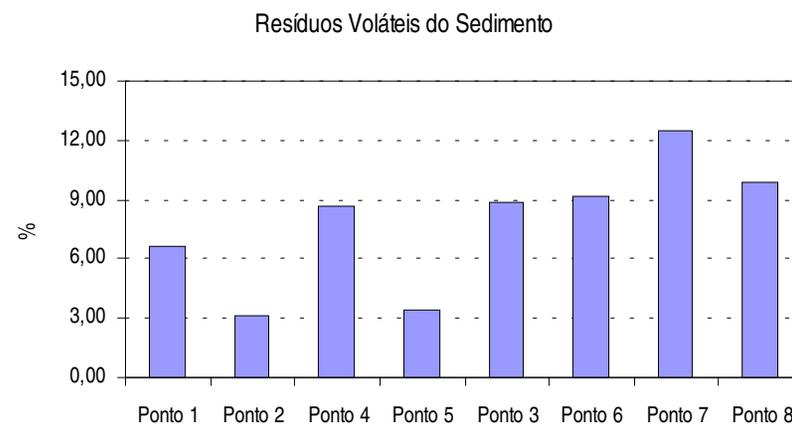
7.1



7.3



7.2



7.4

Figura 7. Resultados das variáveis ambientais no sedimento ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 7.1 - Potencial redox (mV); 7.2 - Diâmetro médio (ϕ); 7.3 - Resíduos totais (%); 7.4 - Resíduos voláteis (%) no sedimento.

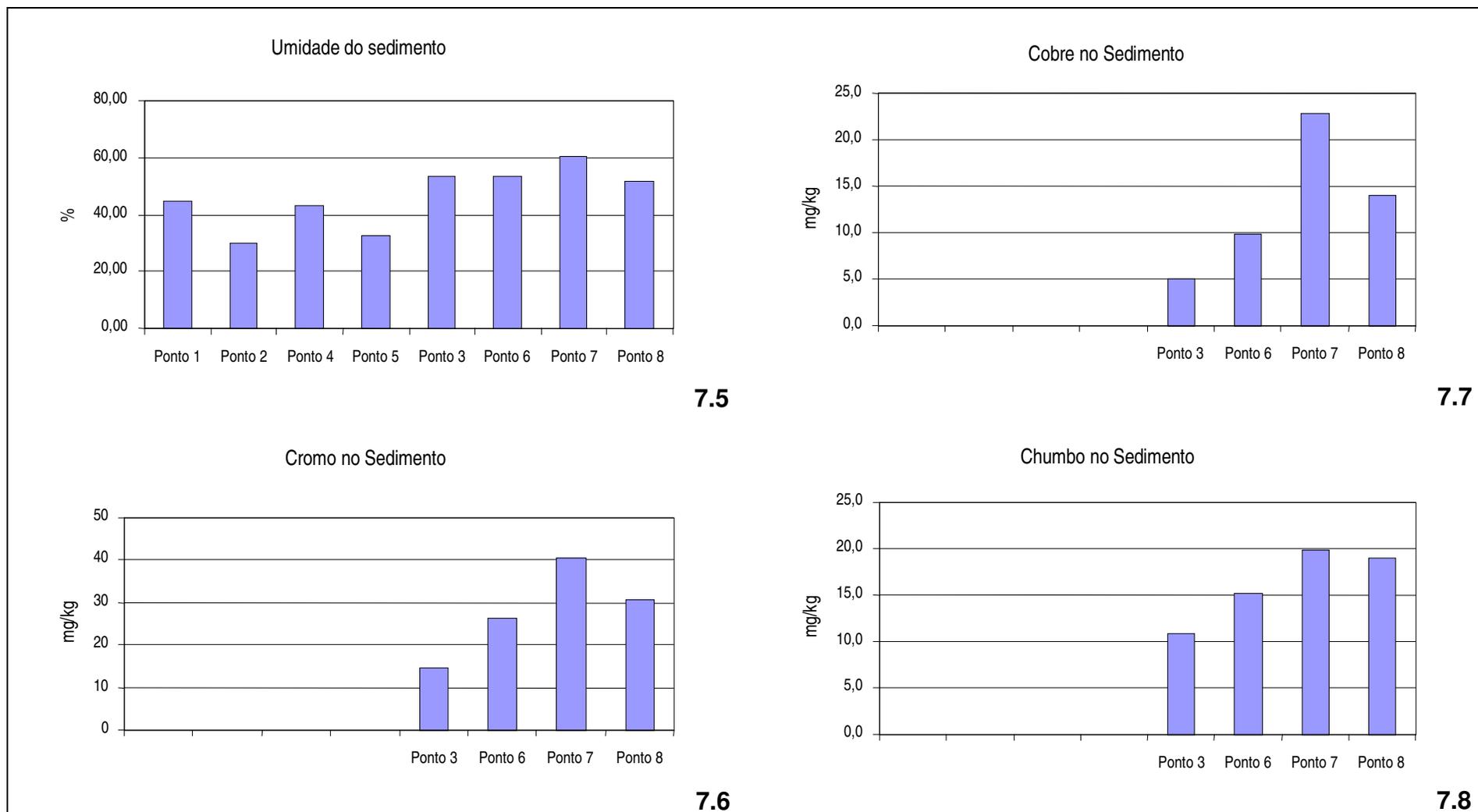


Figura 7. (cont.) Resultados das variáveis ambientais no sedimento ao longo dos rios Atibainha (Pontos 1 a 3), Cachoeira (Pontos 4 a 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 7.5 - Umidade (%); 7.6 - Cromo (mg/kg),); 7.7 - Cobre (mg/kg); 7.8 - Chumbo (mg/kg) no sedimento. Não foram realizadas as variáveis cromo, cobre e chumbo no sedimento nos Pontos 1, 2, 4 e 5.

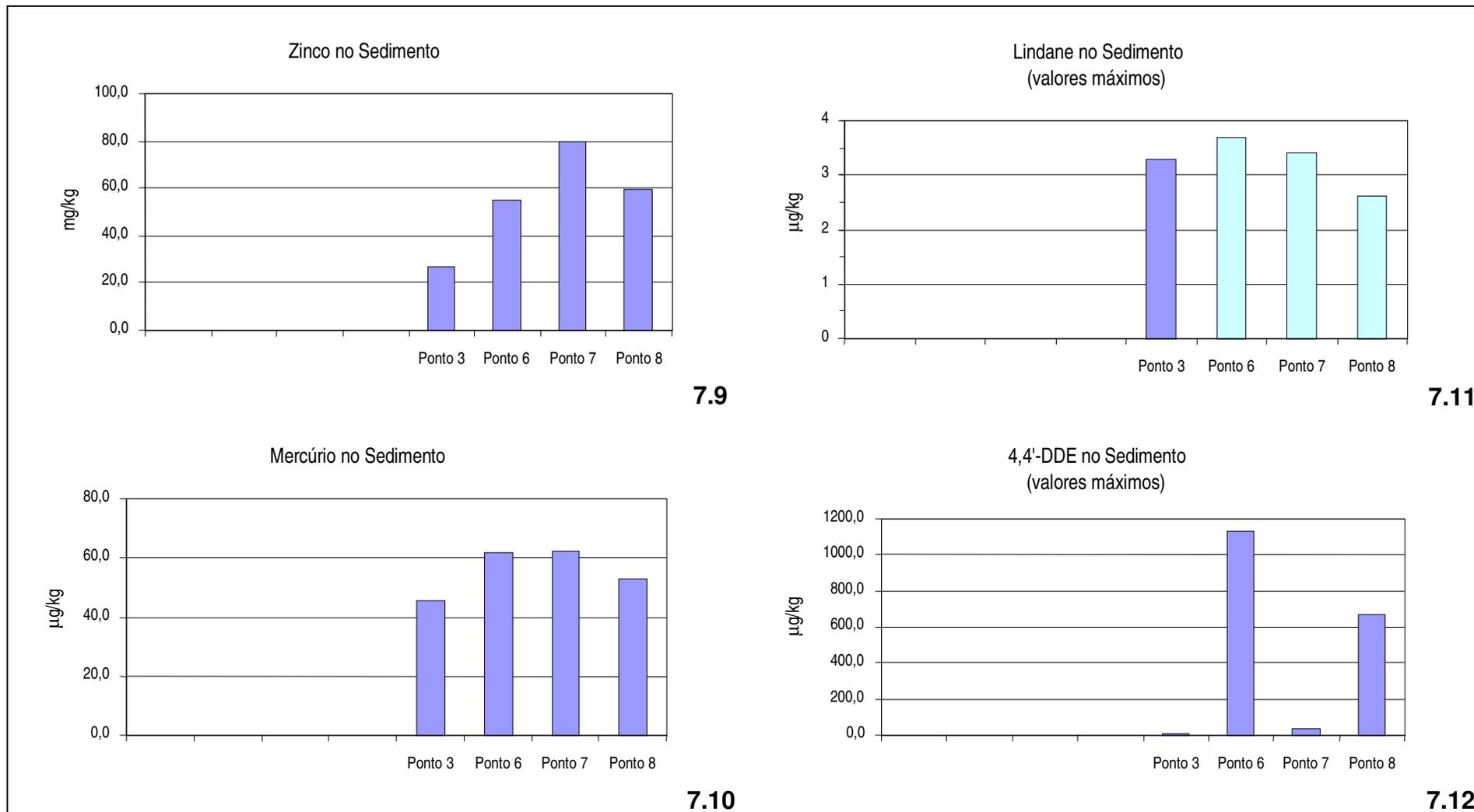


Figura 7. (cont.) Resultados das variáveis ambientais no sedimento dos rios Atibainha (Ponto 3), Cachoeira (Ponto 6) e Atibaia (Pontos 7 e 8): 7.9 - Zinco (mg/kg); 7.10 - Mercúrio (µg/kg.); 7.11 - Lindane (µg/kg); 7.12 - 4,4'-DDE (µg/kg) no sedimento. As barras em cor mais clara representam concentrações abaixo do limite de detecção analítica. Não foram realizadas as variáveis cromo, cobre e chumbo no sedimento nos Pontos 1, 2, 4 e 5.

3.2.5. Análise de agrupamento das variáveis da água

Uma visualização mais consistente do quadro geral da qualidade da água foi obtida pela análise de agrupamento realizada de duas maneiras diferentes: através do agrupamento utilizando-se variáveis de qualidade da água previamente selecionados e utilizando-se o conjunto total de variáveis avaliadas. Vale ressaltar que foi realizada uma única amostragem para cada ponto, sendo esta uma análise exploratória.

Através da observação do dendrograma apresentado na Figura 8, resultante da análise de agrupamento baseada nas variáveis da qualidade da água, é possível notar a formação de 5 grupos. Ressalta-se que a opção dos 5 grupos foi feita por se dispor de apenas uma amostragem, evitando-se assim, com o acréscimo de futuros dados, formar grupos com características diferentes.

Dessa forma, os pontos situados nas cabeceiras dos rios Atibainha (Pontos 1 e 2) e Cachoeira (Pontos 4 e 5), a montante dos respectivos reservatórios, apresentaram características semelhantes, formando dois grupos distintos. O Ponto 3, a jusante do reservatório de Atibainha, mostrou um comportamento semelhante ao Ponto 7 do rio Atibaia, uma vez que ambos formaram um grupo. O Ponto 6, a jusante do reservatório de Cachoeira, e o Ponto 8 do rio Atibaia permaneceram como ramos individualizados no dendrograma. Em seguida, apresenta-se a descrição dos grupos formados.

Grupo 1: composto pelos Pontos 1 e 2 (cabeceira do rio Atibainha)

Grupo 2: composto pelos Pontos 3 e 7 (rio Atibainha, a jusante do reservatório, e rio Atibaia)

Grupo 3: composto pelos Pontos 4 e 5 (cabeceira do rio Cachoeira)

Grupo 4: composto pelo Ponto 6 (rio Cachoeira, a jusante do reservatório)

Grupo 5: composto pelo Ponto 8 (rio Atibaia)

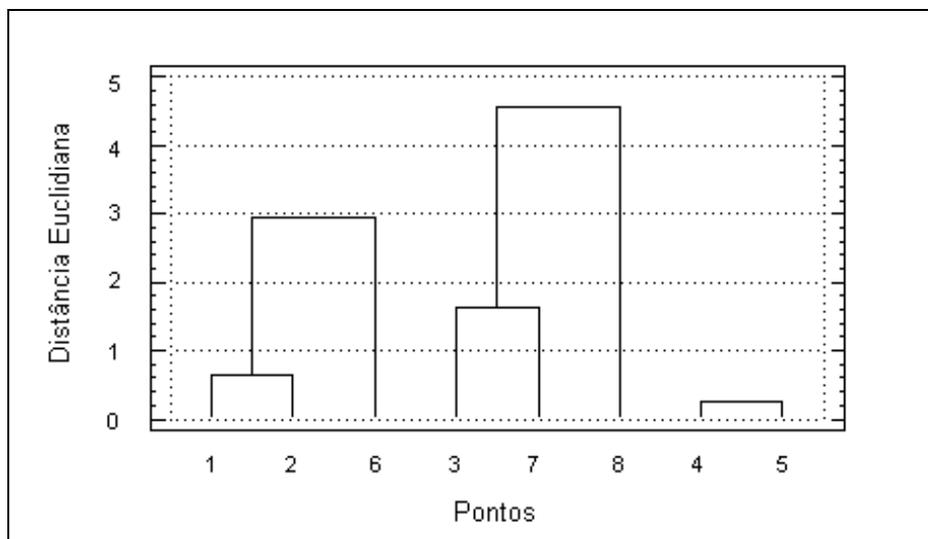


Figura 8. Dendrograma dos pontos de amostragem dos rios Atibainha, Cachoeira e Atibaia.

Na comparação entre as variáveis selecionadas, 5 pares apresentaram correlação significativa: OD e coliformes fecais (Fig. 9); condutividade e coliformes fecais (Fig. 10); condutividade e turbidez (Fig. 11); COD e turbidez (Fig. 12); e condutividade e clorofila *a* (Fig. 13).

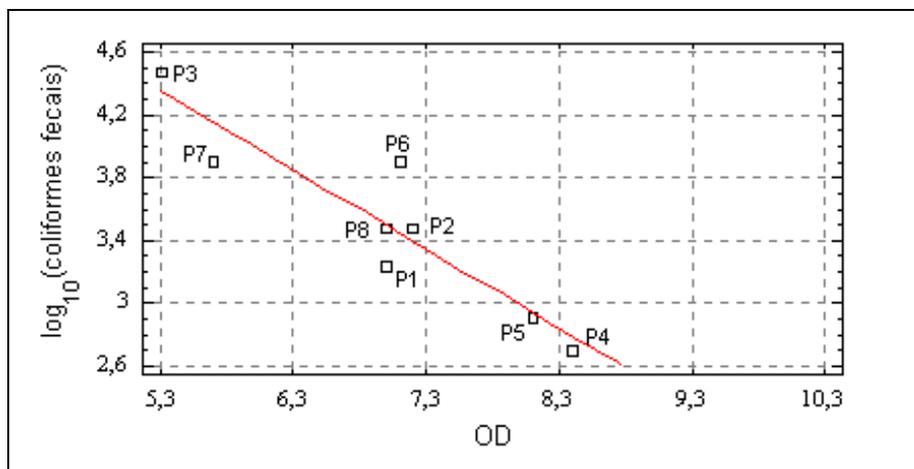


Figura 9. Gráfico de dispersão das variáveis OD (mg/L) e coliformes fecais (NMP/100mL). Os pontos de amostragem estão identificados sob forma alfanumérica.

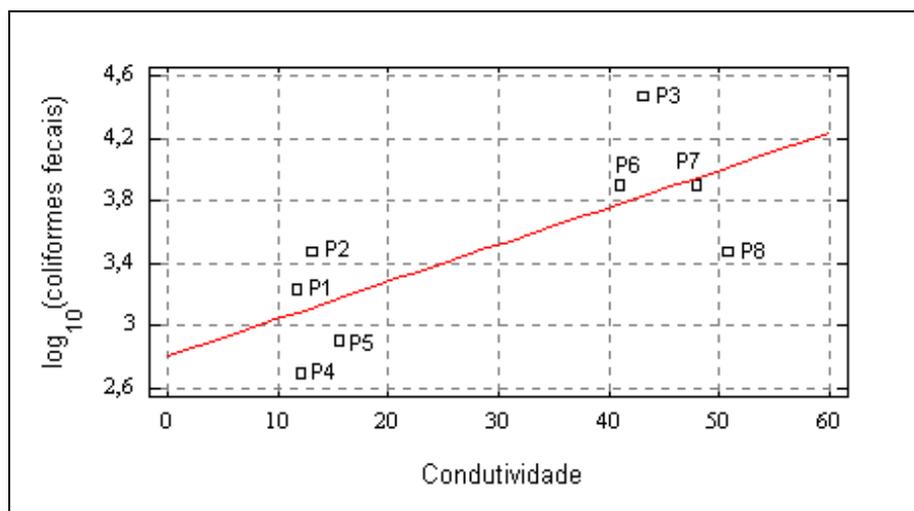


Figura 10. Gráfico de dispersão das variáveis condutividade ($\mu\text{S/cm}$) e coliformes fecais (NMP/100mL). Os pontos de amostragem estão identificados sob forma alfanumérica.

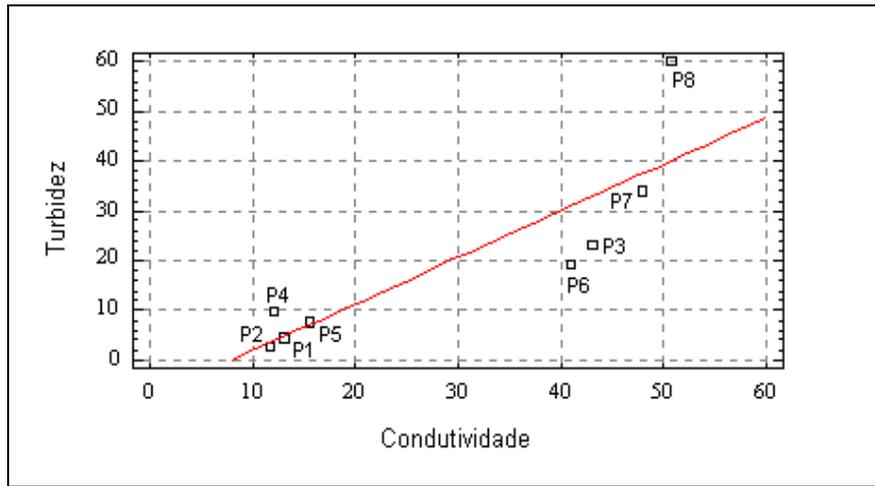


Figura 11. Gráfico de dispersão das variáveis condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e turbidez (U.N.T.). Os pontos de amostragem estão identificados sob forma alfanumérica.

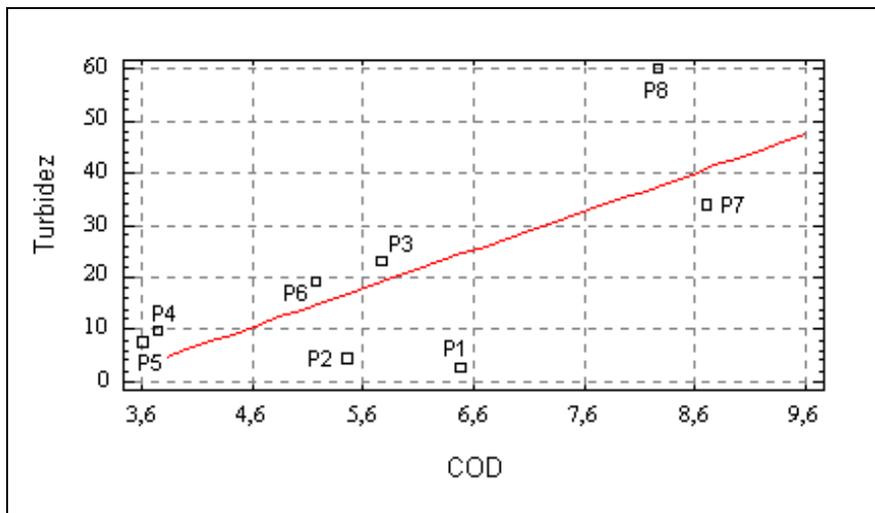


Figura 12. Gráfico de dispersão das variáveis COD (mg/L) e turbidez (U.N.T.). Os pontos de amostragem estão identificados sob forma alfanumérica.

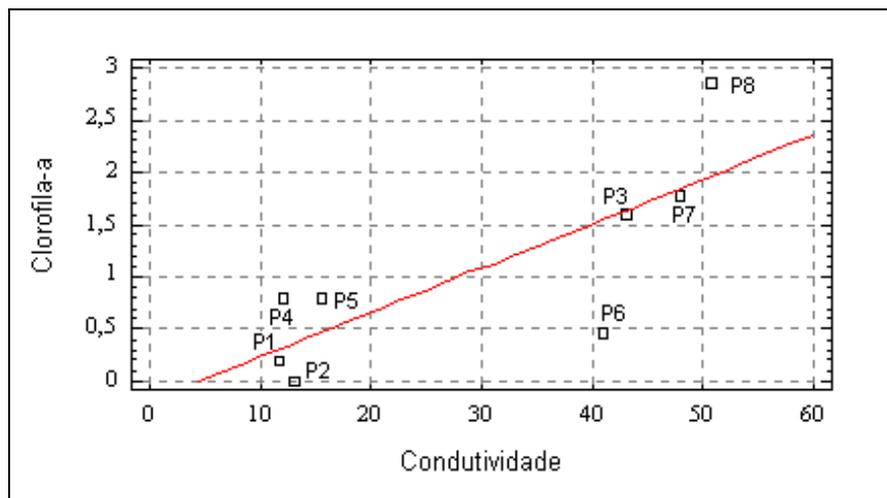


Figura 13. Gráfico de dispersão das variáveis condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{L}$). Os pontos de amostragem estão identificados sob forma alfanumérica.

Todas as variáveis analisadas apontaram diferença estatisticamente significativa entre alguns dos 5 grupos formados.

De acordo com o gráfico de dispersão da variável OD e do logaritmo de coliformes fecais (Figura 9), pode-se observar que os menores valores de coliformes fecais e maiores de OD foram encontrados nos Pontos 4 e 5 (Grupo 3, Fig. 8). Os elevados valores de OD, acima da saturação, demonstram que esse trecho do rio Cachoeira é significativamente aerado, devido, principalmente, às suas condições fisiográficas de desnível acentuado. Os valores de coliformes fecais encontrados devem estar associados às fezes do gado das pastagens em sua bacia de drenagem. Por outro lado, o trecho formado pelos Pontos 3 e 7 (Atibainha a jusante do reservatório e Atibaia) apresentou os menores valores de OD e os mais elevados de coliformes fecais. Esta situação é consequência dos lançamentos dos esgotos domésticos do município de Nazaré Paulista.

Da relação entre o logaritmo dos coliformes fecais e a condutividade (Figura 10), pode-se destacar o comportamento da variável condutividade, que mostrou a formação de dois grandes grupos. O primeiro grupo é formado pelos pontos situados a montante dos reservatórios (Pontos 1, 2, 4 e 5), os quais apresentaram valores de condutividade menores que $20 \mu\text{S}/\text{cm}$, indicando ambientes com concentrações baixas de sais inorgânicos. Os Pontos 3, 6, 7 e 8, que se encontram a jusante dos reservatórios Atibainha e Cachoeira, formaram o outro grupo, onde a condutividade manteve-se sempre acima de $40 \mu\text{S}/\text{cm}$. Portanto, tais resultados podem refletir o impacto da contribuição das fontes de poluição existentes ao longo das bacias de drenagem do Cachoeira e do Atibainha. Cabe ressaltar que, embora ambos os reservatórios não possuam descarga de fundo, a energia da água superficial efluente dos reservatórios é suficiente para aumentar a turbulência e, conseqüentemente, revolver os leitos dos respectivos rios.

A turbidez apresentou um comportamento bastante semelhante à variável condutividade, com os pontos distribuindo-se nos mesmos dois grupos (Figura 11). Portanto, pode-se verificar que o material particulado suspenso também sofre um incremento a jusante dos reservatórios do Atibainha e do Cachoeira.

Observando-se o gráfico de dispersão da turbidez e do COD (Figura 12), pode-se constatar que as menores concentrações de COD foram observadas nos Pontos 4 e 5 (cabeceira do rio Cachoeira), onde se verifica provavelmente uma contribuição natural, proveniente da drenagem dos solos da sua bacia de drenagem, naturalmente rica em ácidos húmicos e fúlvicos. Observando-se, por outro lado, a Figura 3, nota-se que o Ponto 5 apresentou a vegetação ripária em melhores condições do que o Ponto 4.

Já para os Pontos 1 e 2 (cabeceira do rio Atibainha) foram obtidos níveis mais altos de COD, sem incremento de turbidez, o que pode estar associado ao excesso de nutrientes provenientes da criação de truta mencionada anteriormente. Os Pontos 3 e 6, a jusante dos reservatórios, apresentaram tanto a turbidez como o COD mais altos, provavelmente devido às descargas e turbulência já consideradas.

O rio Atibaia (Pontos 7 e 8) apresentou concentrações de COD superiores a 8 mg/L e altos valores de turbidez, indicando que o incremento da matéria orgânica dissolvida deva estar associado aos lançamentos de esgoto doméstico da região.

Os Pontos 3, 7 e 8 formaram um grupo com maiores concentrações de clorofila *a* (entre 1,5 e 3,0 µg/L) em relação à condutividade (Fig. 13). Nestes ambientes também foram observados valores mais altos de nutrientes (Tab. 5). Outro fator que contribuiu para a concentração mais alta de clorofila *a* nestes pontos refere-se às características fisiográficas do ambiente, como mostra a sua baixa velocidade de fluxo (Tab. 5, Fig. 5.3). Os menores valores de clorofila *a* ocorreram nos ambientes lóticos com menores disponibilidades de nutrientes (Pontos 1, 2, 4 e 5).

3.2.6. Análise de agrupamento da totalidade das variáveis ambientais

Para expandir o resultado da análise de agrupamento para além da qualidade da água, incluíram-se outras variáveis da água, do sedimento e do ambiente terrestre (Tabs 6 e 7). O resultado desta nova análise encontra-se na Figura 14.

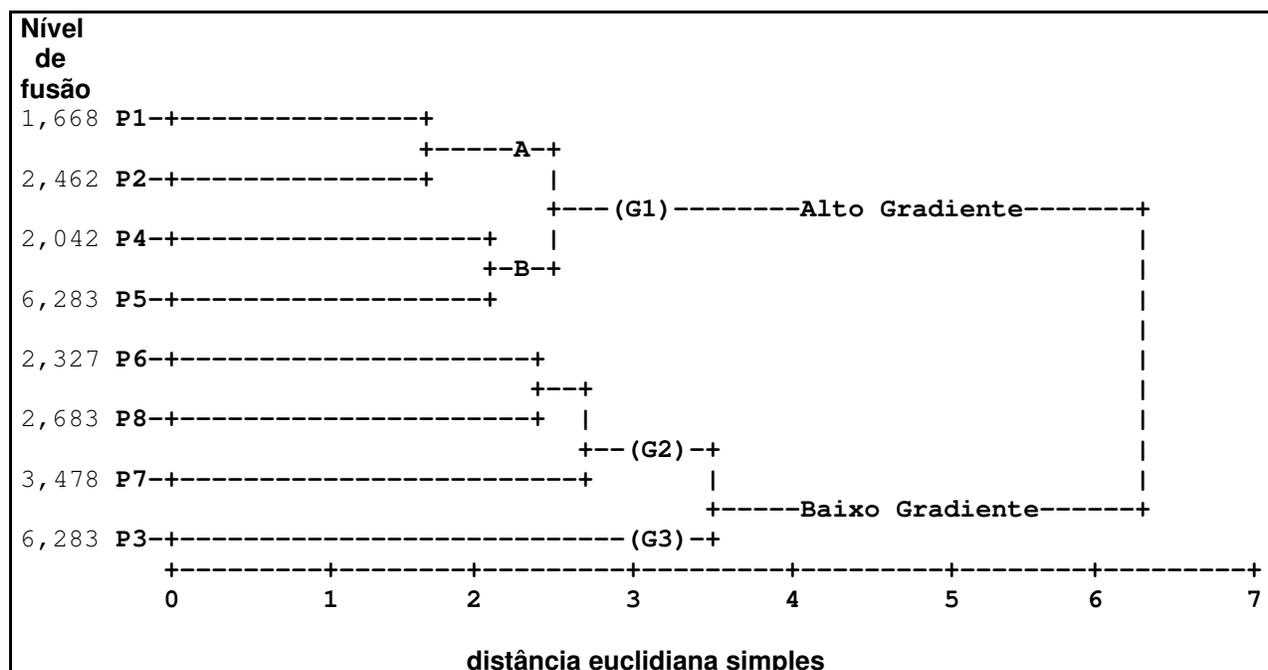


Figura 14. Dendrograma resultante da análise de agrupamento (Distância Euclidiana Simples e método de Ward), utilizando resultados de variáveis abióticas da água, sedimento e ambiente terrestre.

A análise discerniu 2 grupos principais, o primeiro (G1) formado por pontos localizados nas regiões de cabeceira ou Alto Gradiente e o segundo (G2 e G3), por pontos em Baixo Gradiente. G1 caracterizou-se por altos valores de correnteza e Zn (água) e menores valores de condutividade, turbidez, dureza, Cr (água), coliformes fecais, E_H (sedimento), diâmetro médio, resíduo volátil (sedimento) e umidade. G2 exibiu os maiores valores de ortofosfato, nitrato, nitrito, diâmetro médio, resíduo volátil (sedimento), umidade e contaminantes em sedimento (Cr, Cu, Pb, Zn, Hg e PCBs) e o menor valor de luminosidade na margem esquerda. Em G3 foram observados os maiores valores de luminosidade na margem esquerda e coliformes fecais e os menores valores para OD (superfície e fundo) e contaminantes em sedimento (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Hg e PCBs) (Tab. 6).

Em G1, as duas sub-bacias (rio Atibainha, Pontos 1 e 2, e rio Cachoeira, Pontos 4 e 5) diferenciaram-se. Em geral, a sub-bacia do rio Atibainha apresentou qualidade ambiental inferior comparada a do rio Cachoeira, com valores mais baixos de OD (fundo e superfície) e mais elevados para alguns nutrientes (N-Kjeldahl, N-orgânico, nitrito e COD), fração volátil e coliformes fecais na água. Apenas a turbidez, fosfato solúvel, N-total e clorofila *a* foram superiores na sub-bacia do Cachoeira (Tab. 7).

A integração de todos os dados ambientais por análise de agrupamento discerniu e caracterizou mais claramente os macro-habitats estudados (Alto e Baixo Gradientes), servindo de instrumento à análise de avaliação de qualidade do habitat, na qual são adotados protocolos distintos para cada tipo de macro-habitat. Além disso, auxiliou na identificação do ponto a ser adotado como referência (Ponto 3) na análise da tríade da qualidade de sedimento, embora para este, tenham sido observados valores de granulometria e teor de matéria orgânica nos sedimentos, intermediários aos verificados para os pontos de cabeceira e os referentes aos outros pontos de Baixo Gradiente

3.3. COMUNIDADES BIOLÓGICAS

3.3.1. Perifíton

Devido à heterogeneidade de habitats nos pontos de amostragem, o substrato pedra foi obtido apenas nos Pontos 1, 2, 4 e 6, enquanto que as folhas e galhos foram encontrados em todos os pontos. Em alguns pontos, notou-se uma grande quantidade de material em suspensão, o que dificultou a análise do material perifítico das amostras, principalmente o coletado sobre pedras. O substrato folhas apresentou menor riqueza de espécies e densidade.

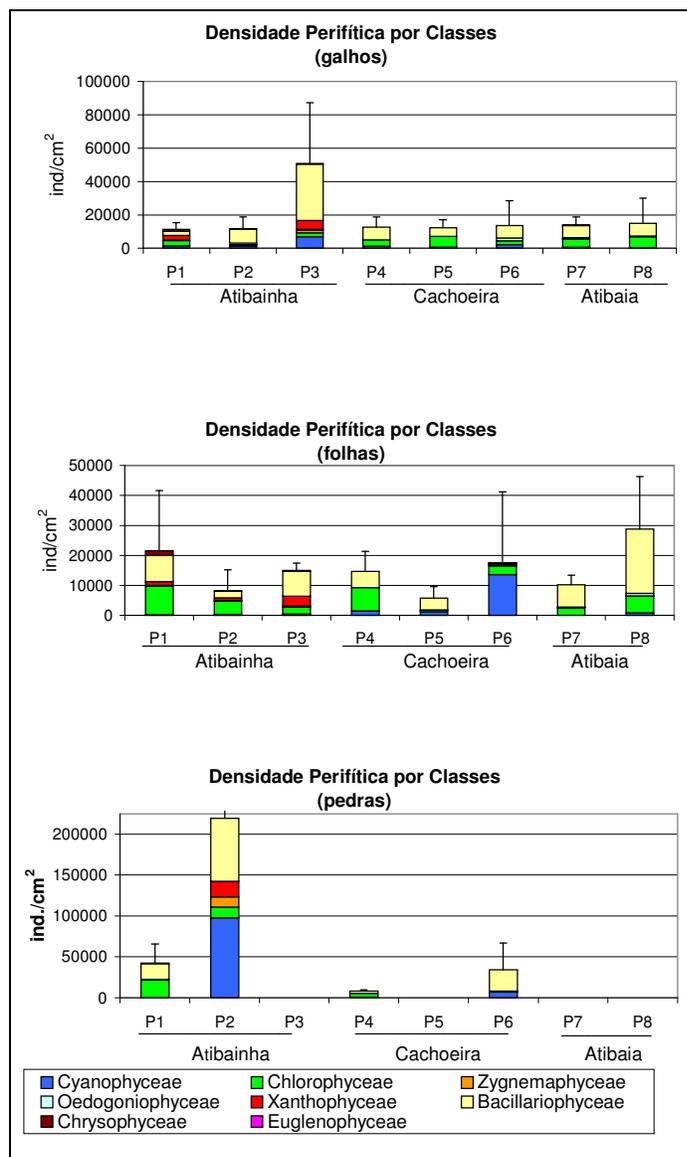


Figura 15. Densidade perifítica (ind/cm²) por classes e pontos de amostragem, sobre os substratos Galhos, Folhas e Pedras.

A Figura 15 mostra a densidade dos organismos perifíticos por classe, substrato e ponto de coleta. Observa-se nestes gráficos que ocorreu, em alguns pontos, uma grande variabilidade entre réplicas de um mesmo substrato, quanto à composição em grupos e densidade.

Dentre os grupos encontrados, a classe Bacillariophyceae esteve presente em todas as amostras.

Bacillariophyceae foi a classe dominante (com mais de 50% do total de densidade) nos Pontos 2, 3, 4, 6, 7 e 8 (nos galhos) e nos Pontos 3, 5, 7 e 8 (nas folhas). Em folhas, dominou a classe Chlorophyceae nos Pontos 2 e 4. No Ponto 1, não houve dominância conspícua de nenhuma classe, em nenhum dos substratos.

A lista preliminar dos táxons de diatomáceas está no Anexo II (Tabela 8).

Tratando-se de um ambiente pouco conhecido e a realização de uma única amostragem, os resultados da avaliação da comunidade perifítica não foram suficientes para uma caracterização conclusiva. Para um melhor conhecimento desta comunidade para finalidade de sua utilização como bioindicadora, seriam necessários estudos complementares, como se seguem.

- (1) *Aumento do número de réplicas.* Devido à grande variabilidade encontrada, é necessário verificar se os resultados obtidos foram devidos a insuficiência amostral, de uma comunidade com padrão de dispersão fortemente agregada, ou de uma extrema heterogeneidade de substratos, ou da combinação de todos estes eventos.
- (2) *Utilização de Bacillariophyceae como grupo para monitoramento,* uma vez que esta classe ocorreu em todos os pontos de amostragem e existe suporte bibliográfico adequado para esta escolha. Esta classe apresenta inúmeras vantagens como indicadora, tais como ser ecologicamente diversa, conter algumas espécies com limites estreitos de tolerância e de condições ambientais ótimas e responder rapidamente a mudanças ambientais devido à elevada taxa reprodutiva. Suas espécies são informativas, versáteis e amplamente distribuídas, especialmente devido ao grande número de táxons (aproximadamente 7.000). São de identificação teoricamente fácil e rápida, devido à existência de literatura abundante (para as regiões paleo- e neárticas) (DIXIT *et al.*, 1992; COSTE, 1994). Embora o material coletado tenha sido suficiente para uma primeira avaliação do uso desta classe como indicadora da qualidade ambiental e uma análise qualitativa preliminar das lâminas permanentes, a identificação correta e a quantificação extrapolam o período de duração deste projeto. Na próxima etapa, devem ser avaliadas metodologias para quantificação deste grupo em especial, o que exige maior aumento no microscópio para sua identificação e contagem (ROUND, 1993; PRYGIEL e COSTE, 1993; PAN *et al.*, 1996; KUTKA e RICHARDS, 1996).
- (3) *Utilização prioritariamente do substrato galhos,* uma vez que o substrato folha apresentou uma comunidade menos densa e diversa e pedras não são encontradas com facilidade em todos os locais, podendo apresentar grande quantidade de material depositado em sua superfície, dificultando a quantificação e identificação dos indivíduos. Por outro lado, alguns autores (PRYGIEL e COSTE, 1993), ao utilizarem apenas as diatomáceas para monitoramento, recomendam a utilização de um conjunto heterogêneo de substratos em um mesmo ponto amostral. Deveria ser testado o substrato pedras sobre o sedimento em ambientes deposicionais para locais onde estudos mais específicos para avaliação da estrutura de habitat e influência de condições físicas possam se mostrar interessantes, a exemplo de KUTKA e RICHARDS (1996), e folhas, onde se desejar uma maior exploração do ambiente.
- (4) *Padronização precisa dos substratos galhos e folhas.* Por exemplo, a utilização de uma mesma espécie de planta nas réplicas de um mesmo local e mesmo estágio de desenvolvimento do substrato. Segundo alguns autores (CATTANEO *et al.*, 1993; PLANAS, 1998), a natureza do substrato vegetal é um dos fatores que pode levar à diferenciação na composição específica da comunidade perifítica. Em estudos de monitoramento, estes efeitos devem ser minimizados ao máximo.

- (5) *Amostragem com abrangência sazonal*, uma vez que esta amostragem foi realizada em um único período, após intensas chuvas. Diversos trabalhos (PLANAS, 1998; GHOSH e (6) GAUR, 1998; MOSISCH e BUNN, 1997; DIXIT *et al.*, 1992), descrevem a influência de fatores ambientais, especialmente aqueles associados à precipitação atmosférica, grau de turbulência do meio, turbidez e fluxo dos rios sobre esta comunidade.

Quanto às concentrações de clorofila *a* e feofitina *a* da comunidade perifítica (Fig. 16), observou-se uma diferença marcante entre substratos, o que era esperado devido à variabilidade dos mesmos em relação às características físicas e químicas (grau de rugosidade, coloração, composição, liberação de compostos, etc.) e biológicas (idade da comunidade).

Também a disposição dos substratos no ambiente pode ter influenciado no estabelecimento da comunidade, por receber diferentes intensidade luminosas e velocidade de fluxo distintas (GHOSH e GAUR, 1998; MOSISCH *et al.*, 1999).

O substrato pedras, assim como ocorreu nesta análise, não tem se mostrado adequado para a avaliação da comunidade perifítica em ambientes com elevada turbidez e deposição de sedimentos (MARKER e COLLET, 1991). Além disso, no Ponto 6, observou-se para o substrato pedras, alto teor de clorofila *a*, coincidente com o pico de concentração de P-total, não justificado pela análise da comunidade. No entanto, como neste substrato observou-se a presença de briófitas em grande quantidade, estas podem ter influenciado no resultado da análise deste pigmento, devido à dificuldade de sua remoção da amostra em campo. Além disso, o trabalho de DODDS e WELCH (2000) apresenta evidências de que a relação entre as concentrações de clorofila *a* bentônica e nutrientes em ambientes lóticos não pode ser feita de modo direto como no caso do fitoplâncton lêntico.

Os teores de feofitina *a* foram superiores aos de clorofila *a* nos Pontos 1, 2 e 8 (com exceção feita ao substrato folhas nos Pontos 2 e 8). Os Pontos 1 e 2 apresentam, pelo menos em uma das margens, vegetação ciliar mais preservada (Tab. 4) e, portanto, pode ocorrer entrada de clorofila *a* degradada de origem terrestre. Já no Ponto 8, os teores de feofitina *a* encontrados devem-se provavelmente aos valores elevados de turbidez (Tab. 5), que estariam prejudicando a atividade fotossintética e portanto, reduzindo os valores de clorofila *a* com consequente aumento de feofitina *a*.

Como já mencionado na análise da comunidade perifítica, também para o estudo de pigmentos concluiu-se pela utilização do substrato galhos pois, além de permitir o estabelecimento de uma comunidade com biomassa mais abundante (Fig. 16), ocorre mais comumente em todos os locais, sem ser restrito como o substrato pedras.

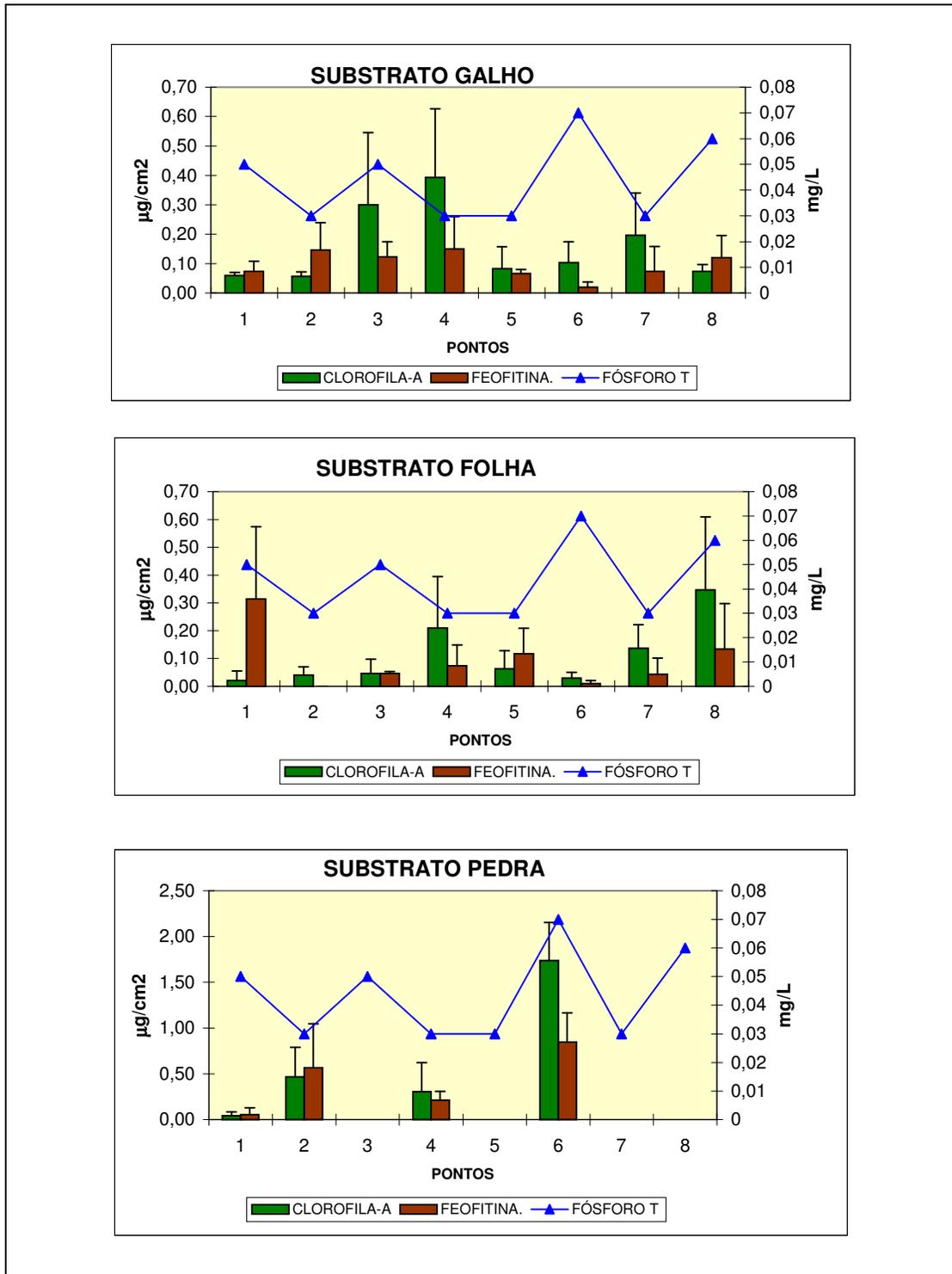


Figura 16. Concentrações de clorofila *a* e feofitina *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) da comunidade perifítica nos substratos Galhos, Folhas e Pedras, e P-total (mg/L) na água.

3.3.2. Zooplâncton

Verifica-se na Tabela 9 que as amostras da comunidade zooplanctônica revelaram a presença de 33 *taxa* de Rotifera, 5 de Copepoda Cyclopoida, 1 de Copepoda Calanoida, 15 de Cladocera e 10 relacionados a substrato, em deriva: Hydrozoa, Ostracoda, Nematoda, Tardigrada, Bryozoa, Anellida (Oligochaeta e Hirudinea), Acari, Copepoda Harpacticoida e imaturos de Insecta (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera e Diptera). As amostras provenientes dos Pontos 2 e 5 não apresentaram praticamente nenhum organismo.

O resultado da Análise em Componentes Principais (ACP) relacionando variáveis físicas, químicas e biológicas relevantes ao zooplâncton está apresentado na Figura 17. Os dois primeiros eixos foram responsáveis por 75,9% da variância total dos dados, e evidenciaram que os sistemas lóticos estudados - Atibainha, Cachoeira e Atibaia - apresentam características diferenciadas, como também ocorreu na análise de agrupamentos já apresentada.

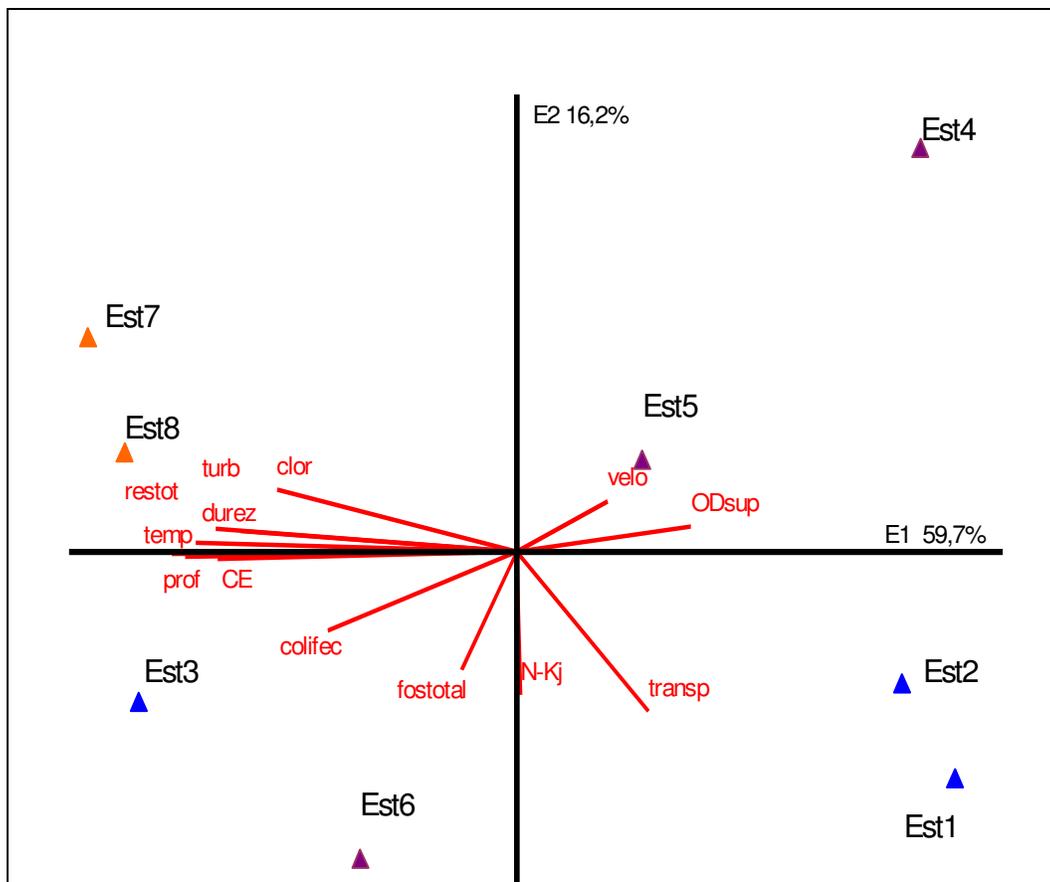


Figura 17. Resultado da Análise em Componentes Principais (ACP) relacionando variáveis físicas, químicas e biológicas relevantes ao zooplâncton. (Est = Ponto; E1 e E2 = eixos)

Dessa maneira, os Pontos 1 e 2 (rio Atibainha) estão associadas às variáveis velocidade da corrente, transparência e OD da superfície, que apresentaram, nestes locais, valores mais elevados do que nos Pontos 7 e 8 (rio Atibaia) e 3 (a jusante da represa de Atibainha), associados negativamente ao Eixo 1. Verificou-se que nos Pontos 1 e 2 não ocorreram organismos zooplanctônicos (Ponto 2), ou estes foram registrados com densidades numéricas

baixas (Ponto 1).

Já nos Pontos 7 e 8 (rio Atibaia) e 3 (a jusante da represa de Atibainha), que por sua vez apresentaram, em relação aos outros pontos, valores mais elevados de condutividade elétrica, resíduos totais, turbidez, clorofila *a* e coliformes fecais, variáveis relacionadas à qualidade da água, verificou-se densidades mais elevadas de organismos zooplanctônicos nos Pontos 3 (42.194 ind.m⁻³) e 7 (4.156 ind.m⁻³). Em ambos os pontos, foram importantes os copépodos ciclopóides, principalmente as formas larvais (Tab. 9).

De um modo geral, o sistema rio Cachoeira apresentou, em relação às variáveis abióticas relacionadas e densidades numéricas do zooplâncton, valores intermediários entre os sistemas Atibainha e Atibaia. Nos Pontos 4 e 5, praticamente não foram registrados organismos zooplanctônicos, que ocorreram somente a jusante da represa de Cachoeira (Fig. 17a).

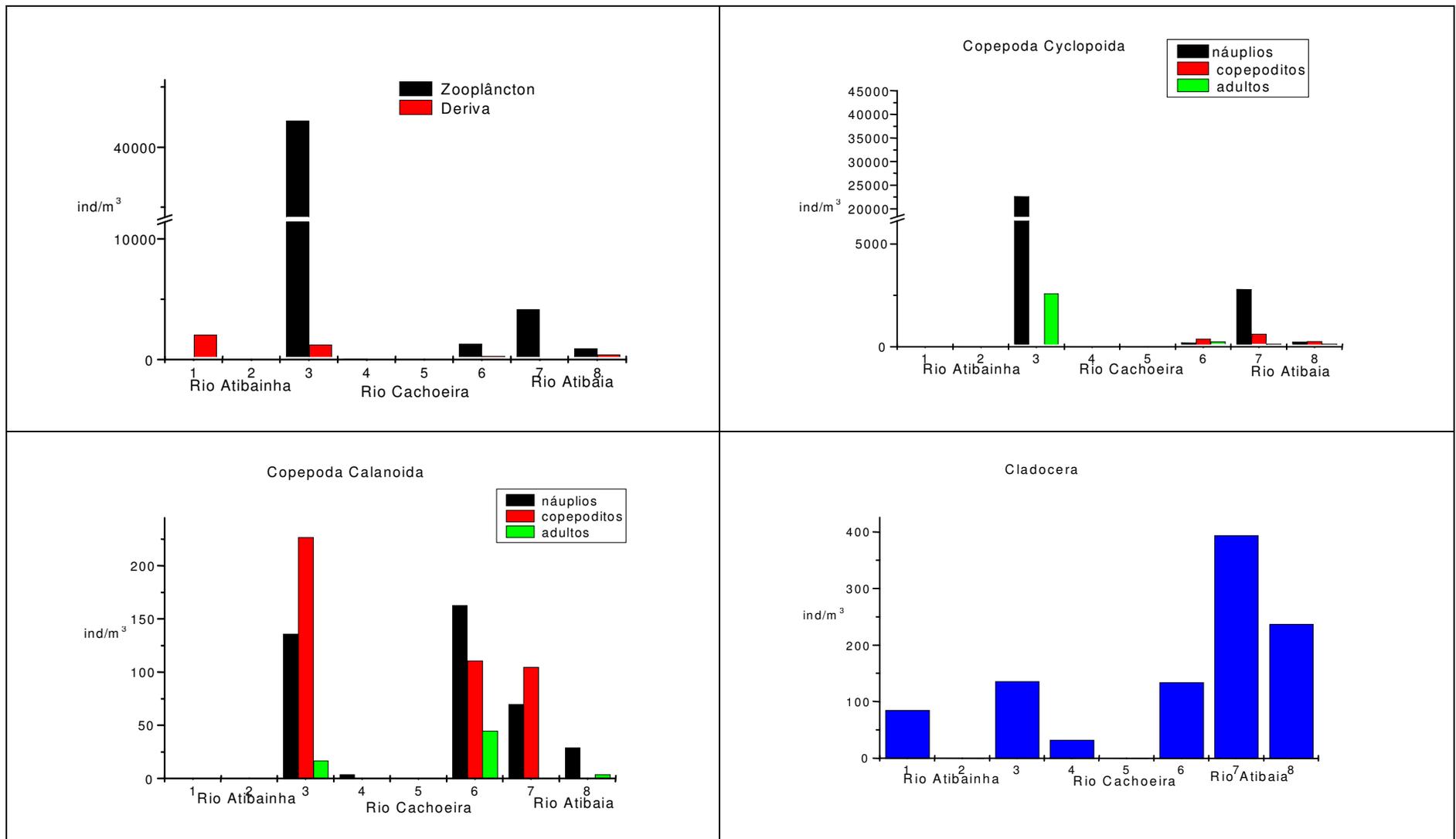


Figura 17a. Comunidade zooplancônica e deriva e densidade dos principais grupos (ind./m³) ao longo dos pontos de amostragem.

Os cladóceros estiveram representados no Ponto 7 por grande número de *taxa* relacionados a regiões litorâneas. Organismos em deriva representaram 3% (Ponto 3) a 92% (Ponto 1) do total de organismos zooplanctônicos (Tab. 10).

Não há evidências de grandes diferenças na estrutura da comunidade zooplantônica de sistemas lóticos e lânticos que possibilitem considerar a existência de um "potamoplâncton" diferenciado. No entanto, certas espécies, como *Bosminopsis deitersi*, parecem estar mais adaptadas a elevadas velocidades de corrente e alta concentração de material em suspensão.

3.3.3. Comunidade bentônica

A Tabela 11 exhibe os habitats encontrados em cada ponto de coleta. O único habitat que ocorreu em todos os pontos foi a margem deposicional (MD), enquanto que detritos encahados (D) e corredeira (CO) restringiram-se a alguns pontos de cabeceira. No Ponto 5, o baixo número de habitats (2) deveu-se à impossibilidade de melhor explorar o ambiente, já que o porte do rio, neste local, exigia uma embarcação, o que não estava disponível. Não foram coletadas amostras de canal (C) no Ponto 4, pois neste local, apesar da menor largura do rio, seu fundo era composto de blocos e a correnteza muito forte (vide Tab. 5).

A Figura 18 exhibe as estruturas das comunidades bentônicas nos diferentes habitats amostrados em cada ponto de coleta. Foi possível observar dominâncias de Oligochaeta, principalmente representados por Tubificidae, em 3 habitats do Ponto 1, onde há, como já mencionado, uma criação de trutas a montante, e nas margens deposicionais dos Pontos 7 e 8. Verdadeiras dominâncias de Chironomidae-Chironomini ocorreram nas margens deposicionais dos Pontos 5 e 6 e nos canais dos Pontos 6 e 7. Em geral, o habitat macrófitas (M) apresentou sempre grande variedade de tipos de organismos, independentemente do ponto de coleta, entretanto, ocorreram dominâncias de Trichoptera, no Ponto 5, e Ephemeroptera, nos Pontos 7 e 8. Destaca-se ainda a importância de Bivalvia em 3 dos habitats analisados no Ponto 3 (margens deposicional e erosional e canal) e a composição diferenciada do habitat detritos encahados do Ponto 4, onde organismos raros (outros) foram importantes.

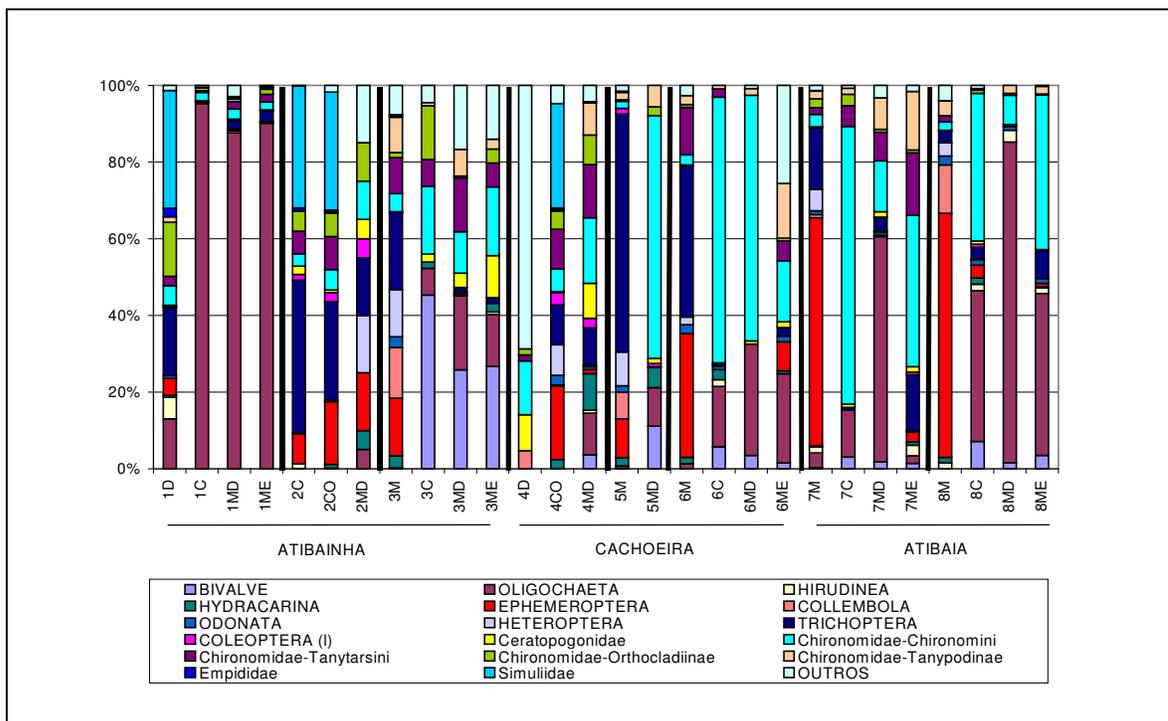


Figura 18. Estrutura das comunidades bentônicas em diferentes habitats da bacia do rio Atibaia.

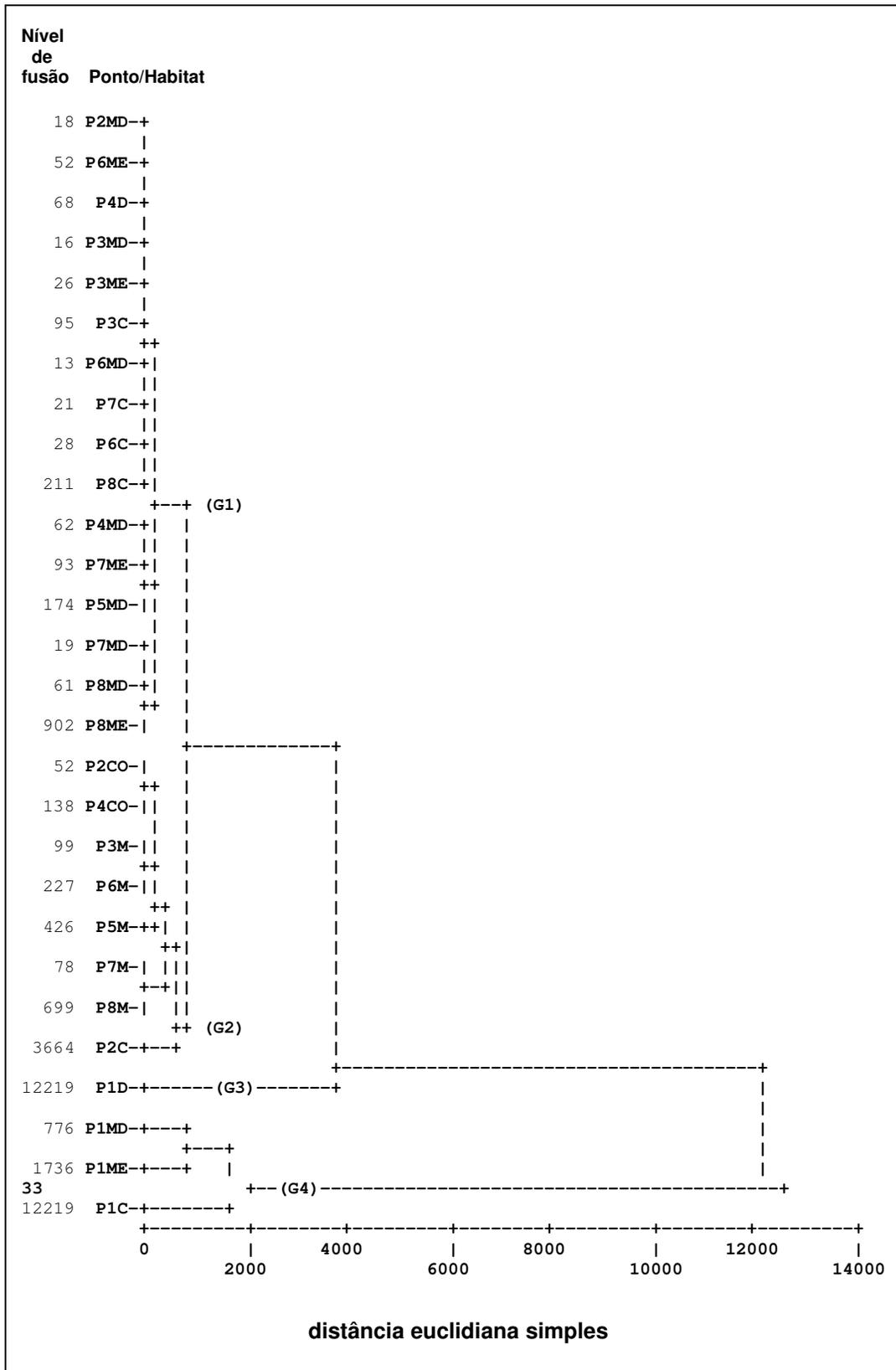


Figura 19. Dendrograma resultante da análise de agrupamento (Distância Euclidiana Simples e método de Ward), utilizando resultados quantitativos da comunidade bentônica (Habitats: M = macrófitas; D = detritos encalhados; CO = corredeira; C = Canal; MD = margem deposicional; ME = margem erosional).

A Figura 19 apresenta o dendrograma construído a partir da análise de agrupamento efetuada com Distância Euclidiana Simples e método de Ward, utilizando-se os dados quantitativos relativos à comunidade bentônica (Tab. 11).

Como pode ser observado na Figura 19, os resultados do Ponto 1 ficaram divididos entre 2 grupos, um composto apenas pelo habitat detritos encalhados (G3), com grande diversificação e as maiores densidades de vários grupos taxonômicos (Gastropoda, Hirudinea, Hydracarina, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera larvas e adultos, Ceratopogonidae, Chironomini, Tanytarsini, Orthoclaadiinae, Tanypodinae, Empididae, Ephydriidae, Psychodidae, Simuliidae e Brachycera), e o outro (G4), composto pelos habitats canal, margens erosional e deposicional, onde foram encontradas as maiores densidades de Oligochaeta.

No G2, composto pelos habitats corredeira e canal do Ponto 2, macrófitas dos Pontos 3, 5, 6, 7 e 8 e corredeira do Ponto 4, foram observadas as maiores densidades de Collembola e Heteroptera.

Em G1, composto pelos habitats margem deposicional de todos os pontos, exceto Ponto 1, canal dos Pontos 3, 6, 7 e 8 e margem erosional dos Pontos 3, 6, 7 e 8, ocorreram as maiores densidades de Culicidae e as menores densidades de Odonata (Tabela 11).

Pelo dendrograma gerado a partir de uma análise qualitativa dos dados da comunidade bentônica (Fig. 20), o habitat macrófitas associou-se à maioria dos pontos de cabeceira, formando o G2'. Este grupo caracterizou-se por amostras mais ricas ($S = 33$, dos quais 21 *taxa* ocorreram com frequência superior a 50%) e vários *taxa* exclusivos (Plecoptera, Lepidoptera, Chaoboridae, Ephydriidae, Muscidae, Psychodidae, Simuliidae, Tabanidae, Thaumaleidae e Brachycera n.i.). G1' foi formado pelos outros habitats dos pontos de baixo gradiente, além das margens deposicionais dos Pontos 2 e 5 (cabeceiras). Exibiu riqueza intermediária ($S = 24$, dos quais apenas 10 *taxa* com frequência superior a 50%). Por fim, o terceiro grupo (G3') compôs-se de apenas uma amostra (habitat detritos encalhados do Ponto 4), que apresentou baixa riqueza ($S = 8$). Esse resultado provavelmente está associado à coleta (qualitativa) e à pequena dimensão deste habitat ou, efetivamente, à diferenciação deste tipo de ambiente.

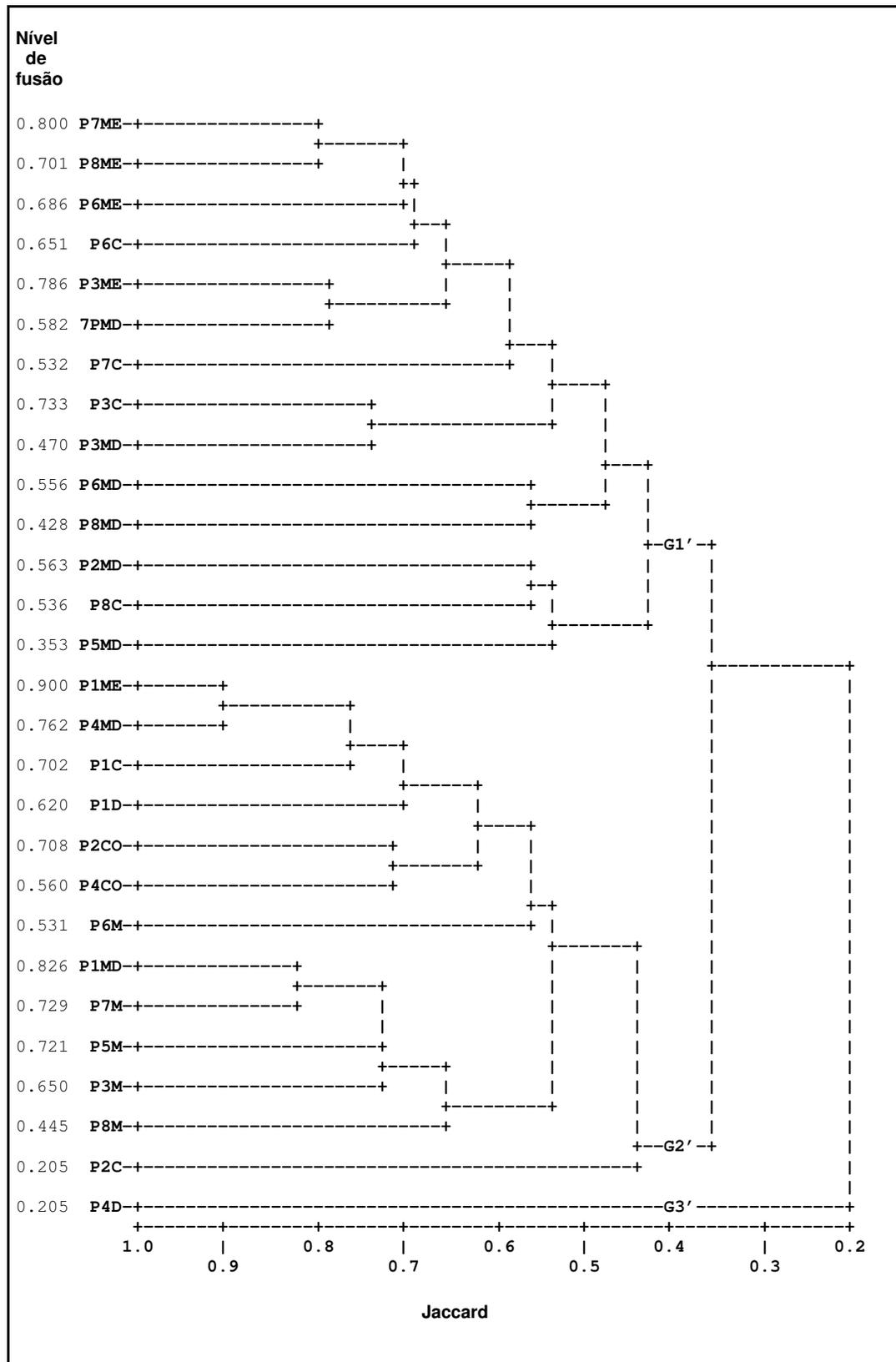


Figura 20. Dendrograma resultante da análise de agrupamento utilizando o índice de Jaccard e método de Média Ponderada (WPGMA) a partir da riqueza da comunidade bentônica (Habitats: M = macrófitas; D = detritos encalhados; CO = corredeira; C = Canal; MD = margem deposicional; ME = margem erosional).

Nas duas análises, todas as amostras do habitat macrófitas foram agrupadas, independentemente do ponto, ou seja, esse habitat não foi sensível às diferenças entre micro e macro-habitats e à qualidade do ambiente. Dentre os habitats estudados, aquele formado por macrófitas e corredeira sempre exibiram diversidades altas (Fig. 21), resultados que devem estar interferindo na análise final de média para cada ponto.

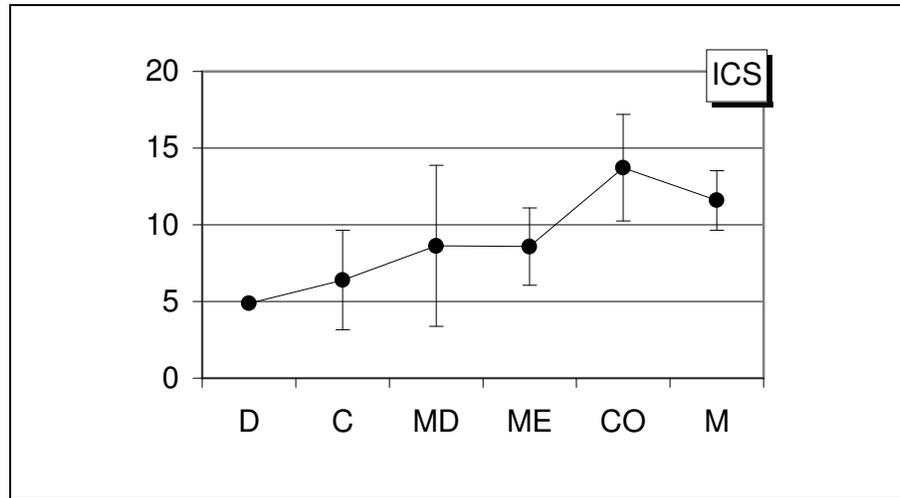


Figura 21. Médias e desvios padrão dos resultados do Índice de Comparação Sequencial (ICS) para os diferentes habitats estudados. (D = detritos; C = canal; MD = margem deposicional; ME = margem erosional; CO = corredeira; M = macrófitas)

A Figura 22 compara os valores dos índices comumente utilizados em diagnóstico, para os dados de margem deposicional, único habitat presente em todos os pontos, e o dado médio de todos os pontos, onde se fundiram os resultados dos diferentes habitats para cada ponto. O ICS não pode ser calculado para o Ponto 1, por limitação do software, que não permite cálculos com densidades superiores a 4000.

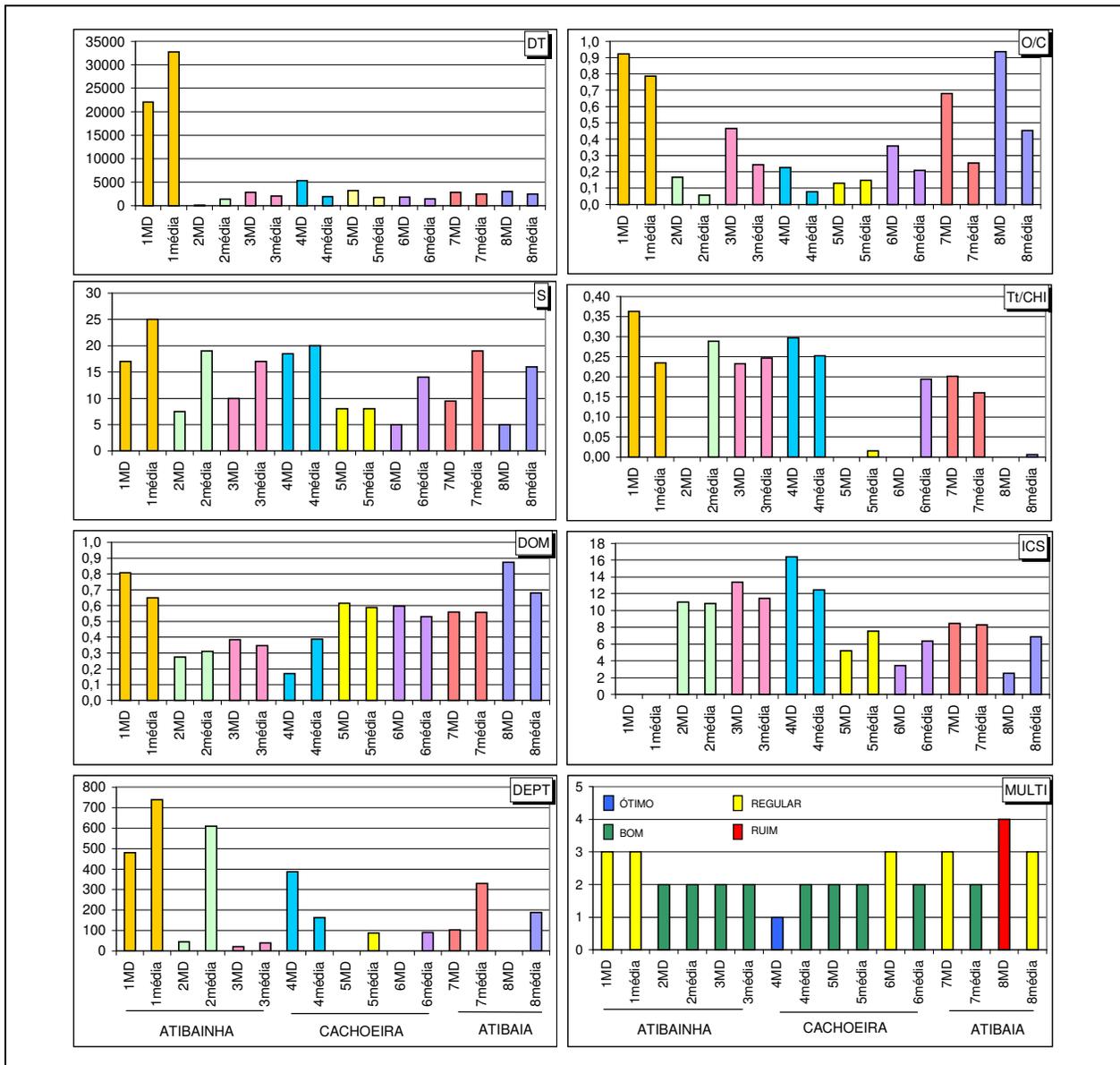


Figura 22. Variação dos índices biológicos usados em diagnóstico, no habitat margem deposicional e na média dos pontos. (DT = densidade total; S = riqueza em *taxa*; DOM = dominância; DEPT = densidade de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera; O/C = razão Oligochaeta/Chironomidae; TtCHI = razão Tanytarsini/Chironomidae; ICS = Índice de Comparação Sequencial; MULTI = índice multimétrico).

Em geral, o uso da média conduziu um diagnóstico de melhor qualidade dos ambientes do que o emprego exclusivo da margem deposicional. Apenas a determinação de dominância ($DOM > 0,5$) trouxe resultado similar para todos os pontos. Para o índice multimétrico, na maioria dos pontos de baixo gradiente, de caráter mais deposicional, o diagnóstico empregando-se o habitat margem deposicional distinguiria melhor a qualidade dos pontos.

A comunidade bentônica foi sensível às diferenças de micro e macro-habitats. Como esperado, os pontos de cabeceira e a maioria de seus habitats exibiram maior riqueza do que os pontos de baixo gradiente, de dinâmica mais deposicional, e a margem deposicional de alguns pontos de cabeceira. É importante considerar tal sensibilidade na elaboração de ferramentas para o

biomonitoramento. No índice multimétrico, por exemplo, deve-se avaliar a necessidade de reformulação das faixas e relação de índices de forma a respeitar tais diferenças.

O uso do habitat deposicional, em substituição à média dos diferentes habitats para cada ponto, não comprometeu o diagnóstico final dos pontos localizados em alto gradiente e possibilitaria uma melhor distinção da qualidade da maioria dos pontos de baixo gradiente. Além disso, o uso deste habitat em biomonitoramento permitiria que o mesmo dado fosse utilizado tanto para o diagnóstico da água quanto para o do sedimento e reduziria os esforços de amostragem e análise. O protocolo de avaliação rápida da EPA prevê o uso de um único tipo de micro-habitat (em geral corredeira, para riachos) ou da composição de todos os micro-habitats existentes (BARBOUR *et al.*, 1997).

Por sua vez, a comunidade do habitat macrófitas, que exibiu diversidade alta, independente do ponto de coleta, não foi muito sensível às diferenças entre micro e macro-habitats e de qualidade do ambiente, podendo ser descartado na amostragem para fins de biomonitoramento.

A análise qualitativa da comunidade bentônica corroborou para indicar a influência da criação de trutas, localizada a montante do Ponto 1, sobre o ambiente aquático. Segundo PIPER *et al.* (1982 *apud* LOCH *et al.*, 1996) e OBERDORFF e PORCHER (1994 *apud* LOCH *et al.*, 1996), os principais componentes do efluente de trutários são nutrientes dissolvidos e sólidos em suspensão, oriundos de restos de alimento e de metabólitos. No trabalho de LOCH *et al.* (1996), tais efluentes geraram depleção de oxigênio dissolvido, resultando em queda drástica na riqueza de EPT. Pelos dados obtidos no presente trabalho, a explosão observada na população de Oligochaeta-Tubificidae deve estar associada à abundância dessa matéria orgânica, mas a grande riqueza observada nesse ponto ainda não evidencia empobrecimento da fauna por ação tóxica ou depleção de OD. O índice multimétrico foi sensível a essa situação, mas deve-se avaliar a adição de novos índices, que ampliem sua sensibilidade para outras condições de degradação, que não envolva necessariamente o desenvolvimento de dominância e explosão populacional de Oligochaeta-Tubificidae.

3.3.4. Peixes

As Figuras 23, 24 e 25 representam, respectivamente, a riqueza em espécies, a diversidade e a dominância da comunidade de peixes por ponto de amostragem. Quanto à riqueza, no Ponto 1 (rio Atibainha), localizado a jusante da criação de trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), esta espécie exótica foi a única coletada, certamente devido ao escape dos tanques de piscicultura. No Ponto 2, não foi coletado nenhum peixe, nem mesmo observados alevinos junto à vegetação marginal (Fig. 23).

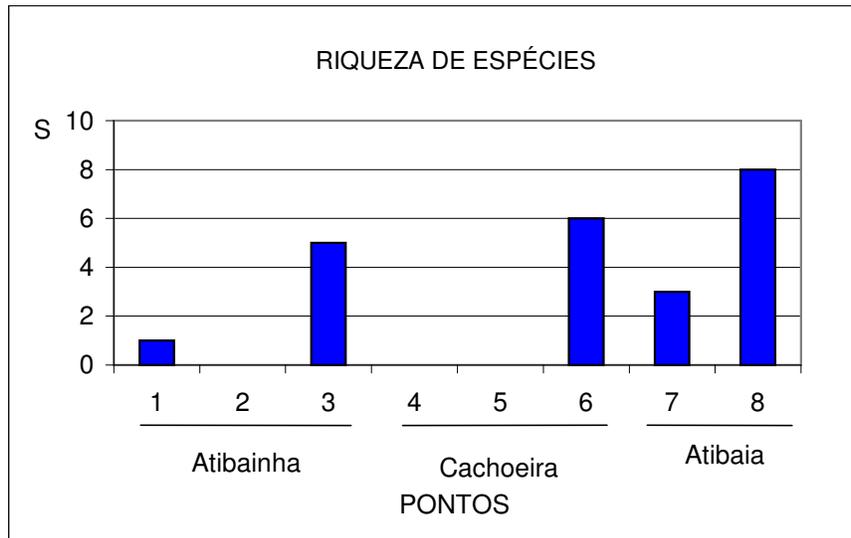


Figura 23. Riqueza de espécies de peixes capturados nos pontos de amostragem.

A diversidade de espécies de peixes (Fig. 24) foi baixa, na maioria dos pontos, como reflexo da baixa riqueza em espécies. Os Pontos 3, 6 e 8 apresentaram diversidade semelhante, apesar das diferenças na riqueza de espécies (Fig. 23).

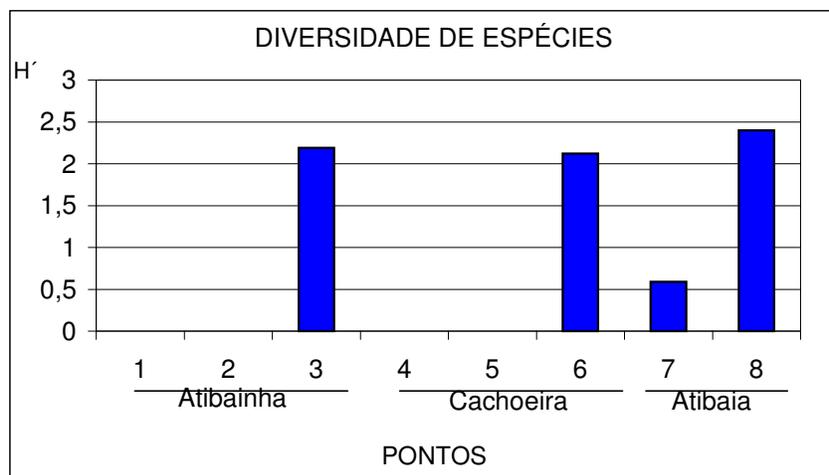


Figura 24. Diversidade de espécies de peixes capturados nos pontos de amostragem.

Em relação à dominância, observaram-se valores mais altos no Ponto 1, devido ao predomínio da truta arco-íris, e no 7, devido ao predomínio do lambari de rabo amarelo (*Astyanax bimaculatus*) (Fig. 25).

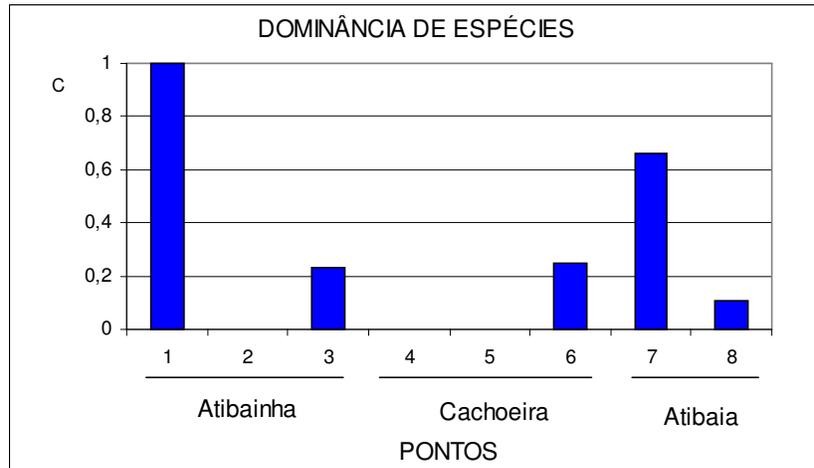


Figura 25. Dominância de espécies de peixes capturados nos pontos de amostragem.

Segundo moradores locais, no trecho do rio Atibainha, compreendido entre os Pontos 1 e 2, as espécies nativas teriam deixado de ser capturadas depois do estabelecimento da truticultura já mencionada. O impacto da truta arco-íris sobre as espécies nativas é bem conhecido (AGOSTINHO e JÚLIO, 1996), pois esta espécie alimenta-se de peixes, além de invertebrados e outros itens. Embora uma outra espécie relacionada (*Salmo trutta*) seja apontada como uma séria competidora por recursos alimentares (animais bentônicos) (TOWNSEND, 1996), este parece não ser o caso, pois o Ponto 1 apresentou alta densidade de diversos grupos de invertebrados associados a substratos (Tab. 11). Por outro lado, KLEYNHANS (1999) observou que no rio Crocodile, África do Sul, a introdução da truta arco-íris exterminou a fauna nativa, pelo fato desta espécie ser um predador voraz.

A introdução de espécies pode atuar em sinergia com outros fatores, tais como poluição, na alteração das populações de espécies nativas, sendo estes fatores freqüentemente cumulativos ou complementares. Por exemplo, a degradação do habitat pode fazer com que uma espécie torne-se mais vulnerável à introdução de uma espécie não autóctone (AQUATIC NUISANCE SPECIES TASK, 1994). A introdução de espécies exóticas e alóctones pode ser considerada como um tipo de poluição biológica, que deve ser regulada nos mesmos moldes da poluição industrial ou doméstica (COURTENAY, 1993).

A introdução de espécies exóticas é uma das principais ameaças à fauna de peixes de água doce do Brasil (ROSA & MENEZES, 1996), sendo necessário que se evite esta atividade em pequena ou larga escala, com finalidade alimentar, recreativa ou de repovoamento, sem o amparo de estudos prévios de impacto ambiental (AGOSTINHO e JÚLIO Jr., 1996).

COURTENAY (1993) afirma que toda introdução resulta em impactos para a biota nativa, que podem ser de quase nulos a maiores, incluindo a extinção. Segundo o autor, nenhum ecossistema pode aceitar a introdução de uma espécie não nativa sem ajustes. No entanto, o assunto continua em discussão quanto à previsibilidade dos resultados (MOYLE e LIGHT, 1996).

No rio Cachoeira, os Pontos 4 e 5 também apresentaram uma comunidade intensamente impactada. Segundo um morador local, bagres e lambaris são observados no Ponto 4 apenas em períodos de maior volume de vazão do rio. No Ponto 5 foram coletados alevinos de lambaris (*Astyanax* spp.) e sagüirus (*Cyphocharax modesta*) junto às gramíneas das margens, indicando a presença destas espécies.

Os quatro pontos, que apresentaram a comunidade de peixes mais impactada (Pontos 1, 2, 4 e 5), também foram aqueles onde foi observada toxicidade crônica na água. Nestes pontos, os valores de cádmio (Ponto 4), cobre (Pontos 2 e 5), níquel (Ponto 2) e zinco (Pontos 1,2 e 5) na água estiveram acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA (CONAMA, 1986). As demais variáveis (OD, pH) apresentaram valores dentro dos limites para preservação dos peixes (Tab. 5).

Segundo AGOSTINHO *et al.* (1995), o pequeno volume de água dos riachos da Bacia do Alto Paraná torna a ictiofauna mais sensível à ação antrópica, tais como remoção da vegetação marginal, assoreamento, represamentos e poluição. No presente estudo, os pontos que apresentaram os menor volume de água (Pontos 1, 2, 4 e 5) foram os que apresentaram comunidades mais impactadas.

Os Pontos 3 e 6, localizados respectivamente a jusante dos reservatórios Atibainha e Cachoeira, apresentaram ambos cinco espécies. O Ponto 7, localizado após a confluência dos rios Atibainha e Cachoeira, apresentou apenas três espécies. O Ponto 8 foi o que apresentou a maior riqueza (8 espécies) (Tab. 13). Este localiza-se a montante do reservatório Atibaia (Fig. 1).

NORTHCOTE *et al.* (1985) relatam a existência de 81 espécies no rio Atibaia, antes do fechamento do reservatório de Americana, e cerca de 30 espécies alguns anos depois da construção do mesmo. Portanto, o número de espécies observado no presente estudo (12) representa um valor bem inferior ao observado nos trechos do rio Atibaia localizados mais a jusante.

Os gêneros *Astyanax*, *Leporinus*, *Schizodon*, *Hypostomus* e *Salminus* foram os mais comuns nas capturas (Tab. 13). Segundo AGOSTINHO *et al.* (1995), estes gêneros apresentam ampla distribuição em riachos da Bacia do Alto Paraná.

A região de amostragem contém três reservatórios (Atibainha, Cachoeira e Atibaia) que certamente também exercem impactos sobre as comunidades de peixes, principalmente as localizadas a montante destes represamentos. Quando ocorre um represamento, o reservatório gera um novo habitat onde várias espécies preexistentes no rio não conseguem se adaptar. A partir deste ponto, a comunidade de peixes irá estabelecer um novo equilíbrio entre as espécies que se adaptaram e aquelas que foram introduzidas pelo homem (BAKER *et al.*, 1993).

A composição e estrutura das comunidades de peixes que habitam os reservatórios da Bacia do Alto Paraná são consideravelmente alteradas em relação aos rios formadores, com proliferação excessiva de algumas espécies e decréscimo, ou mesmo extinção local, de outras (AGOSTINHO *et al.* 1995).

Após a construção de um reservatório, um número maior ou menor de espécies sofre redução em suas populações, ou é totalmente excluído dele (BRITSKI, 1993). As espécies pré-adaptadas a ambientes lênticos serão favorecidas com o novo ambiente, mas em rios de cabeceira, o número destas espécies é pequeno em relação ao das reofílicas (adaptadas à água corrente). Uma vez que algumas espécies são incapazes de se adaptar ao ambiente lêntico, a ictiofauna do reservatório é menos diversificada do que a de seu rio formador (LOWE-McCONNELL, 1975).

A importância dos tributários dos reservatórios como refúgios e área de reprodução para os peixes é bem conhecida (CESP,1996; BAKER *et al.*, 1993). Nos Pontos 1, 2, 4 e 5 localizados a montante dos reservatórios Atibainha e Cachoeira, respectivamente, o impacto do represamento para os trechos a montante possivelmente também acontece.

Com relação ao hábito alimentar (Tab. 13), metade das espécies coletadas apresenta hábito onívoro. Esta característica ocorre principalmente em ambientes impactados, pois espécies com

hábito alimentar mais generalista têm vantagem competitiva em locais em que a oferta de alimento é menos previsível (KARR *et al.*, 1986).

Espécies iliófagas (que se alimentam ingerindo sedimento) como sagüiru e curimbatá, foram em sua maioria coletadas nos pontos em região de baixo gradiente (7 e 8), locais em que ocorre maior deposição de material orgânico no sedimento (Tabs 13 e 14).

Em termos gerais, observa-se que os pontos localizados a jusante dos reservatórios possuem maior diversidade e menor dominância de espécies. Este fato possivelmente se deve aos impactos mais intensos no trecho de montante, tais como desmatamento, toxicidade, introdução de espécies e isolamento causado pela construção dos reservatórios.

3.4. AVALIAÇÕES INTEGRADAS

3.4.1. Índice de Estado Trófico

	Critério		Estado trófico Classes								
	Pontos		1	2	3	4	5	6	7	8	
IET	IET(Clorofila)		14	0	35	28	28	22	36	41	
	IET(Fósforo)		53	46	53	46	46	58	46	56	
	IET(CI,F)		33	23	44	37	37	40	41	49	
	IET ≤ 44	Oligotrófico	1								
	44 < IET ≤ 54	Mesotrófico	2	1	1	1	1	1	1	1	2
	54 < IET ≤ 74	Eutrófico	3								
	IET > 74	Hipereutrófico	4								

Os componentes do Índice de Estado Trófico estão representados separadamente (índice de clorofila *a* e índice de fósforo total) (Tab. 15, Fig. 26). Nos pontos referentes ao rio Atibainha (Pontos 1, 2 e 3), ao rio Cachoeira (Ponto 4 e 5) e ao rio Atibaia (Ponto 7), observa-se que o Índice de Estado Trófico do fósforo total indica estado mesotrófico. Já o rio Cachoeira, no Ponto 6, e o rio Atibaia, no Ponto 8, apresentam estado eutrófico, provavelmente como consequência da contribuição de fontes difusas. O Índice de Estado Trófico de clorofila *a*, em todos os pontos, indica estado oligotrófico.

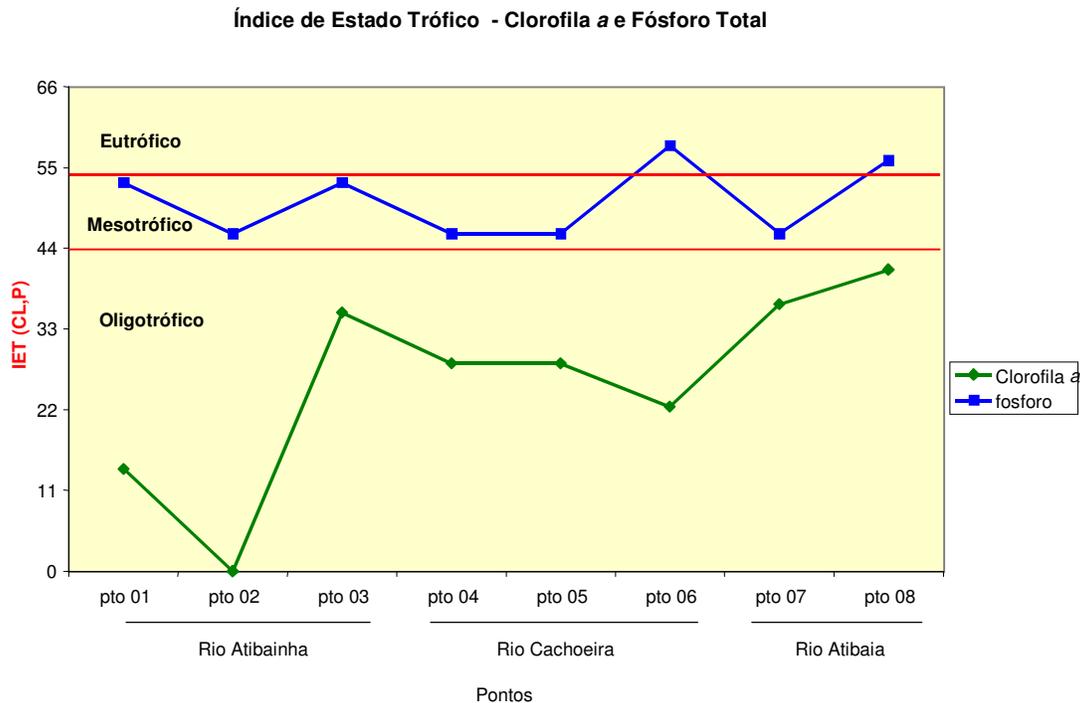


Figura 26. Índice de Estado Trófico de clorofila *a* e fósforo total nos pontos de amostragem.

Os componentes do índice foram apresentados separadamente com o objetivo de verificar se a carga de fósforo que entra no sistema não é toda assimilada, comportamento este verificado principalmente nos rios Atibainha e Cachoeira (Fig.26), provavelmente devido às características destes ambientes lóticos, cuja correnteza dificulta o desenvolvimento de populações fitoplanctônicas.

De acordo com GOLTERMAN (1975 *apud* TOLEDO *et al.*, 1983) deve-se fazer uma clara distinção no processo de eutrofização entre o significado de um aumento do suprimento de nutrientes no lago (causa) e o significado do resultante aumento do crescimento fitoplanctônico (efeito). Neste caso, das duas variáveis em questão, relacionadas com o processo de eutrofização, o fósforo total está relacionado com a causa e a clorofila *a* com o efeito.

Avaliando-se os resultados de forma global, as concentrações médias de clorofila *a* foram baixas. Em relação ao estado de trofia, a carga de fósforo total indica um nível mais elevado de trofia (mesotrófico), sendo este não correspondido nas concentrações de clorofila *a*, com nível de trofia inferior (oligotrófico), fato esperado em ambientes lóticos.

Portanto, observou-se que o efeito (traduzido no IET pela clorofila *a*) é inferior à causa (traduzida no IET calculado com as concentrações de fósforo total) (Tab. 16). Em ambiente de água corrente, fatores de limitação de luz, como a turbidez e o sombreamento pela vegetação marginal, podem influir mais do que o enriquecimento por nutrientes no resultado do IET. DODDS e WELCH (2000) apontaram a necessidade de se distinguir critérios de determinação de trofia em sistemas lênticos e lóticos, devido às diferenças nas características hidrodinâmicas. Além disso, estes autores evidenciam a necessidade de se analisar dados de clorofila *a* e nutrientes agrupados regionalmente para o estabelecimento de critérios, principalmente para sistemas lóticos de menor porte. Para melhor caracterizar este tipo de ecossistema, seria necessário também considerar a clorofila *a* bentônica.

3.4.2. Cálculo do IVA

Através da Figura 27, verifica-se que, segundo IVA, o rio Atibainha apresentou águas de qualidade regular no Ponto 1, classificação de corrente da toxicidade crônica e da concentração de zinco. No ponto 2, a qualidade da água foi ruim, também devido à toxicidade e aos agentes químicos (cobre, níquel e zinco, principalmente). Finalmente, no Ponto 3, o rio Atibainha demonstrou uma recuperação, com água apresentando qualidade ótima.

Nos Pontos 4 e 5, situados no rio Cachoeira, a qualidade da água foi ruim, classificação resultante da ocorrência de toxicidade crônica e das concentrações de alguns metais (cádmio e níquel no Ponto 4, cobre e zinco no Ponto 5). Inversamente, no último ponto de amostragem situado neste rio (Ponto 6), as águas foram enquadradas na classe ótima.

A água do rio Atibaia, no seu primeiro ponto de amostragem (Ponto 7), apresentou qualidade ótima segundo o IVA, sendo classificada como regular no Ponto 8, devido à concentração de cádmio e, também, ao seu estado trófico.

Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8
IPMCA	2	4	1	4	4	1	1	2
IPMCA x	2,4	4,8	1,2	4,8	4,8	1,2	1,2	2,4
IET	1	1	1	1	1	1	1	2
IVA =	3,4	5,8	2,2	5,8	5,8	2,2	2,2	4,4
Classificaçã	regular	ruim	ótima	ruim	ruim	ótima	ótima	regular

Figura 27. Classificação das águas dos diversos pontos de amostragem, segundo o IVA.

3.4.3. Tríade

Como ponto referência na análise da Tríade de Qualidade de Sedimentos foi escolhido o Ponto 3, com base nos resultados da análise de agrupamento, de concentrações de metais nos sedimentos e de estrutura da comunidade bentônica.

Na construção do eixo químico foram empregados apenas os dados de metais nos sedimentos, uma vez que os resultados de compostos orgânicos exibiram dificuldades analíticas (presença de interferentes e limite de detecção superior ao limite de interesse). As concentrações de metais nos sedimentos dos pontos de baixo gradiente, utilizados na análise da tríade (Tab.18) alcançaram os limites de início de efeito para Cu (Pontos 7) e Cr (Pontos 6, 7 e 8), segundo critérios mais restritivos compilados em SMITH *et al.* (1996) (16,0 e 26,0 mg/Kg, respectivamente).

Com relação à comunidade bentônica, o Ponto 3 apresentou a melhor qualidade segundo o Índice Multimétrico, enquanto os Pontos 6 e 7 exibiram qualidade regular e o 8, ruim (Fig. 22). É importante ressaltar que o índice multimétrico, atualmente em uso, está ainda em fase de aperfeiçoamento e sua resposta ainda parece não ser suficientemente sensível à degradação por agentes químicos tóxicos. Além disso, pouco se conhece da fauna bentônica da bacia estudada, dificultando o reconhecimento dos *taxa* que poderiam estar presentes e que teriam desaparecido pela ação de substâncias causadoras de efeito crônico ou agudo.

Os dados de toxicidade com organismo bentônico, mostraram efeito agudo nos Pontos 3 (principalmente), 7 e 8. A toxicidade do Ponto 3 torna esse local um referência inadequado e pode estar relacionada às potenciais concentrações de Lindane presentes, que podem ter

alcançado níveis que ultrapassariam aquele causador de início de efeito (0,94 µg/Kg), segundo critério mais restritivo compilado em SMITH *et al.* (1996). Os compostos orgânicos só não foram considerados na Tríade pelas dificuldades analíticas já mencionadas, entretanto, seu uso poderia comprometer a escolha do Ponto 3 como referência e piorar a avaliação da qualidade do sistema. Como consequência da alta toxicidade observada no ponto referência, os resultados dos índices lançados nos eixos Toxicidade ficaram prejudicados e subestimados para os Pontos 7 e 8. Em uma fase futura de estudo, um novo ponto referência deverá ser investigado para esta Bacia.

Como observado, o resultado da comunidade bentônica não apresentou coerência com os resultados de testes de toxicidade aguda no sedimento, principalmente no ponto 3. Fenômenos complexos como a interação entre os metais pesados e a matéria orgânica e a utilização desta última como suplemento alimentar pelos organismos bentônicos podem constituir causa de discrepâncias (STUIJFZAND *et al.*, 2000)

A Figura 28 apresenta os resultados da tríade de qualidade de sedimento para os pontos de baixo gradiente da Bacia do rio Atibaia. Nestes três pontos, o índice que apresenta a contaminação química superou aquelas do referência. Com relação à comunidade bentônica, fortes alterações foram observadas nos Pontos 6 e 8, enquanto que o Ponto 7 assemelhou-se ao referência. Esse resultado foi principalmente influenciado pelo índice de riqueza. Não houve efeito positivo (maior que o valor do referência) de toxicidade para nenhum dos pontos em diagnóstico. O Índice de Qualidade de Sedimento (IQS) mostrou grau intermediário de degradação para o Ponto 7 e alto para os Pontos 6 e 8.

Ponto	6	7	8
QUÍMICA	1,72	2,71	2,01
BENTOS	5,43	1,04	5,82
TOXICIDADE	0,22	0,62	0,32
IQS	3,6	1,6	4,7

Maior que o valor de referência
 Menor (ou similar) ao valor de referência

Figura 28. Resultados da análise da tríade de qualidade de sedimento para os pontos de amostragem de baixo gradiente.

Segundo a tabela de diagnóstico padrão (CHAPMAN, 1990), para os Pontos 6 e 8, os “químicos não estariam biodisponíveis ou a alteração observada na comunidade não decorreria de químicos tóxicos”. Entretanto, a alteração observada na comunidade bentônica pode estar refletindo algum efeito tóxico, talvez ainda em nível crônico, já que pelos critérios existentes (SMITH *et al.*, 1996), as concentrações de Cu e Cr nos sedimentos estariam iniciando efeito deletério sobre a biota, assim como os compostos orgânicos. O IQS, entretanto, mostrou forte degradação, refletindo a distância entre os resultados do referência e os pontos em avaliação, mas superestimando a degradação dos sedimentos, já que na análise em separado dos componentes, esses ambientes estariam em início de degradação. De fato, segundo CHAPMAN *et al.* (1997), o uso do IQS é questionável e deve ser aplicado com cautela, nunca dispensando a análise individual dos componentes da tríade, uma vez que o resumo dos resultados em um índice único sempre gera perda de informações. Para o Ponto 7, os contaminantes não estariam biodisponíveis. Nesse ponto, a comunidade bentônica assemelhou-se àquela observada no

referência, mas as concentrações químicas encontradas poderiam estar causando efeito crônico. O Índice de Qualidade de Sedimento (IQS) nesse local mostrou leve degradação, concordando com a avaliação individual dos componentes da tríade.

A abordagem da tríade é conceitualmente interessante, uma vez que integra 3 componentes essenciais à avaliação da qualidade de sedimentos (químico, biológico e ecotoxicológico), dando robustez ao diagnóstico. Além disso, seu resultado é de fácil visualização e compreensão para os profissionais não especializados. Por essas razões, este método tem sido adotado na avaliação da qualidade dos sedimentos de rios e reservatórios do Estado de São Paulo pela CETESB (LAMPARELLI *et al.*, 1996; CETESB, 1998, 2000), mostrando-se uma ferramenta potencialmente útil ao monitoramento da qualidade de sedimentos. Em geral, para sedimentos com grau alto ou baixo de degradação, tem sido observada coerência entre os dados de toxicidade, obtidos em condições de laboratório, e de contaminação química e de estrutura da comunidade bentônica, proveniente do campo. Porém, em ambientes com grau de degradação intermediário, os resultados nem sempre são concordantes, o que é esperado, já que a sensibilidade dos componentes do bentos e dos organismos-teste são variáveis.

Apesar das vantagens apresentadas por esta abordagem, algumas limitações e problemas têm sido encontrados em sua aplicação. As limitações mais importantes relacionam-se ao uso de um único organismo-teste (*Hyalella azteca*), um único critério de avaliação (mortalidade) e sistema teste (estático), talvez inadequado no eixo ecotoxicológico. Além disso, é preciso avaliar e adotar índices sensíveis à contaminação química na avaliação da comunidade bentônica. Quanto aos problemas, tem sido freqüente a ocorrência de escalas diferentes para os 3 eixos, que dificulta o cálculo do IQS, e tem conduzido ao uso de métodos alternativos de análise, como o proposto por DEL VALLS *et al.* (1998) e de faixas de variação, como adotado em CETESB (1998, 2000). Um problema também freqüente e de solução nem sempre fácil é a escolha de um ponto referência ideal, em que os 3 componentes reflitam um ambiente sem degradação.

O uso de um Índice de Qualidade de Sedimento (IQS), fundamental dentro de um programa de monitoramento, necessitará de uma maior quantidade de informações, que possibilite o estabelecimento de níveis de qualidade de sedimento mais confiáveis e associados ao tratamento matemático adotado na concepção dos índices RTR.

Também o uso da tabela de diagnóstico padrão (CHAPMAN, 1990) deve ser criteriosa, já que foi elaborada para trabalhos que satisfaçam plenamente todas as diretrizes do método (CHAPMAN *et al.*, 1997). Caso contrário, outras alternativas de diagnóstico devem ser discutidas e a resposta pode não ser conclusiva.

4. DISCUSSÃO GERAL

Estudos limnológicos e eventuais monitoramentos de corpos d'água no Estado de São Paulo tem, historicamente, sido decorrentes da construção de Usinas Hidroelétricas e em rios de grande porte, tais como o Grande, Tietê e Paranapanema (MONTEIRO JÚNIOR, 1997). Existe pouca literatura disponível sobre ambientes lóticos e há necessidade de adaptação de índices, estabelecimento de metodologias de monitoramento biológico para rios de alto gradiente e a utilização da bacia como unidade de pesquisa.

A bacia do Rio Atibaia, estudada neste projeto, carece de informações, principalmente na região de alto gradiente. Os dados disponíveis para esta área dizem respeito à região de baixo gradiente, consistindo de um projeto piloto e estudos complementares desenvolvidos pela CETESB em 1977/78 (CETESB, 1979 a, b, e c; CETESB 1981a) e 1979/80 (CETESB 1981b), respectivamente. Estes trabalhos reuniram informações sobre as comunidades fito e zooplantônicas e bentônica, além de dados relativos a variáveis físicas e químicas (da água e do sedimento) e contaminação fecal. Também foram levantadas informações sobre uso do solo e hidrológicos (vazão e profundidade). Os trabalhos de 1977/78 abrangeram o rio Atibaia desde a captação de Atibaia até Paulínia, próximo ao reservatório de Americana (com dois pontos, coincidentes com os do presente estudo; o ponto AT29 corresponde ao Ponto 7 atual e o ponto AT18 corresponde ao Ponto 8 deste projeto). Os estudos complementares de 1979/80 ativeram-se a levantamentos da comunidade bentônica e contaminação fecal, porém, além da área coberta pelo estudo anterior (1977/78), estenderam-se para os rios Atibainha e Cachoeira em suas porções mais próximas ao rio Atibaia (dois outros pontos coincidentes com os do presente estudo).

Por outro lado, as dificuldades na definição de metodologias de monitoramento biológico, surgidas neste trabalho, são também de cunho internacional. Citando apenas um exemplo, até o momento, ainda não foram definidos, nas agências de controle ambiental dos EUA, padrões de N e P para a avaliação do nível de estado trófico de águas de sistemas de alto gradiente (USEPA, 1998 *apud* DODDS e WELCH, 2000).

A aplicação do índice trófico, o mais tradicional índice ambiental inicialmente desenvolvido para lagos, deve sofrer uma adaptação para ser utilizado para avaliar os cursos de água de alto gradiente. Isto porque, por exemplo, se o sistema lótico apresentar alta turbidez como conseqüência de partículas em suspensão, o enriquecimento por nutrientes terá menor influência sobre o resultado do índice de estado trófico do sistema como um todo, devido à limitação de luz; o mesmo ocorre com o efeito da cobertura vegetal marginal (DODDS e WELCH, 2000). Como já mencionado, é provável que esta seja a causa do resultado obtido, da quantidade de clorofila *a* ser mais baixa do que a esperada, em função das altas concentrações de fósforo. Além disso, a tendência apresentada na revisão apresentada por DODDS e WELCH (2000) é a de dar ênfase à clorofila *a* bentônica. No presente estudo foram realizadas medições desta variável, cujo uso deve ser recomendado para avaliações futuras neste tipo de corpo de água.

A ampla variedade de fatores que determinam a saúde de um ecossistema ribeirinho: suas características geomorfológicas, hidrológicas, seus regimes hidráulicos, qualidades física e química da água, a vegetação ripária, tornam impraticável o monitoramento de cada um desses fatores em detalhe. Por esse motivo são utilizados indicadores ecológicos que permitam uma análise geral do ambiente sem representar tanto custo e esforço. Como as comunidades aquáticas refletem a qualidade física e química da água, são consideradas boas indicadoras da integridade ecológica (RHP 2002, <http://www.csir.co.za/rhp>). Este estudo representa um

importante passo na inserção de variáveis biológicas em monitoramento de rios no Estado de São Paulo e na adaptação de metodologias para ambientes lóticos, embora não seja possível estabelecer um diagnóstico ou metodologias definitivas com uma única amostragem. Deve-se ressaltar que para ser operacional, um bioindicador deve ser previamente validado por fatores químicos (LAFONT & ROSSO, 1995).

Um outro aspecto do monitoramento inicialmente realizado em ambientes aquáticos é o seu cunho fortemente químico. O monitoramento biológico, com a utilização de variáveis como as populacionais ou de comunidades, ainda encontra-se em fase inicial no Brasil, por deparar-se com um problema ainda mais complexo e básico que é o da identificação das espécies, o conhecimento de sua biologia e limites. Esta limitação remete a uma antiga discussão sobre até que nível taxonômico é necessária a identificação dos organismos para aplicação em monitoramento.

HEWLETT (2000), num trabalho em ampla escala geográfica, realizado na Austrália, concluiu que a resolução taxonômica no nível de família, proveniente de um único tipo de habitat, seria suficiente para o biomonitoramento utilizando a comunidade bentônica em riachos. No entanto, para chegar a esta conclusão, o autor acima realizou, inicialmente, a avaliação nos níveis de gênero, espécie e família em diferentes habitats, para depois correlacionar os resultados entre si e chegar à conclusão acima. Este autor cita um trabalho não publicado do Programa de Controle de Qualidade da EPA de Vitoria (Austrália), onde menciona-se como justificativa da escolha do nível taxonômico de família, a sua exequibilidade, e rapidez. Além dessas vantagens, caso se optasse pela identificação mais refinada, em nível específico, apenas a metade das espécies presentes poderia ser identificada com segurança. A realidade encarada por nós, para a maioria dos grupos taxonômicos é ainda mais pessimista.

Não é necessário alongar-se sobre a carência de conhecimento taxonômico no estado de São Paulo, se não, em todo território nacional. Numa recente iniciativa da FAPESP, o programa *Biodiversidade do Estado de São Paulo* diagnosticou o seu estado da arte. Tomando como exemplo os invertebrados de água doce, ISMAEL *et al.* (1999) informam a precariedade do estado de conhecimento neste grupo. Considerando-se apenas os grupos bentônicos mais representativos do presente trabalho, estes autores mencionam, para o estado, 46 espécies conhecidas de Oligochaeta, 8 de Ephemeroptera, 40 de Plecoptera e 31 de Diptera Chironomidae. FROEHLICH (1999) menciona 45 espécies de Trichoptera. Em relação a Chironomidae, STRIXINO e STRIXINO (1999) mencionam 59 gêneros registrados, a maioria sem identificação de espécie e contendo, provavelmente, vários morfotipos. Por estes registros, percebe-se que o número real de espécies é muito maior. Como consequência, o desconhecimento da biologia e limites destas espécies é ainda maior.

Mesmo no caso de peixes, em geral melhor conhecidos do que invertebrados, CASTRO e MENEZES (1999) deixam bem claro o estado de desconhecimento em ambientes como o estudado, pois estes “abrigam a maioria dos peixes de pequeno porte e distribuição geográfica restrita”. Além disso, os mesmos autores priorizam estudos em ambientes de riachos e cabeceiras, pois “além de apresentar elevado grau de endemismo com relação às numerosas e relativamente desconhecidas espécies de peixes de pequeno porte que neles habitam, devido principalmente às suas dimensões físicas reduzidas, são ambientes imediata e negativamente alterados por intervenções antrópicas em suas bacias de drenagem”.

Diante destes problemas, é altamente prematuro selecionar-se *taxa* indicadores para o monitoramento regional, pois não seria possível apurar os critérios mínimos para esta seleção,

conforme apresentados na revisão de HILTY e MERENLENDER (2000).

A cultura de controle da qualidade das águas está fortemente arraigada nas mesmas medições das variáveis medidas em efluentes. Não existem critérios de rotina estabelecidos para a quantificação de efeitos de processos ocorrendo em ambientes fora do canal dos cursos d'água, como por exemplo, a conservação da vegetação marginal e a poluição difusa.

A conservação da vegetação ripária tem um papel importante como corredores de locomoção e habitats de procriação para diversas espécies de vertebrados e invertebrados (LIMA e GASCON, 1999). A literatura indica também uma regionalização e especificação do grupo ou espécie de animal para o estabelecimento de suas dimensões mínimas para a conservação da biodiversidade (e.g. SPACKMAN e HUGHES, 1995; LIMA e GASCON, 1999), ao invés de uma largura padrão, de acordo com a largura do corpo de água, como estabelecido na nossa legislação. Seria muito interessante que se iniciasse na região estudada, um levantamento mais detalhado e amplo dos fragmentos florestais ripários e sua fauna. Estes dados certamente seriam relevantes num plano de manejo e, também, de compreensão mais fácil e carismático para a comunidade local, num programa de educação ambiental. No presente trabalho, foi realizada uma tentativa de quantificar a conservação da vegetação, o que, também, resultou em informações interessantes. Esta avaliação foi realizada com o objetivo de relacionar a conservação da vegetação marginal à preservação da qualidade da água.

Com relação às fontes difusas e eventuais lançamentos pontuais de efluentes, no presente estudo, os resultados dos testes de toxicidade com *Ceriodaphnia dubia* indicaram que, apesar de constituírem ambientes lóticos (o que impediria uma exposição mais prolongada a contaminantes), a biota dos pontos situados na cabeceira dos rios Atibainha (Pontos 1 e 2) e Cachoeira (Pontos 3 e 4) pode estar sujeita ao estresse por agentes químicos. Por outro lado, as águas coletadas nos Pontos 3 e 6 (situados a jusante de reservatórios, onde podem ocorrer processos de deposição), bem como as dos Pontos 7 e 8, com valores mais elevados de turbidez e resíduos, não causaram toxicidade aos organismos testados, já que estas características, dentre outras, implicam em maior capacidade de complexação dos agentes químicos, reduzindo sua biodisponibilidade.

Não foi possível estabelecer um diagnóstico preciso para as amostras de água, visto que, uma única amostragem não permite determinar se a ocorrência de metais, por exemplo, constituiria um evento isolado ou corresponderia a pulsos intermitentes, relacionados à ocupação das margens. Seria necessário, portanto, um monitoramento mais prolongado, de modo a gerar uma série temporal de dados para avaliar a origem, bem como a frequência, duração e extensão dessas contaminações químicas.

Após a análise de cada um dos fatores que interferem na saúde do rio, é necessário traduzí-los de forma prática que propicie o uso dos resultados obtidos pelos responsáveis pelo gerenciamento e manejo do corpo d'água. A análise dos dados gerados no presente estudo resultaram na matriz abaixo (Figura 29) onde são apresentados os diferentes índices aplicados a estes ambientes.

PONTOS	IQA	IVA	BENTOS ¹	PERIFÍTON ²		PEIXES ³	VEGETAÇÃO ⁴		HABITAT ⁵
				Galho	Folha		MD	ME	
1	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA	BOA	PÉSSIMA	ÓTIMA	RUIM	REGULAR
2	BOA	RUIM	BOA	BOA	BOA	PÉSSIMA	RUIM	REGULAR	REGULAR
3	BOA	RUIM	BOA	BOA	BOA	REGULAR	ÓTIMA	RUIM	BOA
4	BOA	RUIM	ÓTIMA	RUIM	RUIM	PÉSSIMA	REGULAR	RUIM	REGULAR
5	BOA	RUIM	BOA	RUIM	REGULAR	PÉSSIMA	BOA	REGULAR	REGULAR
6	BOA	ÓTIMA	REGULAR	REGULAR	BOA	REGULAR	RUIM	BOA	REGULAR
7	BOA	ÓTIMA	REGULAR	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
8	BOA	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR

¹ conforme índice multimétrico para margem deposicional

² conforme número de classes presentes

³ conforme presença de espécie exótica e riqueza de espécies

⁴ conforme variáveis mencionadas no item 3.1.3.

⁵ conforme resultado das fichas *Avaliação do Habitat*

Figura 29. Quadro diagnóstico dos pontos de amostragem, utilizando-se diferentes índices.

A análise comparativa do quadro diagnóstico dos pontos de amostragem que utilizou diferentes índices mostra que o atual índice de qualidade das águas (IQA), adotado pela CETESB, voltado à qualidade de água para abastecimento público, não consegue discriminar diferenças entre os pontos, incluindo todos na mesma categoria, “BOA”, ao contrário do que foi observado nos resultados das análises estatísticas utilizadas e dos outros índices empregados neste estudo. Da mesma forma o índice de habitats, aplicado, resultou em um diagnóstico grosseiro, incluindo todos os pontos, exceto o 3, na categoria “regular”. Este avaliação pode ser melhorada pela substituição do IQA pelo IVA, voltado à preservação da vida aquática, que distinguiu quatro categorias de qualidade das águas. Quanto ao índice de habitats é possível aprimorar a sua utilização através da calibração dos pesos atribuídos às variáveis das fichas de avaliação, melhorando a performance destes atributos na avaliação da qualidade do rio.

Na avaliação das comunidades aquáticas, a de peixes apresentou o quadro mais degradado, devido a diversas causas: a presença de espécie exótica, a ausência de peixes, a baixa riqueza e a alta dominância de uma só espécie, ou a combinação destes fatores. De fato, a presença de uma espécie exótica num corpo de água de pequeno porte como a região de cabeceira do rio Atibainha pode ser a causa da ausência de outras espécies de peixes ou da riqueza excessivamente baixa. Seria importante realizar um estudo específico sobre os impactos causados pela criação de trutas na comunidade de peixes e outros componentes da biota, uma vez que os impactos sobre o ambiente aquático foram claramente registrados por este trabalho. Por outro lado, durante a realização das coletas de amostras em 1977/78 (Cetesb 1979c) foram colhidos depoimentos de habitantes da região de baixo gradiente, que já naquela ocasião apontavam a baixa piscosidade do Rio Atibaia.

A comunidade bentônica, avaliada através da aplicação do Índice Multimétrico para a fauna do habitat deposicional, distinguiu para o trecho em estudo, 4 das 5 classes de qualidade pré-estabelecidas. Apenas a condição péssima, que ocorreria na ausência da macrofauna, não foi observada. A melhor qualidade (ótima) foi obtida na cabeceira do Rio Cachoeira (Ponto 4) e a pior (ruim) no Rio Atibaia, em Itatiba (Ponto 8). O índice foi sensível à deterioração promovida

pela introdução de carga orgânica, como aquela provocada por um trutário à montante do Ponto 1, mas como já discutido, deverá ser afeiçoado, no sentido de tornar-se mais sensível à presença de contaminantes tóxicos.

A utilização dos substratos galhos e folhas para a avaliação da comunidade perifítica apresentou resultados semelhantes.

O índice da qualidade de hábitat apresentou a mesma avaliação (REGULAR) em quase todos os pontos, devido, principalmente, à degradação da vegetação ripária (Tabs 2, 3). Este última variável, avaliada separadamente (Figs 4, 29), deixa claro que há heterogeneidade de conservação entre as margens do mesmo ponto, exceto naqueles do rio Atibaia (REGULAR em ambas as margens). No futuro, a avaliação da vegetação ripária poderá ser melhor integrada no índice da qualidade do hábitat, para aumentar a sua capacidade de resolução. Uma sugestões seria a de utilizar a medida do DAP (diâmetro à altura do peito) que avalia o porte das árvores.

O resultado do diagnóstico conjunto deixa clara a falta de conhecimento básico sobre o tipo de corpo de água (lótico, de pequeno porte), da região (cabeceras do rio Atibaia) e da biota. Para um diagnóstico conjunto final, seria necessário uma segunda etapa, incorporando as sugestões aqui apresentadas e formação de uma base de dados maior e otimizada.

A variação das categorias dos diferentes índices, dentro de um mesmo ponto, por outro lado, mostra a complexidade de uma avaliação ambiental na qual devem ser levados em consideração diferentes aspectos dos ecossistemas aquáticos, bem como do entorno desse ambiente. Em uma próxima etapa será necessária uma maior harmonização destes aspectos para uma resposta mais prática.

De maneira geral, a análise integrada dos dados ambientais possibilitou a separação dos ambientes de alto e baixo gradiente, destacando-se na água os valores de condutividade, coliformes fecais e turbidez, mais elevados no baixo gradiente.

Os resultados deste trabalho corroboram alguns aspectos do conceito de continuidade de rios (“river continuum concept”) segundo o qual ambientes de baixo gradiente, considerados instáveis, tem substrato arenoso, fino e suportam uma diversidade de macroinvertebrados reduzida, enquanto ambientes de alto gradiente, com substrato mais grosseiro e pedregoso tem maior disponibilidade de microhabitats e suportam uma maior diversidade.

Os resultados dos testes de toxicidade dos sedimentos com *Hyaella azteca* mostraram que seria importante, em futuros trabalhos, verificar a presença de outros possíveis contaminantes orgânicos nessa região, bem como avaliar os fatores que interferem na disponibilidade de contaminantes nesse compartimento, além da avaliação da influência de fatores como sulfeto, carbono orgânico total e pH e, se possível, realizar o teste de toxicidade com outras espécies, abordando outros efeitos (crônico) e em condições semi-estáticas.

Segundo ADMIRAAL *et al.*(2000), é necessária uma maior integração entre os instrumentos ecotoxicológicos e ecológicos para a avaliação de ambientes aquáticos. Acredita-se que o aumento no conhecimento dos processos químicos e biológicos de ambientes lóticos de pequeno porte elucidará, futuramente, os problemas surgidos neste trabalho.

5. CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos propostos de diagnóstico da bacia e da implementação de metodologia de biomonitoramento para rios, foi possível estabelecer:

5.1. DIAGNÓSTICO

- As regiões de alto e baixo gradiente apresentam diferenças significativas quanto às comunidades estudadas. Além de diferenças de geomorfologia e hidrológicas, o uso do solo também influencia a qualidade da água nas diferentes regiões estudadas, sendo a principal contribuições negativa na região de alto gradiente, a presença de uma criação de trutas, enquanto na região de baixo gradiente contribuíram para a deterioração da qualidade da água lançamentos de efluentes industriais e dos esgotos municipais. Em ambas as regiões foi verificada , ainda, a degradação da vegetação ripária.
- Para os pontos de cabeceira que se esperava que fossem retratar uma situação pristina, de ambiente preservado, os resultados mostraram a presença de interferentes de origem antrópica.
- No baixo gradiente (rio Atibaia) observou-se um incremento na matéria orgânica dissolvida e turbidez, provavelmente associado ao lançamento de esgoto doméstico na região. A presença de metais pesados (cromo e cobre) no sedimento poderia explicar o efeito tóxico registrado para ambos os pontos de coleta localizados no rio Atibaia.
- A criação de trutas foi identificada como uma importante influência negativa exercida na cabeceira do rio Atibainha. Os restos de alimento, os metabólitos provenientes do trutário e mesmo os espécimens que escapam parecem estar alterando significativamente as condições das diferentes comunidades aquáticas utilizadas no biomonitoramento.
- A presença do pesticida lindane foi considerada uma das possíveis explicações para a toxicidade observada nos ensaios ecotoxicológicos realizados com sedimento do rio Atibainha. Para os pontos de cabeceira do rio Cachoeira verificou-se a ocorrência de toxicidade da água, que foi correlacionada à presença de metais aliada à baixa concentração de sólidos.

5.2. METODOLOGIAS

- Algumas das metodologias utilizadas para biomonitoramento mostraram-se promissoras e poderão ser repassadas, com seu aprimoramento numa segunda etapa do projeto, para instituições da região.
- Embora necessite de incorporar mais fidedignamente a avaliação das variações ambientais regionais, é possível elaborar fichas de observação de habitat para a utilização pela comunidade local treinada, principalmente sobre os aspectos macroscópicos centrados na vegetação ripária, erosão marginal, aspecto da água e presença de peixes.
- A avaliação do grau de preservação da vegetação marginal é importante na caracterização da qualidade da água e deve ser incorporada ao biomonitoramento, necessitando apenas ajustes para utilização por outras instituições.
- É necessário um corpo de dados maior, sobre o ambiente e a biota, para que se possa adequar índices específicos de comunidades bióticas para o local e a sua integração num único diagnóstico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADMIRAAL, W.; BARRANGEST, C.; VAN BEUSEKOM, S.A.M.; BLEEKER, E.A.J.; VAN DER ENDE, F.P.; VAN KRAAK, M.H.S.; STUIJFZAND, S.C. 2000 Linking ecological and ecotoxicological techniques to support river rehabilitation. *Chemosphere*, 41:289-295.
- AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E.A.M.; THOMAZ, S.M. 1995 The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (eds.) *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências / Sociedade Brasileira de Limnologia. p. 59-103.
- AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO Jr., H.F. 1996 Ameaça ecológica - peixes de outras águas. *Ciência Hoje*, 21: 36-44.
- ALLAN, J.D.; ERIKSON, D.L.; FAY, J. 1997 The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. *Freshwater Biology*, 37:149-161.
- ALLAN, J.D.; JOHNSON, L.B. 1997 Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems, *Freshwater Biology*, 37:107-111.
- APHA 1995 *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19^a ed. Washington, American Public Health Association/AWWA/WEF.
- APHA 1998 *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 20^a ed. Washington, American Public Health Association/AWWA/WEF.
- AQUATIC NUISANCE SPECIES TASK 1994 *Report to Congress: findings, conclusions, and recommendations of the intentional introductions policy review*. <http://nas.nfrcg.gov/iirpt.htm>.
- ASTM 1988 *Proposed standard guide for conducting solid-phase sediment toxicity tests with freshwater invertebrates*. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. 51 p.+ anexos. (Draft n^o2, 09/01/1988).
- BAKER, J.P., OLEM, H.; CREAGER, C.S.; MARCUS, M.D.; PARKHURST, B.R. 1993 *Fish and fisheries management in lakes and reservoirs*. Washington, Terrene Institute / U.S. Environmental Protection Agency. 321p.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. 1997 *Revision to rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish*. Washington, U.S. Environmental Protection Agency. (U.S.EPA 8441-D-97-002)
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. 1999 *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2^a ed. Washington, U.S. Environmental Protection Agency. (U.S.EPA 841-B-99-002)
- BELANGER, S.E.; CHERRY, D.S. 1990 Interacting effects of pH acclimation, pH and heavy metals, on acute and chronic toxicity to *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera). *Journal of Crustacean Biology*, 10: 225-235.
- BIESINGER, K.E.; CHRISTENSEN, G.M. 1972 Effects of various metals on survival, growth, reproduction and metabolism of *Daphnia magna*. *Journal of the Fisheries and Research Board of Canada*, 29: 1691-1700.

- BRASIL 1993 Decreto 750 de 10 de fevereiro de 1993. *In: CETESB 1995 Legislação Federal: controle da poluição ambiental*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
- BRENNER, A.J.; BRUSH, L.A.; MARTIN, J.S.; OLSSON, K.Y.; RENTSCHLER, P.L.; WOLF, J.K. 1999 The Hurton River Watershed Council: Grassroots organization for holistic watershed management. *Water Science and Technology*, 39(12):331-337
- BRITSKI, H.A. 1993 Seminário sobre fauna aquática. *In: COMASE/ELETROBRÁS Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro - Caderno I: Fundamentos*. Rio de Janeiro, COMASE/ELETROBRÁS. 55p.
- CAIRNS, Jr., J.; DICKSON, K.L. 1971 A simple method for biological assessment on the effects of the most discharge on aquatic bottom – dwelling organisms. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 43: 755-762.
- CASTRO, R.M.C.; MENEZES, N.A. de 1999 Diagnóstico – Peixes. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do estado de São Paulo *Invertebrados de Água Doce*. SÉRIE BIODIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO Vol. 4 São Paulo, FAPESP <http://www.biotasp.org.br/iRead?57+livros.biota+256>
- CATTANEO, A.; LEGENDRE, P.; NIYONSENGA, T. 1993 Exploring periphyton unpredictability. *Journal of North American Benthological Society*, 12: 418-430.
- CESP 1996 *Aspectos limnológicos, ictiológicos e pesqueiros de reservatórios da CESP no período de 1986 a 1994*. São Paulo, Companhia Energética de São Paulo. 81p. (Série Pesquisa e Desenvolvimento, 136).
- CETESB 1979a Projeto Piloto do Rio Atibaia. Relatório Preliminar – Bentos. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 17p. + anexo.
- CETESB 1979b Projeto Piloto do Rio Atibaia. Relatório Final. Vol. I São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 271p.
- CETESB 1979c Programa Rio Atibaia: Estudos biológicos. 43p. + anexos.
- CETESB 1981a Projeto Piloto do Rio Atibaia – Revisão. 338p. + anexos.
- CETESB 1981b Avaliação da qualidade ambiental do Rio Atibaia através de indicadores biológicos. 23p. + anexos.
- CETESB 1988 *Guia de coleta e preservação de amostras de águas*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 150p.
- CETESB 1989a *Determinação de cádmio nas águas: método da espectrofotometria de absorção atômica..* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 11p. (Norma Técnica L5.160).
- CETESB 1989b *Determinação de chumbo nas águas: método da espectrofotometria de absorção atômica..* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 11p. (Norma Técnica L5.116).
- CETESB 1989c *Determinação de cobre nas águas: método da espectrofotometria de absorção atômica..* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 11p. (Norma Técnica L5.160).
- CETESB 1989d *Determinação de zinco nas águas: método da espectrofotometria de absorção atômica..* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 11p. (Norma Técnica L5.158).

- CETESB 1990a *Determinação de cromo nas águas: método da espectrofotometria de absorção atômica..* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 9p. (Norma Técnica L5.193).
- CETESB 1990b *Determinação de níquel nas águas: método da espectrofotometria de absorção atômica..* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 11p. (Norma Técnica L5.135).
- CETESB 1990c *Determinação de pigmentos fotossintetizantes: Clorofila-a, b e c e feofitina-a.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 19p. (Norma Técnica L5.306)
- CETESB 1990d *Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo – método de ensaio.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (Norma Técnica L5.303)
- CETESB 1991 *Água. Avaliação de toxicidade crônica utilizando Ceriodaphnia dubia Richard 1894 (Cladocera- Crustacea).* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.. 25p. (Norma Técnica L5.022)
- CETESB 1992 *Coliformes fecais: determinação em amostras de água pela técnica de tubos múltiplos com meio AI – método de ensaio.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 20p. (Norma Técnica L5.406)
- CETESB 1995 *Sedimentos - determinação da distribuição granulométrica.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 15p. (Norma Técnica L6.160).
- CETESB. 1998 *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - 1996.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 268p. (Série Relatórios).
- CETESB/SABESP 1998 *Monitoramento integrado bacias do Alto e Médio Tietê. Relatório Final.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 312p. (Revisão Zero – RO)
- CETESB 2000 *Serviços de coleta de amostras, análises e estudos de avaliação das características biológicas, físico-químicas e microbiológicas das águas e sedimentos do rio Juquiá.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 144p.
- CHAPMAN, P.M. 1990 The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. *The Science of the Total Environment*, 97/98: 815-825.
- CHAPMAN, D. (ed.) 1992 *Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and waters in environmental monitoring.* London, Chapman & Hall 584p.
- CHAPMAN, P.M.; ANDERSON, B.; CARR, S.; ENGLE, V.; GREEN, R.; HAMEEDI, J.; HARMON, M.; HAVERLAND, P.; HYLAND, J.; INGERSOLL, C.; LONG, E.; RODGERS, J.J.; SALAZAR, M.; SIBLEY, P.K.; SMITH, P.J.; SWARTZ, R.C.; THOMPSON, B.; WINDOM, H. 1997 General guidelines for using the sediment quality triad. *Marine Pollution Bulletin*, 34: 368-372.
- CODE PERMANENT: ENVIRONNEMENT ET NUISANCES 1986 *Éditions législatives et administratives.* Paris. v. 1 e 2. 1784p.
- CONAMA 1986 Resolução CONAMA nº 001/86 de 23 de janeiro de 1986. In: CETESB 1995 *Legislação Federal: controle da poluição ambiental.* São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

- CONAMA 1994 Resolução CONAMA nº 001/94 de 30 de janeiro de 1994. In: CETESB 1995 *Legislação Federal: controle da poluição ambiental*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
- COSTE, M. 1994 *Sur l'utilisation des diatomées dans le diagnostic biologique de la qualité des eaux courantes: interet et limites des indices*. Séminaire National Variables Biologiques. GIP Hydrosyst/Ministère de l'Environnement/AGHTM. p. 136-152.
- COURTENAY, W.R. 1993 Biological pollution through fish introductions. In: Mc KNIGHT, B.N. (ed.) *Biological pollution: the control and impact of invasive exotic species*. Indianapolis, Indiana University, Purdue University at Indianapolis. p. 35-61.
- CULLEN, P. 1990 The turbulent boundary between water science and water management. *Freshwater Biology* 24:201-9
- DAVIS, W.S.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B.; SOUGHTON, C. 1996 *Summary of State of Biological Assessment Programs for Streams and Wadable Rivers*. US/EPA, Washington, DC
- DEL VALLS, T.A.; FORJA, J.M.; GÓMEZ-PARRA, A. 1998 Integrative assessment of sediment quality in two littoral ecosystems from Gulf of Cádiz, Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17: 1073-1084.
- DIXIT, S.; SMOL, J.P. KINGSTON, J.C.; CHARLES D.F. 1992 Diatoms: powerful indicators of environmental change. *Environmental Science and. Technology*, 26: 23-32.
- DODDS, W.K.; WELCH, E.B. 2000 Establishing nutrient criteria in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 19:186-196.
- DOESP 1998 Resolução SMA-65, de 13 de agosto de 1998. São Paulo, Diário Oficial do Estado de São Paulo. 14/08/98. p. 27
- ESTEVEES, F.A. 1988 *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, FINEP/INTERCIÊNCIA. 575p.
- FROEHLICH, C.G. 1999 Diagnóstico - outros Insetos (Água doce). *Invertebrados de Água Doce*. SÉRIE BIODIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO Vol. 4 São Paulo, FAPESP <http://www.biotasp.org.br/iRead>
- GHOSH, M.; GAUR, J.P. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany*, 60: 1-10.
- GRIGG, N.S. 1998 A new paradigm for water management. In: *Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos – SInGReH*. Gramados, RS, 5-8 de outubro de 1998. Contribuição dos Convidados <http://www.ufrgs.br/iph/simposio/>
- HASLE, G.R.; FRYXELL, G.A. 1970 Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transactions of American Microscopy Society*, 89: 469-474.
- HEWLETT, R. 2000 Implications of taxonomic resolution and sample habitat for stream classification at a broad geographic scale. *Journal of the North American Benthological Society*, 19:352-361.
- HILTY, J.; MERENLENDER, A. 2000 Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*, 92:185-197.
- ISMAEL, D.; VALENTI, W.C.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. 1999 Síntese. *Invertebrados de Água Doce*. SÉRIE BIODIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO Vol. 4 São Paulo, FAPESP <http://www.biotasp.org.br/iRead>

- JOP, K.M.; ASKEW, A.M.; FOSTER, R.B. 1995 Development of a water-effect ratio for copper, cadmium and lead for the Great Works River in Maine using *Ceriodaphnia dubia* and *Salvelinus fontinalis*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54: 29-35.
- KARR, J.R.; FAUSCH, K.D.; ANGERMEIER, P.L.; YANT, P.R.; SCHLOSSER, I.J. 1986 *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*. Champaign, Illinois Natural History Survey. 28p. (Special Publication 5)
- KLEMM, D.J.; STOBBER, Q.J.; LAZORCHACK, J.M. 1993 *Fish field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters*. Washington, U.S. Environmental Protection Agency. 347p.
- KLEYNHANS, C.J. 1999 The development of a fish index to assess the biological integrity of South African rivers. *Water SA*, 25: 265-278.
- KSZOS, L.A.; STEWART, A.J.; TAYLOR, P.A. 1992 An evaluation of nickel toxicity to *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia magna* in a contaminated stream and in laboratory tests. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 11: 1001-1012.
- KUTKA, F.J.; RICHARDS, C. 1996 Relating diatom assemblage structure to stream habitat quality. *Journal of North American Benthological Society*, 15: 469-480.
- LAMPARELLI, M.C.; KUHLMANN, M.L.; CARVALHO, M.C.; SALVADOR, M.E.P.; SOUZA, R.C.; BOTELHO, M.J.C; COSTA, M.P.; MARTINS, M.C.; CARVALHO, P.M.; ARAÚJO, R.P.; A.;HACHICH, E.M.; BARI, M.; CURSIO, R.L.S.; TOLEDO, Jr., A.P.; LORENZETTI, M.D.L.; TRUZZI, A.C.; NAVAS-PEREIRA, D.; VARGAS-BOLDRINI, C. 1996 *Avaliação do complexo Billings: comunidades aquáticas, água, sedimento (out/92 a out/93)*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 53p. (Relatório Técnico)
- LIMA, M.G. de; GASCON, C. 1999 The conservation value of linear forest remnants in Central Amazonia. *Biological Conservation*, 91:241-247.
- LOCH, D.D.; WEST, J.L.; PERLMUTTER, D.G. 1996 The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, 147: 37-55.
- LOWE-McCONNEL, R.H. 1975 *Fish communities in tropical freshwaters: their distribution, ecology and evolution*. London, Longman. 337p.
- MARKER, A.F.H.; COLLET, G.D. 1991 Biomass, pigment and species composition. In: WHITTON, B.A., ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (eds.) *Use of algae for monitoring rivers*. Innsbruck, Institut für Botanik, Universität Innsbruck. p. 21-24.
- MAYER Jr., F.L.; MARKING, L.L.; BILLS, T.D.; HOWE, G.E. 1994 Physicochemical factors affecting toxicity in freshwater: hardness, pH and temperature. In: HAMELINK, J.L.; LANDRUM, P.F.; BERGMAN, H.L.; BENSON, W.H. (eds.) *Bioavailability – physical, chemical and biological interactions*. Boca Raton, Lewis. p 5-22.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (eds.) 1996 *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3^a ed. Dubuque, Kendall/Hunt Publ. 862p.
- MONTEIRO JÚNIOR, A.J. 1997 *Limnologia no Estado de São Paulo :estudo das bases de informação a partir da montagem de um banco de dados*. São Paulo. Dissertação (Mestrado). Programa de PG em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo. 128 p. + 1 disquete 3 1/2”.

- MOSISCH, T.D.; BUNN, S.E. 1997 Temporal patterns of rainforest stream epilithic algae in relation to flow-related disturbance. *Aquatic Botany*, 58: 181-193.
- MOSISCH, T.D.; BUNN, S.E.; DAVIES, P.M.; MARSHALL, C.L. 1999 Effects of shade and nutrient manipulation on periphyton growth in a subtropical stream. *Aquatic Botany*, 64:167-177.
- MOYLE, P.B.; LIGHT, T. 1996 Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, 78:149-161.
- MUNAWAR, D.; DAVE, G. (eds.) 1996 *Development and progress in sediment quality assessment: rationale, challenges, techniques; strategies*. Amsterdam, SPB Academic Publishing. 225p.
- NORTHCOTE, T.G.; ARCIFA, M.S.; FROELICH, O. 1985 Effects of impoundment and drawdown on the fish community of a South American river. *Verhandlungen für Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 22: 2704-2711.
- OIKARI, A.; KUKKONEN, J.; VIRTANEN, V. 1992 Acute toxicity of chemicals to *Daphnia magna* in humic waters. *The Science of the Total Environment*, 117/118: 367-377.
- PAN, Y.; JAN STEVENSON, R. HILL, B.H.; HERLIHY, A.T.; COLLINS, G.B. 1996 Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems: a regional assessment. *Journal of North American Benthological Society*, 15: 481-495.
- PAULASKIS, J.D.; WINNER, R.W. 1988 Effects of water hardness and humic acid on zinc toxicity to *Daphnia magna* Straus. *Aquatic Toxicology*, 12: 273-290.
- PENNAK, R.W. 1989 *Fresh-water invertebrates of the United States*. 3^a ed. New York, John Wiley. 628p.
- PÉREZ, G.R. 1988 *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá, Editorial Presencia. 217p.
- PESCOD, M.B. 1990 Environmental education, training and research. *in*: Thanh, N.C.; Biswas, A.K. (eds.) *Environmentally Sound Water Management*. Delhi, Oxford univ. Press. p.102-118.
- PLANAS, D. 1998 Optimización del muestreo del perifiton em los estudios de impacto. *In*: IV Congresso Latino-Americano de Ficologia. *Anais*. Caxambu, Sociedade Ficológica da América Latina e Caribe. v.1, p. 295-306.
- PRAT, N.; MUÑOZ, I.; GONZALES, G.; MILLET, X. 1986. Comparación crítica de índices de calidad de las aguas: ISQUA y BILL. *Tecnología del Agua* 31:22-49
- PRYGIEL, J.; COSTE, M. 1993 The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia*, 269/270: 343-349.
- ROMANINI, P.U.; SHIMIZU, G.Y.; CRUZ, J.A.; FONTANA, S.C.; CARVALHO, M.A.J.; BICUDO, C.E.M. 1994 *Alterações ecológicas provocadas pela construção da barragem da UHE de Rosana sobre o baixo rio Paranapanema, SP/PR*. São Paulo, CESP. 153p. (Série Divulgação e Informação, 175)
- ROSA, R.S.; MENEZES, N.A. 1996 Relação preliminar das espécies de peixes (Pisces, Elasmobranchii, Actinopterygii) ameaçadas no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13: 647-667.

- ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1996 Use of aquatic insects in biomonitoring. *in*: Merritt, R.W.; Cummins, K.W. (eds) *An Introduction to the aquatic insects of North America*. 3ª ed. Dubuque, Kendall/Hunt p.87-97.
- ROUND, F.E. 1993 *A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality*. London, HMSO. 65p.
- SARAKINOS, H.C.; BERMINGHAM, N.; WHITE, P.A.; RASMUSSEN, J.B. 2000 Correspondence between whole effluent toxicity and the presence of priority substances in complex industrial effluents. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19: 63-71.
- SIMPSON, E.H. 1949 Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- SMA. 1998 *Entre Serras e Águas - Plano de desenvolvimento sustentável para a área de influência da duplicação da rodovia Fernão Dias*. Caderno de Subsídios nº 4. Relatório de Qualidade Ambiental 1998. 127p.
- SMITH, S. L.; MACDONALD, D.D.; KEENLEYSIDE, K.A.; GAUDET, C.L. 1996a The development and implementation of Canadian sediment quality guidelines. *In*: MUNAWAR, D.; DAVE, G. (eds.) *Development and progress in sediment quality assessment: rationale, challenges, techniques; strategies*. Amsterdam, SPB Academic Publishing. p.233-249.
- SMITH, S.L.; MACDONALD, D.D.; KEENLEYSIDE, K.A.; INGERSOLL, C.G.; FIELD, L.J. 1996b A preliminary evaluation of sediment quality assessment values for freshwater ecosystems. *Journal of the Great Lakes Research*, 22: 624-638.
- SPACKMAN, S.C.; HUGHES, J.W. 1995 Assessment of minimum stream corridor width for biological conservation: Species richness and distribution along mid-order streams in Vermont, USA. *Biological Conservation*, 71:325-332.
- STRIXINO, S.T.; STRIXINO, G. 1999 Diagnóstico - Insetos Dípteros Quironomídeos (Água doce). *Invertebrados de Água Doce*. SÉRIE BIODIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO Vol. 4 São Paulo, FAPESP <http://www.biotasp.org.br/iLink?livros.biota+volquatro+diptera+diagnostico>
- STUIJFZAND, S.C.; HELMS, M.; KRAAK, M.H.S.; ADMIRAAL, W. 2000 Interacting effects of toxicants and organic matter on the midge *Chironomus riparius* in polluted river water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46:351-356.
- SUEDEL, B.C.; DEEVER, E.; RODGERS Jr., J.H. 1996 Experimental factors that may affect toxicity of aqueous and sediment-bound copper to freshwater organisms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 30: 40-46.
- SUEDEL, B.C.; RODGERS, Jr., J.H.; DEEVER, E. 1997 Experimental factors that may affect toxicity of cadmium to freshwater organisms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 33: 188-193.
- SUGUIO, K. 1973 *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP. 317p.
- SZARO, R.C.; BERG, J.; CAMERON, S.; CORDLE, S.; CROSBY, M.; MARTIN, L.; NORTON, D.; O'MALLEY, R.; RUQRK, G. 1998 The ecosystem approach: science and information management issues, gaps and needs. *Landscape and Urban Planning*, 40:89-101.
- THORNE, R.St.J.; WILLIAMS, W.P. 1997 The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology* 37:671-686.

- THORP, J.H.; COVICH, A.P. (eds.) 1991 *Ecology and classification of North America freshwater invertebrates*. San Diego, Academic Press. 911p.
- TOLEDO Jr., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. 1983 *A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios*. In: 12 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Camboriú, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. 34p. (trabalho apresentado)
- TOLEDO, Jr., A.P. 1990 *Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 12 p. + 32 figs. (Relatório Interno).
- TOWNSEND, C.L. 1996 Invasion biology and ecological impacts of brown trout *Salmo trutta* in New Zealand. *Biological Conservation*, 78:13-22.
- TUREKIAN, K.K.; WEDEPOHL, K.H. 1961 Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Bulletin of Geological Society of America*, 72: 175-192.
- USEPA 1991 *Water quality criteria summary*. Washington, U.S. Environmental Protection Agency.
- WEST INC.; GULLEY, D. 1996 *TOXSTAT 3.5*. Laramie. University of Wyoming. 38p.
- WIEDERHOLM, T. 1980 Use of benthos in lake monitoring. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 52: 537-547.
- ZAGATTO, P.A.; LORENZETTI, M.L.; LAMPARELLI, M.C.; SALVADOR, M.E.P.; MENEGON, N. & BERTOLETTI, E. 1999 Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 11 (2): 111-129.

ANEXOS

ANEXO I
FICHA DE CAMPO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA/QUALIDADE DA ÁGUA (frente)

NOME DO RIO:		REFERÊNCIA:	
Nº DO PONTO:	Km DO RIO:	ORDEM DO RIO:	
LATIT.: [][][] CÓDIGO DO PONTO:
LONG.: [][][]]
MÉDIA: Latit.:		Long.:	
PARTICIPANTES:			
PREENCHIMENTO (nome):		DATA: / /	MOTIVO DO LEVANTAMENTO:
		HORA: (24hs)	
CONDIÇÕES DO TEMPO¹	<p align="center">AGORA</p> <input type="checkbox"/> chuva forte constante <input type="checkbox"/> chuva forte intermitente <input type="checkbox"/> chuva fraca constante <input type="checkbox"/> chuva fraca intermitente ___ % <input type="checkbox"/> % de cobertura (nuvem) <input type="checkbox"/> limpo/ensolarado	<p align="center">ÚLTIMAS 24HS</p> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ___ % <input type="checkbox"/>	<p>Chuvas fortes nos últimos 7 dias?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Temperatura do ar: _____ °C Outras obs.: _____ _____
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO	Fazer um mapa do local e indicar as áreas amostradas (ou anexar fotos).		
CARACTERIZAÇÃO DO RIO	<p>Sub-sistema do Rio</p> <input type="checkbox"/> Perene <input type="checkbox"/> Intermitente <input type="checkbox"/> Zona de Maré <p align="center">ORIGEM DO RIO²</p> <input type="checkbox"/> Montanha <input type="checkbox"/> Reservatório <input type="checkbox"/> Brejo <input type="checkbox"/> Origem mista <input type="checkbox"/> Olho d'água <input type="checkbox"/> Outra _____		<p>Área de Drenagem _____ km²</p> LAGOAS MARGINAIS <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Obs.: _____ _____

¹ Procure moradores locais para informações passadas.

² Se não for possível observar, consulte o mapa ou informações com moradores locais.

FICHA DE CAMPO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA/QUALIDADE DA ÁGUA (verso)

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO DA ÁREA DE DRENAGEM	<p>PAISAGEM PREDOMINANTE</p> <input type="checkbox"/> Mata/Reflorestamento <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Campo/Pastagem <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Agricultura <input type="checkbox"/> Outras _____ <input type="checkbox"/> Residencial _____ Obs.: _____ _____ _____	<p>POLUIÇÃO PONTUAL NA ÁREA DE DRENAGEM</p> <input type="checkbox"/> Indústria <input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Outras _____ <p>POLUIÇÃO DIFUSA NA ÁREA DE DRENAGEM</p> <input type="checkbox"/> Nenhuma evidência <input type="checkbox"/> Algumas fontes potenciais <input type="checkbox"/> Fontes óbvias <p>EROSÃO NA ÁREA DE DRENAGEM LOCAL</p> <input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Intensa
VEGETAÇÃO CILIAR NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	<p>Indique o tipo dominante e registre (se possível) as espécies dominantes presentes.</p> <input type="checkbox"/> Arbórea <input type="checkbox"/> Arbustiva <input type="checkbox"/> Gramínea <input type="checkbox"/> Herbácea ESPÉCIES DOMINANTES PRESENTES _____	
CARACTERÍSTICAS DO CANAL	<p>Comp. estimado do trecho _____ m Largura estimada do rio _____ m Área amostrada (trecho) _____ m² Área em km² (m²/1000) _____ km² Prof. máxima do rio _____ m Velocidade superficial _____ m/seg</p>	<p>COBERTURA DO DOSSEL</p> <input type="checkbox"/> Predominantemente aberto <input type="checkbox"/> Parcialmente sombreado <input type="checkbox"/> Sombreado MARCA D'ÁGUA MAIS ALTA _____ M <p>Proporções do trecho representada pelos tipos morfológicos de rio</p> <input type="checkbox"/> Corredeira _____% <input type="checkbox"/> Poça _____% <input type="checkbox"/> Fluxo _____% RETIFICADO <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Barragem <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
DETRITOS VEGETAIS MAIORES (GALHOS E TRONCOS)	<p>DETRITOS VEGETAIS MAIORES</p> <input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Nada <input type="checkbox"/> A maior parte submersa <input type="checkbox"/> A maior parte emersa	
VEGETAÇÃO AQUÁTICA	<p>Indique o tipo dominante e registre (se possível) as espécies dominantes presentes.</p> <input type="checkbox"/> Enraizada com folhas emergentes <input type="checkbox"/> Enraizada submersa <input type="checkbox"/> Enraizada com folhas flutuantes <input type="checkbox"/> Flutuantes livres <input type="checkbox"/> Algas fixas ESPÉCIES DOMINANTES PRESENTES _____ Parte do trecho com vegetação aquática _____ %	
QUALIDADE DA ÁGUA	<p>Temperatura _____ °C Condutividade _____ µS/cm Oxigênio Dissolvido _____ mg/l pH _____ TRANSPARÊNCIA _____ M Obs.: _____ _____ Material flutuante <input type="checkbox"/> Espuma fina <input type="checkbox"/> Espuma espessa <input type="checkbox"/> Outro _____</p>	<p>ODOR DA ÁGUA</p> <input type="checkbox"/> Normal/Nenhum <input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Petróleo <input type="checkbox"/> Químicos <input type="checkbox"/> Peixe <input type="checkbox"/> Outros _____ <p>ÓLEO NA SUPERFÍCIE DA ÁGUA</p> <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Filme <input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Outro _____ <p>TURBIDEZ</p> <input type="checkbox"/> Transparente <input type="checkbox"/> Ligeiramente turva <input type="checkbox"/> Turva <input type="checkbox"/> Colorida <input type="checkbox"/> Outra _____ Cor _____
SEDIMENTO /SUBSTRATO	<p>ODORES</p> <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Petróleo <input type="checkbox"/> Químicos <input type="checkbox"/> Anaeróbio <input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Outros _____ <p>ÓLEOS</p> <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Muito	<p>DEPOSIÇÕES</p> <input type="checkbox"/> Lodo <input type="checkbox"/> Serragem <input type="checkbox"/> Fibras papel <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Conchas <input type="checkbox"/> Outras _____ <p>As faces inferiores das pedras que não estão profundamente enterradas estão pretas?</p> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

COMPONENTES DO SUBSTRATO INORGÂNICO (deve totalizar 100%)			COMPONENTES DO SUBSTRATO ORGÂNICO (não precisa totalizar 100%)		
Tipo de Substrato	Diâmetro	Composição (%) no Trecho Amostrado	Tipo de Substrato	Característica	Composição (%) na Área Amostrada
LAJE			DETRITO	troncos, galhos, material vegetal grosseiro (MOGP)	
Matacão	> 256 mm				
Calhau	64-256 mm				
Seixo	4-64 mm				
Grânulo	2-4 mm		Orgânico lodoso	preto, orgânico, muito fino (MOFP)	
Areia	0,06-2 mm (arenoso)				
Silte	0,004-0,06 mm				
Argila	< 0,004 mm (liso)				

(Obs.: Calhau, Seixo e Grânulo são categorias de Cascalho na escala de WENTWORTH)

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE ALTO GRADIENTE (frente)

NOME DO RIO:		REFERÊNCIA:	
Nº DO PONTO:	Km DO RIO:	ORDEM DO RIO:	
MÉDIA: Latit.:	Long.:	CÓDIGO DO PONTO:	
PARTICIPANTES:			
PREENCHIMENTO (nome):		DATA: / /	MOTIVO DO LEVANTAMENTO:
		HORA: (24hs)	

Parâmetros de 1. a 6., a serem avaliados no trecho de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA				de Condição																
	Ótimo		SUB-ÓTIMO		Marginal		Pobre														
1.Substrato para Epifauna / Abrigo Disponível	Mais de 70% do substrato favorável à colonização pela epifauna e abrigo para peixes; mistura de tocos, troncos submersos, escavação, seixos ou outro habitat estável ao ponto de permitir o desenvolvimento do potencial total de colonização (isto é, os troncos/tocos não são recém-caídos e não transitórios).				40-70% de mistura de habitats estáveis; favoráveis ao potencial total de colonização; habitat adequado para a manutenção de populações; presença de substrato extra na forma de material recém-caído mas ainda não preparado para a colonização (pode atingir o valor máximo da escala).				20-40% de mistura de habitats estáveis; disponibilidade de habitat menor do que o desejável; substrato frequentemente perturbado ou removido.				Menos de 20% de habitat estável; ausência óbvia de habitat; substrato instável ou ausente.								
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2. Presença de Macrófitas aquáticas marginais ou no canal	Mais de 70% de cobertura; mais de 3 diferentes formas de vida.				Entre 40-70% de cobertura; até 3 diferentes tipos de formas de vida.				Entre 20-40% de cobertura; até 2 tipos de forma de vida.				Menos de 20% de cobertura; ausência de vegetação aquática ou apenas um tipo de forma de vida.								
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
3. Grau de Enterramento	0-25% dos Seixos, Calhaus e Matações estão rodeados por sedimento fino. A sobreposição de Cascalhos fornece diversidade de nicho espacial.				25-50% dos Seixos, Calhaus e Matações estão rodeados por sedimento fino.				50-75% Seixos, Calhaus e Matações estão rodeados por sedimento fino.				Mais de 75% dos Seixos, Calhaus e Matações estão rodeados por sedimento fino.								
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
4. Regimes de Velocidade / Profundidade	Estão presentes todos os 4 regimes de velocidade / profundidade (lenta-funda, lenta/rasa, rápida-funda, rápida-rasa) (lenta = <0,3 m/s, funda = >0,5 m).				Apenas 3 dos 4 regimes presentes (se faltar rápida-rasa, a pontuação é menor do que se faltar outros regimes).				Apenas 2 dos 4 regimes presentes (se faltar rápida-rasa ou lenta-rasa, a pontuação é menor).				Dominado por um único regime de velocidade/profundidade (geralmente lenta-funda).								
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
5. Deposição de Sedimento	Pouco, ou nenhum desenvolvimento de ilhas ou bancos pontuais, e menos de 5% do fundo afetado pela deposição de sedimento.				Pequeno desenvolvimento recente na formação de bancos, a maioria de cascalho, areia ou sedimento fino; 5-30% do fundo afetado; leve deposição nas poças.				Deposição moderada de cascalho, areia ou sedimento fino (novos) sobre bancos antigos e novos; 30-50% do fundo afetado; depósitos de sedimentos nas obstruções, constrictões e curvas; predomina deposição moderada nas poças.				Intensos depósitos de material fino, aumento no desenvolvimento dos bancos; mais de 50% do fundo com mudanças frequentes; poças quase ausentes pela deposição substancial de sedimento.								
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
6. Condição do Fluxo no Canal	A água alcança as bases de ambas as margens mais baixas e uma porção mínima do substrato do canal fica exposto.				A água cobre >75% do canal disponível; ou <25% do substrato do canal fica exposto.				A água cobre 25-75% do canal disponível, e/ou a maior parte dos substratos da corredeira fica basicamente exposta.				Muito pouca água no canal que basicamente está basicamente presente como poças estagnadas.								
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE ALTO GRADIENTE (verso)

Parâmetros de 7. a 10., a serem avaliados em trecho mais amplo do que o de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA				de Condição																	
	Ótimo		SUB-ÓTIMO		Marginal			Pobre														
7. Alteração no canal	Retificação ou dragagem ausentes ou mínimas; rio com curso normal.				Presença de alguma retificação, geralmente em áreas de pilares de pontes; ou dragagem, mas não recentes.					A retificação ou dragagem podem ser extensas; presença de diques ou estruturas de escoras em ambas as margens; de 40 a 80% do trecho do rio canalizado e alterado.					Margens escoradas com gabião ou cimento; mais de 80% do trecho do rio retificado e alterado. Habitat no canal muito alterado ou totalmente destruído.							
PONTOS _____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
8. Frequência de Corredeiras (ou curvas)	Ocorrência de corredeiras relativamente freqüente; [distância entre corredeiras dividida pela largura do rio <7:1 (geralmente de 5 a 7)]; a variedade de habitat é a chave. Em rios onde as corredeiras são contínuas, é importante a disposição de blocos ou outros obstáculos naturais grandes.				Ocorrência de corredeiras pouco freqüente; [distância entre corredeiras dividida pela largura do rio entre 7 e 15].					Corredeiras e curvas ocasionais; o contorno do fundo proporciona algum habitat; [distância entre corredeiras dividida pela largura do rio entre 15 e 25].					De um modo geral, o curso do rio é plano ou de corredeiras rasas; habitat pobre; [distância entre corredeiras dividida pela largura do rio >25].							
PONTOS _____	20	18	16			14	12				10	8	6			4	2	0				
9. Estabilidade das Margens (pontue cada margem) Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Margens estáveis; evidência de erosão ou falha na margem ausente ou mínima; baixo potencial para problemas futuros. <5% da margem afetada.				Moderadamente estável; pequenas áreas de erosão na maioria recuperadas. 5-30% da margem do trecho apresenta áreas de erosão.					Moderadamente instável; 30-60% da margem do trecho apresenta áreas de erosão; alto potencial para erosão durante as enchentes.					Instável; muitas áreas erodidas; áreas "nuas" freqüentes ao longo das seções retas e curvas; colapsos de margem óbvios; 60-100% da margem apresentam cicatrizes de erosão.							
PONTOS (ME) _____	Margem Esquerda		10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
	Margem Direita		10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
10. Proteção Vegetal da Margem (pontue cada margem) Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Mais de 90% da superfície da margem e zonas ripárias imediatas cobertas por vegetação nativa, incluindo arbóreas, arbustivas, sub-arbóreas ou macrófitas não lenhosas; degradação vegetal por pastejo ou corte mínimo ou não evidente; quase todas as plantas crescendo naturalmente.				70-90% da superfície da margem coberta por vegetação nativa, mas com uma categoria de planta não bem representada; degradação evidente mas sem afetar visivelmente a estrutura da mata; mais da metade dos indivíduos de porte arbóreo permanece.					50-70% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação óbvia; manchas de solo nu ou ocorrência de plantas com cortes rasos; menos da metade dos indivíduos de porte arbóreo permanece.					Menos de 50% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação da vegetação marginal muito intensa; vegetação removida, em média, a 5 cm ou menos de altura da planta.							
PONTOS (ME) _____	Margem Esquerda		10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
	Margem Direita		10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
11. Largura da Vegetação Ripária Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Largura da zona ripária > 30m*; o impacto humano (ou seja, estacionamentos, estradas, desmatamentos, gramados ou cultivos) não impactam a zona. *(Obs.: De acordo com o Código Florestal)				Largura da zona ripária de 20-30m; as atividades humanas produzem apenas impacto mínimo na zona.					Largura da zona ripária de 10-20m; as atividades humanas impactam a zona significativamente.					Largura da zona ripária <10m; pouca ou nenhuma vegetação ripária, devido às atividades humanas.							
PONTOS (ME) _____	Margem Esquerda		10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
	Margem Direita		10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			

PONTUAÇÃO TOTAL _____

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE BAIXO GRADIENTE (frente)

NOME DO RIO:		REFERÊNCIA:	
Nº DO PONTO:	Km DO RIO:	ORDEM DO RIO:	
MÉDIA: Latit.:	Long.:	CÓDIGO DO PONTO:	
PARTICIPANTES:			
PREENCHIMENTO (nome):		DATA: / /	MOTIVO DO LEVANTAMENTO:
		HORA: (24hs)	

Parâmetros de 1. a 6., a serem avaliados no trecho de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA				de Condição																
	Ótimo					SUB-ÓTIMO					Marginal					Pobre					
1. Substrato para Epifauna / Abrigo Disponível	Mais de 70% do substrato favorável à colonização pela epifauna e abrigo para peixes; mistura de tocos, troncos submersos, escavação, seixos ou outro habitat estável ao ponto de permitir o desenvolvimento do potencial total de colonização (isto é, os troncos/tocos <u>não</u> são recém-caídos e <u>não</u> transitórios).					40-70% de mistura de habitats estáveis; favoráveis ao potencial total de colonização; habitat adequado para a manutenção de populações; presença de substrato extra na forma de material recém-caído mas ainda não preparado para a colonização (pode atingir o valor máximo da escala).					20-40% de mistura de habitats estáveis; disponibilidade de habitat menor do que o desejável; substrato freqüentemente perturbado ou removido.					Menos de 20% de habitat estável; ausência óbvia de habitat; substrato instável ou ausente.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2. Presença de Macrófitas aquáticas marginais ou no canal	Mais de 70% de cobertura; mais de 3 diferentes formas de vida.					Entre 40-70% de cobertura; até 3 diferentes tipos de formas de vida.					Entre 20-40% de cobertura; até 2 tipos de forma de vida.					Menos de 20% de cobertura; ausência de vegetação aquática ou apenas um tipo de forma de vida.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
3. Caracterização do Substrato da Poça	Mistura de materiais do substrato, com predominância de cascalho e areia firme; emaranhado de raízes e vegetação submersa comuns.					Mistura de areia mole ou lodo; pode dominar o lodo; presença de poucas raízes emaranhadas e vegetação submersa.					Fundo todo de lodo ou areia; pouco ou nenhum emaranhado de raízes; sem vegetação submersa.					Fundo de argila endurecida ou embasamento rochoso; sem emaranhado de raízes ou vegetação submersa.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
4. Variabilidade da Poça	Presença de mistura equilibrada entre poças grande-rasa, grande-funda, pequena-rasa e pequena funda.					Maioria das poças grande-funda; poucas rasas.					Predominância de poças rasas.					Maioria das poças pequena-rasa ou ausência de poças.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
5. Deposição de Sedimento	Pouco, ou nenhum desenvolvimento de ilhas ou bancos pontuais, e menos de 20% do fundo afetado pela deposição de sedimento.					Pequeno desenvolvimento recente na formação de bancos, a maioria de cascalho, areia ou sedimento fino; 20-50% do fundo afetado; leve deposição nas poças.					Deposição moderada de cascalho, areia ou sedimento fino (novos) sobre bancos antigos e novos; 50-80% do fundo afetado; depósitos de sedimentos nas obstruções, constrictões e curvas; predomina deposição moderada nas poças.					Intensos depósitos de material fino, aumento no desenvolvimento dos bancos; mais de 80% do fundo com mudanças freqüentes; poças quase ausentes pela deposição substancial de sedimento.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
6. Condição do Fluxo no Canal	A água alcança as bases de ambas as margens mais baixas e uma porção mínima do substrato do canal fica exposto.					A água cobre >75% do canal disponível; ou <25% do substrato do canal fica exposto.					A água cobre 25-75% do canal disponível, e/ou a maior parte dos substratos da corredeira fica basicamente exposta.					Muito pouca água no canal que basicamente está presente como poças estagnadas.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE BAIXO GRADIENTE (verso)

Parâmetros de 7. a 10., a serem avaliados em trecho mais amplo do que o de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA de Condição																				
	Ótimo					SUB-ÓTIMO					Marginal					Pobre					
7. Alteração no canal	Retificação ou dragagem ausentes ou mínimas; rio com curso normal.					Presença de alguma retificação, geralmente em áreas de pilares de pontes; ou dragagem, mas não recentes.					A retificação ou dragagem podem ser extensas; presença de diques ou estruturas de escoras em ambas as margens; de 40 a 80% do trecho do rio canalizado e alterado.					Margens escoradas com gabião ou cimento; mais de 80% do trecho do rio retificado e alterado. Habitat no canal muito alterado ou totalmente destruído.					
PONTOS _____	20	19	18	17	16	15	14	13	2	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
8. Sinuosidade do Canal	As curvas no rio aumentam o seu comprimento de 3 a 4 vezes mais do que se fosse uma linha reta (Nota – o entrelaçamento do canal é considerado normal em planícies costeiras e outras áreas planas. Este parâmetro não é fácil de se medir nestas áreas).					As curvas no rio aumentam o seu comprimento de 2 a 3 vezes mais do que se fosse uma linha reta.					As curvas no rio aumentam o seu comprimento de 1 a 2 vezes mais do que se fosse uma linha reta					Canal reto; o curso d'água foi canalizado por uma longa distância.					
PONTOS _____	20	18	16			14	12				10	8	6			4	2	0			
9. Estabilidade das Margens (pontue cada margem)	Margens estáveis; evidência de erosão ou falha na margem ausente ou mínima; baixo potencial para problemas futuros. <5% da margem afetada.					Moderadamente estável; pequenas áreas de erosão na maioria recuperadas. 5-30% da margem do trecho apresenta áreas de erosão.					Moderadamente instável; 30-60% da margem do trecho apresenta áreas de erosão; alto potencial para erosão durante as enchentes.					Instável; muitas áreas erodidas; áreas “nuas” frequentes ao longo das seções retas e curvas; colapsos de margem óbvios; 60-100% da margem apresentam cicatrizes de erosão.					
Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.																					
PONTOS (ME) _____	Margem Esquerda	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
	Margem Direita	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
10. Proteção Vegetal da Margem (pontue cada margem)	Mais de 90% da superfície da margem e zonas ripárias imediatas cobertas por vegetação nativa, incluindo arbóreas, arbustivas, sub-arbóreas ou macrófitas não lenhosas; degradação vegetal por pastejo ou corte mínimo ou não evidente; quase todas as plantas crescendo naturalmente.					70-90% da superfície da margem coberta por vegetação nativa, mas com uma categoria de planta não bem representada; degradação evidente mas sem afetar visivelmente a estrutura da mata; mais da metade dos indivíduos de porte arbóreo permanece.					50-70% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação óbvia; manchas de solo nu ou ocorrência de plantas com cortes rasos; menos da metade dos indivíduos de porte arbóreo permanece.					Menos de 50% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação da vegetação marginal muito intensa; vegetação removida, em média, a 5 cm ou menos de altura da planta.					
Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.																					
PONTOS (ME) _____	Margem Esquerda	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
	Margem Direita	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
11. Largura da Vegetação Ripária	Largura da zona ripária > 30m*; o impacto humano (ou seja, estacionamentos, estradas, desmatamentos, gramados ou cultivos) não impactam a zona. *(Obs.: De acordo com o Código Florestal)					Largura da zona ripária de 20-30m; as atividades humanas produzem apenas impacto mínimo na zona.					Largura da zona ripária de 10-20m; as atividades humanas impactam a zona significativamente.					Largura da zona ripária <10m; pouca ou nenhuma vegetação ripária, devido às atividades humanas.					
Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.																					
PONTOS (ME) _____	Margem Esquerda	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
	Margem Direita	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			

PONTUAÇÃO TOTAL _____

VERSÃO FINAL MODIFICADA
FICHA DE CAMPO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA/QUALIDADE DA ÁGUA (frente)

NOME DO RIO:		REFERÊNCIA:	
Nº DO PONTO:	Km DO RIO:	ORDEM DO RIO:	
LATIT.: [] [] []	CÓDIGO DO PONTO:		
LONG.: [] [] []			
MÉDIA: Latit.:	Long.:		
PARTICIPANTES:			
PREENCHIMENTO (nome):		DATA: / /	MOTIVO DO LEVANTAMENTO:
		HORA: (24hs)	

CONDIÇÕES DO TEMPO¹	AGORA	ÚLTIMAS 24HS	Chuvas fortes nos últimos 7 dias?
	<input type="checkbox"/> chuva forte constante <input type="checkbox"/> chuva forte intermitente <input type="checkbox"/> chuva fraca constante <input type="checkbox"/> chuva fraca intermitente ___ % <input type="checkbox"/> % de cobertura (nuvem) <input type="checkbox"/> limpo/ensolarado	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ___ % <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Temperatura do ar: _____ °C Outras obs.: _____ _____
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO	Fazer um mapa do local e indicar as áreas amostradas (ou anexar fotos).		
CARACTERIZAÇÃO DO RIO	Sub-sistema do Rio <input type="checkbox"/> Perene <input type="checkbox"/> Intermitente <input type="checkbox"/> Zona de Maré ORIGEM DO RIO² <input type="checkbox"/> Montanha <input type="checkbox"/> Reservatório Obs.: _____ <input type="checkbox"/> Brejo <input type="checkbox"/> Origem mista _____ <input type="checkbox"/> Olho d'água <input type="checkbox"/> Outra _____		

¹ Procure moradores locais para informações passadas.

² Se não for possível observar, consulte o mapa ou informações com moradores locais.

FICHA DE CAMPO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA/QUALIDADE DA ÁGUA (verso)

<p>CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO DA ÁREA DE DRENAGEM</p>	<p>PAISAGEM PREDOMINANTE</p> <p><input type="checkbox"/> Mata/Reflorestamento <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Campo/Pastagem <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Agricultura <input type="checkbox"/> Outras _____ <input type="checkbox"/> Residencial</p> <p>Obs.: _____</p> <hr/> <p>POLUIÇÃO PONTUAL³ NA ÁREA DE DRENAGEM</p> <p><input type="checkbox"/> Indústria <input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Outras _____</p> <p>POLUIÇÃO DIFUSA NA ÁREA DE DRENAGEM</p> <p><input type="checkbox"/> Nenhuma evidência <input type="checkbox"/> Algumas fontes potenciais <input type="checkbox"/> Fontes óbvias</p> <p>EROSÃO NA ÁREA DE DRENAGEM LOCAL</p> <p><input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Intensa</p>
<p>VEGETAÇÃO CILIAR NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE</p>	<p>Indique o tipo dominante e registre (se possível) as espécies dominantes presentes.</p> <p><input type="checkbox"/> Arbórea <input type="checkbox"/> Arbustiva <input type="checkbox"/> Gramínea <input type="checkbox"/> Herbácea</p> <p>ESPÉCIES DOMINANTES PRESENTES _____</p>
<p>CARACTERÍSTICAS DO CANAL</p>	<p>Comp. estimado do trecho _____ m</p> <p>Largura estimada do rio _____ m</p> <p>Área amostrada (trecho) _____ m²</p> <p>Área em km² (m²/1000) _____ km²</p> <p>COBERTURA DO DOSSEL</p> <p><input type="checkbox"/> Predominantemente aberto <input type="checkbox"/> Parcialmente sombreado <input type="checkbox"/> Sombreado</p> <p>Marca d'água mais alta⁴ _____ m</p> <p>Proporções do trecho representadas pelos tipos morfológicos de rio</p> <p><input type="checkbox"/> Corredeira _____% <input type="checkbox"/> Poça _____% <input type="checkbox"/> Fluxo _____%</p> <p>RETIFICADO <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>Barragem⁵ <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p>
<p>DETRITOS VEGETAIS MAIORES (GALHOS E TRONCOS)</p>	<p>DETRITOS VEGETAIS MAIORES</p> <p><input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Nada</p> <p><input type="checkbox"/> A maior parte submersa <input type="checkbox"/> A maior parte emersa</p>
<p>VEGETAÇÃO AQUÁTICA</p>	<p>Indique o tipo dominante e registre (se possível) as espécies dominantes presentes.</p> <p><input type="checkbox"/> Enraizada com folhas emergentes <input type="checkbox"/> Enraizada submersa <input type="checkbox"/> Enraizada com folhas flutuantes <input type="checkbox"/> Flutuantes livres <input type="checkbox"/> Algas fixas</p> <p>ESPÉCIES DOMINANTES PRESENTES⁶ _____</p> <p>Parte do trecho com vegetação aquática⁷ _____%</p>
<p>QUALIDADE DA ÁGUA</p>	<p>Temperatura _____ °C</p> <p>Condutividade _____ • S/cm</p> <p>Oxigênio Dissolvido _____ mg/l</p> <p>pH _____</p> <p>TRANSPARÊNCIA _____ M</p> <p>Obs.: _____</p> <p>Material flutuante</p> <p><input type="checkbox"/> Espuma fina <input type="checkbox"/> Espuma espessa <input type="checkbox"/> Outro _____</p> <p>ODOR DA ÁGUA</p> <p><input type="checkbox"/> Normal/Nenhum <input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Petróleo <input type="checkbox"/> Químicos <input type="checkbox"/> Peixe <input type="checkbox"/> Outros _____</p> <p>ÓLEO NA SUPERFÍCIE DA ÁGUA</p> <p><input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Filme <input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Outro _____</p> <p>TURBIDEZ</p> <p><input type="checkbox"/> Transparente <input type="checkbox"/> Ligeiramente turva <input type="checkbox"/> Turva <input type="checkbox"/> Colorida <input type="checkbox"/> Outra _____</p> <p>Cor _____</p>
<p>SEDIMENTO /SUBSTRATO</p>	<p>ODORES</p> <p><input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Petróleo <input type="checkbox"/> Químicos <input type="checkbox"/> Anaeróbio <input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Outros _____</p> <p>ÓLEOS</p> <p><input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Muito</p> <p>DEPOSIÇÕES NAS MARGENS</p> <p><input type="checkbox"/> Lodo <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Serragem <input type="checkbox"/> Fibras de papel <input type="checkbox"/> Conchas <input type="checkbox"/> Lixo doméstico <input type="checkbox"/> Outras _____</p>

³ Entrada do poluente claramente visível, como cano, valeta, etc.

⁴ Observe a vegetação marginal próxima ao canal do rio; procure algum sinal de enxurrada, como detritos pendurados, sinal de barro, etc. Meça a altura em relação ao nível da água.

⁵ Se não for possível observar, consulte o mapa ou informações com moradores locais.

⁶ Anote o nome popular e colete as plantas.

⁷ Avalie a % em quartos: 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.

VERSÃO FINAL MODIFICADA
FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE ALTO GRADIENTE (frente)

NOME DO RIO:		LOCALIZAÇÃO:	
Nº DO PONTO:	Km DO RIO:	CLASSE DO RIO:	
LAT.:	LONG.:	COMPANHIA:	
PARTICIPANTES:			
PREENCHIMENTO (nome):		DATA: / /	MOTIVO DO LEVANTAMENTO:
		HORA: AM PM	

Parâmetros de 1 a 3, a serem avaliados no trecho de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA de Condição			
	Ótimo	SUB-ÓTIMO	Marginal	Pobre
1. Substrato para Epifauna / Cobertura Disponível	Mais de 70% do substrato favorável à colonização pela epifauna e forragem para peixes; mistura de tocos, troncos submersos, desbarrancamentos, seixos ou outro habitat estável no ponto de permitir o potencial total de colonização (isto é, os troncos/tocos não são recém-caídos e não transitórios).	40-70% de mistura de habitat estável; favorável ao potencial total de colonização; habitat adequado para a manutenção de populações; presença de substrato extra na forma de recém-caídos mas ainda não preparados para a colonização (pode atingir o extremo superior da escala).	20-40% de mistura de habitat estável; disponibilidade de habitat menor do que o desejável; substrato freqüentemente perturbado ou removido.	Menos de 20% de habitat estável; ausência óbvia de habitat; substrato instável ou ausente.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
2. Regimes de Velocidade/Profundidade	Estão presentes todos os 4 regimes de velocidade/profundidade (lenta-funda, lenta-rasa, rápida-funda, rápida-rasa) (lenta = <0,3 m/s, funda = >0,5 m).	Apenas 3 dos 4 regimes presentes (se faltar rápida-rasa, a pontuação é menor do que se faltar outros regimes).	Apenas 2 dos 4 regimes presentes (de faltar rápida-rasa ou lenta-rasa, a pontuação é menor).	Dominado por um regime de velocidade/profundidade (geralmente lenta-funda).
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
3. Condição do Fluxo no Canal	A água alcança as bases de ambas as margens mais baixas e uma porção mínima do substrato do canal fica exposto.	A água cobre >75% do canal disponível; ou <25% do substrato do canal fica exposto.	A água cobre 25-75% do canal disponível, e/ou a maior parte dos substratos da corredeira ficam basicamente expostas.	Muito pouca água no canal que basicamente está presente como poças estagnadas.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE ALTO GRADIENTE (verso)

Parâmetros de 4 a 8, a serem avaliados em trecho mais amplo do que o de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA				de Condição			
	Ótimo	SUB-ÓTIMO			Marginal			Pobre
4. Alteração no canal	Canalização ou dragagem ausentes ou mínimas; rio com curso normal.	Presença de alguma canalização, geralmente em áreas de pilares de pontes; evidência de canalização anterior, i. é, podem ocorrer dragagens (com mais de 20 anos) , mas não canalizações recentes.			A canalização pode ser extensa; presença de diques ou estruturas de escoras em ambas as margens; de 40 a 80% do trecho do rio canalizado e degradado.			Margens escoradas com ... ou cimento; mais de 80% do trecho do rio canalizado e degradado. Habitat no canal muito alterado ou totalmente removido.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11			10 9 8 7 6			5 4 3 2 1 0
5. Frequência de Corredeiras (ou curvas)	Ocorrência de corredeiras relativamente freqüente; distância entre corredeiras dividida pela largura do rio <7:1 (geralmente de 5 a 7); a variedade de habitat é a chave. Em rios onde as corredeiras são contínuas, é importante a disposição de blocos ou outros obstáculos naturais grandes.	Ocorrência de corredeiras pouco freqüente; distância entre corredeiras dividida pela largura do rio entre 7 e 15.			Corredeiras e curvas ocasionais; o contorno do fundo proporciona algum habitat; distância entre corredeiras dividida pela largura do rio entre 15 e 25.			De um modo geral, o curso do rio é plano ou de corredeiras rasas; habitat pobre; distância entre corredeiras dividida pela largura do rio >25.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11			10 9 8 7 6			5 4 3 2 1 0
6. Estabilidade das Margens (pontue cada margem) Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Margens estáveis; evidência de erosão ou falha na margem ausente ou mínima; baixo potencial para problemas futuros. <5% da margem afetada.	Moderadamente estável; pequenas áreas de erosão na maioria recuperadas. 5-30% da margem do trecho apresenta áreas de erosão.			Moderadamente instável; 30-60% da margem do trecho apresenta áreas de erosão; alto potencial para erosão durante as enchentes.			Instável; muitas áreas erodidas; áreas “nuas” freqüentes ao longo das seções retas e curvas; colapsos de margem óbvios; 60-100% da margem apresenta cicatrizes de erosão.
PONTOS (ME) ____	Margem Esquerda 10 9	8 7 6			5 4 3			2 1 0
	Margem Direita 10 9	8 7 6			5 4 3			2 1 0
7. Proteção Vegetal da Margem (pontue cada margem) Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Mais de 90% da superfície da margem e zonas ripárias imediatas cobertas por vegetação nativa, incluindo árvores, arbustos sub-arbóreos ou macrófitas não lenhosas; degradação vegetal por pastejo ou corte mínima ou não evidente; quase todas as plantas crescendo naturalmente.	70-90% da superfície da margem coberta por vegetação nativa, mas com uma categoria de planta não bem representada; degradação evidente mas sem afetar visivelmente o potencial de crescimento da planta; resta mais da metade da altura potencial no que resta da planta.			50-70% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação óbvia; manchas de solo nu ou comum a ocorrência de plantas cortadas baixas; resta menos da metade da altura potencial no que resta da planta.			Menos de 50% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação da vegetação marginal muito intensa; vegetação removida, em média, a 5 cm ou menos de altura no que resta da planta.
PONTOS (ME) ____	Margem Esquerda 10 9	8 7 6			5 4 3			2 1 0
	Margem Direita 10 9	8 7 6			5 4 3			2 1 0
8. Largura da Vegetação Ripária Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Largura da zona ripária >18 m; O impacto humano (i. é, estacionamentos, estradas, desmatamentos, gramados ou cultivos) não impactam a zona.	Largura da zona ripária de 12-18 m; as atividades humanas produzem apenas impacto mínimo na zona.			Largura da zona ripária de 6-12 m; as atividades humanas impactam a zona significativamente.			Largura da zona ripária <6 m; pouca ou nenhuma vegetação ripária, devido às atividades humanas.
PONTOS (ME) ____	Margem Esquerda 10 9	8 7 6			5 4 3			2 1 0
	Margem Direita 10 9	8 7 6			5 4 3			2 1 0

PONTUAÇÃO TOTAL _____

VERSÃO FINAL MODIFICADA

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE BAIXO GRADIENTE (frente)

NOME DO RIO:		LOCALIZAÇÃO:	
Nº DO PONTO:	Km DO RIO:	CLASSE DO RIO:	
LAT.:	LONG.:	COMPANHIA:	
PARTICIPANTES:			
PREENCHIMENTO (nome):		DATA: / /	MOTIVO DO LEVANTAMENTO:
		HORA: AM PM	

Parâmetros de 1 a 3, a serem avaliados no trecho de amostragem.

Parâmetro do Habitat	Categoria de Condição			
	Ótimo	Sub-ótimo	MARGINAL	Pobre
1. Substrato para Epifauna / Cobertura Disponível	Mais de 70% do substrato favorável à colonização pela epifauna e forragem para peixes; mistura de tocos, troncos submersos, desbarrancamentos, seixos ou outro habitat estável no ponto de permitir o potencial total de colonização (isto é, os troncos/tocos não são recém-caídos e não transitórios).	40-70% de mistura de habitat estável; favorável ao potencial total de colonização; habitat adequado para a manutenção de populações; presença de substrato extra na forma de recém-caídos mas ainda não preparados para a colonização (pode atingir o extremo superior da escala).	20-40% de mistura de habitat estável; disponibilidade de habitat menor do que o desejável; substrato freqüentemente perturbado ou removido.	Menos de 20% de habitat estável; ausência óbvia de habitat; substrato instável ou ausente.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
2. Deposição de Sedimento	Pouca, ou nenhum aumento de ilhas ou bancos pontuais, e menos de 5% do fundo afetado pela deposição de sedimento.	Pequeno aumento novo na formação de bancos, a maioria de cascalho, areia ou sedimento fino; 5-30% do fundo afetado; leve deposição nas poças.	Deposição moderada de cascalho, areia ou sedimento fino novos sobre bancos antigos e novos; 30-50% do fundo afetado; depósitos de sedimentos nas obstruções, constrictões e curvas; predomina deposição moderada nas poças.	Intensos depósitos de material fino, aumento no desenvolvimento dos bancos; mais de 50% do fundo com mudanças freqüentes; poças quase ausentes pela deposição substancial de sedimento.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
3. Condição do Fluxo no Canal	A água alcança as bases de ambas as margens mais baixas e uma porção mínima do substrato do canal fica exposto.	A água cobre >75% do canal disponível; ou <25% do substrato do canal fica exposto.	A água cobre 25-75% do canal disponível, e/ou a maior parte dos substratos da corredeira ficam basicamente expostas.	Muito pouca água no canal que basicamente está presente como poças estagnadas.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE BAIXO GRADIENTE (verso)

Parâmetros de 4 a 8, a serem avaliados em trecho mais amplo do que o de amostragem.

Parâmetro do Habitat	CATEGORIA de Condição			
	Ótimo	SUB-ÓTIMO	Marginal	Pobre
4. Alteração no canal	Canalização ou dragagem ausentes ou mínimas; rio com curso normal.	Presença de alguma canalização, geralmente em áreas de pilares de pontes; evidência de canalização anterior, i. é, podem ocorrer dragagens (com mais de 20 anos) , mas não canalizações recentes.	A canalização pode ser extensa; presença de diques ou estruturas de escoras em ambas as margens; de 40 a 80% do trecho do rio canalizado e degradado.	Margens escoradas com ... ou cimento; mais de 80% do trecho do rio canalizado e degradado. Habitat no canal muito alterado ou totalmente removido.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
5. Sinuosidade do Canal	As curvas no rio aumentam o seu comprimento de 3 a 4 vezes mais do que se fosse uma linha reta (Nota – o entrelaçamento do canal é considerado normal em planícies costeiras e outras áreas planas. Este parâmetro não é fácil de se medir nestas áreas).	As curvas no rio aumentam o seu comprimento de 2 a 3 vezes mais do que se fosse uma linha reta.	As curvas no rio aumentam o seu comprimento de 1 a 2 vezes mais do que se fosse uma linha reta	Canal reto; o curso d'água foi canalizado por uma longa distância.
PONTOS ____	20 19 18 17 16	15 14 13 2 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
6. Estabilidade das Margens (pontue cada margem) Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Margens estáveis; evidência de erosão ou falha na margem ausente ou mínima; baixo potencial para problemas futuros. <5% da margem afetada.	Moderadamente estável; pequenas áreas de erosão na maioria recuperadas. 5-30% da margem do trecho apresenta áreas de erosão.	Moderadamente instável; 30-60% da margem do trecho apresenta áreas de erosão; alto potencial para erosão durante as enchentes.	Instável; muitas áreas erodidas; áreas “nuas” frequentes ao longo das seções retas e curvas; colapsos de margem óbvios; 60-100% da margem apresenta cicatrizes de erosão.
PONTOS	Margem Esquerda 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
	Margem Direita 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
7. Proteção Vegetal da Margem (pontue cada margem) Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Mais de 90% da superfície da margem e zonas ripárias imediatas cobertas por vegetação nativa, incluindo árvores, arbustos sub-arbóreos ou macrófitas não lenhosas; degradação vegetal por pastejo ou corte mínima ou não evidente; quase todas as plantas crescendo naturalmente.	70-90% da superfície da margem coberta por vegetação nativa, mas com uma categoria de planta não bem representada; degradação evidente mas sem afetar visivelmente o potencial de crescimento da planta; resta mais da metade da altura potencial no que resta da planta.	50-70% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação óbvia; manchas de solo nu ou comum a ocorrência de plantas cortadas baixas; resta menos da metade da altura potencial no que resta da planta.	Menos de 50% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação da vegetação marginal muito intensa; vegetação removida, em média, a 5 cm ou menos de altura no que resta da planta.
PONTOS	Margem Esquerda 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
	Margem Direita 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
8. Largura da Vegetação Ripária Nota: ME ou MD de frente para a direção da corrente.	Largura da zona ripária >18 m; O impacto humano (i. é, estacionamentos, estradas, desmatamentos, gramados ou cultivos) não impactam a zona.	Largura da zona ripária de 12-18 m; as atividades humanas produzem apenas impacto mínimo na zona.	Largura da zona ripária de 6-12 m; as atividades humanas impactam a zona significativamente.	Largura da zona ripária <6 m; pouca ou nenhuma vegetação ripária, devido às atividades humanas.
PONTOS ____	Margem Esquerda 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
	Margem Direita 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0

PONTUAÇÃO TOTAL _____

ANEXO II
TABELASTabela 1. Resultados da aplicação da *Ficha de Campo: Caracterização física/qualidade da água*, com a respectiva avaliação da adequação (% de preenchimento pelos usuários). As áreas sombreadas representam valores de % <65%.

PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	Média	D.P.	
PARÂMETROS (%)											
Condições do tempo											
1.	Agora	100	100	100	66	100	100	100	100	95,8	11,24
2.	Últimas 24 horas	33	33	33	66	0	0	66	33	33,0	23,33
3.	Chuvas fortes últ. 7 dias	100	33	33	66	66	66	33	66	57,9	22,06
4.	Mapa	100	100	33	66	100	100	66	66	78,9	23,42
Caracterização do rio											
5.	Sub-sistema do rio	100	66	100	66	66	100	100	100	87,3	16,46
6.	Origem do rio	100	66	66	66	100	100	0	33	66,4	33,38
7.	Área de drenagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00
8.	Lagoas marginais	100	66	66	66	100	100	100	33	78,9	23,42
Características do entorno											
9.	Paisagem predominante	100	100	100	66	100	100	100	100	95,8	11,24
10.	Poluição pontual	66	66	33	66	33	100	33	100	62,1	26,12
11.	Poluição difusa	100	66	33	66	100	100	0	100	70,6	35,17
12.	Erosão	100	66	66	66	100	66	100	100	83,0	17,00
13.	Veg. ciliar na área de pres...	100	100	100	66	66	100	66	100	87,3	16,46
Características do canal											
14.	Comp. estimado do trecho	100	66	100	66	66	100	66	100	83,0	17,00
15.	Largura estimada do rio	100	66	66	66	66	66	33	100	70,4	20,15
16.	Área amostrada	66	66	66	6	0	66	66	100	54,5	31,73
17.	Área em Km ² (trecho)	0	0	33	0	0	0	0	33	8,3	14,29
18.	Prof. Máxima do rio	66	66	66	66	33	66	0	66	53,6	22,97
19.	Velocidade superficial	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00
20.	Cobertura do dossel	66	100	100	66	100	66	100	100	87,3	16,46
21.	Marca d'água mais alta	66	33	33	66	33	100	66	100	62,1	26,12
22.	Proporções do trecho ... de rio	66	100	100	66	100	100	100	100	91,5	14,72
23.	Retificado	66	66	100	66	100	66	100	33	74,6	22,25
24.	Barragem	66	66	66	66	100	66	33	66	66,1	16,75
25.	Detritos vegetais maiores	100	100	100	66	100	66	100	100	91,5	14,72
Vegetação aquática											
26.	Tipo predominante	33	66	100	0	100	100	100	100	74,9	36,39
27.	Parte do trecho com veg. Aq.	66	66	100	66	33	33	100	33	62,1	26,12
Qualidade da água											
28.	Odor da água	100	100	100	66	100	100	66	100	91,5	14,72
29.	Óleo na sup.	100	100	66	33	100	66	66	66	74,6	22,25
30.	Turbidez	66	100	66	33	66	100	100	100	78,9	23,42
31.	Cor	100	100	100	0	100	100	66	100	83,3	33,38
Sedimento/substrato											
32.	Odores	66	100	100	66	100	66	66	100	83,0	17,00
33.	Óleos	66	100	100	66	66	66	66	66	74,5	14,72
34.	Deposições	66	0	0	66	100	66	0	0	37,3	38,68
35.	Faces inferiores das pedras...	100	100	66	66	66	33	0	0	53,9	36,97
Média		75,0	69,2	68,3	53,0	70,3	72,1	58,8	71,3		
Desvio Padrão		30,72	32,77	33,36	25,21	36,90	32,89	38,83	36,36		
Média		83,07	78,25	77,14	58,93	80,75	81,89	71,14	81,96		
Desvio Padrão		21,53	22,85	27,49	18,75	28,01	25	31,15	26,61		

Tabela 2. Resultados da aplicação da *Ficha de Campo: Caracterização do habitat – Rios de alto gradiente*, com as respectivas pontuações.

Alto Gradiente	Ponto 1			Ponto 2			Ponto 4		Ponto 5		
	6	7	8	1	2	3	4	5	8	6	2
Parâmetro / N° do observador											
Substrato para epifauna	17	12	17	7	8	12	5	5	8	10	8
Macrófitas aquáticas	3	0	3	16	17	3	0	0	2	5	7
Regimes de velocidade e profund.	8	15	8	13	14	8	20	20	14	5	18
Condição do fluxo do canal	18	20	18	17	19	9	15	15	13	20	20
Alteração no canal	20	20	19	19	20	19	20	20	17	20	15
Frequência de corredeiras	10	10	16	18	18	20	16	16	10	14	8
Estabilidade da margem esquerda	6	8	4	9	9	8	10	10	5	2	7
Estabilidade da margem direita	10	10	10	9	9	5	10	10	4	4	4
Soma	16	18	14	18	18	13	20	20	9	6	11
Proteção vegetal da margem esq.	4	5	2	9	9	3	8	8	2	5	4
Proteção vegetal da margem direita	9	10	9	1	1	1	9	9	2	5	5
Soma	13	15	11	10	10	4	17	17	4	10	9
Largura da vegetação ripária esq.	3	2	1	4	3	1	2	2	2	2	2
Largura da vegetação ripária direita	10	8	9	0	0	2	1	1	2	2	2
Soma	13	10	10	4	3	3	3	3	4	4	4
PONTUAÇÃO TOTAL	118	120	116	122	127	91	116	116	81	94	100
PONTUAÇÃO MÉDIA	118,0			113,3			116,0		91,7		
DESVIO PADRÃO	2,0			19,5			0,0		9,7		

Tabela 3. Resultados da aplicação da *Ficha de Campo: Caracterização do habitat – Rios de baixo gradiente*, com as respectivas pontuações.

Baixo Gradiente	Ponto 3			Ponto 6			Ponto 7			Ponto 8		
	9	10	11	12	8	1	10	9	2	11	8	12
Parâmetro / N° do observador												
Substrato p/ epifauna	8	8	5	19	11	11	10	11	7	15	7	8
Macrófitas aquáticas	15	15	5	2	0	0	14	13	1	5	4	3
Deposição de sedimento	19	20	19	8	4	4	20	19	19	19	11	2
Condição do fluxo do canal	2	20	20	14	16	15	19	13	19	20	18	18
Alteração no canal	20	20	20	18	18	19	20	20	18	14	19	18
Sinuosidade do canal	14	16	8	12	8	8	10	8	16	12	10	8
Estabilidade da margem esquerda	10	10	8	10	9	9	5	9	4	7	7	9
Estabilidade da margem direita	10	10	7	9	6	7	8	10	5	8	7	10
Soma	20	20	15	19	15	16	13	19	9	15	14	19
Proteção vegetal da margem esq.	9	9	7	10	9	9	4	4	1	3	4	3
Proteção vegetal da margem direita	2	2	3	9	6	7	5	4	2	2	4	4
Soma	11	11	10	19	15	16	9	8	3	5	8	7
Largura da vegetação ripária esq.	9	9	8	10	9	9	2	1	1	2	1	1
Largura da vegetação ripária direita	1	2	2	9	3	3	2	2	1	2	1	2
Soma	10	11	10	19	12	12	4	3	2	4	2	3
PONTUAÇÃO TOTAL	119	141	112	130	99	101	119	114	94	109	93	86
PONTUAÇÃO MÉDIA	124,0			110,0			109,0			96,0		
DESVIO PADRÃO	15,1			17,3			13,2			11,8		

Tabela 4. Resultados da avaliação da vegetação marginal: espessura da serapilheira (cm), altura do dossel (m), largura da APP* (Área de Preservação Permanente – 30 m) (m) e vegetação predominante.

	Margem	Serapilheira (cm)	Altura do dossel (m)	Luminosidade (lux)	Largura da APP* (m)	Vegetação predominante
Ponto 1	direita	5	17-20	1300	>30	arbórea/arbustiva
	esquerda	ausente	ausente	14300	ausente	pastagem
Ponto 2	direita	ausente	ausente	15000	ausente	gramíneas
	esquerda	ausente	17	4500	10	arbórea/+ eucaliptos
Ponto 3	direita	1	14	1000	> 30	arbórea/arbustiva
	esquerda	ausente	8	9000	1 - 2	pastagem/arvores isoladas
Ponto 4	direita	1	15	9000	4 - 5	arbórea/arbustiva/+ eucaliptos
	esquerda	ausente	10	4800	ausente	pastagem/arvores isoladas
Ponto 5	direita	2	14	3750	18	arbórea/arbustiva/+ gramíneas
	esquerda	2	9	4800	5	arbórea
Ponto 6	direita	0,5	12	13000	11	arbórea/gramíneas
	esquerda	1	18	8000	> 30	arbórea/arbustiva
Ponto 7	direita	1	12	5000	7	arbórea/arbustiva
	esquerda	1	8	8000	5	pastagem/arvores isoladas
Ponto 8	direita	1	10	5000	8	arbórea/arbustiva
	esquerda	1	8	8000	5	arbustiva/gramíneas

Tabela 5. Resultados obtidos para parâmetros de campo, água e sedimento, nos 8 pontos de amostragem.

PONTOS	1			2			3			4			5			6			7			8		
DATA DE COLETA	21/03/2000			21/03/2000			28/03/2000			22/03/2000			22/03/2000			28/03/2000			29/03/2000			29/03/2000		
PARÂMETROS DE CAMPO																								
temperatura do ar (°C)	22,5			23,0			23,0			22,0			23,0			21,5			22,0			23,0		
profundidade (fundo) (m)	1,0			0,6			1,5			1,0			1,0			1,3			2,5			2,0		
profundidade (sed.) (m)	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,6	0,8	2,0	0,4	0,5	1,0	1,0	0,3	0,4	0,4	0,8	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	1,2
velocidade da água (m/s)	0,480			0,861			0,299			1,370			n.m.			0,229			0,388			0,411		
luminosidade (lux) (MD)	1300,0			15000,0			9000,0			9000,0			3780,0			13000,0			5000,0			5000,0		
luminosidade (lux) (ME)	4300,0			4500,0			1000,0			4800,0			4800,0			8000,0			8000,0			8000,0		
temperatura da água (sup.) (°C)	18,9			19,5			22,2			19,0			20,8			22,5			22,2			22,8		
temperatura da água (fundo) (°C)	18,8			21,0			22,1			19,0			20,8			22,5			22,2			22,8		
transparência (m)	total			total			0,4			0,4			0,4			0,8			0,2			0,2		
oxigênio dissolvido (sup.) (mg/L)	7,0			7,2			5,3			8,4			8,1			7,1			5,7			7,0		
oxigênio dissolvido (fundo) (mg/L)	7,0			7,1			5,3			8,4			8,1			7,1			5,6			7,0		
pH (sup.)	6,1			6,0			6,6			6,7			6,6			6,6			6,6			6,7		
condutividade (sup.) (µS/cm)	11,7			13,0			43,1			12,1			15,6			41,0			47,9			50,8		
potencial redox (sed.) (mV)	-101	-105	-66	-38	-31	-96	-211	-140	-170	-80	-31	-25	-3	+14	-60	-155	-171	-161	-151	-164	-178	-177	-173	-187

Obs.:
(válidas para toda a Tabela 5)

¹ ag-s=argila siltica; s-ag=silte argiloso; a-ag=areia argilosa; a=arenoso; a-s=areia siltica; a-s-ag=areia siltico argilosa; s-ag-a=silte argiloso arenoso

² Clorofila e feofitina R1 do ponto 2, amostra perdida durante a análise

³ grande número de interferentes

n.d. = não detectado

n.m. = não medido

ag. = apresentou toxicidade aguda

N.T. = não apresentou toxicidade

Tabela 5. (continuação)

PONTOS	1		2		3		4		5		6		7		8	
DATA DE COLETA	21/03/2000		21/03/2000		28/03/2000		22/03/2000		22/03/2000		28/03/2000		29/03/2000		29/03/2000	
PARÂMETROS DA ÁGUA SUPERFICIAL																
turbidez (U.N.T.)	2,5		4,3		23,0		9,84		7,80		19,2		34,0		60,0	
dureza (mg/L)	<2		<2		8,70		<2		5,97		9,96		9,17		6,55	
ortofosfato (mg/L)	<0,007		<0,007		0,01		0,01		0,02		0,02		0,02		0,02	
fósforo total (mg/L)	0,05		<0,03		0,05		<0,03		<0,03		0,07		<0,03		0,06	
N-amoniaco (mg/L)	0,08		<0,02		0,09		<0,02		0,02		0,14		0,04		0,07	
N-Kjeldhal (mg/L)	0,41		0,43		0,17		0,06		0,19		0,37		0,11		0,45	
N-orgânico (mg/L)	0,33		0,43		0,08		0,06		0,17		0,23		0,07		0,38	
N-nitrato (mg/L)	<0,20		<0,20		<0,20		0,23		<0,20		0,33		0,30		0,40	
N-nitrito (mg/L)	0,008		0,009		0,01		<0,004		<0,004		0,03		0,01		0,02	
cádmio (mg/L)	<0,005		<0,005		0,002		0,005		<0,005		0,003		0,003		0,006	
cromo (mg/L)	<0,01		<0,01		<0,04		<0,01		<0,01		<0,05		<0,05		<0,05	
cobre (mg/L)	<0,01		0,03		<0,004		<0,01		0,11		<0,004		<0,004		0,01	
níquel (mg/L)	<0,02		0,07		0,02		0,20		<0,02		<0,01		0,01		0,02	
chumbo (mg/L)	<0,05		<0,05		<0,02		<0,05		<0,05		<0,02		<0,02		<0,02	
zinco (mg/L)	0,31		0,28		<0,01		0,13		0,57		<0,01		<0,01		0,02	
mercúrio (mg/L)	<0,0003		<0,0003		<0,0003		<0,0003		<0,0003		<0,0003		<0,0003		<0,0003	
surfactantes (mg/L)	<0,08		<0,08		<0,08		<0,08		<0,08		<0,08		<0,08		<0,08	
Pentaclorofenol (ng/L)	<10		<10		<10		<10		<10		<10		<10		<10	
Lindane (µg/L)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
DBO (mg/L)	<3		<3		<3		<3		<3		<3		<3		<3	
Carbono Orgânico Dissolvido (mg/L)	6,48		5,46		5,77		3,74		3,60		5,17		8,71		8,26	
resíduos totais (mg/L)	21,0		32,0		62,0		30,0		42,0		62,0		112,0		116,0	
resíduos fixos (mg/L)	13,0		9,0		52,0		22,0		38,0		28,0		62,0		94,0	
Resíduos voláteis (mg/L)	8,0		23,0		10,0		8,0		4,0		34,0		50,0		22,0	
Fenóis (mg/L)	<0,003		0,003		<0,003		<0,003		<0,003		<0,003		<0,003		<0,003	
coliformes totais (NMP/100mL)	11000		8000		130000		3000		13000		30000		23000		23000	
coliformes fecais (NMP/100mL)	1700		3000		30000		500		800		8000		8000		3000	
clorofila a (µg/L)	0,00	0,38	²	0,00	1,60	1,60	0,53	1,07	0,53	1,07	0,00	0,89	1,78	1,78	3,05	2,67
feofitina a (µg/L)	1,45	0,15	²	1,25	1,39	1,76	1,39	0,05	1,34	0,80	0,94	0,98	1,13	1,13	1,22	0,60
toxicidade crônica	crônico		crônico		N.T.		crônico		crônico		N.T.		N.T.		N.T.	
PARÂMETRO DA ÁGUA DE FUNDO																
fenol (mg/L)					<0,003						<0,003		<0,003		<0,003	

Tabela 5. (continuação)

PONTOS	1			2			3			4			5			6			7			8		
DATA DE COLETA	21/03/2000			21/03/2000			28/03/2000			22/03/2000			22/03/2000			28/03/2000			29/03/2000			29/03/2000		
PARÂMETROS DE SEDIMENTO																								
análise granulométrica																								
diâmetro médio (ϕ)	3,70	3,51	3,47	1,96	1,89	1,92	6,16	4,37	2,79	3,48	2,88	5,39	2,78	2,92	3,24	4,97	5,54	5,65	6,74	6,55	6,10	6,28	5,01	6,64
classificação ¹	a-s	a-s	a	a	a	a	s-ag	a-ag	a	a	a	s-a	a	a	a	a-s	a-s-ag	a-s-ag	ag-s	ag-s	s-ag-a	ag-s	ag-s	ag-s
resíduos totais (%)	53,6	58,1	53,8	69,6	71,5	69,6	25,9	51,2	62,3	59,9	66,5	44,3	68,8	68,0	65,7	47,4	46,0	46,6	36,4	37,2	45,3	40,9	61,8	43,0
resíduos fixos (%)	93,2	94,0	92,8	97,8	97,7	95,0	83,5	93,5	96,3	93,4	95,9	84,6	96,9	96,9	95,9	92,1	90,6	89,7	86,4	87,2	89,0	88,1	94,2	88,0
resíduos voláteis (%)	6,8	6,0	7,2	2,2	2,3	5,0	16,5	6,5	3,7	6,6	4,1	15,4	3,1	3,1	4,1	7,9	9,4	10,3	13,6	12,8	11,0	11,9	5,8	12,0
umidade (%)	46,4	41,9	46,2	30,4	28,5	30,4	74,1	48,8	37,7	40,1	33,5	55,7	31,2	32,0	34,3	52,6	54,0	53,4	63,6	62,8	54,7	59,1	38,2	57,0
cádmio (mg/Kg)							<1,5	<1,5	<1,5							<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
cromo (mg/Kg)							22,9	13,1	7,9							22,1	27,4	28,8	40,0	44,4	36,7	31,6	27,1	32,9
cobre (mg/Kg)							8,8	3,8	2,2							7,7	9,1	12,6	26,4	24,2	17,9	16,3	8,0	17,5
Níquel (mg/Kg)							<1,5	<1,5	<1,5							<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
chumbo (mg/Kg)							17,3	9,2	5,8							13,5	15,4	16,8	20,7	21,0	18,0	20,5	13,5	22,9
zinco (mg/Kg)							42,3	22,6	16,1							49,4	56,4	59,8	87,8	93,5	58,3	65,9	47,1	65,1
mercúrio ($\mu\text{g/Kg}$)							74,7	35,6	26,4							62,7	62,0	59,8	61,7	61,1	63,9	54,7	49,7	54,5
PCBs ($\mu\text{g/Kg}$)							n.d.	n.d.	n.d.							n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<15	n.d.	n.d.	n.d.	<15
Lindane ($\mu\text{g/Kg}$)							<3,3	<1,4	<1,5							<3,2	<3,6	<3,7	<3,2	<3,4	<2,7	<2,6	<1,8	<2,5
4,4'-DDE ³ ($\mu\text{g/Kg}$)							7,7	<1,4	2,5							1134	<3,6	<3,7	<3,2	36,9	<2,7	42,8	111,0	665,0
4,4'-DDT ($\mu\text{g/Kg}$)							<3,9	<1,7	<1,8							<3,8	<4,3	<4,4	<3,8	<4	<3,2	<3,1	<2,2	<2,9
toxicidade aguda							ag.	ag.	ag.							N.T.	ag.	ag.	N.T.	ag.	ag.	ag.	N.T.	ag.

Tabela 6. Valores médios e respectivos desvios padrões dos parâmetros abióticos (água, sedimento e ambiente terrestre), dentro dos grupos formados no dendrograma (Fig. 12), construído a partir de análise de agrupamento (Distância Euclidiana Simples e método de Ward).

01 GRUPOS	G1	G2	G3
PONTOS	1, 2, 4 e 5	6, 7 e 8	3
02 PARÂMETROS			
Luminosidade (MD)	0,44 ± 0,44	0,47 ± 0,34	0,56 ± 0,00
Luminosidade (ME)	0,51 ± 0,04	1,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Velocidade de corrente	0,80 ± 0,35	0,17 ± 0,16	0,11 ± 0,00
OD (superfície)	0,77 ± 0,22	0,42 ± 0,25	0,00 ± 0,00
OD (fundo)	0,76 ± 0,23	0,41 ± 0,27	0,00 ± 0,00
Condutividade	0,04 ± 0,04	0,89 ± 0,13	0,80 ± 0,00
E _H	0,84 ± 0,17	0,07 ± 0,06	0,04 ± 0,00
Turbidez	0,06 ± 0,06	0,61 ± 0,36	0,36 ± 0,00
Dureza	0,13 ± 0,25	0,82 ± 0,22	0,84 ± 0,00
Ortofosfato	0,31 ± 0,47	1,00 ± 0,00	0,15 ± 0,00
P-total	0,13 ± 0,25	0,58 ± 0,52	0,50 ± 0,00
N-total	0,33 ± 0,29	0,66 ± 0,40	0,15 ± 0,00
N-amoniacal	0,13 ± 0,25	0,53 ± 0,43	0,58 ± 0,00
N-Kjeldahl	0,55 ± 0,46	0,64 ± 0,46	0,28 ± 0,00
N-orgânico	0,50 ± 0,44	0,45 ± 0,42	0,05 ± 0,00
N-nitrato	0,04 ± 0,08	0,72 ± 0,26	0,00 ± 0,00
N-nitrito	0,09 ± 0,10	0,62 ± 0,38	0,23 ± 0,00
Cd (água)	0,75 ± 0,00	0,50 ± 0,43	0,00 ± 0,00
Cr (água)	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	0,75 ± 0,00
Cu (água)	0,34 ± 0,45	0,02 ± 0,03	0,00 ± 0,00
Ni (água)	0,36 ± 0,45	0,02 ± 0,03	0,05 ± 0,00
Pb (água)	1,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Zn (água)	0,56 ± 0,33	0,01 ± 0,01	0,00 ± 0,00
COD	0,24 ± 0,27	0,74 ± 0,38	0,43 ± 0,00
Resíduos voláteis (água)	0,15 ± 0,18	0,68 ± 0,31	0,13 ± 0,00
Coliformes fecais	0,03 ± 0,04	0,20 ± 0,10	1,00 ± 0,00
Clorofila-a	0,16 ± 0,14	0,59 ± 0,42	0,56 ± 0,00
Diâmetro médio (sedimento)	0,26 ± 0,19	0,89 ± 0,12	0,55 ± 0,00
Resíduos voláteis (sedimento)	0,25 ± 0,29	0,79 ± 0,18	0,62 ± 0,00
Umidade (sedimento)	0,25 ± 0,25	0,83 ± 0,15	0,78 ± 0,00
Cr (sedimento)	NR	0,69 ± 0,28	0,00 ± 0,00
Cu (sedimento)	NR	0,59 ± 0,37	0,00 ± 0,00
Pb (sedimento)	NR	0,80 ± 0,27	0,00 ± 0,00
Zn (sedimento)	NR	0,72 ± 0,25	0,00 ± 0,00
Hg (sedimento)	NR	0,80 ± 0,31	0,00 ± 0,00
PCBs (sedimento)	NR	0,67 ± 0,58	0,00 ± 0,00

NR = não realizado

Tabela 7. Valores médios e respectivos desvios padrões dos parâmetros abióticos, dentro do grupo G1, formado no dendrograma (Fig. 12), construído a partir de análise de agrupamento (Distância Euclidiana Simples e método de Ward).

GRUPOS	G1A	G1B
PONTOS	1 e 2	4 e 5
PARÂMETROS		
OD (superfície)	0,58 ± 0,05	0,95 ± 0,09
OD (fundo)	0,57 ± 0,02	0,95 ± 0,07
Turbidez	0,01 ± 0,02	0,11 ± 0,02
Ortofosfato	0,00 ± 0,00	0,61 ± 0,54
N-total	0,59 ± 0,02	0,09 ± 0,12
N-Kjeldahl	0,92 ± 0,04	0,17 ± 0,23
N-orgânico	0,86 ± 0,19	0,15 ± 0,21
N-nitrito	0,17 ± 0,03	0,00 ± 0,00
COD	0,46 ± 0,14	0,01 ± 0,02
Resíduos voláteis (água)	0,25 ± 0,23	0,04 ± 0,06
Coliformes fecais	0,06 ± 0,03	0,005 ± 0,007
Clorofila-a	0,03 ± 0,05	0,28 ± 0,00

Tabela 8. Listagem preliminar dos táxons de diatomáceas encontrados nas amostras da comunidade perifítica

CENTRALES
<i>Orthoseira roeseana</i> (Rabenhorst) O'Meara
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing
<i>Cyclotella stelligera</i> Cleve & Grunow
<i>Cyclotella pseudostelligera</i> HUSTEDT
PENNALES
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>contracta</i>
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>subaequalis</i>
<i>Achnantes inflata</i> (Kützing) Grunow
<i>Achnantes (Lemnicola) hungarica</i> Grunow
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg
<i>Eunotia maior</i> (W. Smith) Rabenhorst
<i>Navicula radiosa</i> Kützing
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange Bertalot
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Lange Bertalot

<i>Navicula schroeterii</i> MEISTER
<i>Navicula gregaria</i> Donkin
<i>Navicula costulata</i> Grunow
<i>Navicula goeppertiana</i> (Bleisch) H.L. Smith
<i>Navicula</i> sp
<i>Diadesmis contenta</i>
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) Mann
<i>Selaphora pupula</i> Kützing
<i>Placoneis clementis</i> Grun
<i>Stauroneis</i> Ehrenberg
<i>Frustulia rhomboides rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni
<i>Frustulia rhomboides saxonica</i> (Rabenhorst) De Toni
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>crassinervia</i> (Brébisson) Ross
<i>Frustulia rhomboides captata</i> (A. Mayer) Patrick
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst
<i>Stauroneis</i> Ehrenberg
<i>Frustulia rhomboides rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni
<i>Frustulia rhomboides saxonica</i> (Rabenhorst) De Toni
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>crassinervia</i> (Brébisson) Ross
<i>Frustulia rhomboides captata</i> (A. Mayer) Patrick
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst

<i>Amphipleura cf pellucida</i> (Kützing) Kützing
<i>Amphipleura cf lindheimerii</i> Grunow
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve
<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve
<i>Cymbella</i> sp. Agardh
<i>Encyonema gracile</i> (<i>Cymbela lunata</i>) Rabenhorst
<i>Encyonema silesiaca</i> Bleisch ex Rabenhorst
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg
<i>Gomphonema clevei</i> Fricke
<i>Gomphonema</i> sp
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith
<i>Pinnularia braunii</i> (Grunow) Cleve
<i>Pinnularia stauroptera</i> (Grunow) Rabenhorst
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) W. Smith
<i>Pinnularia biceps</i> Gregory
<i>Pinnularia subcaptata</i> Gregory
<i>Pinnularia maior</i> (Kützing) Rabenhorst
<i>Pinnularia macilenta</i> (Ehrenberg) Ehrenberg
<i>Nitzschia clausii</i> var. <i>clausii</i> Hantzsch
<i>Nitzschia denticula</i> Grunow
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow

Tabela 9. Listagem de grupos taxonômicos encontrados nas amostras da comunidade zooplanctônica.

ROTIFERA	CLADOCERA
<i>Brachionus angularis</i>	<i>Alona poppei</i>
<i>B. calyciflorus</i>	<i>Biapertura affinis</i>
<i>B. calyciflorus anuraeiformis</i>	<i>Bosmina hagmanni</i>
<i>B. caudatus</i>	<i>Bosmina longirostris</i>
<i>B. falcatus</i>	<i>Bosminopsis deitersi</i>
<i>B. mirus</i>	<i>Ceriodaphnia</i> sp.
<i>B. mirus laticaudatus</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i>
<i>B. patulus patulus</i>	<i>Diaphanosoma brevireme</i>
<i>B. patulus macracanthus</i>	<i>Kurzia cf altissima</i>
<i>Cephalodella cf nana</i>	<i>Macrothrix</i> sp.
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	<i>Moina minuta</i>
<i>Dissothroca aculeata</i>	<i>Moina micrura</i>
<i>Euichlanis</i> sp.	<i>Ilyocriptus</i> sp.
<i>Hexarthra</i> sp.	<i>Simocephalus</i> sp.
<i>Kellicotia bostoniensis</i>	Chydoridae
<i>Keratella americana</i>	
<i>Lecane bulla</i>	HYDROZOA*
<i>L. curvicornis</i>	OSTRACODA *
<i>L. leontina</i>	NEMATODA*
<i>L. lunaris</i>	TARDIGRADA*
<i>L. ludwigi</i>	BRYOZOA*
<i>L. papuana</i>	OLIGOCHAETA*
<i>L. stenroosi</i>	HIRUDINEA*
<i>Manfredium eudactyloa</i>	ACARI*
<i>Mytilina bisulcata</i>	COPEPODA HARPACTICOIDA*
<i>Platyias quadricoornis</i>	INSECTA* (imaturos)
<i>Polyarthra vulgaris</i>	
<i>Rotaria</i> sp.	* organismos de deriva.
<i>Synchaeta pectinata</i>	
<i>Testudinella patina</i>	
<i>Testudinella</i> sp.	
<i>Trichotria tetractis</i>	
Bdelloidea	
COPEPODA CYCLOPOIDA	
<i>Thermocyclops minutus</i>	
<i>Eucyclops</i> sp.	
<i>Microcyclops</i> sp.	
<i>Metacyclops</i> sp.	
COPEPODA CALANOIDA	

Tabela 10. Densidades de grupos zooplanctônicos e de deriva (ind./m³). Os Pontos 2 e 5 apresentaram uma quantidade mínima de organismos.

	Rio Atibainha			Rio Cachoeira			RIO ATIBAIA	
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
ZOOPLÂNCTON								
COPEPODA CYCLOPOIDA								
náuplios	28		22630	6		200	2800	248
copepoditos	28		16463	8		386	630	273
<i>Thermocyclops decipiens</i>	28		317					83
<i>Thermocyclops minutus</i>			2268					
<i>Eucyclops</i> sp.							17	17
<i>Microcyclops</i> sp.							140	25
<i>Metacyclops</i> sp.						267		17
COPEPODA CALANOIDA								
náuplios			136	4		163	70	29
copepoditos			227			111	105	
<i>Notodiaptomus cf brandorffii</i>			17			45		4
CLADOCERA								
<i>Alona poppei</i>							35	
<i>Biapertura affinis</i>							35	
<i>Bosmina hagmanni</i>			45	4		22		
<i>Bosmina longirostris</i>							70	
<i>Bosminopsis deitersi</i>			45	28				153
<i>Ceiodaphnia</i> sp.								17
<i>Diaphanosoma birgei</i>							35	
<i>Diaphanosoma brevireme</i>							35	
<i>Kurzia cf altissima</i>							4	
<i>Macrothrix</i> sp.							4	
<i>Moina minuta</i>						67	105	21
<i>Moina micrura</i>							9	
<i>Ilyocryptus</i> sp.			45				17	25
<i>Simocephalus</i> sp.							9	
Chydoridae	85					45	35	21
TOTAL	169	0	42194	50	0	1306	4156	933
DERIVA								
HYDROZOA*	28		45	4				37
OSTRACODA *								
NEMATODA*	141		91	33			35	8
TARDIGRADA*								
BRYOZOA*								25
OLIGOCHAETA*	1244		454	51		59		169
HIRUDINEA*	141							
ACARI*				8				17
HARPACTICOIDA*	28		136	18		22	70	17
INSECTA* (larvas)	452		499	122		215	105	132
TOTAL	2035	0	1224	236	0	296	210	405

Tabela 12. Densidades médias e respectivos desvios padrões dos *taxa* da comunidade bentônica, dentro dos grupos formados no dendrograma (Distância Euclidiana Simples e método de Ward) da Figura 18. (Habitats: M = macrófitas; D = detritos encalhados; CO = corredeira; C = Canal; MD = margem deposicional; ME = margem erosional)

GRUPOS	G1	G2	G3	G4
PONTOS-HABITATS	2MD, 3MD, 4MD, 5MD, 6MD, 7MD, 8MD, 3C, 6C, 7C, 8C, 3ME, 6ME, 7ME, 8ME	2CO, 2C, 4CO, 3M, 5M, 6M, 7M, 8M	1D	1MD, 1ME, 1C
TAXA				
Nemertinea	0,93 ± 2,97	0,67 ± 0,80	4,00 ± 0,00	4,61 ± 2,11
Turbellaria	0,10 ± 0,23	0,10 ± 0,20	3,00 ± 0,00	25,17 ± 28,86
Bivalvia	8,91 ± 11,28	0,40 ± 0,52	0,00 ± 0,00	0,22 ± 0,38
Gastropoda	0,53 ± 1,45	2,67 ± 2,61	6,00 ± 0,00	0,17 ± 0,29
Oligochaeta	24,43 ± 26,88	2,88 ± 5,62	634,00 ± 0,00	2851,94 ± 944,21
Hirudinea	1,00 ± 1,40	3,06 ± 4,53	277,00 ± 0,00	11,22 ± 5,00
Hydracarina	3,17 ± 7,55	4,64 ± 3,17	25,00 ± 0,00	2,89 ± 1,92
Ephemeroptera	1,04 ± 1,55	104,19 ± 88,72	216,00 ± 0,00	1,67 ± 0,33
Collembola	0,22 ± 0,75	13,78 ± 18,75	2,00 ± 0,00	0,17 ± 0,29
Odonata	0,51 ± 0,74	5,15 ± 3,42	35,00 ± 0,00	2,17 ± 1,17
Plecoptera	0,00 ± 0,00	0,83 ± 1,85	24,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Heteroptera	0,24 ± 0,44	16,73 ± 13,05	0,00 ± 0,00	1,33 ± 1,53
Trichoptera	4,89 ± 9,34	121,44 ± 134,76	864,00 ± 0,00	45,78 ± 39,18
Lepidoptera	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,36	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Coleoptera (l)	0,75 ± 2,00	4,91 ± 5,69	14,00 ± 0,00	2,72 ± 1,25
Coleoptera (a)	0,15 ± 0,34	2,54 ± 2,62	10,00 ± 0,00	1,28 ± 0,25
Athericidae	0,18 ± 0,59	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Ceratopogonidae	3,80 ± 7,20	3,08 ± 7,66	17,00 ± 0,00	4,89 ± 3,79
Chaboridae	0,00 ± 0,00	0,42 ± 0,12	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Chironomini	33,21 ± 30,89	13,77 ± 8,33	248,00 ± 0,00	70,17 ± 15,81
Tanytarsini	7,09 ± 12,21	23,48 ± 20,29	123,00 ± 0,00	40,33 ± 24,37
Orthoclaadiinae	3,23 ± 6,33	12,25 ± 17,80	690,00 ± 0,00	28,72 ± 13,25
Tanypodinae	6,06 ± 8,63	7,88 ± 8,03	72,00 ± 0,00	2,61 ± 4,24
Culicidae	2,56 ± 10,25	0,88 ± 2,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Empididae	0,08 ± 0,26	1,65 ± 3,00	106,00 ± 0,00	8,67 ± 10,17
Ephydriidae	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Muscidae	0,00 ± 0,00	0,17 ± 0,36	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Psychodidae	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,35	13,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Scatophagidae	0,13 ± 0,50	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Simuliidae	0,00 ± 0,00	59,88 ± 113,59	1507,00 ± 0,00	1,94 ± 1,58
Tabanidae	0,00 ± 0,00	0,06 ± 0,18	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Thaumaleidae	0,00 ± 0,00	0,04 ± 0,12	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Tipulidae	0,06 ± 0,17	0,25 ± 0,71	1,00 ± 0,00	0,89 ± 0,84
Brachycera n.i.	0,21 ± 0,83	0,29 ± 0,70	2,00 ± 0,00	0,11 ± 0,19
Nematocera n.i.	0,06 ± 0,25	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Bryozoa	2,05 ± 3,93	0,42 ± 1,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

(l) = larvas; (a) = adultos; n.i. = não identificados.

Tabela 13. Porcentagens de ocorrência (%) dos taxa dentro dos grupos formados no dendrograma da Figura 19, resultante da análise de agrupamento utilizando o índice de Jaccard e método de Média ponderada (WPGMA) a partir da riqueza da comunidade bentônica. (Habitats: M = macrófitas; D = detritos encaçados; CO = corredeira; C = Canal; MD = margem deposicional; ME = margem erosional)

GRUPOS	G1'	G2'	G3'
PONTOS-HABITATS	2MD, 3MD, 5MI, 6MD, 7MD, 8MI	1D, 1C,	4D
TAXA	3C, 6C, 7C, 8C, 3ME, 6ME, 7ME, 8ME	1MD, 1ME, 2CO, 2C, 4CO, 3M, 5M, 6M, 7M, 8M, 4MD	
Nemertinea	28,57	76,92	0,00
Turbellaria	21,43	46,15	0,00
Bivalvia	92,86	46,15	0,00
Gastropoda	28,57	69,23	0,00
Oligochaeta	100,00	76,92	0,00
Hirudinea	50,00	69,23	0,00
Hydracarina	78,57	92,31	0,00
Ephemeroptera	35,71	100,00	0,00
Collembola	7,14	53,85	100,00
Odonata	42,86	84,62	0,00
Plecoptera	0,00	30,77	0,00
Heteroptera	28,57	84,62	0,00
Trichoptera	71,43	100,00	0,00
Lepidoptera	0,00	30,77	0,00
Coleoptera (l)	28,57	100,00	0,00
Coleoptera (a)	14,29	100,00	0,00
Athericidae	14,29	0,00	0,00
Ceratopogonidae	100,00	69,23	100,00
Chaboridae	0,00	7,69	0,00
Chironomini	100,00	100,00	100,00
Tanytarsini	57,14	100,00	100,00
Orthoclaadiinae	85,71	92,31	100,00
Tanypodinae	85,71	84,62	0,00
Culicidae	0,00	15,38	100,00
Empididae	7,14	84,62	0,00
Ephydriidae	0,00	7,69	0,00
Muscidae	0,00	15,38	0,00
Psychodidae	0,00	15,38	0,00
Scatophagidae	0,00	0,00	100,00
Simuliidae	0,00	69,23	0,00
Tabanidae	0,00	7,69	0,00
Thaumaleidae	0,00	7,69	0,00
Tipulidae	7,14	38,46	0,00
Brachycera n.i.	7,14	30,77	0,00
Nematocera n.i.	0,00	0,00	100,00
Bryozoa	28,57	15,38	0,00

(l) = larvas; (a) = adultos; n.i. = não identificados

Tabela 14. Frequência, status e hábito alimentar das espécies de peixes capturados nos pontos de amostragem.

Família/Espécie	Nome Popular	Status	Hábito Alimentar	PONTOS							
				1	2	3	4	5	6	7	8
Anostomidae											
<i>Leporinus octofasciatus</i>	Ferreirinha	Autóctone	Onívoro			1			4		3
<i>Schizodon nasutus</i>	Chimborê	Autóctone	Onívoro						9		
Callichthyidae											
<i>Hoplosternum littorale</i>	Caborja	Alóctone	Onívoro			2					
Characidae											
<i>Astyanax bimaculatus</i>	Lambari de rabo amarelo	Autóctone	Onívoro			3			11	8	14
<i>Astyanax fasciatus</i>	Lambari de rabo vermelho	Autóctone	Onívoro			2			6	1	11
<i>Astyanax sp.</i>	Lambari	Autóctone	Onívoro								1
<i>Salminus hilarii</i>	Tabarana	Autóctone	Piscívoro								1
Curimatidae											
<i>Cyphocharax modesta</i>	Saguiru	Autóctone	lilófago								18
Loricariidae											
<i>Hypostomus sp.</i>	Cascudo	Autóctone	lilófago			1					1
Pimelodidae											
<i>Pimelodus maculatus</i>	Mandi	Autóctone	Onívoro						2		6
Prochilodontidae											
<i>Prochilodus scrofa</i>	Curimatá	Autóctone	lilófago							1	
Salminidae											
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Truta arco - íris	Exótica	Piscívoro	3							
Total de indivíduos				3	0	8	0	0	28	10	52
Total de espécies				1	0	5	0	0	5	3	8

Tabela 15. Biomassa (g) das espécies de peixes capturados nos pontos de amostragem.

		PONTOS							
Família/Espécie	Nome Popular	1	2	3	4	5	6	7	8
Anostomidae									
<i>Leporinus octofasciatus</i>	Ferreirinha			137,7			273,8		231,3
<i>Schizodon nasutus</i>	Chimborê						1423,6		
Callichthyidae									
<i>Hoplosternum littorale</i>	Caborja			114,3					
Characidae									
<i>Astyanax bimaculatus</i>	Lambari de rabo amarelo			100,9			230,3	182,1	290,9
<i>Astyanax fasciatus</i>	Lambari de rabo vermelho			28,6			89,1	11,3	149,4
<i>Astyanax sp.</i>	Lambari								28,7
<i>Salminus hilarii</i>	Tabarana								125,3
Curimatidae									
<i>Cyphocharax modesta</i>	Saguiru								1253,8
Loricariidae									
<i>Hypostomus sp.</i>	Cascudo			111,9					38,2
Pimelodidae									
<i>Pimelodus maculatus</i>	Mandi						207,0		681,7
Prochilodontidae									
<i>Prochilodus scrofa</i>	Curimbatá							167,9	
Salminidae									
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Truta arco - íris	428,3							
Biomassa Total (g)		428,3	0,0	493,4	0,0	0,0	2223,8	361,3	2799,3

Tabela 16. Avaliação do estado trófico da água dos pontos de amostragem, segundo critério do Índice de Carlson modificado

		Fósforo Total (µg/L)	03 I E T	ET	Clorofila-a (µg/L)	04 I E T	05 E T	IET Médio	ET Médio
Rio Atibainha	Ponto 1	50	53,2	M	0,19	13,92	O	34	O
	Ponto 2	30	45,8	M	0,00	0,00	O	23	O
	Ponto 3	50	53,2	M	1,60	35,28	O	44	O
Rio Cachoeira	Ponto 4	30	45,8	M	0,80	28,33	O	37	O
	Ponto 5	30	45,8	M	0,80	28,33	O	37	O
	Ponto 6	70	58,0	E	0,45	22,45	O	40	O
Rio Atibaia	Ponto 7	30	45,8	M	1,78	36,35	O	41	M
	Ponto 8	60	55,8	E	2,86	41,11	O	48	M

IET = índice de estado trófico

ET = estado trófico

O = oligotrófico

M = mesotrófico

E = eutrófico

Tabela 17 – Dados utilizados para o cálculo do IPMCA

		níveis	ponderação	Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8
Parâmetros essenciais (PE)	OD (mg/L)	≥ 5 3 a < 5 < 3	1 2 3	ponder.	7,0 1	7,2 1	5,3 1	8,4 1	8,1 1	7,1 1	5,7 1	7,0 1
	Ph	6 a 9 5 a < 6 e > 9 a 9,5 < 5 e > 9,5	1 2 3	ponder.	6,1 1	6,0 1	6,6 1	6,7 1	6,6 1	6,6 1	6,6 1	6,7 1
	Toxicidade	Não Tóxico Efeito crônico Efeito agudo	1 2 3	ponder.	crônico 2	crônico 2	NT 1	crônico 2	crônico 2	NT 1	NT 1	NT 1
PE = Valor de maior ponderação					2	2	1	2	2	1	1	1
Substâncias tóxicas (ST)	Cádmio (mg/L)	≤ 0,001 > 0,001 a 0,005 > 0,005	1 2 3	ponder.	<0,005 1	<0,005 1	0,002 2	0,005 2	<0,005 1	0,003 2	0,003 2	0,006 3
	Cromo (mg/L)	≤ 0,05 > 0,05 a 1 > 1	1 2 3	ponder.	<0,01 1	<0,01 1	<0,04 1	<0,01 1	<0,01 1	<0,05 1	<0,05 1	<0,05 1
	Cobre (mg/L)	≤ 0,02 > 0,02 a 0,05 > 0,05	1 2 3	ponder.	<0,01 1	0,03 2	<0,004 1	<0,01 1	0,11 3	<0,004 1	<0,004 1	0,01 1
	Chumbo (mg/L)	≤ 0,03 > 0,03 a 0,08 > 0,08	1 2 3	ponder.	<0,05 1	<0,05 1	<0,02 1	<0,05 1	<0,05 1	<0,02 1	<0,02 1	<0,02 1
	Mercúrio (mg/L)	≤ 0,0002 > 0,0002 a 0,001 > 0,001	1 2 3	ponder.	<0,0003 1							
	Níquel (mg/L)	≤ 0,025 > 0,025 a 0,16 > 0,16	1 2 3	ponder.	<0,02 1	0,07 2	0,02 1	0,20 3	<0,02 1	<0,01 1	0,01 1	0,02 1
	Fenol (mg/L)	≤ 0,001 > 0,001 a 0,05 > 0,05	1 2 3	ponder.	<0,003 1	0,003 2	<0,003 1	<0,003 1	<0,003 1	<0,003 1	<0,003 1	<0,003 1
	Surfactantes (mg/L)	≤ 0,5 > 0,5 a 1 > 1	1 2 3	ponder.	<0,08 1							
	Zinco (mg/L)	≤ 0,18 > 0,18 a 1 > 1	1 2 3	ponder.	0,31 2	0,28 2	<0,01 1	0,13 1	0,57 2	<0,01 1	<0,01 1	0,02 1
ST = Valor médio das três maiores ponderações					1	2	1	2	2	1	1	2

Ponderação 1 = Padrões de qualidade de água da legislação CONAMA n 20
Ponderação 2 e 3 = Limites obtidos das legislações francesa e americana.

Tabela 18. Concentrações de metais pesados nos sedimentos dos pontos de amostragem de baixo gradiente, utilizado para a análise da tríade.

	P3	P6	P7	P8
Pb (mg/Kg)	10,77	15,23	19,90	18,97
Cu (mg/Kg)	4,93	9,80	22,83	13,93
Cr (mg/Kg)	14,63	26,1	40,37	30,53
Hg (mg/Kg)	0,046	0,061	0,062	0,053
Zn (mg/Kg)	27,00	55,20	79,87	59,37

 Ultrapassa o limite de início de efeito, segundo critério mais restritivo (Smith *et al.*, 1996)

TABELA 19 Limites estabelecidos pela resolução CONAMA 20 para Classes 1 e 2.

Art. 4º - Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deveria ser obedecido o Art. 26 desta Resolução: As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.
- g) DBO5 dias a 20§ C até 3 mg/l O2 ;
- h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/O2 ;
- i) Turbidez: até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/ l
- l) pH: 6,0 a 9,0;
- m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):
 - Alumínio: 0,1 mg/l Al
 - Amônia não ionizável: 0,02 mg/NH3
 - Arsênio: 0,05 mg/l As
 - Bário: 1,0 mg/l Ba
 - Berílio: 0,1 mg/l Be
 - Boro: 0,75 mg/l B
 - Benzeno: 0,01 mg/l
 - Benzeno-a-pireno: 0,00001mg/l
 - Cádmio: 0,001 mg/l Cd
 - Cianetos: 0,01 mg/l CN
 - Chumbo: 0,03 mg/l Pb
 - Cloretos: 250 mg/l Cl
 - Cloro Residual: 0,01mg/l Cl
 - Cobalto: 0,2 mg/l Co
 - Cobre: 0,02 mg/l Cu
 - Cromo Trivalente: 0,5 mg/l Cr
 - Cromo Hexavalente: 0,05 mg/l Cr
 - 1,1 dicloroetano: 0,0003 mg/l
 - 1,2 dicloroetano: 0,01 mg/l
 - Estanho: 2,0 mg/l Sn
 - Índice de Fenóis: 0,001 mg/l C6H5OH
 - Ferro solúvel: 0,3 mg/l Fe
 - Fluoretos: 1,4 mg/l F

Fosfato total: 0,025 mg/l P
Lítio: 2,5 mg/l Li
Manganês: 0,1 mg/Mn
Mercúrio: 0,0002 mg/l Hg
Níquel: 0,025 mg/l Ni
Nitrato: 10 mg/l N
Nitrito: 1,0 mg/l N
Prata: 0,01 mg/l Ag
Pentaclorofenol: 0,01 mg/l
Selênio: 0,01 mg/l Se
Sólidos dissolvidos totais: 500 mg/l
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno: 0,5 mg/l LAS
Sulfatos: 250 mg/l SO₄
Sulfetos: (como H₂S não dissociado): 0,002 mg/ l S
Tetracloroetano: 0,01 mg/l
Tetracloroetano de carbono: 0,003 mg/l
2,4, 6 triclorofenol: 0,01 mg/l
Urânio total: 0,02 mg/l U
Vanádio: 0,1 mg/l V
Zinco: 0,18 mg/l Zn
Aldrin: 0,01 ug/l
Clordano: 0,04 ug/l
DDT: 0,002 ug/l
Dieldrin: 0,005 ug/l
Endrin: 0,004 ug/l
Endossulfan: 0,056 ug/l
Epóxido de Heptacloro: 0,01 ug/l
Heptacloro: 0,01 ug/l
Lindano(gama-BHC): 0,02 ug/l
Metoxicloro: 0,03 ug/l
Dodecacloro+Nonacloro : 0,001 ug/l
Bifenilas Policloradas (PCB?s): 0,001 ug/l
Toxafeno: 0,01 ug/l
Demeton: 0,1 ug/l
Gution: 0,005 ug/l
Malation: 0,1 ug/l
Paration: 0,04 ug/l
Carbaril: 0,02 ug/l
Compostos organofosforados e carbonatos totais: 10,0 ug/l em Paration
2,4 - D: 4,0 ug/l
2,4,5 - TP: 10,0 ug/l
2,4,5 - T: 2,0 ug/l

Art. 5º - Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da

Classe 1, à execução dos seguintes: a) não será permitida a presença de corantes artificiais que sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26

desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido uma limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

c) Cor: até 75 mg Pt/l

d) Turbidez: até 100 UNT;

e) DBO5 dias a 20° C até mg/l O2;

f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O2.

ANEXO III

RELATÓRIO DE CAMPO

1. PERÍODO DE COLETA

A primeira campanha foi realizada no mês de março/2000, em dois períodos, sendo o primeiro nos dias 20, 21, 22 e o segundo nos dias 27, 28, 29. Foram amostrados, por dia, dois pontos.

1º PERÍODO DE COLETA

Dia 21 - coleta dos pontos 1 e 2

Dia 22 - coleta dos pontos 4 e 5

2º PERÍODO DE COLETA

Dia 28 - coleta dos pontos 3 e 6

Dia 29 - coleta dos pontos 3 e 6

2. EQUIPE TÉCNICA

Na primeiro período de coleta a equipe técnica foi composta por dez pessoas:

Davi de Lima Santos e José Pedro de Araújo Neto (DAAA) - coleta de parâmetros físico-químicos

Mara Eliza P. Salvador (DAHC) e Livia Fernanda Agujaro (CRLC) - coleta de clorofila e perifiton

Dra. Gisela Yuka Shimizu (USP) e Helena Mitiko Watanabe (DAHC) - coleta de bentos e zooplâncton

Marcelo Pires da Costa e Edgard Bistulfi Junior (DAHC) - coleta de peixes

Dione Abraão Z. Pradella e José Bezerra de Souza (EQSE) - caracterização da vegetação e apoio às demais equipes.

No segundo período de coletas a equipe técnica foi composta por dez pessoas:

Davi de L. Santos e José Pedro de Araújo Neto (DAAA) - coleta de parâmetros físico-químicos

Mara Eliza P. Salvador e Rita Cerqueira Ribeiro de Souza (DAHC) - coleta de clorofila e perifiton

Ana Lúcia Brandimate (USP) e Helena Mitiko Watanabe (DAHC) - coleta de bentos e zooplâncton

Geraldo Guilherme José Eysink (DAHC) e Venicio Pedro Ribeiro (DAAA) - coleta de peixes

Dione Abraão Z. Pradella e Rodrigo Coelho Fialho (EQSE) - caracterização da vegetação e apoio às demais equipes.

3. TRANSPORTE

Na primeira semana foram utilizados cinco veículos da Cetesb, incluindo o Laboratório Volante (Foto 1).



Foto 1

Na segunda semana foram utilizados quatro veículos da Cetesb incluindo o Laboratório Volante, mais dois barcos com motor de popa.

4. COLETAS

4.1. PRIMEIRO PERÍODO DE COLETAS

Saída da Cetesb dia 20/03 às 16:00 horas com destino a Piracaia, Pousada da Casa Amarela (alojamento). Após a chegada foram organizados os equipamentos e material de coleta de acordo com as equipes de trabalho.

4.1.1. PONTO 1

Local: Rio Atibainha, Bairro Atibainha a montante da Fazenda Tecelagem.
Dia 21/03/2000.

No dia 21 às 8:00 a equipe dirigiu-se ao ponto 1. Houve dificuldades de acesso ao ponto devido a atoleiros na estrada ocasionados pelas chuvas constantes (Foto 02).

A coleta no ponto 1 iniciou-se às 12:45h., após o preenchimento dos protocolos de avaliação de hábitat. Devido às características do rio, não foi necessária a utilização de embarcações, possibilitando a divisão das equipes de trabalho, de forma a atuarem simultaneamente. O trabalho teve duração de duas horas e trinta minutos.



Foto 2

4.1.1.1. Caracterização do ponto

Trecho sinuoso com largura média de 1,5m, profundidade variando de 50 cm à 1 metro com 99 à 100% de transparência. A margem esquerda constitui-se de pastagem plana, enquanto a direita apresenta declive e vegetação predominantemente arbórea. O trecho amostrado localiza-se à jusante de uma criação de trutas (Foto 3).



Foto 3

4.2.1. PONTO 2

Local: Rio Atibainha, Bairro Atibainha próximo à Fazenda Nogueira Montanhês.
Dia 21/03/2000

A coleta no ponto 2 iniciou-se às 16:00h., após o preenchimento dos protocolos de avaliação de hábitat. Como no ponto anterior, também não foi necessária a utilização de embarcações, possibilitando a divisão das equipes de trabalho, de forma a atuarem simultaneamente. O trabalho teve duração de duas horas e quarenta minutos, com o término às 18:40h.

4.2.1.1. Caracterização do ponto

Trecho de menor sinuosidade que o ponto 1, com pequenas corredeiras. Largura média de 2,5m, profundidade variando de 40 cm à 80cm , com 99 à 100% de transparência.

A margem esquerda apresenta declive acentuado, com vegetação predominantemente arbórea, já a margem direita é plana e com pastagem (Foto 4).

Este trecho da coleta localiza-se à montante de um Vilarejo. Retorno à Pousada às 20:00h, onde o material coletado foi devidamente acondicionado e enviado para Cetesb em veículo destinado para esta função.



Foto 4

4.3.1. PONTO 4

Local: Rio Cachoeira, a montante da Cachoeira dos Pretos, próximo à pedra do Carmo.
Dia 22/03/2000

A coleta iniciou-se às 11:00h, após o preenchimento dos protocolos de avaliação de hábitat. Não foi utilizada embarcação, devido a dificuldade do transporte desta para o local de coleta decorrente das chuvas ocorrida nos dias anteriores, porém, recomenda-se que isto ocorra em coletas futuras devido a profundidade do rio e a altura das margens que necessitam de embarcação para realização do trabalho.

O Laboratório Volante foi utilizado neste local, dando suporte a manipulação das amostras de perifiton.

Neste ponto, os trabalhos das diferentes equipes foram realizados mais uma vez, simultaneamente.

4.3.1.1. Caracterização do ponto

Trecho linear, de largura aproximada de 5m, com duas características distintas: a montante da ponte, que localiza-se no meio do trecho, forte corredeira e lajes, a jusante da ponte o rio apresenta-se com características de ambiente lântico.

As margens direita e esquerda apresentam declive acentuado e constituem-se de espécies predominantemente arbóreas. Trecho sombreado pela mata ciliar com presença marcante de material em suspensão na água (Foto 5).

Esta coleta foi acompanhada pela imprensa: EPTV de São José dos Campos.



Foto 5

4.4.1. PONTO 5

Local: Rio Cachoeira, ponte sobre o rio Cachoeira da estrada Joanópolis – Cachoeira dos Pretos.
Dia 22/03/2000

A coleta iniciou-se às 13:40h, após o preenchimento dos protocolos de avaliação de hábitat e o término às 18:30h. Choveu durante todo período de amostragem. As amostras físico-químicas foram coletadas sobre a ponte existente no local.

Nesta coleta não foi utilizada a embarcação, devido aos problemas referidos no item 4.3., porém, atenta-se para a necessidade da utilização desta, que facilitaria a execução do trabalho. Também neste ponto o Laboratório Volante foi utilizado, dando suporte à manipulação das amostras de perifiton.

Não foi possível medir a velocidade da água neste local devido à falta de embarcação.

Na Pousada o material foi organizado e devidamente acondicionados para o transporte. Parte da equipe retornou à São Paulo na mesma noite transportando o material coletado e a outra parte retornou na manhã do dia 23/03.

4.4.1.1. Caracterização do ponto

O trecho amostrado do rio apresenta pouca sinuosidade, sem corredeira, largura aproximada de 7m e presença de material em suspensão. Trecho pouco sombreado pela vegetação (Foto 6).



Foto 6

4.2. SEGUNDO PERÍODO DE COLETAS

Saída da CETESB no dia 27/03 às 14:00h, com destino a Atibaia para uma inspeção ao ponto 07 com o objetivo de definir o melhor local de acesso para as embarcações. Em seguida, a equipe dirigiu-se à Pousada Casa Amarela em Piracaia.

Após chegada na pousada, foram organizados os equipamentos e materiais de coleta, conforme os grupos de trabalho.

4.2.1. PONTO 6

Local: Rio Cachoeira a jusante do reservatório Cachoeira; na estrada Batatuba-Carreados.
Dia 28/03/2000

No dia 28/03, às 08:00h a equipe dirigiu-se ao ponto 6. Foi decidida a realização da coleta primeiramente neste local, devido à forte chuva que ocorreu durante todo o período da manhã, o que dificultaria o acesso ao local no caso de uma coleta no período da tarde. O início da coleta ocorreu às 10:00h, sendo utilizada apenas uma embarcação para todas as coletas, bem como para a travessia do rio pela equipe de vegetação. O protocolos de avaliação de hábitat foi preenchido após a coleta.

O tempo de amostragem prolongou-se devido à chuva e a utilização de apenas uma embarcação ocasionada pela dificuldade de acesso e largura do rio. Dessa forma os grupos de trabalho não puderam atuar simultaneamente, concluindo suas atividades em torno das 14:30h.

4.2.1.1. Caracterização do ponto

Rio de pouca sinuosidade, apresentando largura aproximada de 8m, com presença marcante de material em suspensão na água.

A margem direita e esquerda são sombreadas pela vegetação, predominantemente arbórea, e próximo a margem direita existem algumas residências (Foto 7).



Foto 7

4.2.2. PONTO 3

Local: Rio Atibainha, a jusante do reservatório Atibainha - Rodovia D. Pedro entre Bom Jesus dos Perdões e Nazaré Paulista.

Dia 28/03

A coleta iniciou-se às 16:20h sendo utilizadas duas embarcações. O acesso ao ponto de coleta foi pela margem direita dentro da área de propriedade do do Hotel Estância Atibainha, o que facilitou a colocação das embarcações na água.

Os trabalhos foram realizados por uma equipe em cada barco, implicando em um maior período de amostragem, quando comparados com os pontos onde não foram utilizadas embarcações.

O protocolos de avaliação de hábitat foram preenchidos durante as coletas de acordo com o tempo disponível de cada integrante.

O tempo da coleta foi de aproximadamente 3 h e 30min.

Término da coleta às 19:00h com dificuldades de saída dos veículos do ponto de amostragem, devido às condições das vias de acesso.

Após a chegada à Pousada, por volta das 20:00h, o material foi preparado e devidamente acondicionado para o envio à CETESB (sede). As amostras de clorofila foram filtradas na pousada.

4.2.2.1. Caracterização do ponto

O trecho amostrado é sinuoso, com largura aproximada de 5m. Presença de material em suspensão na água.

A margem direita, situa-se dentro da área de propriedade do Hotel Estância Atibainha, e é constituída por pasto, estábulos e currais. A margem esquerda apresenta vegetação predominantemente arbórea (Foto 8).



Foto 8

4.2.3. PONTO 8

Local: Rio Atibaia, junto à captação do município de Itatiba.
Dia 29/03

A coleta no ponto 8 iniciou-se às 09:35h, na captação da SABESP em Itatiba, após preenchimento dos protocolos de avaliação de hábitat. Com o objetivo de agilizar as coletas, este ponto foi o primeiro amostrado neste dia por ser mais distante da pousada.

Foram utilizados dois barcos, o que permitiu a atuação simultânea de duas equipes de trabalho (uma em cada embarcação). O término das coletas ocorreu aproximadamente às 13:00h.

4.2.3.1. Caracterização do ponto

O trecho amostrado apresenta pouca sinuosidade, largura aproximada de 25m, sem corredeiras e muito material em suspensão na água.

A margem esquerda situa-se nas dependências da área de captação da SABESP, com gramíneas e alguns indivíduos arbóreos, além de canos de esgotos domésticos

A margem direita apresenta faixa de vegetação arbórea estreita. O trecho coletado margeia a cidade de Itatiba (Foto 9).



Foto 9

4.2.4. PONTO 7

Local: Rio Atibaia, junto à captação da Sabesp do município de Atibaia
Dia 29/03

A coleta iniciou-se às 15:30h, após preenchimento dos protocolos de avaliação de hábitat. Foram utilizadas duas embarcações, e o acesso foi através de uma residência particular

localizada a direita da captação da SABESP em Atibaia, o que permitiu a atuação simultânea de duas equipes de trabalho.

Saída do local de coleta às 20:00h. Na pousada o material foi organizado e devidamente acondicionado para o transporte. Uma parte da equipe retornou à São Paulo na mesma noite transportando o material coletado e a outra parte retornou na manhã do dia 30/03.

4.2.4.1. Caracterização do ponto

O trecho amostrado do rio apresenta-se sinuoso, de largura aproximada de 15m, sem corredeira e com material em suspensão na água.

A margem direita apresenta uma estreita faixa de vegetação arbórea, a esquerda uma parte com vegetação e outra com algumas residências particulares. O trecho margeia a cidade de Atibaia (Foto 10).



Foto 10

EQUIPE TÉCNICA

	Depto de Ecologia, IB-USP
Gisela Yuka Shimizu, Dr (Coordenadora)	
Marta Condé Lamparelli (Coordenadora Setorial)	DAH
Guiomar Johnscher-Fornasaro	DAHC
Helena Mitiko Watanabe, Bióloga	DAHC
Mara Elisa Pereira Salvador, Bióloga	DAHC
Marcelo Pires da Costa, Biólogo	DAHC
Maria do Carmo Carvalho, Bióloga	DAHC
Mônica Luisa Kuhlmann, Bióloga	DAHC
Rita Cerqueira Ribeiro de Souza, Bióloga	DAHC
Eduardo Bertoletti	DAHI
Rosalina Pereira de A.Araújo, farmacêutica	DAHI
Sandra Valéria Buratini, Bióloga	DAHI
Lívia Fernanda Agujaro, Bióloga	CPr-CL
Dione Z. A. Pradella, Bióloga	EQSE
Rodrigo Coelho Fialho, Biólogo	EQSE
José Eduardo Bevilacqua, Químico	ERQ
Nelson Menegon Junior, Eng. Químico	ERQI
Ana Cristina Truzzi, Estatística	ERQI
Elisabeth de Lourdes Avelino, Estatística	SMA - SP

INSTITUIÇÕES PARCEIRAS

Ana Lúcia Brandimarte

Depto de Ecologia, IB-USP

Maria Aparecida Juliano de Carvalho

Depto de Ecologia, IB-USP

Suzana Sendacz

**Instituto de Pesca, SAA -
SP**

AGRADECIMENTOS À

FAPESP-Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo

Equipe de Coleta - DAAA

DAAQ

DAAI

Geraldo G. J. Eysink

Edgard Bistulfi Júnior

**DAHC
ESTAGIÁRIO-DAHC**