

12.1.1.3. Qualidade das Águas Superficiais

a) Introdução

Este estudo visou a caracterização limnológica do rio Ribeira e de seus tributários mais importantes no trecho contido na área de influência direta (AID), acrescida de análises de coletas efetuadas em dois postos a jusante da AID; esses dois últimos pontos foram utilizados para compor o item de impactos cumulativos e sinérgicos, bem como para manter a mesma rede de amostragem de estudo anterior do reservatório da UHE Tijuco Alto (UFSCar/CBA, 1997). Para tanto, foram analisadas as características físicas, químicas e biológicas atuais do rio Ribeira e de alguns de seus tributários, bem como as pressões antrópicas exercidas sobre os corpos d'água. O diagnóstico subsidia os estudos de previsão das características limnológicas do futuro reservatório; as proposições de medidas corretivas; as rotinas de operação da usina hidrelétrica e o gerenciamento dos possíveis usos múltiplos.

b) Materiais e Métodos

O inventário limnológico compreendeu amostragens no rio Ribeira, no trecho compreendido entre os municípios de Cerro Azul (PR) e Eldorado Paulista (SP) e em alguns de seus afluentes (Catas Altas, Tijuco, Criminosas, Rocha e Mato Preto). As campanhas foram realizadas nos dias 4 e 5 de dezembro de 2004 e 5 e 6 de março de 2005. Na análise dos dados, também foram contemplados os resultados do inventário trimestral realizado no período de dezembro de 1995 e setembro de 1996 (UFSCar/CBA, 1997). O sumário dos métodos e a relação dos equipamentos utilizados são apresentados no Quadro 12.1.1/09

- Plantas Aquáticas e Plâncton

Tendo em vista o mapeamento e a identificação das espécies de macrófitas aquáticas, foi vistoriado todo o trecho do rio Ribeira e a foz dos seus tributários.

Nos locais demarcados para coleta de amostras de água foram também recolhidas amostras de plâncton para identificações e determinações quantitativas. Para a análise qualitativa do fitoplâncton as coletas foram feitas através de arrasto horizontal, com rede de abertura de malha de 20 µm. As amostras foram acondicionadas em frascos e fixadas com formol (4%). Para a análise quantitativa, as coletas foram feitas diretamente na sub-superfície, com frasco de volume conhecido; as amostras foram fixadas com gotas de lugol. Os organismos encontrados foram identificados ao menor nível taxonômico possível; para tanto, foram preparadas de 6 a 10 lâminas. A documentação do trabalho foi feita através de descrição dos espécimes preservados. A identificação dos táxons foi feita com auxílio de chaves de identificação, através de bibliografia especializada para os diferentes grupos fitoplanctônicos (BRANCO *et al.*, 1963; BOURRELY, 1968; 1970; 1990; BELCHER & SWALE, 1979; JAMES & ERISON, 1979).

As contagens do fitoplâncton foram realizadas com microscópio invertido (aumento de 400 vezes), a partir do emprego do método de sedimentação (UTERMÖHOL; 1958). O cálculo do número de indivíduos por unidade de volume foi efetuado com base nos procedimentos sugeridos por WETZEL & LIKENS (1978).

QUADRO 12.1.1/09 - LISTA DE VARIÁVEIS E MÉTODOS UTILIZADOS NO INVENTÁRIO LIMNOLÓGICO.

Variáveis	Equipamentos	Métodos
Temperatura	Termômetro digital; sonda múltipla (marca Horiba U-10)	Perfil vertical
Oxigênio dissolvido	Polarimetria - oxímetro; sonda múltipla (marca Horiba U-10)	Amostras superficiais
pH	Eletrométrico - potenciômetro; sonda múltipla (marca Horiba U-10)	Amostras superficiais
Condutividade elétrica	Potenciométrico; sonda múltipla (marca Horiba U-10)	Amostras superficiais
Salinidade	Potenciométrico; sonda múltipla (marca Horiba U-10)	Amostras superficiais
N-Nitrato	Amostras filtradas (filtros AP20 Millipore); colorimetria (Mackereth <i>et al.</i> , 1978)	Amostras superficiais
N-Nitrito	Amostras filtradas (filtros AP20 Millipore); colorimetria (Mackereth <i>et al.</i> , 1978)	Amostras superficiais
N-Amônio	Amostras filtradas (filtros AP20 Millipore); colorimetria (Koroleff, 1976)	Amostras superficiais
Nitrogênio orgânico	Amostras não filtradas; titulometria - N-Kjeldahl (Allen <i>et al.</i> , 1974)	Amostras superficiais
Fósforo total	Amostras não filtradas; colorimetria (Mackereth <i>et al.</i> , 1978)	Amostras superficiais
Fósforo dissolvido	Amostras filtradas (filtros AP20 Millipore); colorimetria (Mackereth <i>et al.</i> , 1978)	Amostras superficiais
Fósforo particulado	Amostras não filtradas; colorimetria (Mackereth <i>et al.</i> , 1978)	Amostras superficiais
Sólidos totais	Gravimetria; balança analítica (marca Boeco; 0,0001 g)	Amostras superficiais
Sólidos não filtráveis	Gravimetria e filtração (filtros AP20 Millipore); balança analítica Boeco (0,0001 g)	Amostras superficiais
Sólidos dissolvidos totais	Amostras filtradas (filtros AP20 Millipore) e gravimetria (balança analítica Boeco; 0,0001 g)	Amostras superficiais
Carbono total	Combustão e detecção em infravermelho (marca Shimadzu, mod. TOC Analyser - 5000A)	Amostras superficiais
Carbono inorgânico	Combustão e detecção em infravermelho (marca Shimadzu, mod. TOC Analyser - 5000A)	Amostras superficiais
Carbono orgânico	Combustão e detecção em infravermelho (marca Shimadzu, mod. TOC Analyser - 5000A)	Amostras superficiais
Coliformes fecais	Método dos tubos múltiplos (CETESB, 1978, 1991)	Amostras superficiais
Coliformes totais	Método dos tubos múltiplos (CETESB, 1978, 1991)	Amostras superficiais
Cor	Espectrofotométrico (APHA, AWWA & WPCF, 1998)	Amostras superficiais
DBO ₅	Oxímetro e incubação por 5 dias a 20°C (APHA, AWWA & WPCF, 1998)	Amostras superficiais
DQO	Titulometria (APHA; AWWA & WPCF, 1998)	Amostras superficiais
Turbidez	Turbidímetro; sonda múltipla (marca Horiba U-10)	Amostras superficiais
Metais (Zn, Pb, Fe, Mn, Cd e Cu)	Espectrometria de emissão óptica (marca Varian modelo AA 1275)	Amostras superficiais
Metais (As)	Espectrometria de emissão atômica com plasma de Ar induzido (marca Thermo Jarrel-Ash, mod. IRIS/AP)	Amostras superficiais
Metais (Hg)	Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio (marca Parkin-Elmer Analyst 300)	Amostras superficiais
Matéria orgânica	Calcinação (450 °C, 4 h) e gravimetria; das amostras (Allen <i>et al.</i> , 1974)	Amostras superficiais
Matéria inorgânica	Calcinação (450 °C, 4 h) e gravimetria; das amostras (Allen <i>et al.</i> , 1974)	Amostras superficiais
Fitoplâncton	Microscópio (marca Zeiss, mod. Axioscop)	Amostras superficiais
Zooplâncton	Estereoscópio (marca Zeiss, mod. Stemi – SV6)	Amostras superficiais

Amostras de zooplâncton foram coletadas para análises qualitativas e quantitativas. As amostragens qualitativas foram realizadas através de arrastos horizontais e verticais. Nas amostragens quantitativas foram coletados 200 litros de água com um balde (vol.: 12 L). Tanto as amostras qualitativas quanto as quantitativas foram filtradas em rede com trama de 68 µm de abertura. O material concentrado foi fixado com solução de formol a 4%, neutralizado. No laboratório, o conteúdo total das amostras qualitativas foi examinado para identificação taxônomica dos organismos, sob microscópio, utilizando-se de bibliografia especializada (PENNAK, 1978; JAHN *et al.*, 1980; REID, 1985; NOGRADY *et al.*, 1995; SMIRNOV, 1996; ELMOOR-LOUREIRO, 1997).

- Águas Superficiais

Os pontos de amostragem foram referenciados geograficamente pelo sistema de posicionamento global por satélite, utilizando-se o aparelho de GPS Garmin, modelo Jeko. As coletas das amostras de água e de sedimento foram realizadas em seis pontos a montante do eixo da barragem e cinco a jusante (Quadro 12.1.1/10 e Figura 12.1.1/02). A rede de amostragem compreendeu aproximadamente 225 km do curso do rio Ribeira e Ribeira de Iguape¹.

As amostras de água foram caracterizadas de acordo com as seguintes variáveis: temperatura (ar e água), pH, carbono total (CT), orgânico (CO) e inorgânico (CI), coliformes (totais e fecais), condutividade elétrica (CE), cor, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrito (N-NO₂), nitrogênio orgânico total (NOT), fosfato (total, dissolvido e particulado), oxigênio dissolvido (OD), sólidos (totais – ST, não filtráveis - SNF e dissolvidos totais - SDT), turbidez e metais totais (As, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn). As variáveis pH, temperatura do ar e da água, OD, CE e turbidez foram determinadas nos pontos de coleta, com sonda (Horiba *Water Quality-Checker*, modelo U-10); quanto às demais variáveis, as amostras de água foram coletadas com garrafa de Van Dorn e preservadas para posterior análise em laboratório. Para a coleta e preservação das amostras de água foram adotadas as técnicas recomendadas no *Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água* (CETESB, 1988).

QUADRO 12.1.1/10 - LOCALIZAÇÕES DOS PONTOS DE COLETA.

ID	Descrição	Coordenadas Geográficas (UTM)
M ₁	Rio Ribeira (eixo da barragem/instalações da CBA)	698.581 X 7.272.182
M ₂	foz do rio das Criminosas	686.396 X 7.270.297
M ₃	Rio do Rocha (≈ 1 km a montante da foz)	689.048 X 7.268.718
M ₄	foz do rio Mato Preto	681.550 X 7.259.844
M ₅	Rio Ribeira (montante da cidade de Cerro Azul - Balsa)	666.629 X 7.254.621
M ₆	Rio do Rocha (em frente a antiga mina do Rocha)	688.798 X 7.265.686
J ₁	Rio Catas Altas (≈ 400 m a montante da foz)	698.667 X 7.274.608
J ₂	Rio Tijuco (≈ 400 m a montante da foz)	702.688 X 7.274.026
J ₃	Rio Ribeira (≈ 2 km a jusante da cidade de Adrianópolis)	703.600 X 7.270.514
J ₄	Rio Ribeira (≈ 2 km a jusante da cidade de Iporanga)	743.910 X 7.278.681
J ₅	Rio Ribeira (a montante da cidade de Eldorado, captação de água da SABESP)	792.391 X 7.285.203

¹ O rio Ribeira apresenta duas denominações: segundo a Carta Topográfica do IBGE, até a cidade de Eldorado, denomina-se Ribeira; a partir deste ponto passa a chamar-se Ribeira de Iguape. Neste trabalho adota-se a denominação de Ribeira para designar-se todo o curso estudado.

FIGURA 12.1.1/02 (A3)COM LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

As frações inorgânicas de nitrogênio (NH_4 , NO_3 e NO_2) foram determinadas com métodos colorimétricos (NH_4 : KOROLEFF, 1976; NO_3 e NO_2 : MACKERETH *et al.*, 1978) e as frações orgânicas (N-org) por titulometria (N-Kjeldahl: Allen *et al.*, 1974). As concentrações de fosfato total foram quantificadas por colorimetria segundo os procedimentos propostos por MACKERETH *et al.* (1978). Os números mais prováveis de coliformes (totais e fecais) foram estimados pela técnica dos “tubos múltiplos” (CETESB, 1978a, 1991). A DQO, DBO_5 , cor e as concentrações de sólidos (totais, não filtráveis e dissolvidos totais) foram estimadas segundo APHA; AWWA & WPCF (1998). As concentrações de carbono total (CT), inorgânico (CI) e orgânico (CO), foram quantificadas com analisador específico (Shimadzu, modelo TOC Analyser - 5000A). Os metais (Cu, Fe, Mn, Pb e Zn) foram quantificados por absorção atômica; o As foi determinado por espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio induzido e o Hg por espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio (APHA; AWWA & WPCF, 1998).

- Sedimentos

As amostras dos sedimentos foram adquiridas nos mesmos locais selecionados para as coletas de amostras de água, com a utilização de draga de Ekman-Birge, e foram preservadas segundo os procedimentos recomendados no *Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água* (CETESB, 1988).

As amostras de sedimentos foram caracterizadas de acordo com as seguintes variáveis: matéria orgânica (MO), matéria inorgânica (MI), Cu, Pb, Sn e Zn. Após as extrações, os metais foram determinados por espectroscopia de absorção atômica (APHA; AWWA & WPCF, 1998). Os teores de matéria orgânica e inorgânica foram determinados por calcinação (450°C , 4 h) das amostras (ALLEN *et al.*, 1974).

- Peixes

Os exemplares de peixes foram obtidos nos rios do Rocha e Ribeira; em seguida, foram congelados para posterior análise. No laboratório, as amostras foram separadas em músculos e vísceras e caracterizadas de acordo com as seguintes variáveis: Cu, Pb e Cd. Após as extrações, os metais foram determinados por espectroscopia de absorção atômica (APHA; AWWA & WPCF, 1998).

c) Resultados e Discussão

No Quadro 12.1.1/11 apresentam-se as variações temporais das vazões médias de longo período do rio Ribeira, em diferentes trechos. As menores vazões médias encontram-se nos pontos localizados mais a montante, observando-se incremento das vazões a jusante, bem como de uma maior definição de suas variações em função das estações do ano. Os pontos de coleta M_5 , M_1 e J_4 , contemplados neste trabalho, situam-se nas proximidades dos postos: Ribeira-Balsa; Ribeira e Eldorado, respectivamente. Com base na classificação geomorfológica e ecológica de rios (RICKER, 1934 *apud* HAWKES, 1975; FITTKAU, 1976; SCHÄFER, 1985) estes resultados de vazão sugerem que as estações M_5 (Cerro Azul), M_1 (sítio do futuro eixo da barragem) e J_3 (jusante do núcleo urbano de Adrianópolis) estejam contidas na região ritral do rio (trecho de rio de montanha, curso superior) enquanto, os pontos J_4 e J_5 sejam pertencentes às regiões de transição e/ou potamal (curso inferior ou trechos de rio de planície). De acordo com esta classificação, caso não ocorram distúrbios antrópicos de grande porte, é esperado que os trechos do rio Ribeira a montante do ponto M_1 tendam a apresentar características típicas de “rios de montanha”, ou seja: alto poder de oxigenação, baixas temperaturas, baixas concentrações de elementos químicos (e.g. metais, nutrientes, DQO e COT) e com atividade biológica relativamente reduzida (e.g. DBO_5). A região de transição entre o ritral e o potamal caracteriza-se, em geral, pelo incremento dos processos de produção primária frente aos demais (consumo e

decomposição). O potamal caracteriza-se, basicamente, pelo predomínio dos processos de decomposição, pelas concentrações elevadas de nutrientes e pelo incremento da temperatura (SCHÄFER, 1985).

QUADRO 12.1.1/11 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DE LONGO PERÍODO DO RIO RIBEIRA (M³ S⁻¹).

	Rib. (balsa) 6F-002	Ribeira 5F-005	Eldorado 5F-001	Sete Barras 4F-015	Registro 4F-002
Jan	139,10	159,25	319,07	375,70	585,83
Fev	136,55	150,64	355,19	390,68	642,37
Mar	121,69	133,20	312,72	352,70	616,19
Abr	101,51	100,61	233,84	262,08	470,33
Mai	108,47	107,26	226,73	255,17	424,75
Jun	128,01	121,25	223,38	258,94	405,94
Jul	105,07	111,65	211,93	242,07	372,71
Ago	102,41	87,10	179,41	197,36	312,78
Set	114,07	102,70	211,48	234,82	370,81
Out	127,93	123,92	236,10	265,94	413,99
Nov	113,35	119,00	218,38	249,13	412,86
Dez	128,52	126,54	232,90	266,89	437,05
média	118,89	120,26	246,76	279,29	455,47

Fonte: Sistema Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo - SIGRH

No Quadro 12.1.1/12 apresentam-se os valores médios das variáveis limnológicas (pH, condutividade elétrica - CE, turbidez, oxigênio dissolvido - OD, temperatura da água e do ar) determinadas diretamente nas estações de coleta (M₁ a M₆ e J₁ a J₅), em dezembro de 2004 e março de 2005. Os valores destas variáveis e das demais resultantes dos levantamentos anteriores (dezembro 1995 a setembro de 1996; UFSCar/CBA, 1997) encontram-se relacionados no Anexo 1.

A maioria dos ambientes aquáticos sem interferência antrópica apresenta pH na faixa de 5,0 a 9,0 (BRANCO & ROCHA, 1977; ALLAN, 1995). A importância desta variável reside no fato de que todos os processos biológicos que ocorrem no meio aquático, assim como o caráter tóxico e a solubilidade de alguns compostos são controlados pelo pH (DMAE, 2000). O pH das águas é utilizado como ferramenta em algumas determinações químicas e de interesse ambiental como, por exemplo, a alcalinidade e o CO₂; pode ser também um indicativo de mudanças no estado fisiológico de um ambiente (PARANHOS, 1996). Em relação ao pH das águas superficiais, na 1^a campanha (dezembro/04), os pontos M₂ (pH = 10,20), M₄ (pH = 10,30), M₅ (pH = 9,21); J₃ (pH = 10,34), J₄ (pH = 9,82) e J₅ (pH = 9,15) apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (pH = 6,0 a 9,0); na 2^a campanha (março/05) nenhum ponto excedeu este limite (Quadro 12.1.1/12). O rio Ribeira percorre uma distância significativa nos terrenos do Planalto, que se constituem na fonte de íons bicarbonato. As concentrações relativamente elevadas destes íons tornam suas águas bem tamponadas. A dominância de íons bicarbonato está associada ao intemperismo dos terrenos da bacia superior de drenagem, na qual encontram-se rochas carbonáticas, na forma de mármores dolomíticos e calcíticos, correspondentes às formações geológicas do grupo Açungui (AB'SABER, 1985 *apud* LOPES & POR, 1990). Embora as características de tamponamento das águas do Ribeira e tributários possam ser creditadas as litologias carbonatadas, há outros vetores litológicos regionais que podem interferir no grau de tamponamento, pois, parte das drenagens verte, também, sobre rochas de origem ácida.

QUADRO 12.1.1/12 - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS (PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE), TURBIDEZ, OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD), TEMPERATURA DA ÁGUA E DO AR) DETERMINADAS DIRETAMENTE NAS ESTAÇÕES DE COLETA (M₁ A M₆ E J₁ A J₅); 1^A CAMPANHA (DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (MARÇO/05).

Variável	Unidade	CONAMA 357/05*	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
1^a campanha													
pH	-	6,0-9,0	7,90	10,20	8,01	10,30	9,21	7,92	7,79	7,65	10,34	9,82	9,15
CE	mS cm ⁻¹	np	0,112	0,093	0,147	0,179	0,164	0,135	0,073	0,122	0,122	0,175	0,131
Turbidez	UNT	100	9,50	13,67	4,50	21,33	18,67	4,25	4,50	3,67	67,33	32,33	25,33
OD	mg L ⁻¹	≥ 5,00	8,12	8,45	10,53	8,39	7,83	9,56	9,16	9,41	8,26	8,24	7,97
Temperatura	°C	np	25,98	23,93	21,60	22,27	21,80	20,90	23,88	21,93	26,07	25,17	24,60
Temperatura ar	°C	np	29,60	29,60	24,80	22,40	21,40	23,70	24,30	24,50	28,10	26,80	24,40
2^a campanha													
pH	-	6,0-9,0	8,12	7,75	8,03	8,03	7,63	7,79	7,83	7,76	7,96	7,84	7,67
CE	mS cm ⁻¹	np	0,120	0,059	0,148	0,131	0,116	0,132	0,071	0,119	0,118	0,098	0,084
Turbidez	UNT	100,00	3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	2,60	0,00	0,00	0,00
OD	mg L ⁻¹	≥ 5,00	7,87	8,72	8,70	8,96	8,48	8,41	8,23	9,01	8,86	8,34	8,32
Temperatura	°C	np	23,90	22,67	19,83	20,97	22,00	19,34	22,00	20,50	25,30	24,50	24,20
Temperatura ar	°C	np	25,90	24,10	21,00	22,90	20,50	21,20	22,00	21,10	26,50	25,60	24,10

(*) Referência adotada da Resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2 (em negrito encontram-se os valores que não atenderam aos limites estabelecidos).

(np) Valores não previstos na Resolução CONAMA 357/05.

A análise dos resultados indica que nos períodos de maior vazão, os valores de pH tenderam a situarem-se entre a neutralidade e ligeira alcalinidade (QUADRO 12.1.1/12, Anexo 1). Por outro lado, os registros obtidos na estiagem e/ou nos finais dos períodos de estiagem, demonstraram que os valores de pH foram sistematicamente maiores. É provável que este evento se constitua numa particularidade desta bacia; neste caso, supõe-se que a recarga natural, propiciada pelas águas subterrâneas às drenagens de superfície durante o período de estiagem, seja enriquecida em íons bicarbonato, fato que contribui para os incrementos do pH; contrariamente, o pH tenderia a valores menores nos períodos de maior pluviosidade, seja pelo efeito diluidor ao aporte proveniente do lençol freático, seja pelo pH de equilíbrio natural das águas de chuva, situado no intervalo entre 5,5 e 6,0.

A condutividade elétrica (CE) da água varia em função da concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas, temperatura, mobilidade e valências dos íons e da concentração relativa de cada íon. Os íons Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Cl^- são derivados primariamente das partículas do ar, enquanto que SO_4^{2-} , NH_4^+ e NO_3^- principalmente dos gases atmosféricos. A concentração e a composição desses íons variam de lugar para lugar, tal variabilidade pode ser atribuída às entradas naturais dos sistemas aquáticos e à ação antropogênica a que tais sistemas estão submetidos (Allan, 1995). Não existe legislação que estabeleça as quantidades máximas de CE para corpos d'água. Em geral, níveis superiores a $0,100 \text{ mS cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2005). Os valores de CE variaram de $0,093 \text{ (M}_2)$ a $0,179 \text{ mS cm}^{-1} \text{ (M}_4)$ na 1ª campanha e de $0,059 \text{ (M}_2)$ a $0,132 \text{ mS cm}^{-1} \text{ (M}_6)$ na 2ª campanha (Quadro 12.1.1/12).

De modo geral, os inventários realizados (1995-1996; dezembro/2004 e março/2005) indicaram que, independente do tempo, as amostras de água apresentaram tendência à alcalinidade e a possuir elevadas concentrações de eletrólitos dissolvidos; provavelmente estas características decorram do predomínio das atividades erosivas desses rios, assim como da própria composição dos eluviados. Os valores mais baixos de condutividade elétrica foram quase sempre obtidos no rio Catas Altas (J_1), enquanto que os resultados mais elevados foram freqüentemente registrados no rio do Rocha, principalmente enquanto ainda havia rejeitos de mineração de chumbo, dispostos na margem esquerda deste rio. Com relação ao rio Ribeira, à exceção do que foi verificado na coleta de dezembro de 2004, parece haver tendência à acidificação de suas águas no sentido de montante para jusante, tal gradiente apresentou-se mais evidente a partir do ponto M_1 . Conforme já discutido nos estudos anteriores (UFSCar/CBA, 1997), é possível que este gradiente decorra de processos ligados às atividades antrópicas, visto que a partir deste ponto (M_1) há evidente adensamento populacional, maior freqüência de núcleos urbanos e de atividades agrícolas desenvolvidas às margens do rio Ribeira. Em geral, estas variáveis (pH e CE) apresentaram valores um pouco mais elevados daqueles normalmente encontrados para rios de montanha sul-americanos (MARGALEF, 1983). Provavelmente estejam indicando o predomínio da ação erosiva dos rios sobre uma bacia relativamente rica em carbonatos.

A turbidez da água é causada pela presença de materiais em suspensão, tais como: argila, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos. Esses materiais podem ocorrer em tamanhos diversos, variando de partículas maiores que se depositam (tamanho $> 1,0 \mu$) até as que permanecem em suspensão por muito tempo (como partículas coloidais). A turbidez excessiva restringe a penetração de luz na água, acarretando redução das atividades fotossintéticas (principalmente nos ambientes lênticos). Os valores de turbidez apresentaram-se, de modo geral, reduzidos, sendo que nas campanhas recentes (2004-2005) os valores registrados para as águas superficiais não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (100 UNT); variando de $0,00 \text{ (M}_2 \text{ a M}_6 \text{ e J}_3 \text{ a J}_5 \text{ na 2ª campanha)}$ a $67,33 \text{ UNT (J}_3 \text{ na 1ª campanha)}$. Tais resultados sugerem que grande parte dos aluviões, provenientes dos processos erosivos, seja rapidamente sedimentada. Nos estudos realizados entre 1995 e 1996 os maiores valores médios de turbidez foram registrados nos pontos M_1 (região do eixo da barragem) e

J₃ (jusante do município de Adrianópolis); no levantamento atual, os valores mais elevados foram registrados nos pontos J₃, J₄ e J₅ (rio Ribeira nos trechos adjacentes aos núcleos urbanos de Adrianópolis, Iporanga e Eldorado, respectivamente). Considerando-se a localização desses últimos pontos, pode-se inferir que tais resultados decorram da maior intensidade de atividades antrópicas exercidas nesses trechos do Ribeira.

Nos ambientes aquáticos os incrementos das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) são provenientes de três fontes, basicamente: a fotossíntese, a aeração e a dissolução atmosférica na água; esta variável é dependente da temperatura e da pressão parcial da água (ALLAN, 1995). As perdas deste elemento ocorrem devido aos processos de consumo durante a oxidação da matéria orgânica; às perdas para a atmosfera; à respiração dos organismos e à oxidação de íons metálicos. As concentrações de OD constituem-se num valioso agente de diagnóstico dos ambientes aquáticos, por serem indicadores sensíveis de vários fenômenos biológicos e químicos da água (PARANHOS, 1996). O OD é uma variável frequentemente utilizada na caracterização ambiental; as baixas concentrações deste elemento são normalmente induzidas por situações de poluição ou de degradação intensa. Para esta variável, em nenhuma campanha, os valores de OD das águas superficiais estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 ($\geq 5,00 \text{ mg L}^{-1}$); os valores variaram de 7,87 (M₁; 2ª campanha) a 10,53 mg L^{-1} (M₃; 1ª campanha). Os recursos hídricos em questão apresentaram-se oxigenados, a exemplo do usualmente verificado, conforme relatado por Cassiano (2001). Os teores de oxigênio dissolvido apresentaram-se elevados, próximos aos valores de saturação, em todos os locais de coleta e durante todo ano (Quadro 12.1.1/12 e Anexo 1). Esses resultados reforçam a hipótese de que esses trechos de rios comportam elevada capacidade de aeração. Provavelmente, tal capacidade decorra das elevadas velocidades da água e da reduzida atividade antrópica da região, frente às cargas diárias de oxigênio disponíveis nos rios.

As estações do ano (escala sazonal), o período diário, as condições climáticas, bem como a latitude, altitude (ALLAN, 1995), o período do dia e a profundidade do corpo d'água (BRIGANTE *et al.*, 2003) exercem influência sobre a temperatura da água. Variações de temperatura fazem parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical, no caso dos sistemas lânticos. A temperatura exerce um papel importante nos processos envolvidos com a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos, com repercussões em toda cadeia alimentar (PARANHOS, 1996), além de influenciar a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água. As temperaturas elevadas diminuem a solubilidade dos gases (por exemplo, o oxigênio dissolvido), além de aumentar a taxa de transferência de gases para a atmosfera, o que pode gerar cheiro desagradável, dependendo do tipo de gás. Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. Não existe na legislação valor de referência para as temperaturas dos corpos d'água. Neste estudo os valores de temperatura da água variaram de: 20,90 (M₆) a 26,07°C (J₃) na 1ª campanha e de 19,34 (M₆) a 24,50°C (J₄) na 2ª campanha. A temperatura do ar variou de 21,40 a 29,60°C (1ª campanha) e de 20,50 a 26,50°C (2ª campanha; Quadro 12.1.1/12). Em decorrência das baixas temperaturas registradas (principalmente nos inventários efetuados entre 1995 e 1996), é possível supor que esta variável possa estar limitando o desenvolvimento das comunidades nectônicas. No entanto, não se dispõe de registros sistemáticos de ocorrências de peixes que possam confirmar esta hipótese para estes rios. Nesse contexto, registra-se que nos períodos em que as campanhas foram efetuadas, praticamente, a pesca não foi observada na região.

Dentre os elementos imprescindíveis para os processos de produção primária cita-se o nitrogênio e o fósforo. Normalmente, as concentrações destes elementos são baixas nos ecossistemas aquáticos e, em geral, condicionam o estado trófico destes ambientes

(WETZEL, 1983). O nitrogênio pode ser encontrado nos compostos dissolvidos ou estruturas em suspensão. Na forma orgânica, está presente, basicamente, nas proteínas, nos aminoácidos e nos compostos húmicos; na forma inorgânica encontra-se nas formas de amônia, nitrito e nitrato. Destes, a amônia e o nitrato são as formas mais utilizadas para a produção de biomassa. Por se constituir em um composto intermediário da conversão biológica da amônia a nitrato, as concentrações de nitrito são sempre relativamente baixas; somente em condições especiais este composto apresenta-se com concentrações elevadas. A amônia constitui-se, para os produtores primários, na forma energética mais interessante para ser utilizada, pois a partir de sua assimilação é prontamente incorporada no metabolismo. No caso do nitrato, após sua assimilação, este composto deve ser reduzido à amônia (intracelularmente) para haver a incorporação metabólica do nitrogênio. Por esse motivo, nos sistemas aquáticos em condições aeróbias, é comum o nitrato constituir-se na forma mais abundante de nitrogênio inorgânico. Da mesma forma, o fósforo apresenta-se na formas orgânicas e inorgânicas, solúveis e particuladas. Os processos de absorção pelas comunidades dos produtores primários, em geral, assimilam este elemento nas espécies iônicas do ortofosfato. Por se constituírem normalmente em fator nutricional limitante, as formas iônicas de fósforo geralmente encontram-se em concentrações abaixo dos limites de detecção dos métodos analíticos e por este motivo, é comum em inventários desta natureza, a utilização da concentração do fósforo total, que representa o somatório das frações orgânicas, inorgânicas, dissolvidas e particuladas. Nesse contexto, no Quadro 12.1.1/13 são apresentados os valores médios de N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄, N-org, P-total, P-dissolvido e P-particulado determinados nas estações de coleta (M₁ a M₅ e J₁ a J₅) durante a 1^a (dezembro/2004) e 2^a (março/2005) campanha.

Em geral, o nitrato é a principal forma de nitrogênio inorgânico encontrado nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5 mg L⁻¹ demonstram condições sanitárias inadequadas, pois as principais fontes de nitrato nos corpos d'água são: dejetos (humanos e animais) e os fertilizantes nitrogenados. Segundo BRIGANTE *et al.* (2003) os nitratos possuem característica resiliente, sendo um eficiente indicador de poluição. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem em sua presença. Em nenhuma campanha os valores de referência para o nitrato, (CONAMA 357/05; 10,00 mg L⁻¹) estiveram acima do instituído; os valores variaram de 0,09 (M₂; 1^a campanha) a 2,47 mg L⁻¹ (J₂; 1^a campanha; Quadro 12.1.1/13).

O íon nitrito é uma forma de nitrogênio inorgânico normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois este íon é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito também pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos nos recursos hídricos pode indicar processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. Em todas as campanhas, as concentrações de nitrito estiveram abaixo do limite máximo estabelecido (CONAMA 357/05: 1,00 mg L⁻¹); os valores variaram de 0,001 (J₃; 2^a campanha) a 0,035 mg L⁻¹ (M₁; 1^a campanha; Quadro 12.1.1/13).

O nitrogênio amoniacal é uma substância tóxica, não persistente e não cumulativa; sua concentração é normalmente baixa. O íon amônio (NH₄⁺) é a forma preferencial de assimilação do nitrogênio inorgânico para as atividades metabólicas de bactérias e fungos. Há de se considerar que por se tratar de um gás, a amônia pode se difundir para a atmosfera, podendo acarretar perdas de nitrogênio para o sistema (ESTEVES, 1998). A amônia está presente na água na forma iônica (NH₄⁺) ou não (NH₄OH e NH₃); dependendo da concentração e do pH, na forma não ionizada pode ser tóxica para muitos organismos (WETZEL, 1983). Nas campanhas, as concentrações de nitrogênio amoniacal apresentaram valores baixíssimos ou nulos, nunca acima do limite estabelecido (CONAMA 357/05; 2,0 mg L⁻¹); os valores variaram de 0,000 (M₂, J₃ e J₅; 1^a campanha) a 0,066 mg L⁻¹ (J₁; 1^a campanha; Quadro 12.1.1/13).

QUADRO 12.1.1/13 - VALORES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FÓSFORO (PARTICULADO, DISSOLVIDO E TOTAL) E NITROGÊNIO (NITRATO, NITRITO, AMÔNIO E NITROGÊNIO ORGÂNICO TOTAL) DAS AMOSTRAS DE ÁGUA; 1^A CAMPANHA (DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (MARÇO/05).

Variável	Unidade	CONAMA 357/05*	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
1^a campanha													
N-NO₃	mg L ⁻¹	10,0	0,88	0,09	2,19	1,25	1,03	-	0,23	2,47	0,66	0,83	1,26
N- NO₂	mg L ⁻¹	1,0	0,035	0,018	0,009	0,011	0,022	-	0,013	0,014	0,015	0,024	0,020
N-NH₄	mg L ⁻¹	2,0	0,0029	0,0000	0,0003	0,0067	0,0043	-	0,0066	0,0034	0,0000	0,0064	0,0000
N-org	mg L ⁻¹	np	0,550	0,500	0,583	0,567	0,467	-	0,733	0,600	0,650	0,567	0,700
P-total	mg L ⁻¹	0,1	0,028	0,005	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,012	0,000	0,002	0,000
P-dissolvido	mg L ⁻¹	np	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
P-particulado	mg L ⁻¹	np	0,028	0,005	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,012	0,000	0,002	0,000
2^a campanha													
N-NO₃	mg L ⁻¹	10,0	1,18	0,23	2,40	1,71	0,99	-	0,28	2,27	1,19	1,21	1,58
N- NO₂	mg L ⁻¹	1,0	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	-	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
N-NH₄	mg L ⁻¹	2,0	0,0003	0,0005	0,0005	0,0008	0,0008	-	0,0006	0,0004	0,0007	0,0011	0,0007
N-org	mg L ⁻¹	np	0,633	0,667	0,717	0,783	0,767	-	0,817	0,633	0,600	0,650	0,617
P-total	mg L ⁻¹	0,1	0,018	0,016	0,000	0,019	0,008	-	0,010	0,024	0,021	0,010	0,014
P-dissolvido	mg L ⁻¹	np	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,015	0,008	0,000	0,000
P-particulado	mg L ⁻¹	np	0,018	0,007	0,000	0,019	0,008	-	0,010	0,009	0,014	0,010	0,014

(*) Referência adotada da Resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2 (em negrito encontram-se os valores que excederam aos limites estabelecidos).

(np) Valores não previstos na Resolução CONAMA 357/05.

O nitrogênio orgânico compreende todos os compostos orgânicos que contêm nitrogênio tais como proteínas, polipeptídios, aminoácidos e uréia. Não existe na legislação atual valor que determine as quantidades máximas de N-org para águas; nas duas últimas campanhas os valores oscilaram entre 0,467 (M₅; dez/2004) a 0,817 mg L⁻¹ (J₁; mar/2005). Quadro 12.1.1/13. Os aumentos das cargas orgânicas procedentes de esgotos domésticos, efluentes industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes podem incrementar os teores de fósforo. O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária. No entanto, quando sua oferta num manancial é elevada, ocasiona o crescimento exagerado de algas que, quando morrem, consomem o oxigênio presente na água, prejudicando a vida aquática. Todas as amostras de água coletadas nas duas campanhas recentes (2004-2005) não apresentaram concentrações de fósforo total maiores que a prevista na Resolução CONAMA 357/05 (0,1 mg L⁻¹). Em relação ao P-dissolvido e P-particulado, não há previsão de suas concentrações máximas permitidas, assim suas variações foram: P-dissolvido de 0,000 (todos os pontos na 1ª campanha) a 0,015 mg L⁻¹ (J₂ na 2ª campanha) e P-particulado de 0,000 (M₃, M₄, M₅, J₁, J₂ e J₅: 1ª campanha e M₃: 2ª campanha) a 0,028 mg L⁻¹ (M₁ na 2ª campanha) Quadro 12.1.1/13.

Com base nos resultados registrados nos levantamentos limnológicos realizados entre dezembro de 1995 e setembro de 1996 (Anexo 1), verificou-se que os teores de fósforo total e nitrogênio inorgânico totais variaram, respectivamente, de 18,3 (rio do Rocha, dezembro/1995) a 147,9 µg L⁻¹ (rio Ribeira, M₄; março/1996) e de 0,01 (J₁, rio Catas Altas, dezembro/1995) a 0,28 mg L⁻¹ (J₅, rio Ribeira; setembro/1996). Atualmente, nota-se que as concentrações de fósforo encontram-se menores que as registradas nos anos 90. Contudo, conforme observado nos levantamentos pretéritos, os incrementos de concentração de fósforo nos pontos próximos aos núcleos urbanos acusam, de forma inequívoca, o efeito das aduções de efluentes urbanos nos rios. De acordo com os resultados apresentados (Anexo 1 e Quadro 12.1.1/13) foi possível constatar que o nitrogênio presente nesses rios encontra-se principalmente na forma orgânica. Estes resultados sugerem que em relação aos teores de NOT, a matéria orgânica dissolvida deva ser a principal fonte de nitrogênio desses sistemas, cabendo aos organismos planctônicos e formas químicas em suspensão (detritos, complexos inorgânicos, etc.) papel secundário.

No Quadro 12.1.1/14 são apresentados os valores médios das concentrações de DQO, DBO₅, cor e sólidos (totais, sólidos não filtráveis e dissolvidos totais) das amostras de água coletadas nas estações (M₁ a M₅ e J₁ a J₅) durante as duas últimas campanhas.

Por definição, a DQO (demanda química de oxigênio) é uma medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar toda a matéria orgânica (e o eventual material inorgânico reduzido) presente em uma amostra de água. Valores que variaram de 9 (J₂; 1ª campanha) a 61 mg L⁻¹ (M₁; 2ª campanha) foram obtidos para os pontos amostrados (Quadro 12.1.1/14). Ressalta-se que para esta variável não existe valor de referência na legislação. Os valores de DQO indicaram que, no geral, os recursos hídricos não se encontram muito afetados no que se refere às aduções de efluentes orgânicos (esgotos sanitários).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um processo comparável aos fenômenos de oxidação biológica que ocorrem na natureza. É a quantidade necessária de oxigênio para consumir a matéria orgânica biodegradável lançada na água. Indica a presença de matéria orgânica, a qual pode ter origem nos esgotos cloacais ou nos efluentes industriais; quanto maior a DBO, maior a tendência de redução na concentração do oxigênio dissolvido na água. Em nenhuma campanha os valores de DBO₅ das amostras excederam o limite legal estabelecido ($\geq 5,00$ mg L⁻¹); os valores variaram de 0,85 (J₁; 1ª campanha) a 2,55 mg L⁻¹ (J₂; 2ª campanha). Quadro 12.1.1/14.

QUADRO 12.1.1/14 - VALORES DAS CONCENTRAÇÕES DE DQO, DBO, COR E SÓLIDOS (TOTAIS, SÓLIDOS NÃO FILTRÁVEIS E DISSOLVIDOS TOTAIS) DAS AMOSTRAS DE ÁGUA; 1^A CAMPANHA (DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (MARÇO/05).

Variável	Unidade	CONAMA 357/05*	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
1ª campanha													
DQO	mg L ⁻¹	-	11	24	14	16	26	-	23	9	16	24	38
DBO₅	mg L ⁻¹	≤ 5,00	0,86	-	-	-	-	-	0,85	1,27	1,34	-	-
Cor	mg Pt L ⁻¹	75	29	55	36	42	31	-	43	28	41	66	77
ST	g L ⁻¹	np	0,158	0,098	0,115	0,171	0,113	-	0,099	0,094	0,082	0,111	0,030
SNF	g L ⁻¹	np	0,057	0,007	0,011	0,013	0,012	-	0,008	0,007	0,014	0,018	0,022
SDT	g L ⁻¹	0,5	0,101	0,091	0,104	0,159	0,101	-	0,092	0,087	0,068	0,093	0,008
2a campanha													
DQO	mg L ⁻¹	-	61	58	16	28	32	-	46	34	49	29	32
DBO₅	mg L ⁻¹	≤ 5,00	1,86	-	-	-	-	-	2,54	2,55	2,49	-	-
Cor	mg Pt L ⁻¹	75	60	56	24	38	43	-	57	46	85	51	59
ST	g L ⁻¹	np	0,108	0,077	0,112	3,331	0,122	-	1,795	0,144	0,146	0,090	0,193
SNF	g L ⁻¹	np	0,014	0,005	0,009	0,013	0,010	-	0,006	0,011	0,018	0,010	0,019
SDT	g L ⁻¹	0,5	0,095	0,072	0,104	3,318	0,113	-	1,788	0,133	0,128	0,080	0,174

(*) Referência adotada da Resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2 (em negrito encontram-se os valores que excederam aos limites estabelecidos).

(np) Valores não previstos na Resolução CONAMA 357/05.

Com relação à DQO, com base nos levantamentos efetuados nos anos 90 (Anexo 3) e nos atuais (Quadro 12.1.1/14), parece haver no rio Ribeira a tendência de formação de um gradiente horizontal de concentração, crescente no sentido montante-jusante. Os valores elevados de DQO, freqüentes nos pontos de jusante do rio Ribeira (J₃, J₄ e J₅), provavelmente refletem as emissões geradas nos núcleos urbanos. Comparando-se os resultados obtidos em 1995/96 e os atuais, é possível supor que as concentrações da DQO foram incrementadas nos últimos dez anos. Por outro lado, as de DBO₅, em média, encontram-se próximas (ou um pouco abaixo) das verificadas nos anos 90. Os valores de DBO₅ registrados na campanha de junho de 1996 excederam os limites estabelecidos pela legislação para os rios Ribeira, Tijuco e Catas Altas, considerados como de classe 2 (valor máximo = 5,0 mg L⁻¹). Nesta ocasião todos os pontos apresentaram altos valores de DBO₅, podendo-se supor que as amostras desta campanha continham lixiviados orgânicos e percolados provenientes das enxurradas das chuvas.

De modo geral, os resultados obtidos indicam a potencialidade de uso desses recursos como mananciais alternativos de abastecimento, empregando-se tratamento convencional da água. No caso de utilização destes rios para o abastecimento, tais resultados sugerem, ainda, que sejam adotadas medidas de proteção e controle, como: proteção da vegetação ciliar, controle do desmatamento das áreas adjacentes aos rios e controle das emissões afluentes. Por outro lado, nas demais ocasiões os valores obtidos de DBO₅ permitem classificar as águas destes rios como sendo de classe 1.

A cor da água pode variar em função da presença de íons metálicos (principalmente ferro e manganês), de plâncton, de algas, de compostos húmicos, de ligninas e seus produtos da decomposição, bem como de efluentes industriais. A intensidade da cor da água depende do pH, aumentando em função do aumento da alcalinidade (CETESB, 1978c). O valor máximo estabelecido para cor em águas de Classe 2 é de 75 mg Pt L⁻¹. Somente para a amostra coletada no ponto J₃, na 2^a campanha, este valor alcançou 85 mg Pt L⁻¹ (Quadro 12.1.1/14). É possível, neste caso, que o aumento da cor da água do Ribeira decorra de alguma fonte pontual de poluição presente no núcleo urbano de Adrianópolis, ou mesmo, das elevadas concentrações de ferro neste local (J₃).

Os sólidos ocorrem, em geral, na forma dissolvida e são constituídos principalmente de sais inorgânicos e de pequenas quantidades de matéria orgânica. As quantidades de material coloidal não dissolvido e de material em suspensão aumentam com o grau de poluição. Por esta razão, a determinação do resíduo não filtrável é de grande utilidade para avaliar o grau poluidor e posterior controle da poluição das águas (CETESB, 1978d). Os valores máximos permitidos pela legislação em vigor somente foram ultrapassados na 2^a campanha (março de 2005) nos tributários: Mato Preto (M₄: 3,318 mg L⁻¹) e Catas Altas (J₁:1,788 mg L⁻¹). Em relação aos sólidos totais (ST) e sólidos não filtráveis (SNF), não existem valores máximos previstos na legislação; suas variações foram: ST de 0,077 (M₂; 2^a campanha) a 3,331 mg L⁻¹ (M₄; 2^a campanha) e SNF de 0,007 (M₂ e J₂; 1^a campanha) a 0,057 mg L⁻¹ (M₁; 1^a campanha), Quadro 12.1.1/14. Os resultados obtidos entre 1995 e 1996 (Anexo 1) demonstram que, àquela época, os maiores valores foram sempre observados na estação de coleta do rio do Rocha (M₃). Provavelmente, tais eventos decorreram da lixiviação dos rejeitos até então dispostos em área adjacente a sua margem. Os teores de sólidos totais observados nos rios Catas Altas (J₁) e Tijuco (J₂) apresentaram variações na mesma ordem de grandeza que os observados no rio Ribeira. Conforme os registros pretéritos, as variações espaciais de resíduos totais (Quadro 12.1.1/14) não definiram no rio Ribeira um gradiente horizontal. No entanto, quase sempre, verifica-se a predominância dos resíduos filtráveis sobre os não filtráveis, sugerindo que grande parte dos resíduos presentes encontra-se na forma dissolvida, em detrimento dos materiais em suspensão. Esses resultados confirmam os baixos valores de turbidez e os altos valores de condutividade elétrica observados (Anexo 1 e Quadro 12.1.1/12).

QUADRO 12.1.1/15 – VALORES DAS CONCENTRAÇÕES DE CARBONO TOTAL (CT), INORGÂNICO (CI) E ORGÂNICO (CO) E COLIMETRIA (COLIFORMES TOTAIS E FECALIS) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA; 1^A CAMPANHA (DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (MARÇO/05).

Variável	Unidade	CONAMA 357/05*	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
1a campanha													
CT	mg L ⁻¹	np	16,87	10,53	19,39	16,32	15,30	-	10,99	14,18	15,14	12,18	12,59
CI	mg L ⁻¹	np	15,21	7,76	19,39	16,32	14,83	-	10,57	14,13	15,14	11,13	8,85
CO	mg L ⁻¹	np	1,66	2,77	0,00	0,00	0,48	-	0,42	0,05	0,00	1,05	3,74
Coliformes totais	NMP 100ml ⁻¹	5000	1100	-	-	-	-	-	1300	3000	2200	-	-
Coliformes fecais	NMP 100ml ⁻¹	1000	700	-	-	-	-	-	800	1100	1300	-	-
2a campanha													
CT	mg L ⁻¹	np	19,19	10,56	21,03	18,76	17,68	-	10,81	16,71	18,40	14,17	11,16
CI	mg L ⁻¹	np	16,93	8,08	20,34	18,76	16,50	-	10,06	16,54	16,58	13,34	11,16
CO	mg L ⁻¹	np	2,26	2,47	0,69	0,00	1,18	-	0,75	0,17	1,82	0,84	0,00
Coliformes totais	NMP 100ml ⁻¹	5000	1700	-	-	-	-	-	5000	7000	5000	-	-
Coliformes fecais	NMP 100ml ⁻¹	1000	800	-	-	-	-	-	500	1700	1700	-	-

(*) Referência adotada da Resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2 (em negrito encontram-se os valores que excederam aos limites estabelecidos).

(np) Valores não previstos na Resolução CONAMA 357/05.

No Quadro 12.1.1/15 apresentam-se os valores médios das concentrações de carbono total (CT), inorgânico (CI), orgânico (CO) e colimetria (coliformes totais e fecais) das amostras de água coletadas nas campanhas de dezembro de 2004 e março de 2005. O carbono orgânico dissolvido (CO) é formado por compostos orgânicos, produtos intermediários da decomposição de plantas e animais, lixiviados de solo, despejos urbanos, etc; dividem-se em duas categorias: compostos húmicos (sem composição química definida) e não húmicos (com composição química definida; e.g. carboidratos, proteínas). As concentrações de carbono inorgânico (CI) representam o somatório das concentrações de CO₂ dissolvido, ácido carbônico, bicarbonato e carbonato. O carbono total (CT) compreende o conjunto dos compostos orgânicos e inorgânicos que possuem carbono em suas composições. A legislação não prevê valores de referência para estas variáveis; os resultados obtidos foram: para CT de 10,53 (M₂, 1^a campanha) a 21,03 mg L⁻¹ (M₃, 2^a campanha); CI de 7,76 (M₂, 1^a campanha) a 20,34 mg L⁻¹ (M₃, 2^a campanha) e quanto a CO de 0,00 (M₃, M₄ e J₃; 1^a campanha e M₄ e J₄; 2^a campanha) a 3,74 mg L⁻¹ (J₅; 1^a campanha), conforme mostra o Quadro 12.1.1/15. No geral, os resultados de carbono indicam a predominância acentuada das formas inorgânicas (principalmente bicarbonatos), decorrente das características geológicas locais e sugerem a ocorrência de baixas pressões antrópicas sobre os recursos hídricos em questão. Neste caso, os baixos valores de DBO e DQO (Quadro 12.1.1/14) corroboram esta hipótese. Os teores de carbono orgânico total foram relativamente baixos, variando entre concentrações menores que 10 µg L⁻¹ a 2,77 mg L⁻¹ (Anexo 1 e Quadro 12.1.1/15). Os pontos de coleta M₂ e J₃ apresentaram, com frequência, os maiores valores. Com relação à estação M₂ supõe-se que estes resultados reflitam a contribuição de lixiviados orgânicos a partir da sub-bacia do rio das Criminosas. Quanto aos valores obtidos no ponto J₃, é possível que decorram do efeito dos despejos urbanos gerados nos núcleos urbanos dos municípios de Adrianópolis e de Ribeira.

A comparação dos valores de COT, DBO₅ e DQO (Quadros 12.1.1/14 e 12.1.1/15, Anexo 1) sugere que as frações orgânicas pouco contribuem para a composição dos valores de DQO, ou seja, grande parte da DQO provavelmente deva-se a oxidação de compostos inorgânicos reduzidos (dissolvidos e particulados). Convém ressaltar ainda que a característica alcalina das águas dos rios inventariados induz a solubilização de compostos húmicos (ácidos húmicos e fúlvicos) dos sedimentos. Dependendo do teor de matéria orgânica dos sedimentos, esta solubilização pode se constituir em uma fonte autóctone (interna) de COT para os sistemas aquáticos; contudo, devido à natureza mineral dos sedimentos destes rios é possível que esta fonte de compostos orgânicos tenha importância secundária.

As bactérias coliformes são típicas dos intestinos de animais de sangue quente; assim por estarem sempre presentes nas fezes destes animais e por serem de determinação simples, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da poluição de origem doméstica, revelando assim as características sanitárias da água (DMAE, 2000). Constituem o indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo mundo, sendo empregado como variável bacteriológica na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas tanto ao uso consuntivo como o não consuntivo. Os organismos coliformes são definidos como bacilos Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, que fermentam lactose com produção de gás em 24h a 35 °C. Neste grupo estão incluídos os gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*.

A Organização Mundial da Saúde inclui no grupo coliforme todos os bacilos Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento e que fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás, a 35°C (24-48h). Uma porcentagem muito elevada (≈ 95%) dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais constitui-se de *Escherichia coli*. Admite-se, usualmente, que as fezes humanas e dos animais homeotérmicos sejam ricas em coliformes e que estas bactérias sejam normalmente

ausentes em águas não poluídas. Alguns membros do grupo coliforme podem ocorrer, às vezes, com relativa abundância no solo e mesmo em plantas. Mesmo assim, as águas não poluídas praticamente não apresentam tais bactérias. Uma grande vantagem de se utilizar os coliformes como índice de poluição é o fato de que seu número no meio aquoso apresenta, com o tempo, decréscimo semelhante aos das bactérias patogênicas intestinais.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera. Em relação à colimetria, entre 2004 e 2005, as maiores densidades de coliformes totais, que ultrapassaram o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, foram registradas na 2ª campanha nos pontos J₁ (rio Catas Altas; 5000 NMP 100 ml⁻¹), J₂ (rio Tijuco; 7000 NMP 100 ml⁻¹) e J₃ (rio Ribeira a jusante de Adrianópolis; 5000 NMP 100 ml⁻¹); em relação aos coliformes fecais, nas duas últimas campanhas, os pontos J₂ (1100 e 1700 NMP 100 ml⁻¹, respectivamente) e J₃ (1300 e 1700 NMP 100 ml⁻¹, respectivamente) também excederam os valores de referência (1000 NMP 100 ml⁻¹; Quadro 12.1.1/15). Estes resultados refletem, inequivocamente, a presença de atividades antrópicas próximas aos corpos d'água, onde há lançamento de esgotos domésticos, acessos de animais aos recursos hídricos e de enxurradas de pastos, por exemplo.

Com base nas variações temporais das densidades de coliformes (totais e fecais) do inventário realizado entre 1995 e 1996 (Anexo 1) é possível constatar que, no passado, as maiores oscilações ocorreram nos pontos de coleta do rio Ribeira M₁ (eixo do barramento) e J₃ (trecho do Ribeira a jusante de Adrianópolis). Os pontos de coleta M₁ e J₁ (rio Catas Altas) apresentaram as melhores condições médias, permitindo a caracterização das águas destes locais como sendo de classes 2 e 3, respectivamente. Em média, os valores obtidos nas estações J₃ (rio Ribeira a jusante do município de Adrianópolis) e J₂ (rio Tijuco) excederam o valor máximo permitido para a classe 3. Em geral, estes pontos comportaram, com maior frequência, as piores condições, tendo as amostras do rio Tijuco (J₂) as piores condições médias e a maior densidade registrada. Nesse contexto, comparando-se os números de coliformes fecais (CF) e totais (CT) é possível verificar que usualmente as quantidades de coliformes fecais excederam o valor de 20% da população de microrganismos.

Os metais ocorrem nas águas nas formas: coloidais, particuladas e dissolvidas, podendo ser encontrados nas formas de hidróxidos, óxidos, silicatos, carbonatos, sulfatos ou sulfetos e adsorvidos em argila, sílica ou matéria orgânica. As formas solúveis geralmente são íons ou quelatos de compostos organometálicos. A solubilidade dos metais é predominantemente controlada pelo pH das águas, o tipo e a concentração dos ligantes no qual o metal pode estar adsorvido e pela condição de oxi-redução do sistema. A química da água controla as taxas de adsorção e dessorção dos metais entre o sedimento e a coluna d'água. A adsorção remove o metal da coluna d'água e o deposita nos sedimentos; a dessorção devolve o metal para a coluna d'água na qual a recirculação e a bioassimilação podem acontecer (por exemplo, acúmulo de metais pelo fitoplâncton e pelas macrófitas aquáticas). Os metais possuem ação poluente nos ecossistemas e são geralmente tóxicos; têm origem geoquímica (composição química da litosfera) ou antrópica (emissões industriais, agrícolas, efluentes domésticos). De acordo como as características geoquímicas e as atividades pretéritas de mineração desenvolvidas nessa região, foram selecionados para análise os seguintes metais: mercúrio, chumbo, zinco, ferro, manganês, cobre, estanho e arsênio. Nesse contexto, no Quadro 12.1.1/16 são apresentados os valores médios das concentrações de chumbo (Pb), cobre (Cu), zinco (Zn), arsênio (As), mercúrio (Hg), ferro (Fe) e manganês (Mn) das amostras de água coletadas nas estações (M₁ a M₆ e J₁ a J₅) durante as duas últimas campanhas. Comparando os dados atuais com os obtidos entre 1995 e 1996 para zinco, chumbo, cobre e arsênio (Anexo 1) foi possível constatar que,

neste período, as águas do Ribeira e de seus tributários encontravam-se isentas desses metais ou os continham em quantidades abaixo dos valores estabelecidos como críticos. Naquela ocasião, os elementos que apresentaram concentrações excessivas foram Fe e Hg (o manganês apresentou concentração maior que $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ ($0,11 \text{ mg L}^{-1}$) apenas uma vez: ponto M_1 em junho de 1996). Mesmo, naquela época (1995 e 1996), com a presença de rejeitos de mineração de galena na margem esquerda do rio do Rocha, vale ressaltar a ausência de chumbo nas amostras de água do ponto M_3 . Considerando que as formações de compostos pelos elementos metálicos sejam fortemente influenciadas pelo pH e Eh (Sigg, 1985), nota-se que as predominâncias de alcalinidade e de oxigenação apresentadas por este rio favoreceram a complexação do chumbo em formas de fácil sedimentação, impedindo que ele fique dissolvido e diminuindo, desse modo, o seu potencial de propagação. De acordo com os resultados obtidos, supõe-se que esse processo também ocorra para os demais cátions metálicos nos rios em questão, devido aos freqüentes valores elevados de pH e às concentrações altas de oxigênio dissolvido (Anexo 1 e Quadro 12.1.1/12).

No Quadro 12.1.1/17 apresentam-se os teores de chumbo (Pb), cobre (Cu), zinco (Zn), estanho (Sn) e matéria orgânica (MO) e inorgânica (MI) das amostras de sedimento, obtidas nas estações (M_1 a M_6 e J_1 a J_5) em dezembro de 2004 e março de 2005. Os valores das concentrações de chumbo (Pb), cobre (Cu) e cádmio (Cd) das vísceras e tecido muscular de peixes durante a 1ª ($n = 8$; dezembro/04) e 2ª campanhas ($n = 7$; março/05) são relacionados no Quadro 12.1.1/18. Os teores de metais nos sedimentos, registrados nas campanhas realizadas entre 1995 e 1996 encontram-se relacionados no Anexo 1.

O zinco é um elemento essencial para o crescimento e sua presença é comum nas águas naturais, porém, em concentrações superiores a $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas. As águas com concentrações elevadas de zinco possuem aparência leitosa e contém sabor metálico ou adstringente quando aquecidas (CETESB, 2005). Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes e as algas são bem conhecidos. A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel. Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ como o valor máximo permissível. Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de $< 0,001$ a $0,10 \text{ mg L}^{-1}$. O zinco é largamente utilizado na indústria, principalmente em galvanoplastias, na forma metálica e de sais, tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. Pode entrar no ambiente através de processos naturais (lixiviação de rochas e solos) e antropogênicos, entre os quais destaca-se a produção de zinco primário, a combustão de madeira, a incineração de resíduos, a produção de ferro e aço e os efluentes domésticos. Nas amostras de águas superficiais coletadas nas 1ª e 2ª campanhas, nenhuma delas apresentou concentrações de Zn superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, de $0,18 \text{ mg L}^{-1}$. Quanto à presença de zinco no solo, no estado de São Paulo, o limite de Zn estabelecido é de $60,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (CETESB, 2001). Em relação às amostras de sedimentos coletadas na 1ª campanha, os pontos M_1 ($116,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M_2 ($148,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M_3 ($181,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M_4 ($161,5 \text{ mg kg}^{-1}$), M_5 ($154,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_6 ($184,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J_1 ($146,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J_2 ($137,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J_3 ($107,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J_4 ($121,5 \text{ mg kg}^{-1}$) e J_5 ($120,0 \text{ mg kg}^{-1}$) apresentaram concentrações de zinco excedentes ao limite estabelecido para os solos. Na 2ª campanha os sedimentos que apresentaram concentrações mais elevadas do que o valor de referência foram os coletados nos pontos: M_3 ($140,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_4 ($64,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_6 ($255,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J_4 ($80,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e J_5 ($85,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Nesse contexto, ressalta-se que essa região é reconhecida por abrigar modelos de depósitos: Cu-Pb-Zn do tipo Perau e Pb-Zn-Ag do tipo Panelas (FLEISCHER, 1976 *apud* FIGUEIREDO, 2000), que conferem, naturalmente, certa abundância de sulfetos polimetálicos (*e.g.* pirita, pirrotita, esfalerita, galena e calcopirita) a esta província, em relação a outros sítios do estado de São Paulo.

QUADRO 12.1.1/16 - VALORES DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (Pb), COBRE (Cu), ZINCO (Zn), ARSÊNIO (As), MERCÚRIO (Hg), FERRO (Fe) E MANGANÊS (Mn) DAS AMOSTRAS DE ÁGUA; 1^A CAMPANHA (DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (MARÇO/05).

Variável	Unidade	CONAMA 357/05*	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
1^a campanha													
Zn	mg L ⁻¹	0,18	<0,002	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Pb	mg L ⁻¹	0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fe	mg L ⁻¹	0,3	1,16	0,73	0,48	0,97	1,07	0,45	0,57	0,63	0,99	1,32	1,71
Mn	mg L ⁻¹	0,1	0,06	0,02	0,08	0,10	0,06	0,06	0,02	0,06	0,06	0,07	0,09
Cu	mg L ⁻¹	0,009	0,42	0,21	0,27	0,32	0,22	0,27	0,17	0,20	0,16	0,18	0,19
As	mg L ⁻¹	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hg	mg L ⁻¹	0,0002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2a campanha													
Zn	mg L ⁻¹	0,18	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Pb	mg L ⁻¹	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fe	mg L ⁻¹	0,3	1,70	0,60	0,28	0,80	0,84	0,37	0,50	0,72	0,90	0,61	1,07
Mn	mg L ⁻¹	0,1	0,10	< 0,003	0,05	0,10	0,05	0,04	0,02	0,07	0,06	0,05	0,06
Cu	mg L ⁻¹	0,009	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
As	mg L ⁻¹	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hg	mg L ⁻¹	0,0002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

(*) A referência utilizada na Resolução CONAMA n° 20 de 1986 refere-se a rios de Classe 2 (em negrito encontram-se os valores que ultrapassam a Resolução CONAMA 357/05).

(nd) Valores inferiores ao limite de detecção, do método utilizado.

QUADRO 12.1.1/17 - VALORES DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (Pb), COBRE (Cu), ZINCO (Zn), ESTANHO (Sn) E MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E INORGÂNICA (MI) DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO; 1^A CAMPANHA (DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (MARÇO/05).

Variável	Unidade	CETESB*	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
1^a campanha													
Pb	mg kg ⁻¹	17,0	23,0	< 1,0	1070,0	27,0	< 1,0	1615,0	< 1,0	1,5	< 1,0	43,0	53,0
Cu	mg kg ⁻¹	35,0	141,5	79,5	193,0	126,0	92,0	102,5	113,0	88,5	44,0	37,5	38,0
Zn	mg kg ⁻¹	60,0	116,5	148,5	181,5	161,5	154,0	184,5	146,5	137,0	107,0	121,5	120,0
Sn	mg kg ⁻¹	np	46,5	44,0	113,0	39,0	30,0	94,5	71,5	49,0	28,0	21,0	43,5
MI	%	np	98,54	99,73	97,05	98,65	99,08	96,89	99,18	97,94	99,40	98,28	95,51
MO	%	np	1,46	0,27	2,95	1,35	0,92	3,11	0,82	2,06	0,60	1,72	4,49
2a campanha													
Pb	mg kg ⁻¹	17,0*	30,5	< 1,0	530,0	24,5	< 1,0	5130,0	5,5	23,5	9,0	75,5	93,0
Cu	mg kg ⁻¹	35,0*	36,5	7,5	109,0	41,5	25,0	298,5	6,5	11,5	10,5	34,0	47,0
Zn	mg kg ⁻¹	60,0*	44,5	11,0	140,0	64,0	26,5	255,0	7,5	21,0	12,0	80,0	85,0
Sn	mg kg ⁻¹	5,0**	29,0	9,0	183,0	38,5	6,0	382,5	4,0	15,0	7,5	40,0	37,0
MI	%	np	95,10	98,05	93,75	96,69	95,54	98,73	99,54	98,97	99,22	98,29	95,36
MO	%	np	4,90	1,95	6,25	3,31	4,46	1,27	0,46	1,03	0,78	1,71	4,64

* Referência: "Valores orientados para solos no Estado de São Paulo" (CETESB); Diário Oficial do Estado, D.O. Empresarial, São Paulo, 26/10/2001, 111(203), p. 18.

(np) Valores não previstos pela CETESB.

QUADRO 12.1.1/18 - VALORES DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (Pb), COBRE (Cu) E CÁDMIO (Cd) DAS VÍSCERAS E TECIDO MUSCULAR DE PEIXES (N = 8) COLETADOS NA 1^A CAMPANHA (N = 8; DEZEMBRO/04) E 2^A CAMPANHA (N = 7; MARÇO/05).

Variável	Unidade	Brasil (1990)* Nauen (1993)**	1M	2M	6M	7M	8M	1V	2V	5V	6V	7V	8V	3M/V	4M/V
1^a campanha															
Pb	mg kg ⁻¹	2,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4,62	<1,0
Cd	mg kg ⁻¹	0,1 ^(*)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	42,0	0,75	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Cu	mg kg ⁻¹	10,0 ^(**)	8,38	17,25	6,75	12,75	9,00	12,50	34,28	37,00	30,00	26,88	14,88	6,13	10,25
Variável	Unidade	Brasil (1990)* Nauen (1993)**	1M/V	2M	2V	3M/V	4M	4V	5M	5V	6M	6V	7M/V		
2a campanha															
Pb	mg kg ⁻¹	2,0	1,25	<1,0	29,0	1,25	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		
Cd	mg kg ⁻¹	0,1 ^(*)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03		
Cu	mg kg ⁻¹	10,0 ^(**)	1,88	1,00	24,75	1,63	1,38	8,50	1,13	3,25	1,25	2,00	4,25		

Nomenclaturas: (M) amostras de músculo, (V) amostras de vísceras e (MV) amostras de músculo e vísceras.

O chumbo está presente na água devido à lixiviação natural de minerais ou por interferências antrópicas, tais como: efluentes industriais, tintas, tubulações, materiais de construção (telhas e chapas), impurezas de fertilizantes, pesticidas (ALLOWAY & AYRES, 1993) e pela presença de rejeitos de mineração (CASSIANO, 2001). Dentre alguns efeitos potenciais sobre a saúde, a contaminação por chumbo no ser humano pode causar cansaço, irritabilidade, anemia, tontura, dor de cabeça, tremores musculares, transtornos sensoriais, perda de memória e redução das funções neurofisiológicas (OMS, 1987). Para os peixes, as doses fatais, no geral, variam de 0,1 a 0,4 mg L⁻¹, embora, em condições experimentais, alguns resistam até 10 mg L⁻¹. Outros organismos, como os moluscos, crustáceos, mosquitos quironomídeos e simúlídeos, vermes oligoquetos, sanguessugas e insetos tricópteros, desaparecem após a morte dos peixes, em concentrações de Pb superiores a 0,3 mg L⁻¹. A ação sobre os peixes é semelhante à do níquel e do zinco (CETESB, 2005). O valor de referência para as concentrações de Pb em águas é 0,01 mg L⁻¹ (CONAMA 357/05) e de 17 mg kg⁻¹ para solos (CETESB, 2001).

Nas amostras de águas superficiais coletadas em dezembro/04 e março/05, nenhuma delas apresentou concentrações deste elemento superiores a 0,02 mg L⁻¹ (limite de detecção do método). Em dezembro/04 os pontos M₁ (23,0 mg kg⁻¹); M₃ (1070,0 mg kg⁻¹); M₄ (27,0 mg kg⁻¹); M₆ (1615,0 mg kg⁻¹); J₄ (43,0 mg kg⁻¹) e J₅ (53,0 mg kg⁻¹) apresentaram concentrações de chumbo que excederam o valor de referência estabelecido para solos. Na campanha de março/05 os sedimentos que apresentaram concentrações excedentes foram coletados nos seguintes pontos: M₁ (30,5 mg kg⁻¹); M₃ (530,0 mg kg⁻¹); M₄ (24,5 mg kg⁻¹); M₆ (5130,0 mg kg⁻¹); J₂ (23,5 mg kg⁻¹); J₄ (75,5 mg kg⁻¹) e J₅ (93,0 mg kg⁻¹). Com relação aos peixes, os teores de chumbo foram determinados tanto para as vísceras quanto para os músculos. Na 1ª campanha (dez/04) este elemento foi encontrado apenas nas amostras de vísceras de um exemplar de peixe (cascudo: 4,62 mg kg⁻¹), sendo que o tamanho da amostragem foi de 8 exemplares, sendo que as espécies submetidas às análises foram de lambaris, acarás, cascudos e tilápias. Já na 2ª campanha (março/05) foram encontradas concentrações de chumbo em amostras compostas de vísceras e tecido muscular de apenas um exemplar de tilápia (29,0 mg kg⁻¹); onde o total analisado foi de 7 exemplares. Ressalta-se que o limite de chumbo para pescados é 2,0 mg kg⁻¹ (BRASIL, 1990). A ocorrência de chumbo nos peixes provavelmente seja um evento pontual e sua presença aparentemente ocorre em peixes de hábito detritívoro e/ou de “fundo”, ou seja, os que se alimentam de restos orgânicos presentes nos sedimentos. De acordo com estudos desenvolvidos pela CETESB (EYSINK *et al.*, 2000), a ocorrência de chumbo em peixes desta região pode ser considerada freqüente, mas, no geral, tais contaminações são de baixa intensidade e dependem dos hábitos alimentares das espécies. Neste caso, os autores relataram que a presença de chumbo em mandis não se constituía numa contaminação preocupante; no entanto, evidenciaram a disponibilidade deste elemento à biota.

Em geral, o cobre ocorre nas águas em concentrações inferiores a 20,0 µg L⁻¹; no entanto, em concentrações elevadas é prejudicial à saúde, conferindo sabor às águas. Concentrações de 5,0 mg L⁻¹ tornam a água absolutamente impalatável, devido ao gosto produzido. O cobre, em pequenas quantidades é benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilitando a cura de anemias. Para os peixes, muito mais que para o homem, doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Assim, trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros, morrem em dosagens de 0,5 mg L⁻¹, em decorrência da coagulação do muco das brânquias e conseqüente asfixia (ação oligodinâmica). Os microrganismos perecem em concentrações superiores a 1,0 mg L⁻¹. O cobre aplicado em sua forma de sulfato de cobre, CuSO₄·5H₂O, em dosagens de 0,5 mg L⁻¹ é um poderoso algicida. O *Water Quality Criteria* indica a concentração de 1,0 mg L⁻¹ de cobre como máxima permitida para águas reservadas ao abastecimento público. O cobre no meio ambiente é proveniente de corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas

aquáticos, escoamento superficial. As águas subterrâneas podem ser contaminadas a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação. Tendo como referência a CETESB (2001), nos solos do estado de São Paulo, os teores de cobre devem estar abaixo de $35,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Nas águas, o valor de referência para as concentrações de Cu é de $0,009 \text{ mg L}^{-1}$ (CONAMA 357/05). Na 1ª campanha todas as amostras de águas superficiais apresentaram concentrações de cobre acima do previsto pela Resolução CONAMA 357/05: M₁ ($0,42 \text{ mg L}^{-1}$); M₂ ($0,21 \text{ mg L}^{-1}$); M₃ ($0,27 \text{ mg L}^{-1}$); M₄ ($0,32 \text{ mg L}^{-1}$); M₅ ($0,22 \text{ mg L}^{-1}$); M₆ ($0,27 \text{ mg L}^{-1}$); J₁ ($0,17 \text{ mg L}^{-1}$); J₂ ($0,20 \text{ mg L}^{-1}$); J₃ ($0,16 \text{ mg L}^{-1}$); J₄ ($0,18 \text{ mg L}^{-1}$) e J₅ ($0,19 \text{ mg L}^{-1}$). Na 2ª campanha, os pontos que ultrapassaram os limites foram: M₁ ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$); M₂ ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$); M₃ ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$); M₄ ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$); M₅ ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$); M₆ ($0,02 \text{ mg L}^{-1}$); J₁ ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$); J₂ ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$); J₃ ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$); J₄ ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$) e J₅ ($0,04 \text{ mg L}^{-1}$). Em relação às amostras de sedimentos obtidas na 1ª campanha, os pontos que apresentaram concentrações de cobre superiores ao limite estabelecido para solos foram: M₁ ($141,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M₂ ($79,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M₃ ($193,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M₄ ($126,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M₅ ($92,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M₆ ($102,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J₁ ($113,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J₂ ($88,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J₃ ($44,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J₄ ($37,5 \text{ mg kg}^{-1}$) e J₅ ($38,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Na 2ª campanha os pontos que apresentaram teores excedentes de Cu foram: M₁ ($36,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M₃ ($109,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M₄ ($41,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M₆ ($298,5 \text{ mg kg}^{-1}$) e J₅ ($47,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Em relação à presença de cobre, todos os exemplares de peixes amostrados nas duas campanhas apontaram concentrações nos tecidos musculares e vísceras: 1ª campanha (n = 8): variação de $6,13$ a $37,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e 2ª campanha (n = 7): variação de $1,00$ a $24,75 \text{ mg kg}^{-1}$ (Quadro 12.1.1/16). Ressalta-se que o limite de cobre para pescados é $10,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (NAUEN, 1993). Na primeira campanha, sete de um total de oito exemplares apresentaram, nas vísceras ou tecidos musculares, teores de cobre que sobrepuseram os teores máximos permitidos; na segunda coleta somente um exemplar apresentou teores excedentes deste metal nas vísceras. O cobre pode ser encontrado naturalmente nos órgãos dos organismos aquáticos, sobretudo no fígado de peixes; pode ser excretado desde que não esteja presente na forma dissolvida em concentrações elevadas (REICHENBACH-KLINKE, 1982 *apud* EYSINK *et al.*, 2000). De acordo com estudo da CETESB (EYSINK *et al.*, 2000), tanto cobre quanto o chumbo apresentam tendência ao decréscimo nos organismos aquáticos desta região, em função dos encerramentos das atividades de mineração.

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas, devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água (conforme a reação: $\text{Fe} + \text{CO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeCO}_3$). O carbonato ferroso é solúvel e freqüentemente é encontrado em águas de poços que contêm elevadas concentrações de ferro. Nas águas superficiais, as concentrações de ferro aumentam nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Também podem ser importantes as contribuições de efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, onde a peça é submetida a banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor. O ferro, apesar de não ser tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público. Confere cor e sabor à água, além de provocar manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos e de ferro-bactérias em canalizações, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. É também padrão de emissão de esgotos e de classificação das águas naturais. No Estado de São Paulo estabeleceu-se o limite de $15,0 \text{ mg L}^{-1}$ para concentração de ferro solúvel em efluentes descarregados na rede coletora de esgotos seguidos de tratamento (Decreto nº 8468). No tratamento de águas para abastecimento, deve-se destacar a influência da presença de ferro na etapa de coagulação e floculação. As águas que contêm ferro caracterizam-se por apresentar cor elevada e turbidez baixa. Os flocos formados geralmente são pequenos, ditos "pontuais", com velocidade de sedimentação muito baixa. Em muitas estações de tratamento de água este problema só é resolvido mediante a aplicação de cloro, a chamada

pré-cloração. Através da oxidação do ferro pelo cloro, os flocos tornam-se maiores e a estação passa a apresentar um funcionamento aceitável (CETESB, 2005). O valor de referência para as concentrações de Fe em águas é de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ (CONAMA 357/05). Para as amostras de águas superficiais coletadas durante a primeira campanha (Quadro 12.1.1/16), todos os pontos apresentaram concentrações de ferro acima do permitido pela resolução CONAMA 357/05: M_1 ($1,16 \text{ mg L}^{-1}$); M_2 ($0,73 \text{ mg L}^{-1}$); M_3 ($0,48 \text{ mg L}^{-1}$); M_4 ($0,97 \text{ mg L}^{-1}$); M_5 ($1,07 \text{ mg L}^{-1}$); M_6 ($0,45 \text{ mg L}^{-1}$); J_1 ($0,57 \text{ mg L}^{-1}$); J_2 ($0,63 \text{ mg L}^{-1}$); J_3 ($0,99 \text{ mg L}^{-1}$); J_4 ($1,32 \text{ mg L}^{-1}$) e J_5 ($1,71 \text{ mg L}^{-1}$). Na 2ª campanha, apenas a amostra de água obtida no rio do Rocha (M_3) não ultrapassou o valor de referência, os demais pontos apresentaram as seguintes concentrações: M_1 ($1,70 \text{ mg L}^{-1}$); M_2 ($0,60 \text{ mg L}^{-1}$); M_4 ($0,80 \text{ mg L}^{-1}$); M_5 ($0,84 \text{ mg L}^{-1}$); M_6 ($0,37 \text{ mg L}^{-1}$); J_1 ($0,50 \text{ mg L}^{-1}$); J_2 ($0,72 \text{ mg L}^{-1}$); J_3 ($0,90 \text{ mg L}^{-1}$); J_4 ($0,61 \text{ mg L}^{-1}$) e J_5 ($1,07 \text{ mg L}^{-1}$). Nesse contexto, segundo a base de dados elaborada por Cassiano (2001), no Ribeira é freqüente a ocorrência de concentrações acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$.

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em aspectos diversos, embora sua ocorrência seja mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel). A concentração de manganês menor que $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Raramente atinge concentrações de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ou menos. Este elemento é muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros (CETESB, 2005). O valor de referência para as concentrações de Mn em águas é de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ (CONAMA 357/05). Não foram observados valores excedentes deste metal nos pontos amostrados em nenhuma campanha (Quadro 12.1.1/16).

O mercúrio é largamente utilizado no Brasil nos garimpos, no processo de extração do ouro (amálgama). O mercúrio é também usado em células eletrolíticas para a produção de cloro e soda e em certos praguicidas ditos mercuriais. Pode ainda ser utilizado em indústrias de produtos medicinais, desinfetantes e pigmentos. É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 g são fatais. Apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 1469 do Ministério da Saúde é de $0,001 \text{ mg L}^{-1}$. Os efeitos sobre os ecossistemas aquáticos são igualmente sérios, de forma que os padrões de classificação das águas naturais são também bastante restritivos com relação a este parâmetro. As concentrações de mercúrio em águas doces não contaminadas estão normalmente em torno de 50 ng L^{-1} . Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, etc. O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos. A intoxicação aguda pelo mercúrio, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte (CETESB, 2005). O valor de referência para as concentrações de Hg em águas é de $0,0002 \text{ mg L}^{-1}$ (CONAMA 357/05). Com base nos valores apresentados no Quadro 12.1.1/16 verificou-se que em nenhuma campanha, realizada entre 2004 e 2005, foram observadas concentrações excedentes deste metal nas amostras de água.

O estanho é encontrado no ambiente na forma de óxido de estanho (IV), nos minérios como a cassiterita (SnO_2); as associações geoquímicas deste elemento são essencialmente com W, Nb, Ta, Be, Li, Rb, Cs, B, e F (GAINES *et al.*, 1997); ocorre ainda em grande quantidade em sedimentos argilosos. Solos e sedimentos ricos em matéria orgânica podem concentrar estanho com valores variando de $80\text{-}100 \text{ mg kg}^{-1}$ a 239 mg kg^{-1} , respectivamente (ALLOWAY, 1990). As espécies químicas solúveis dos compostos inorgânicos de estanho

não são bem conhecidas, no entanto sabe-se que ocorrem essencialmente como espécies catiônicas Sn^{2+} e Sn^{4+} , podendo ainda aparecer na forma aniônica (Sn^{2-}). A forma Sn^{2+} é uma forma reativa formando espécies complexas, tanto orgânicas como inorgânicas, podendo ser encontrada, por exemplo, em cloretos, sulfatos, fosfatos e carbonatos, e ainda em fases sólidas como óxido de Sn^{2+} e incorporado em sulfuretos. Podem ainda estar adsorvidos em minerais argilosos, dióxidos de manganês e óxidos de ferro. Em regra, o estanho apresenta fraca mobilidade nos ciclos biogeoquímicos, pois é fortemente adsorvido nos minerais argilosos presentes no solo ou sedimentos. A mobilidade do estanho, quando ocorre, é altamente dependente do pH, acompanhando o comportamento do ferro(III) e do alumínio. A mobilidade do Sn(IV) é considerada baixa devido à grande estabilidade do óxido Sn(IV), sob a forma de cassiterita (SnO_2), sendo poucos os estudos desenvolvidos sobre a sua reação no meio aquoso. A atividade biótica e abiótica com formação de complexos metilados de estanho é outro dos processos químicos que podem ocorrer em ambas as formas catiônicas de estanho. Este elemento tem também grande capacidade para formar complexos orgânicos solúveis e insolúveis (SÉBY *et al.*, 2001). A legislação brasileira não apresenta valor de referência para estanho em solos, desta forma utilizou-se o valor adotado no Canadá, de $5,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (CCME, 1991). Neste contexto, todos os pontos amostrados na 1ª campanha ultrapassam este limite (Quadro 12.1.1/17): M_1 ($46,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M_2 ($44,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_3 ($113,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_4 ($39,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_5 ($30,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_6 ($94,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J_1 ($71,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J_2 ($49,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J_3 ($28,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J_4 ($21,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e J_5 ($43,5 \text{ mg kg}^{-1}$). Na 2ª campanha, apenas o sedimento do rio Catas Altas (J_1) apresentou teor de estanho abaixo da referência adotada, os demais pontos apresentaram os seguintes teores: M_1 ($29,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_2 ($9,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_3 ($183,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_4 ($38,5 \text{ mg kg}^{-1}$); M_5 ($6,0 \text{ mg kg}^{-1}$); M_6 ($382,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J_2 ($15,0 \text{ mg kg}^{-1}$); J_3 ($7,5 \text{ mg kg}^{-1}$); J_4 ($40,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e J_5 ($37,0 \text{ mg kg}^{-1}$).

As fontes de arsênio para o ambiente provêm do uso continuado de seus compostos como pesticidas, de sua emissão durante a mineração e fundição de ouro, chumbo, cobre e níquel, da produção de ferro e aço e da combustão do carvão, do qual é um contaminante. A lixiviação de minas abandonadas de ouro, de décadas e séculos atrás, pode ser ainda uma fonte significativa de poluição por arsênio em sistemas aquáticos. O arsênio pertence ao mesmo grupo do fósforo e pode comportar-se como este elemento, embora apresente uma maior tendência para formar ligações iônicas, em vez de covalentes, devido ao seu maior caráter metálico. Os pesticidas comuns, baseados em arsênio, são o inseticida arseniato de chumbo ($\text{Pb}(\text{AsO}_4)_2$) e o herbicida arseniato de cálcio, ambos contendo As(V). A ingestão de água, especialmente se é subterrânea, constitui a principal fonte de arsênio para a maioria das pessoas. O teor médio de arsênio inorgânico contido na água potável é cerca de $2,5 \mu\text{g L}^{-1}$. Os padrões governamentais em vigor para o arsênio em água potável, incluindo o da EPA são de $50 \mu\text{g L}^{-1}$ (BAIRD, 2002). Não foram observados valores excedentes deste metal ($> 0,01 \text{ mg L}^{-1}$) nas amostras de água em nenhuma campanha (Quadro 12.1.1/16).

O cádmio é encontrado nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, como os de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos. É também usado como inseticida. A queima de combustíveis fósseis consiste também numa fonte de cádmio para o ambiente. Pode ser um produto secundário da extração de outros elementos (por exemplo, depósitos de zinco). Nas águas naturais é encontrado nos sedimentos e em partículas em suspensão. O cádmio não apresenta nenhuma qualidade, pelo menos conhecida até o presente, que o torne benéfico ou essencial para os seres vivos. É um metal com elevado potencial tóxico e acumula-se em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar (CETESB, 2005). Dentre os efeitos potenciais do cádmio, temos descoloração dos dentes, perda do paladar, dores lombares e nas pernas, anemia, enfisema, doenças cardiovasculares, câncer de próstata e de pulmão, aberrações cromossômicas, osteomalacia com osteoporose (OMS, 1987). A ação sobre a fisiologia dos peixes é semelhante às do níquel, zinco e chumbo. O padrão de potabilidade é fixado pela Portaria 1469 em $0,005 \text{ mg L}^{-1}$. Geralmente está presente em águas doces em concentrações inferiores a $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (CONAMA 357/05). Os

teores de cádmio foram determinados tanto para as vísceras quanto para os músculos dos peixes. Na 1ª campanha este elemento foi encontrado nas vísceras de dois exemplares de peixes (42,0 e 0,75 mg kg⁻¹), sendo que o tamanho da amostragem foi de oito exemplares (espécies submetidas as análises: lambaris, acarás, cascudos e tilápias). Na 2ª campanha, nenhum dos exemplares de peixes (total de 7) apresentou este elemento nas vísceras ou nos tecidos musculares (Quadro 12.1.1/18).

Os sedimentos podem ser classificados em orgânicos e inorgânicos (NAUMANN, 1930). Para ser considerado orgânico, deve conter mais de 10% de matéria orgânica em seu peso seco. Neste caso, todos os sedimentos podem ser considerados inorgânicos (minerais); em geral este tipo de sedimento é formado por sílica, argila, compostos de cálcio, ferro e manganês (MARGALEF, 1983). Os sedimentos de todos os sítios selecionados apresentaram acentuada predominância de material inorgânico (MI; Quadro 12.1.1/17), a variação foi de 93,75% (M₃; 2ª campanha) a 99,73 (M₂; 1ª campanha). De modo geral, estes resultados são típicos de ambientes lóticos, em particular de trechos de rio de montanha, nos quais os processos geoquímicos são mais acentuados que os biológicos.

Confrontando os resultados das concentrações de metais dissolvidos e nos sedimentos (Quadros 12.1.1/16 e 12.1.1/17) evidencia-se que, ao invés de permitir que os elementos químicos permaneçam na forma iônica (e conseqüentemente solúveis), nesses recursos hídricos prevalece a tendência de precipitação dos elementos metálicos. Os fatores que concorrem para esta propriedade são os elevados valores de pH (meio alcalino), as baixas concentrações de COD e as concentrações altas de oxigênio dissolvido e de carbonatos (Quadros 12.1.1/12 e 12.1.1/15). Pelo predomínio desta condição oxidante, os processos de complexação, adsorção e formação de óxidos e hidróxidos são extremamente favorecidos e os produtos (sais e partículas) tendem à precipitação, gerando, conseqüentemente, os elevados teores de metais nos sedimentos. Esses processos de natureza química e biogeoquímica são decorrentes da interação da água, gases, fases minerais, organismos e plantas e podem ser classificados em processos de incorporação/retenção (absorção, adsorção, precipitação e complexação) ou de liberação/disponibilização (CASSIANO, 2001). No caso da liberação, esta pode ser temporária, pois o metal liberado em solução pode ser novamente incorporado em outra substância (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). Em particular, a propriedade de imobilização dos metais nos sedimentos pode ser considerada típica de rios de montanha, de regiões cársticas. Nesse contexto, estudo efetuado no rio do Rocha (UFSCar/CBA, 2002) demonstrou que, na maioria das vezes, as concentrações de chumbo nas amostras não filtradas foram superiores às das amostras filtradas, evidenciando o predomínio de formação de particulados. Notou-se, também, que as concentrações de Pb tenderam a ser mais elevadas nos períodos das chuvas (outubro a janeiro) e que as concentrações de Pb dissolvido foram baixas, em geral, sem variação sazonal evidente; contudo, em média, foram mais baixas no inverno. A condição neutro-alcalina e o elevado potencial de oxiredução das águas do rio Ribeira somados à provável abundância de óxidos de metais na água (Fe e Mn) favorece a formação de complexos insolúveis nos quais os metais são co-precipitados ou adsorvidos. Assim, na forma de materiais em suspensão, tais elementos podem ser transportados por longas distâncias até serem retidos em locais de menor fluxo. No rio Ribeira, as planícies de inundação podem se constituir em importantes armadilhas para este material. Desse modo, principalmente durante as primeiras chuvas de maior intensidade, a erosão dos sedimentos de várzea pode contribuir para a re-suspensão e desestabilização desses materiais e, conseqüentemente, para a adução de metais para os corpos d'água (CASSIANO, 2000).

Quanto aos metais contidos nos sedimentos, os maiores teores foram registrados no rio do Rocha. De modo geral, os valores obtidos são próximos aos registrados por EYSINK *et al.* (2000). Dentre os metais avaliados, o chumbo foi o que apresentou as maiores quantidades (Quadro 12.1.1/16). Este evento tem sido sistematicamente constatado para o rio do Rocha e demais tributários afetados pelas atividades pretéritas de mineração, como o ribeirão

Furnas e o rio Betari (CARVALHO *et al.*, 1996; EYSINK *et al.*, 2000). As diferenças entre os valores desta avaliação e os registrados nos estudos de CARVALHO *et al.* (1996) e EYSINK *et al.* (2000) podem estar relacionadas com a granulometria dos sedimentos, com o regime de sedimentação e com os processos vinculados ao transporte dos sedimentos que não são suficientemente conhecidos nestes locais. De acordo com EYSINK *et al.* (2000), embora os metais tenham sido encontrados em valores superiores àqueles verificados nos substratos geológicos naturais, nas matrizes investigadas não foram observados efeitos tóxicos, indicando que os metais ali presentes não estariam causando efeitos agudos aos organismos aquáticos. Nesse contexto, convém ressaltar, ainda, que muitas vezes, a presença de um determinado elemento não tem relação direta com sua disponibilidade aos organismos, tendo em vista que os procedimentos analíticos usualmente empregados (digestão ácida) são extremamente agressivos e visam, primariamente, dissolver o recurso mineral para tornar possível a detecção dos elementos de interesse; em detrimento do arranjo dos elementos nas matrizes minerais e, muito menos, das possíveis interações dos elementos com a biota.

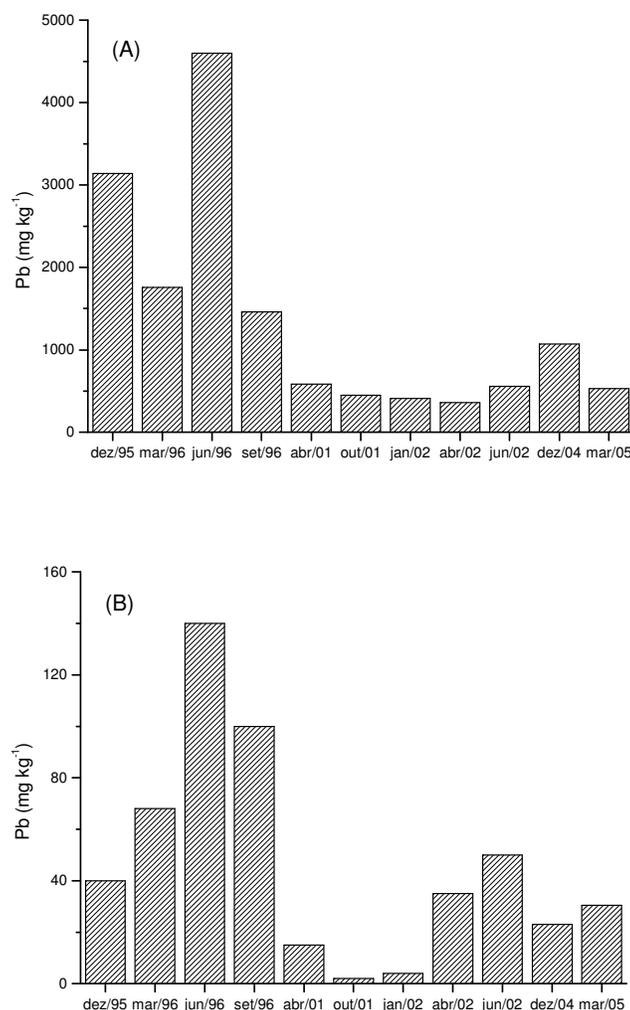
Em particular, quanto aos teores de chumbo dos sedimentos do rio do Rocha (M₃), com base nos registros de sua variação temporal (UFSCar/CBA, 1997; 2002) verifica-se que a sua tendência é de decréscimo (Figura 12.1.1/03). Em princípio, os processos de transporte de sedimento, de imobilização química e colmatação devem concorrer para este evento; outro fator que deve ter contribuído para a persistência de tais decréscimos foi a remoção (em maio de 2004) dos rejeitos de mineração que se encontravam adjacentes ao rio. Em 1996, os teores de chumbo dos sedimentos do rio do Rocha variaram de 1460 a 4600 mg kg⁻¹ (média 2740 mg kg⁻¹) e atualmente (dezembro de 2004 e março de 2005) obteve-se o valor médio de 800 mg kg⁻¹ (Quadro 12.1.1/17). Com base nos registros temporais dos teores de chumbo nos sedimentos, outro fator que deve ser mencionado é a tendência de decréscimo de sua presença no sentido longitudinal do rio do Rocha e também no rio Ribeira (Figura 12.1.1/03). É possível observar o efeito das condições oxidantes na sedimentação e retenção do chumbo, verifica-se que após 22,8 km do ponto M₃ (rio Ribeira no trecho adjacente ao acampamento da CBA), em média, os teores de chumbo nos sedimentos são 3,4% do verificado nos sedimentos do rio do Rocha. Os resultados dos teores de chumbo sugerem, ainda, que esta região deve possuir, naturalmente, teores elevados de chumbo visto que, com frequência, os sedimentos de vários trechos do rio Ribeira e tributários acusam teores elevados deste elemento (Quadro 12.1.1/17), em relação ao valor de referência adotado para solos (17 mg kg⁻¹; CETESB, 1981). Nesse contexto, no estudo de avaliação da distribuição longitudinal de chumbo nos sedimentos do rio do Rocha (UFSCar/CBA, 2002) em que os sedimentos do trecho de montante da mina foram utilizados como referência (região tida como isenta dos efeitos dos despejos das atividades de mineração), teores mais elevados que o valor de referência foram também obtidos (abril/2002: 20 mg kg⁻¹ e junho/2002: 23 mg kg⁻¹).

Embora haja evidências que os teores de metais estejam diminuindo temporalmente, principalmente após a paralisação das atividades de exploração mineral (EYSINK *et al.*, 2000), supõe-se que, ainda hoje, os materiais remanescentes das atividades pretéritas de mineração possam estar contribuindo para os estoques de chumbo e outros metais nos sedimentos do rio Ribeira. O fato dos metais ainda serem detectados pode ser atribuído primariamente ao transporte de materiais, associado ao processo erosivo dos remanescentes alocados nas margens dos corpos d'água e a própria persistência dos complexos dos íons metálicos com as partículas dos sedimentos (argilas, sílica). Assim, é possível que haja relação direta entre os estoques de Pb nos sedimentos dos tributários que serviram às atividades de mineração e os teores de chumbo nos sedimentos do rio Ribeira, nos trechos a jusante desses afluentes. Nesta hipótese, os sedimentos do Ribeira no trecho adjacente a Cerro Azul praticamente não possuem Pb devido à ausência de atividades de mineração a sua montante; parte dos teores de chumbo registrados no ponto M₁,

provavelmente seria decorrente das aduções do rio do Rocha; nos pontos J₄ e J₅ é possível que o chumbo presente nos sedimentos sejam provenientes dos aportes desde o rio Betari.

Comparando os resultados obtidos neste levantamento com alguns já efetuados (EYSINK *et al.*, 1988; CETESB, 1991b; FERREIRA, 1994) verifica-se que, no geral, este trecho do Ribeira e seus tributários têm-se alterado ao longo dos anos.

FIGURA 12.1.1/03 - VARIAÇÕES TEMPORAIS DOS TEORES DE CHUMBO NOS SEDIMENTOS DO RIO DO ROCHA (A; PONTO M₃) E RIO RIBEIRA NO TRECHO ADJACENTE AS INSTALAÇÕES DA CBA (B; PONTO M₁). UFSCAR/CBA (1997; 2002).



Conforme mencionado, atribui-se que parte das alterações decorra das inativações das atividades de mineração. Outro fator que merece destaque refere-se à aquisição de propriedades, a montante do ponto de coleta M₁, pela Companhia Brasileira de Alumínio, com vistas à construção do reservatório da UHE Tijuco Alto. Esta situação tem acarretado um acentuado declínio populacional e, conseqüentemente, de pressões antrópicas sobre os trechos dos rios pertencentes à área diretamente afetada. Para exemplificar a hipótese das atenuações das contaminações ambientais em função da inativação das minas e da depressão das atividades antrópicas, no inventário realizado em 1990 (CETESB, 1991b)

registrou-se o valor de $198 \mu\text{S cm}^{-1}$ para a condutividade elétrica do rio do Rocha, a jusante da mina. Neste estudo, o rio do Rocha foi o local em que esta variável (que possui relação com o conteúdo de eletrólitos em solução) apresentou sistematicamente os valores mais elevados, no entanto, o maior valor registrado foi $175 \mu\text{S cm}^{-1}$ (março de 1996; Anexo 1). Acresça-se que em dezembro de 2004, a CBA, com autorização do IAP, finalizou a retirada de 60.000 m^3 de rejeitos de mineração até então depositados nas adjacências da mina do Rocha, junto ao rio do Rocha, depositando-o em um aterro Classe I, fora da área de inundação. No que se refere à quantidade, as condições atuais de eletrólitos dissolvidos encontram-se um pouco mais favoráveis do que a observada no início da década de 1990, sendo que nos inventários realizados em 2004 e 2005 os valores de CE no ponto M_3 foram 147 e $148 \mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente (Quadro 12.1.1/12). No que se refere ao sedimento do rio do Rocha, em comparação com os resultados obtidos por FERREIRA (1994), verificou-se que houve um declínio dos conteúdos de cobre e zinco. Os teores de chumbo em 1995-1996 encontraram-se, em média, mais elevados (2740 mg kg^{-1}); atualmente (2004-2005), o teor médio de Pb nestes sedimentos é 800 mg kg^{-1} . Neste mesmo rio, na época em que a mineradora estava em operação, FERREIRA (1994) registrou nas amostras de água as seguintes concentrações de chumbo, cobre e zinco: 0-40, 10-10 e 0-110 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Atualmente, como já mencionado, o chumbo e o zinco não foram detectados no rio do Rocha; apenas o cobre foi detectado com concentração excessiva ($27 \mu\text{g L}^{-1}$) na coleta realizada em dezembro de 2004. É de se esclarecer, entretanto que não existem na área de drenagem ao reservatório projetado minerações de chumbo, fluorita ou de outros metais pesados que estejam em atividade comercial, sendo plausível que elementos metálicos contidos nas águas ou tem origem em áreas já mineradas ou tenham origem em dissolução natural de rochas que contenham metais pesados.

Nos levantamentos efetuados por EYSINK *et al.* (1988) as concentrações de cobre, zinco e chumbo na água encontravam-se em níveis acima dos considerados críticos, sendo que nesta época (outubro de 1986) não foi avaliada a quantidade de mercúrio nas amostras de água. Neste estudo, o chumbo, o cobre e o zinco não foram detectados e as análises de mercúrio acusaram altas concentrações em algumas amostras, obtidas entre 1995 e 1996. Atualmente (2004-2005) a presença do mercúrio não foi verificada. Nos sedimentos, comparando-se os resultados obtidos com o efetuado por EYSINK *et al.* (1988) verifica-se que os conteúdos destes metais continuam elevados, acima dos limites recomendados.

Com relação ao fósforo e ao número de coliformes, o inventário realizado pela CETESB em 1990 acusou altas concentrações e densidades (CETESB, 1991b) que ocorreram novamente neste levantamento. O nitrito não foi verificado em 1990 e atualmente encontra-se em concentrações consideradas mínimas. As concentrações de nitrato registradas pela CETESB e por este levantamento permitem supor que este composto continua presente em pouca quantidade, bem abaixo do limite permitido pela resolução CONAMA 357/05. De modo geral, os valores de DBO_5 apurados neste levantamento apresentaram valores mais baixos do que os registrados por EYSINK *et al.* (2000). De acordo com a composição dos resíduos totais da água, no estudo desenvolvido pela CETESB (1991b) as frações não filtráveis predominaram, enquanto que neste inventário as frações solúveis foram as principais constituintes. É possível que os resultados recentes indiquem o predomínio dos processos naturais de intemperismo das rochas (solubilização) sobre os de fragmentação artificial (mineração) ou, ainda, o efeito da recomposição vegetal das margens dos rios devido ao declínio das atividades antrópicas a montante do ponto M_1 (região do eixo da barragem).

Atualmente, a partir dos registros de condutividade elétrica para o rio Ribeira, assinala-se a possibilidade de afluência de elementos minerais e nutrientes a partir da sub-bacia do rio Mato Preto. Corroboram com esta hipótese os teores médios relativamente mais elevados de resíduos totais e compostos de nitrogênio (N-org, amônia, nitrato e nitrito). É possível que em 1990 este tributário também contribuísse para os incrementos dos teores de resíduos

totais e compostos nitrogenados para o Ribeira, entretanto, não há registro anterior de pontos de coleta nesta região. De qualquer modo, vale ressaltar tais contribuições para que sejam investigadas em futuros levantamentos.

Conforme relatado, algumas variáveis tenderam apresentar alterações previsíveis em função do ciclo hidrológico; os valores de pH tenderam decrescer e os de turbidez a aumentar nos períodos de maiores precipitações. As alterações do pH, por sua vez, puderam refletir-se nos teores dos metais nos sedimentos (QUADRO 12.1.1/16, Anexo 1). Nesse contexto, os resultados sugerem que as águas mais alcalinas (predominantes nos períodos de estiagem) favoreceram a precipitação de metais nos sedimentos, razão das concentrações em geral mais elevadas obtidas para a coleta realizada no início de dezembro de 2004 (quando ainda no início das precipitações de verão). O comportamento dos resultados obtidos em março/2005, em pleno período das chuvas, tendeu a ser o contrário. No geral, estes resultados sugerem que os metais concentram-se, no período de estiagem, nos sedimentos ativos de corrente e são removidos (*e.g.* solubilização, arraste) nos períodos de chuva, acompanhando os sedimentos em suspensão. A sub-bacia do rio do Rocha exibe um comportamento similar de mobilidade e retenção de metais em seus sedimentos dentro destes períodos sazonais; nesse caso, o chumbo tende a ficar contido nos sedimentos nos períodos secos.

A comunidade fitoplanctônica pode ser utilizada como indicadora da qualidade da água, principalmente em reservatórios, pois os organismos fitoplanctônicos respondem muito rapidamente às alterações ambientais decorrentes da interferência antrópica ou natural. É uma comunidade indicadora do estado trófico e pode, ainda, ser utilizada como indicador de poluição por pesticidas ou metais pesados (presença de espécies resistentes ao cobre) em reservatórios utilizados para abastecimento (CETESB, 2005). A análise da sua estrutura permite avaliar alguns efeitos decorrentes das alterações ambientais. Esta comunidade é a base da cadeia alimentar e, portanto, a produtividade dos elos seguintes depende da sua biomassa. Neste estudo não foram encontradas macrófitas aquáticas nos trechos vistoriados. Na primeira campanha, em dezembro de 2004, foi registrada (Anexo 2) a ocorrência de sete classes fitoplanctônicas, representadas por espécies freqüentemente encontradas em ambientes lóticos. As espécies encontradas foram Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Conjugtophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae, sendo que a classe Bacillariophyceae foi a mais representativa quantitativamente. Quanto aos gêneros encontrados, alguns são indicadores de ambientes eutrofizados, como *Scenedesmus* sp, *Chlamydomonas* sp, *Cryptomonas* sp, *Lyngbya* sp, *Oocystis* sp e *Trachelomonas* sp. Estes gêneros também foram encontrados nas campanhas anteriores. Na segunda campanha, de março de 2005, foi registrada a ocorrência das mesmas classes fitoplanctônicas detectadas na primeira, acrescida da classe Chrysophyceae, sendo que, como na primeira campanha, a classe Bacillariophyceae foi a mais representativa quantitativamente. Da mesma forma que na primeira campanha, alguns gêneros encontrados na segunda são indicadores de ambientes eutrofizados, como *Scenedesmus* sp, *Chlamydomonas* sp, *Cryptomonas* sp e *Trachelomonas* sp. Salienta-se que os gêneros encontrados nas duas últimas campanhas também foram encontrados nas campanhas anteriores, o que se depreende que, em geral, a comunidade fitoplanctônica praticamente não se alterou quantitativamente, apenas algumas espécies foram exclusivas da segunda campanha (março de 2005; Anexo 2), o que pode ter ocorrido em consequência das características particulares de cada táxon e do ambiente no momento da coleta.

A mais importante coleção de microorganismos empregada na classificação ecológica dos mananciais é constituída pelas algas, dada a sua presença quase invariável em todas as águas doces, além do fato de incluir espécies tolerantes e outras muito sensíveis à presença da poluição (Quadro 12.1.1/19). Além disso, apresenta importância como participante ativa nos processos de autodepuração dos cursos d'água, só comparável à das bactérias. Constitui um grupo característico de certas zonas de depuração, o que permite medir o grau

de recuperação de uma massa d'água em determinado ponto, através da presença de certas espécies. Existem alguns sistemas de classificação de estado trófico, como os de KOLKWITZ-MARSSON-LIEBMANN, PALMER, entre outros (BRANCO, 1996).

QUADRO 12.1.1/19 - ALGAS INDICADORAS DE ESTADO TRÓFICO E RELACIONADAS A PROBLEMAS EM AMBIENTES AQUÁTICOS.

	1ª Campanha	2ª Campanha
Tóxicas		
<i>Anabaena</i> sp	X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp	X	X
Corrosão		
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X
<i>Staurastrum</i> sp	X	
<i>Stauroidesmus</i> sp	X	
<i>Oscillatoria princeps</i>		X
Coloração		
<i>Cosmarium</i> sp	X	X
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X
Obstrução de filtros		
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X	
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X
<i>Oscillatoria princeps</i>		X
<i>Aulacoseira granulata</i>	X	X
<i>Fragilaria</i> sp	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>		X
Sabor e Odor		
<i>Anabaena</i> sp	X	X
<i>Dinobryon</i> sp	X	X
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X	X
<i>Mallomonas</i> sp	X	X
<i>Synura</i> sp	X	X
Ambiente oligotrófico		
<i>Navicula</i> sp	X	X
<i>Cosmarium</i> sp	X	X
<i>Staurastrum</i> sp	X	X
<i>Closterium</i> sp	X	X
<i>Staurastrum rotula</i>		X
<i>Actinotaenium globosum</i>		X
Ambiente eutrófico		
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X
<i>Oscillatoria princeps</i>		X
<i>Anabaena</i> sp	X	
<i>Pseudanabaena</i> sp	X	X
<i>Hapalosiphon</i> sp		X

As algas são uma das principais responsáveis pelo sabor e odor nas águas de abastecimento. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de se identificar as substâncias presentes nas algas responsáveis pelo seu cheiro e sabor característico. As águas que chegam aos filtros contêm, freqüentemente, um elevado número de algas, as quais serão, em grande parte, retiradas pela areia. Caso o leito filtrante esteja exposto à luz, grande número de espécies pode aí proliferar, dando origem a uma película de sujeira. Os principais gêneros responsáveis por essas obstruções, pertencem ao grupo das diatomáceas, em virtude do fato de suas células se apresentarem revestidas por um envoltório de sílica que não se destrói após a morte das mesmas. Predominam diatomáceas dos gêneros *Tabelaria*, *Melosira*, *Starionnela*, *Fragilaria*, *Nitzschia* e *Synedra*. As algas podem constituir fator diretamente responsável pela turbidez, ao se comportarem na água como partículas em suspensão. Especialmente nos casos em que há o fenômeno de floração das águas, a turbidez causada por esses organismos pode atingir valores muito elevados, impedindo que a luz penetre mais que alguns centímetros na massa d'água. Em

razão de apresentarem uma pigmentação verde-azulada ou mesmo parda ou avermelhada, observam-se fenômenos de coloração aparente das águas em virtude da sua presença em número elevado. Como exemplo, BRANCO (1996), observou uma coloração avermelhada da água causada por grandes proliferações de *Oscillatoria* sp (BRANCO, 1996).

Vários gêneros de algas podem promover a corrosão de peças ou tubos de concreto armado e já foi demonstrado o papel das algas do gênero *Oscillatoria* na corrosão de porções de tubos de aço expostas à luz. A corrosão pelas algas pode ser causada tanto pela ação direta destas quanto pela modificação química do meio produzida pelas mesmas. As produções de ácido carbônico, silício e oxálico pelas algas podem ter parte no processo, assim como a produção de oxigênio, que pode oxidar o revestimento do tubo de aço. O mais antigo caso que se conhece de intoxicação, relacionada com uma intensa proliferação de algas, foi descrito em 1878 por Jorge Francis de Adelaide - Austrália. Tratava-se de uma alga azul denominada *Nodularia spumigena* que, em ocasiões de temperatura mais elevada, reproduzia-se com grande intensidade no lago Alexandrina, formando florações. As algas de água doce evidenciadas como tóxicas, pertencem ao grupo das algas azuis. O gênero mais frequentemente citado é *Microcystis*, particularmente as espécies *M. flos-aquae* e *M. aeruginosa*. Outras algas mencionadas como freqüentes, responsáveis por fenômenos de intoxicação com água doce são: *Anabaena* (principalmente *A. flos-aquae*), *Aphanizomenon*, *Coelosphaerium*, *Gloeotrichia*, *Nodularia* e *Nostoc* (BRANCO, 1996).

A comunidade zooplânctônica é formada por animais microscópicos que vivem em suspensão, sendo protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes os grupos dominantes no ambiente de água doce. São importantes na manutenção do equilíbrio do ambiente aquático, podendo atuar como reguladores da comunidade fitoplânctônica (utilizando-a como alimento) e na reciclagem de nutrientes, além de servirem de alimento para diversas espécies de peixes. O zooplâncton vem sendo avaliado como indicador da qualidade da água de lagos e reservatórios em diversos países e, apesar de existirem algumas propostas de índices para esta comunidade, a maioria deles não é diretamente aplicável nos ambientes aquáticos tropicais, onde as espécies exibem diferentes sensibilidades e ocorrências (CETESB, 2005). Na primeira campanha (dezembro de 2004), a comunidade zooplânctônica foi composta por Protozoa, Rotifera, Cladocera e Copepoda. A maior riqueza foi observada para o grupo dos Rotifera com seis táxons, seguido por Cladocera com três táxons (Anexo 3). Entre as estações de amostragem, aquelas localizadas a jusante de M₁ foram as que apresentaram maior riqueza de táxons. *Moina* (Cladocera) e *Epistylis* (Protozoa) foram os gêneros que tiveram maiores densidades totais, somando cada um 40 org m⁻³. Os demais organismos tiveram densidades variando entre 5 e 20 org m⁻³. Na segunda campanha foi verificada uma diminuição de táxons zooplânctônicos, bem como nas densidades das populações. Em relação à análise qualitativa das amostras, observou-se a ausência de Cladocera, os quais já apresentaram baixas densidades populacionais na 1^a campanha (<21 org m⁻³). Novamente, a maior riqueza foi observada para o grupo dos Rotifera com quatro táxons. Comparando os sítios de amostragem, na segunda campanha (março de 2005) as estações localizadas a montante (M₁ a M₅) foram as que apresentaram maior riqueza. *Bdelloidea* e *Pletionus*, entre os Rotifera, e Cyclopoida (Copepoda) foram os táxons que tiveram maiores densidades totais, somando cada um 20 org m⁻³ (Anexo 3).

d) Conclusões

De modo geral, os resultados obtidos neste inventário e ainda considerando todos os resultados das pesquisas ao longo do tempo, permitiram chegar nas seguintes conclusões:

- ✓ O rio Ribeira no trecho compreendido entre os municípios de Cerro Azul e Adrianópolis (pontos: M₅, M₁ e J₃) apresenta características de rio de montanha (curso superior, rio de montanha ou região ritral), ou seja, baixas temperaturas, concentrações elevadas de OD, baixas concentrações de COT, baixos consumos de oxigênio (DBO₅), baixos

valores de turbidez e altas concentrações de eletrólitos dissolvidos e/ou elementos minerais (em particular, ferro e cobre). Basicamente, estas características estão relacionadas com a alta declividade e pelo predomínio dos processos de erosão sobre os de acumulação;

- ✓ Em relação ao trecho de jusante, as estações de amostragem do rio Ribeira localizadas na cidade de Iporanga (J₄) e adjacente ao município de Eldorado (J₅) caracterizam este trecho do rio como sendo região de transição/potamal;
- ✓ Embora se admita que, no geral, os recursos hídricos em estudo comportem características satisfatórias de qualidade da água, os resultados de coliformes (fecais e totais), DQO, fósforo total, fitoplâncton e de metais indicam que atualmente o Ribeira e seus tributários não estão isentos de pressões antrópicas decorrentes das atividades desenvolvidas na bacia. Tais pressões apresentam-se mais evidentes a jusante da estação de coleta M₁ (instalações da CBA), a partir de onde os adensamentos populacionais se intensificam;
- ✓ Os recursos hídricos em questão apresentam condições para serem utilizados como mananciais de abastecimento, caso suas águas sejam pré-tratadas de forma convencional e se forem implementadas medidas que visem a proteção de suas margens (por exemplo: controle do desmatamento, da ocupação e das atividades desenvolvidas nas áreas adjacentes, preservação das matas ciliares e controle dos efluentes);
- ✓ Nos pontos selecionados para a avaliação da contaminação microbiológica (a jusante de Adrianópolis) foram observados elevados valores de coliformes (totais e fecais) em desacordo com os padrões estabelecidos para a qualidade da água; indicando que estes sistemas hídricos estão recebendo lançamentos de esgotos e efluentes de áreas de ocupação agro-pastoril;
- ✓ Os rios Mato Preto e do Rocha apresentaram, em média, os maiores valores de CE, sugerindo que estes rios possuam as maiores concentrações de eletrólitos dissolvidos em relação aos demais;
- ✓ Devido à preponderância de condições oxidantes (meios alcalinos + concentrações elevadas de oxigênio dissolvido), os processos de precipitação dos cátions metálicos foram sempre favorecidos, desse modo não se detectou (dentro do intervalo de concentração de interesse sanitário) chumbo nas amostras de água, em nenhuma coleta. No entanto, nas amostras de sedimento este metal foi sempre perceptível, porém observa-se que os sedimentos com chumbo não são ressolubilizados;
- ✓ As concentrações de fósforo total do rio Ribeira e de seus tributários potencializam a formação de um reservatório eutrófico; no entanto, as baixas concentrações de nitrogênio e as altas de ferro (típicos do rio Ribeira) poderão se constituir em fatores controladores deste processo.
- ✓ No capítulo referente aos impactos ambientais apresenta-se resultados de dois trabalhos técnicos publicados ainda em 2002, verificando-se o tamponamento da água co relação ao pH, em condições aeróbica e não aeróbica, frente a níveis diferenciados de adição de várias fontes de matéria orgânica, ressaltando-se que o pH, mesmo em condição anaeróbica (que deverá refletir a porção mais profunda do reservatório), depois de curto período onde desce a cerca de 5,0, eleva-se a valores entre 7 a 8, considerando-se as frações de casca e galhos.

Anexo 1 – Resultados das análises das amostras coletadas em 1995 e 1996

Variações das temperaturas do ar e da água (°C), do pH, da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), da turbidez (UNT) e das concentrações de OD (mg L^{-1}), resultados médios de perfis verticais.

Pontos	Dez 1995		Mar 1996		Jun 1996		Set 1996	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
M₁	21,9	24,1	28,2	22,8	15,0	14,0	28,4	21,5
M₂	26,5	25,6	24,3	21,8	16,0	16,0	25,1	19,2
M₃	26,6	22,0	23,3	21,3	15,0	16,0	26,3	21,4
M₄	23,6	23,5	22,1	20,7	14,0	15,0	21,2	18,1
M₅	23,0	23,3	21,8	21,0	12,0	16,0	19,7	17,1
J₁	22,7	21,7	24,8	21,9	13,0	13,0	23,5	19,7
J₂	20,6	20,0	26,2	21,7	13,0	13,0	24,8	18,7
J₃	21,4	23,3	23,0	21,9	14,0	14,0	20,7	19,8
J₄	24,8	25,6	26,0	21,9	18,0	17,0	22,6	20,0
J₅	22,2	25,6	23,1	22,0	16,0	17,0	19,8	19,8
	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
M₁	8,03	115	7,72	91	8,06	108	8,09	100
M₂	8,17	110	7,68	87	7,91	101	8,17	100
M₃	8,12	172	7,89	175	8,07	150	8,36	166
M₄	7,80	117	8,02	136	7,95	120	8,11	128
M₅	7,80	102	7,88	83	7,78	100	7,94	94
J₁	7,81	74	7,68	61	7,89	60	8,03	63
J₂	7,90	116	7,80	110	7,85	100	8,02	106
J₃	7,81	113	7,56	90	8,02	90	7,86	100
J₄	7,88	97	7,54	75	7,80	90	7,91	89
J₅	7,53	85	7,04	60	7,58	80	7,63	81
	Turb.	O.D.	Turb.	O.D.	Turb.	O.D.	Turb.	O.D.
M₁	12,3	9,93	120	9,50	20,0	9,48	10,0	9,50
M₂	10,0	9,46	49,9	9,19	10,0	9,59	14,7	9,14
M₃	10,0	9,99	10,0	8,64	10,0	9,67	12,7	8,56
M₄	10,0	8,23	10,0	10,1	10,0	10,0	12,5	9,29
M₅	10,0	8,37	10,0	10,6	30,0	9,89	13,0	9,27
J₁	6,0	9,58	28,2	9,96	10,0	10,4	10,0	9,52
J₂	8,0	9,89	21,7	12,1	20,0	10,4	10,0	9,85
J₃	13,2	9,37	103,4	9,76	20,0	9,73	10,0	8,89
J₄	13,5	9,59	5,2	9,13	30,0	9,16	13,1	8,48
J₅	17,0	8,88	79,1	7,39	28,3	9,00	11,4	8,30

Variações da DQO, DBO₅, carbono orgânico total (COT), resíduos totais (ST), resíduos filtráveis (STD), resíduos não filtráveis (STF), mg L⁻¹; número de coliformes totais e fecais (NMP 100 ml⁻¹).

Pontos	Dez 1995			Mar 1996			Jun 1996			Set 1996		
	DQO	DBO ₅	COT	DQO	DBO ₅	COT	DQO	DBO ₅	COT	DQO	DBO ₅	COT
M₁	1,0	1,65	nd	nd	1,99	0,59	8,0	6,17	0,84	2,0	0,71	0,32
M₂	nd	-	1,92	nd	-	0,74	39,0	-	0,41	24,0	-	1,12
M₃	-	-	1,32	-	-	nd	-	-	0,40	-	-	nd
M₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J₁	-	1,88	-	-	1,01	-	-	5,80	-	-	0,67	-
J₂	-	1,57	-	-	2,27	-	-	5,77	-	-	1,70	-
J₃	1,0	1,55	2,75	nd	2,45	0,46	39,0	5,80	0,36	34,0	0,57	0,72
J₄	43,0	-	2,08	5,0	-	0,73	18,0	-	0,44	21,0	-	0,49
J₅	22,0	-	1,71	16,0	-	0,95	37,0	-	0,31	34,0	-	0,62
	ST	STD	STF	ST	STD	STF	ST	STD	STF	ST	STD	STF
M₁	125	100	25	132	60	72	135	54	51	149	129	20
M₂	180	150	30	162	99	63	108	75	33	128	102	26
M₃	300	-	-	222	-	-	186	-	-	177	-	-
M₄	160	-	-	170	-	-	202	-	-	140	-	-
M₅	220	-	-	134	-	-	172	-	-	102	-	-
J₁	200	-	-	120	-	-	102	-	-	106	-	-
J₂	270	-	-	189	-	-	117	-	-	124	-	-
J₃	200	180	20	174	84	90	211	162	49	133	113	20
J₄	90	80	10	212	119	93	117	64	53	127	104	23
J₅	230	210	20	179	93	86	118	64	54	113	91	22
	C.T.	C.F.		C.T.	C.F.		C.T.	C.F.		C.T.	C.F.	
M₁	5,0X10 ₂	1,3X10 ²		1,7X10 ³	1,7X10 ³		3,5X10 ²	2,2 X10 ²		1,7X10 ⁴	2,2 X10 ³	
M₂	-	-		-	-		-	-		-	-	
M₃	-	-		-	-		-	-		-	-	
M₄	-	-		-	-		-	-		-	-	
M₅	-	-		-	-		-	-		-	-	
J₁	2,2X10 ₃	5,0X10 ²		7,0X10 ³	7,0 X10 ²		1,7X10 ⁴	7,0 X10 ³		2,8X10 ³	1,7 X10 ³	
J₂	5,0X10 ₃	2,2X10 ³		1,1X10 ⁴	5,0 X10 ³		1,4X10 ⁵	2,2 X10 ⁴		8,0X10 ³	1,4 X10 ³	
J₃	2,2X10 ₂	1,7X10 ²		7,0X10 ⁴	5,0 X10 ⁴		1,1X10 ⁶	2,8 X10 ³		5,0X10 ³	1,1 X10 ³	
J₄	-	-		-	-		-	-		-	-	
J₅	-	-		-	-		-	-		-	-	

(nd) - não detectado

Variações das concentrações de: fósforo total (P_T), nitrogênio total (N_T), nitrogênio inorgânico total (NI_T), nitrogênio orgânico total (NOT), nitrogênio orgânico dissolvido (NOD), nitrogênio orgânico particulado (NOP), nitrato (NO₃), nitrito (NO₂) e amônia (NH₄).

Pontos	Dez 1995			Mar 1996			Jun 1996			Set 1996		
	P _T	N _T	NI _T	P _T	N _T	NI _T	P _T	N _T	NI _T	P _T	N _T	NI _T
M ₁	45,47	0,21	0,08	110,13	4,69	0,18	48,70	5,40	0,11	66,56	4,76	0,07
M ₂	44,00	0,27	0,16	95,13	4,21	0,13	77,99	5,61	0,10	87,27	5,11	0,07
M ₃	18,26	0,47	0,36	65,28	4,69	0,31	33,70	5,31	0,19	65,13	5,04	0,22
M ₄	45,47	0,31	0,21	147,87	4,65	0,18	47,99	5,70	0,18	65,84	5,03	0,12
M ₅	49,15	0,21	0,11	102,99	4,57	0,10	83,70	5,57	0,10	95,84	4,88	0,10
J ₁	38,12	0,10	0,01	72,99	3,82	0,10	37,27	5,39	0,05	83,70	4,93	0,25
J ₂	61,65	0,52	0,39	86,56	3,79	0,24	52,99	5,24	0,16	96,56	4,59	0,08
J ₃	49,15	0,19	0,08	92,99	3,99	0,17	45,84	5,39	0,09	93,70	4,35	0,10
J ₄	38,85	0,18	0,05	89,41	4,58	0,15	66,56	4,81	0,12	70,13	3,71	0,15
J ₅	37,38	0,22	0,10	103,70	3,90	0,13	69,41	5,46	0,12	95,84	6,10	0,28
	NOT	NOD	NOP									
M ₁	0,125	0,092	0,033	4,512	3,554	0,958	5,295	3,903	1,392	4,686	3,598	1,088
M ₂	0,108	0,090	0,018	4,077	3,207	0,870	5,513	4,164	1,349	5,034	3,729	1,305
M ₃	0,113	0,098	0,015	4,381	3,554	0,827	5,121	3,772	1,349	4,816	3,293	1,523
M ₄	0,105	0,083	0,022	4,468	3,163	1,305	5,513	4,555	0,958	4,903	3,424	1,479
M ₅	0,103	0,089	0,014	4,468	3,685	0,783	5,470	3,293	2,177	4,773	3,424	1,349
J ₁	0,098	0,081	0,017	3,729	2,989	0,740	5,339	3,467	1,872	4,686	3,816	0,870
J ₂	0,130	0,103	0,027	3,554	2,815	0,739	5,077	3,641	1,436	4,512	3,816	0,696
J ₃	0,109	0,087	0,022	3,816	2,858	0,958	5,295	3,685	1,610	4,251	3,816	0,435
J ₄	0,121	0,105	0,016	4,425	3,076	1,349	4,686	3,641	1,045	3,554	3,163	0,391
J ₅	0,122	0,099	0,023	3,772	2,771	1,001	5,339	3,554	1,785	5,817	4,033	1,784
	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄
M ₁	48,66	0,61	31,42	181,94	0,24	nd	106,74	nd	nd	55,64	1,34	12,57
M ₂	122,34	0,76	40,09	129,57	1,74	1,85	94,93	nd	7,10	54,88	0,59	16,76
M ₃	321,03	1,05	37,54	309,50	nd	nd	180,76	nd	11,64	196,48	1,64	23,33
M ₄	144,71	1,05	63,05	183,12	nd	nd	173,28	0,44	8,61	100,68	1,34	22,73
M ₅	83,75	0,76	26,83	101,62	0,09	nd	98,29	0,74	2,05	89,99	0,59	13,77
J ₁	5,24	0,90	Nd	96,11	0,09	nd	49,65	nd	0,54	228,54	2,54	14,96
J ₂	346,90	0,90	45,70	235,87	0,54	nd	152,02	0,29	5,58	46,48	2,99	25,72
J ₃	65,76	1,20	9,48	172,88	nd	nd	90,60	nd	nd	93,05	1,19	3,01
J ₄	37,69	1,20	15,60	150,83	nd	nd	117,76	nd	4,07	104,88	1,34	44,84
J ₅	67,52	1,34	29,89	126,03	nd	nd	113,04	nd	4,07	220,53	0,89	61,58

P_T, NO₃, NO₂ e NH₄: µg/l; N_T, NI_T, NOT, NOD e NOP: mg/l; (nd) - não detectado.

Variações das concentrações de: zinco, chumbo, cobre, ferro, manganês, arsênio e mercúrio (mg L-1).

Pontos	Dez 1995			Mar 1996			Jun 1996			Set 1996		
	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu
M₁	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
M₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M₃	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
M₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J₄	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
J₅	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn		
M₁	0,052	nd	0,300	0,112	0,943	0,021	0,546	0,014				
M₂	0,055	nd	0,187	0,021	1,291	0,070	0,620	0,031				
M₃	-	-	-	-	-	-	-	-				
M₄	-	-	-	-	-	-	-	-				
M₅	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₁	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₂	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₃	nd	nd	0,412	0,082	0,984	0,060	0,586	0,026				
J₄	nd	nd	0,433	0,090	1,056	0,061	0,644	0,032				
J₅	nd	nd	0,651	0,081	1,204	0,080	0,500	0,032				
	As	Hg	As	Hg	As	Hg	As	Hg				
M₁	<0,02	<0,11	<0,02	0,12	<0,02	<0,11	<0,02	0,13				
M₂	-	-	-	-	-	-	-	-				
M₃	<0,02	<0,11	<0,02	0,11	<0,02	<0,11	<0,02	0,37				
M₄	-	-	-	-	-	-	-	-				
M₅	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₁	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₂	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₃	-	-	-	-	-	-	-	-				
J₄	<0,02	<0,11	<0,02	0,30	<0,02	<0,11	<0,02	0,51				
J₅	<0,02	<0,11	<0,02	0,22	<0,02	0,13	<0,02	0,67				

(nd) - não detectado: Zn<0,002 (mg/l); Pb<0,02 (mg/l); Cu < 0,003 (mg/l); Fe<0,005 (mg/l); Mn< 0,003 (mg/l).

Variações dos teores de zinco, chumbo, cobre e arsênio nos sedimentos (g/kg).

Pontos	Dez 1995		Mar 1996		Jun 1996		Set 1996	
	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb
M₁	0,072	0,040	0,076	0,068	0,082	0,140	0,078	0,100
M₂	-	-	-	-	-	-	-	-
M₃	0,600	3,140	0,720	1,760	0,174	4,600	0,540	1,460
M₄	-	-	-	-	-	-	-	-
M₅	-	-	-	-	-	-	-	-
J₁	-	-	-	-	-	-	-	-
J₂	-	-	-	-	-	-	-	-
J₃	-	-	-	-	-	-	-	-
J₄	0,308	0,246	0,144	0,172	0,162	0,180	0,156	0,202
J₅	0,128	0,174	0,146	0,180	0,186	0,254	0,150	0,214
	Cu	As	Cu	As	Cu	As	Cu	As
M₁	0,066	<0,004	0,076	<0,004	0,080	<0,004	0,080	<0,004
M₂	-	-	-	-	-	-	-	-
M₃	0,640	0,062	0,270	0,012	0,166	0,016	0,230	0,018
M₄	-	-	-	-	-	-	-	-
M₅	-	-	-	-	-	-	-	-
J₁	-	-	-	-	-	-	-	-
J₂	-	-	-	-	-	-	-	-
J₃	-	-	-	-	-	-	-	-
J₄	0,084	0,006	0,088	0,008	0,100	0,006	0,090	0,008
J₅	0,106	0,008	0,090	0,008	0,084	0,012	0,084	<0,004

Valores médios das variáveis físicas, químicas e dos testes biológicos em função dos rios amostrados (período: dezembro de 1995 a setembro de 1996).

Variáveis	Ribeira	do Rocha (M ₃)	Catas Altas (J ₁)	Tijuco (J ₃)
Temperatura do ar (°C)	21,23	22,80	21,00	21,15
Temperatura da água (°C)	20,27	20,18	19,08	18,35
Condutividade elétrica (µS/cm)	97,9	165,7	64,5	108,0
Turbidez (NTU)	29,4	10,68	13,55	14,93
pH	7,83	8,11	7,85	7,89
Oxigênio dissolvido (mg/l)	9,26	9,22	9,87	10,56
DBO ₅ (mg/l)	2,61	-	2,34	2,83
DQO (mg/l)	17,20	-	-	-
Carbono orgânico total (mg/l)	0,88	0,43	-	-
Resíduos totais (mg/l)	154	221	132	175
Resíduos filtráveis (mg/l)	107	-	-	-
Resíduos não filtráveis (mg/l)	43	-	-	-
Coliformes totais (NMP/100 ml)	7,29 x 10 ³	-	7,25 x 10 ³	41,0 x 10 ³
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	149,35 x 10 ³	-	2,47 x 10 ³	7,65 x 10 ³
Fosfato total (µg/l)	73,82	45,59	58,08	74,44
Nitrogênio total (mg/l)	3,72	3,88	3,56	3,54
N-Orgânico total (mg/l)	3,59	3,61	3,46	3,32
N-Orgânico particulado (mg/l)	0,91	0,93	0,87	0,72
N-Orgânico dissolvido (mg/l)	2,68	2,68	2,59	2,59
N-inorgânico total (mg/l)	0,13	0,27	0,10	0,22
Amônia (µg/l)	14,98	18,13	3,88	19,25
Nitrito (µg/l)	0,62	0,67	0,88	1,18
Nitrato (µg/l)	111,8	251,9	94,9	195,3
Chumbo (mg/l)	nd	nd	-	-
Cobre (mg/l)	nd	nd	-	-
Arsênio (mg/l)	<0,02	<0,02	-	-
Zinco (mg/l)	nd	nd	-	-
Ferro (mg/l)	0,523	-	-	-
Manganês (mg/l)	0,041	-	-	-

(nd) - não detectado: Zn<0,002 (mg/l); Pb<0,02 (mg/l); Cu < 0,003 (mg/l).

Anexo 2 - Fitoplâncton**1ª Campanha, Dezembro/2004****LISTA GERAL DOS TÁXONS REGISTRADOS NAS AMOSTRAS QUALITATIVAS DOS PONTOS M₁ A M₅.****Qualitativa - M1 a M5****Bacillariophyceae***Aulacoseira granulata**Cocconeis* sp*Cyclotella* sp*Eunotia* sp*Fragillaria* sp.1*Fragillaria* sp.2*Gyrosigma* sp*Navicula* sp*Nitzschia* sp

Penales NI

Surirella sp**Chlorophyceae***Chlamydomonas* sp*Coelastrum astroideum**Monoraphidium griffithii**Mougeotia* sp*Pediastrum simplex**Scenedesmus opoliensis**Scenedesmus quadricauda**Sphaerocystis* sp**Cyanophyceae***Aphanocapsa* sp*Chroococcus* cf. *minimus**Limnothrix* sp.1*Limnothrix* sp.2*Phormidium* sp.1*Pseudanabaena* sp**Cryptophyceae***Cryptomonas* sp**Conjugatophyceae***Actinotaenium* sp*Cosmarium* sp**Euglenophyceae***Euglena* sp*Phacus longicauda**Phacus* sp*Trachelomonas volvocina***Dinophyceae***Peridinium* sp

LISTA GERAL DOS TÁXONS REGISTRADOS NAS AMOSTRAS QUALITATIVAS DOS PONTOS J1 A J5.

Qualitativa - J1 a J5

Bacillariophyceae

Aulacoseira ambigua
Aulacoseira granulata
Aulacoseira granulata var. *angustissima*
Cocconeis sp
Cyclotella sp
Eunotia sp
Fragillaria sp.1
Fragillaria sp.2
Frustulia sp
Gyrosigma sp
Navicula sp
 Penales NI
Pinularia sp
Ryzosolenia sp
Surirella sp
Tabellaria sp
Thalassiosira sp

Chlorophyceae

Chamydomonas sp
Coelastrum astroideum
Dictyosphaerium pulchellum
Elakatothrix sp
Eutetramorus fottii
Golenkinia radiata
Golenkinia sp
Kirchneriella diana
Monoraphidium irregulare
Mougeotia sp
Pediastrum duplex
Pediastrum simplex
Scenedesmus opoliensis
Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus arcuatus
Scenedesmus dimorphus
Scenedesmus quadricauda
Scenedesmus acutus
Sphaerocystis sp

Cyanophyceae

Anabaena sp
Chroococcus cf. *minimus*
Limnothrix sp
Lyngbya sp
Mastigocladus sp
Oscillatoria sp
Phormidium sp.1
Phormidium sp.2
Pseudanabaena catenata
Pseudanabaena sp

Conjugatophyceae

Actinotaenium cf. *clevei*
Closterium sp
Cosmarium sp.1
Cosmarium sp.2
Cosmarium sp.3
Staurastrum sp

Euglenophyceae

Euglena sp
Phacus longicauda
Phacus sp.1
Phacus sp.2
Trachelomonas sp
Trachelomonas volvocina
Volvox sp

Cryptophyceae

Cryptomonas sp

Dinophyceae

Peridinium sp

Chrysophyceae

Dinobryon sertularia
Mallomonas sp
Synura uvella
Tetraplektron cf. *acuminatum*

LISTA DOS TÁXONS REGISTRADOS NO ESTUDO QUALITATIVO DAS POPULAÇÕES, NOS CINCO PONTOS DE COLETA, LOCALIZADOS À MONTANTE DA FUTURA BARRAGEM (M1 A M5).

Qualitativa- M1
Táxons
Bacillariophyceae
<i>Aulacoseira granulata</i>
<i>Cocconeis</i> sp
<i>Eunotia</i> sp
<i>Fragillaria</i> sp.2
<i>Gyrosigma</i> sp
<i>Navicula</i> sp
Penales NI
<i>Surirella</i> sp
Chlorophyceae
<i>Chlamydomonas</i> sp
<i>Coelastrum astroideum</i>
<i>Mougeotia</i> sp
<i>Pediastrum simplex</i>
Cyanophyceae
<i>Phormidium</i> sp.1
<i>Limnothrix</i> sp
Cryptophyceae
<i>Cryptomonas</i> sp
Qualitativa- M2-
Táxons
Bacillariophyceae
<i>Aulacoseira granulata</i>
<i>Cyclotella</i> sp
<i>Cocconeis</i> sp
<i>Eunotia</i> sp
<i>Fragillaria</i> sp.1
<i>Gyrosigma</i> sp
<i>Navicula</i> sp
<i>Nitzschia</i> sp
Penales NI
<i>Surirella</i> sp
Chlorophyceae
<i>Monoraphidium griffithii</i>
<i>Mougeotia</i> sp
<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Scenedesmus quadricauc</i>
<i>Sphaerocystis</i> sp
Cyanophyceae
<i>Aphanocapsa</i> sp
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minimus</i>
<i>Phormidium</i> sp.1
Conjugatophyceae
<i>Actinotaenium</i> sp
<i>Cosmarium</i> sp
Euglenophyceae
<i>Euglena</i> sp
<i>Phacus longicauda</i>
<i>Phacus</i> sp
<i>Trachelomonas volvocina</i>
Dinophyceae
<i>Peridinium</i> sp

Qualitativa- M3
Táxons
Bacillariophyceae
<i>Cocconeis</i> sp
<i>Eunotia</i> sp
<i>Fragillaria</i> sp.2
<i>Navicula</i> sp
Penales NI
Chlorophyceae
<i>Mougeotia</i> sp
Cyanophyceae
<i>Limnothrix</i> sp.2
<i>Phormidium</i> sp.1
<i>Pseudanabena</i> sp
Euglenophyceae
<i>Euglena</i> sp
Conjugatophyceae
<i>Cosmarium</i> sp

Qualitativa- M4
Táxons
Bacillariophyceae
<i>Fragillaria</i> sp.1

Qualitativa- M5
Táxons
Bacillariophyceae
<i>Cocconeis</i> sp
<i>Eunotia</i> sp
<i>Fragillaria</i> sp.1
<i>Navicula</i> sp
Penales NI
Chlorophyceae
<i>Mougeotia</i> sp
Cyanophyceae
<i>Aphanocapsa</i> sp
Euglenophyceae
<i>Euglena</i> sp
<i>Trachelomonas volvocina</i>

LISTA DOS TÁXONS REGISTRADOS NOS CINCO PONTOS DE COLETA, LOCALIZADOS À JUSANTE DA FUTURA BARRAGEM (J1 A J5).

Qualitativa- J1
Táxons

Bacillariophyceae
Aulacoseira granulata
Cocconeis sp
Eunotia sp
Frustulia sp
Gyrosigma sp
Navicula sp
Penales NI
Pinularia sp

Cyanophyceae
Anabaena sp
Phormidium sp.1
Phormidium sp.2
Pseudanabaena catenata
Pseudanabaena sp

Conjugatophyceae
Cosmarium sp
Staurastrum sp

Euglenophyceae
Trachelomonas sp

Cryptophyceae
Cryptomonas sp

Dinophyceae
Peridinium sp

Qualitativa- J2
Táxons

Bacillariophyceae
Aulacoseira granulata
Eunotia sp
Frustulia sp
Gyrosigma sp
Navicula sp
Penales NI
Thalassiosira sp

Chlorophyceae
Mougeotia sp

Cyanophyceae
Oscillatoria sp
Phormidium sp.1
Pseudanabaena sp

Conjugatophyceae
Cosmarium sp.2

Euglenophyceae
Phacus longicauda
Phacus sp
Trachelomonas volvocina

Cryptophyceae
Cryptomonas sp

Dinophyceae
Peridinium sp

Qualitativa- J3
Táxons

Bacillariophyceae
Aulacoseira ambigua
Cocconeis sp
Cyclotella sp
Eunotia sp
Fragillaria sp.1
Gyrosigma sp
Navicula sp
Penales NI
Surirella sp

Chlorophyceae
Coelastrum astroideum
Mougeotia sp
Pediastrum duplex
Pediastrum simplex
Scenedesmus opoliensis
Scenedesmus arcuatus
Scenedesmus dimorphus
Scenedesmus quadricauda

Cyanophyceae
Chroococcus cf. *minus*
Phormidium sp.1
Phormidium sp.2

Euglenophyceae
Phacus longicauda
Phacus sp
Trachelomonas volvocina
Volvox sp

Dinophyceae
Peridinium sp

Qualitativa- J4
Táxons

Bacillariophyceae
Aulacoseira granulata
Aulacoseira granulata var. .
Cocconeis sp
Cyclotella sp
Eunotia sp
Fragillaria sp.1
Fragillaria sp.2
Navicula sp
 Penales NI
Ryzosolenia sp
Surirella sp
Tabellaria sp

Chlorophyceae
Chamydomonas sp
Coelastrum astroideum
Dictyosphaerium pulchellum
Golenkinia radiata
Monoraphidium irregulare
Mougeotia sp
Oocystis sp
Pediastrum duplex
Pediastrum simplex
Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus opoliensis
Scenedesmus acutus
Scenedesmus quadricauda
Sphaerocystis sp

Cyanophyceae
Limnothrix sp
Mastigocladus sp
Phormidium sp.1
Pseudanabaena sp

Euglenophyceae
Euglena sp
Phacus longicauda
Phacus sp.1
Phacus sp.2
Trachelomonas volvocina

Chrysophyceae
Dinobryon sertularia
Synura uvella
Tetraplektron cf. *acuminatu*.

Conjugatophyceae
Actinotaenium cf. *clevei*
Closterium sp
Cosmarium sp.3

Qualitativa- J5
Táxons

Bacillariophyceae
Aulacoseira ambigua
Aulacoseira granulata
Cocconeis sp
Cyclotella sp
Eunotia sp
Fragillaria sp.1
Fragillaria sp.2
Gyrosigma sp
Navicula sp
 Penales NI
Ryzosolenia sp
Surirella sp

Chlorophyceae
Dictyosphaerium pulchellum
Elakatothrix sp
Eutetramorus fottii
Golenkinia sp
Kirchneriella diana
Mougeotia sp
Oocystis sp
Pediastrum simplex
Scenedesmus opoliensis
Scenedesmus sp
Sphaerocystis sp

Cyanophyceae
Limnothrix sp
Lyngbya sp
Pseudanabena sp

Conjugatophyceae
Closterium sp
Staurastrum sp

Cryptophyceae
Cryptomonas sp

Dinophyceae
Peridinium sp

Chrysophyceae
Mallomonas sp

LISTA GERAL DOS TÁXONS REGISTRADOS NO ESTUDO QUANTITATIVO DAS POPULAÇÕES.

Análise Quantitativa

Táxons

Bacillariophyceae

Aulacoseira ambigua
Aulacoseira granulata var. *angustissima*
Cocconeis sp
Cyclotella sp
Eunotia sp
Fragillaria sp.1
Fragillaria sp.2
Gyrosigma sp
Navicula sp
Penales NI
Surirella sp

Cyanophyceae

Aphanocapsa sp
Células livres de *Microcystis* sp
Chroococcus minimus
Limnothrix sp
Oscillatoria sp
Phormidium sp
Pseudanabaena mucicola
Pseudanabena sp

Chlorophyceae

Ankistrodesmus fusiformis
Chlamydomonas sp
Coelastrum astroideum
Dictyosphaerium pulchellum
Elakatothrix sp
Eutetramorus fottii
Monoraphidium irregulare
Monoraphidium sp
Mougeotia sp
Oocystis sp
Pediastrum duplex
Pediastrum simplex
Scenedesmus opoliensis

Euglenophyceae

Fitoflagelado sp
Phacus sp
Trachelomonas volvocina

Conjugatophyceae

Actinotaenium sp
Closterium sp.1
Closterium sp.2
Cosmarium sp
Staurastrum sp

Dinophyceae

Peridinium sp

Cryptophyceae

Cryptomonas sp

Densidade (ind ml⁻¹) das classes fitoplanctônicas presentes no estudo quantitativo das populações, referente aos pontos localizados à montante da barragem (M1 a M5).

Quantitativa	M1	M2	M3	M4	M5
Classes	D (ind/ml)				
Bacillariophyceae	188	1486	180	1221	1221
Cyanophyceae	516	53	9	159	902
Chlorophyceae	69	584	9	212	849
Euglenophyceae	10	159			
Conjugatophyceae		106			
Dinophyceae		265		53	
Densidade Total	783	2653	199	1645	2972

Densidade (ind ml⁻¹) das classes fitoplanctônicas presentes no estudo quantitativo das populações, referente aos pontos localizados à jusante da barragem (J1 a J5).

Quantitativa	J1	J2	J3	J4	J5
Classes	D (ind/ml)				
Bacillariophyceae	291	56	1973	1083	5372
Cyanophyceae	694	28			246
Chlorophyceae	97		1466	2346	1476
Cryptophyceae	56	111			
Euglenophyceae	28	28	113		
Conjugatophyceae			113	120	164
Densidade Total	1166	222	3665	3549	7258

2ª Campanha, Março/2005

LISTA GERAL DOS TÁXONS REGISTRADOS NAS AMOSTRAS QUALITATIVAS DOS PONTOS M1 A M5.

Táxons

Cyanophyceae	<i>Nitzschia</i> sp
<i>Calothrix</i> sp	Penales NI
<i>Chroococcus</i> sp	<i>Pinnularia</i> sp
Cianoficea NI	<i>Surirela</i> sp
<i>Hapalosiphon</i> sp	<i>Thalassiosira</i> sp
<i>Limnothrix</i> sp	Chlorophyceae
<i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Ankistrodesmus gracile</i>
<i>Oscillatoria princeps</i>	<i>Chamydomonas</i> sp
<i>Oscillatoria</i> sp1	Cloroficea NI
<i>Oscillatoria</i> sp2	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Oscillatoria</i> sp3	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>
<i>Phormidium</i> sp1	<i>Coelastrum reticulatum</i>
<i>Phormidium</i> sp2	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Phormidium</i> sp3	<i>Eutetramorus fottii</i>
<i>Planktolyngbya</i> sp	<i>Monoraphidium irregulare</i>
<i>Planktothrix</i> sp	<i>Mougeotia</i> sp
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>catenata</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Pseudanabaena</i> sp1	<i>Pediastrum simplex</i>
<i>Pseudanabaena</i> sp2	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
Bacillariophyceae	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Aulacoseira ambigua</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	<i>Spaherocystis</i> sp
<i>Aulacoseira</i> sp	Tetrasporales NI
<i>Cocconeis</i> sp	<i>Treubaria</i> sp
<i>Cyclotella</i> sp	Chrysophyceae
<i>Eunotia</i> sp	<i>Dinobryon sertularia</i>
<i>Fragillaria</i> sp	<i>Mallomonas</i> sp
<i>Gomphonema</i> sp	<i>Synura</i> sp
<i>Gyrosigma</i> sp	Conjugatophyceae
<i>Navicula</i> sp	<i>Actinotaenium globosum</i>
Euglenophyceae	<i>Closterium</i> sp
<i>Phacus</i> sp	<i>Cosmarium</i> sp1
<i>Trachelomonas armata</i>	<i>Staurastrum rotula</i>
<i>Trachelomonas hispida</i>	<i>Staurodesmus</i> sp
<i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Cosmarium</i> sp2
Dinophyceae	Cryptophyceae
<i>Peridinium</i> sp	<i>Cryptomonas</i> sp
	Xantoficea NI

LISTA GERAL DOS TÁXONS REGISTRADOS AMOSTRAS QUALITATIVAS DOS PONTOS J1 A J5.

Táxons

Cyanophyceae	<i>Gyrosigma</i> sp
<i>Calothrix</i> sp	<i>Navicula</i> sp
<i>Chroococcus</i> sp	<i>Nitzschia</i> sp
Cianoficea NI	<i>Pinnularia</i> sp
<i>Hapalosiphon</i> sp	<i>Surirela</i> sp
<i>Limnothrix</i> sp	Chlorophyceae
<i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Ankistrodesmus gracile</i>
<i>Oscillatoria</i> sp1	<i>Chamydomonas</i> sp
<i>Oscillatoria</i> sp2	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Oscillatoria</i> sp3	<i>Coelastrum reticulatum</i>
<i>Phormidium</i> sp1	<i>Eutetramorus fottii</i>
<i>Phormidium</i> sp2	<i>Monoraphidium irregulare</i>
<i>Planktolyngbya</i> sp	Monoraphidium irregulares
<i>Pseudanabaena</i> sp1	<i>Mougeotia</i> sp
<i>Pseudanabaena</i> sp2	<i>Pediastrum duplex</i>
Bacillariophyceae	<i>Pediastrum simplex</i>
Penales NI	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
<i>Aulacoseira ambigua</i>	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	<i>Scenedesmus Quadricauda</i>
<i>Cocconeis</i> sp	<i>Spaerocystis</i> sp
<i>Cyclotella</i> sp	Tetrasporales NI
<i>Eunotia</i> sp	Chrysophyceae
<i>Fragillaria</i> sp	<i>Dinobryon sertularia</i>
<i>Gomphonema</i> sp	<i>Mallomonas</i> sp
Euglenophyceae	Conjugatophyceae
<i>Phacus</i> sp	<i>Actinotaenium globosum</i>
<i>Trachelomonas armata</i>	<i>Closterium</i> sp
<i>Trachelomonas hispida</i>	<i>Cosmarium</i> sp
<i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Staurastrum rotula</i>
Dinophyceae	<i>Staurodesmus</i> sp
<i>Peridinium</i> sp	Cryptophyceae
	<i>Cryptomonas</i> sp
	Xantoficea NI

LISTA DOS TÁXONS REGISTRADOS NO ESTUDO QUALITATIVO DAS POPULAÇÕES, NOS CINCO PONTOS DE COLETA, LOCALIZADOS À MONTANTE DA FUTURA BARRAGEM (M1 A M5).

M1	
Cyanophyceae	<i>Pseudanabaena</i> sp1
<i>Oscillatoria</i> sp2	Bacillariophyceae
Bacillariophyceae	Penales NI
Penales NI	<i>Cocconeis</i> sp
<i>Cocconeis</i> sp	<i>Cyclotella</i> sp
Eunotia sp	<i>Eunotia</i> sp
<i>Gomphonema</i> sp	<i>Fragillaria</i> sp
<i>Navicula</i> sp	<i>Gomphonema</i> sp
<i>Surirela</i> sp	<i>Gyrosigma</i> sp
<i>Thalassiosira</i> sp	<i>Navicula</i> sp
Chlorophyceae	<i>Nitzschia</i> sp
<i>Chlamydomonas</i> sp	<i>Pinnularia</i> sp
<i>Mougeotia</i> sp	<i>Surirela</i> sp
<i>Treubaria</i> sp	Chlorophyceae
M2	<i>Chlamydomonas</i> sp
Cyanophyceae	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Calothrix</i> sp	<i>Eutetramorus fottii</i>
<i>Limnothrix</i> sp	<i>Mougeotia</i> sp
<i>Oscillatoria</i> sp2	<i>Sphaerocystis</i> sp
<i>Chroococcus</i> sp	Euglenophyceae
<i>Phormidium</i> sp2	<i>Euglena</i> sp
<i>Oscillatoria princeps</i>	<i>Phacus</i> sp
Trachelomonas volvocina	<i>Trachelomonas hispida</i>
Conjugatophyceae	<i>Navicula</i> sp
<i>Closterium</i> sp	<i>Pinnularia</i> sp
<i>Cosmarium</i> sp1	<i>Surirela</i> sp
<i>Cosmarium</i> sp2	Chlorophyceae
Chrysophyceae	<i>Chlamydomonas</i> sp
<i>Mallomonas</i> sp	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>
M3	<i>Mougeotia</i> sp
Cyanophyceae	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Phormidium</i> sp2	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>catenata</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Pseudanabaena</i> sp1	Euglenophyceae
Bacillariophyceae	<i>Trachelomonas hispida</i>
Penales NI	<i>Trachelomonas volvocina</i>
<i>Cocconeis</i> sp	Conjugatophyceae
<i>Cyclotella</i> sp	<i>Closterium</i> sp
<i>Eunotia</i> sp	Chrysophyceae
<i>Fragillaria</i> sp	<i>Mallomonas</i> sp
<i>Gyrosigma</i> sp	Dinophyceae
<i>Navicula</i> sp	<i>Peridinium</i> sp
<i>Pinnularia</i> sp	Xantoficea NI
<i>Surirela</i> sp	
Chlorophyceae	
<i>Mougeotia</i> sp	
Euglenophyceae	
<i>Trachelomonas hispida</i>	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	
M5	
Cyanophyceae	<i>Pseudanabaena</i> sp1
<i>Oscillatoria princeps</i>	
<i>Oscillatoria</i> sp3	
<i>Phormidium</i> sp2	
<i>Phormidium</i> sp3	
<i>Pseudanabaena</i> sp1	

(continua...)

LISTA DOS TÁXONS REGISTRADOS NO ESTUDO QUALITATIVO DAS POPULAÇÕES, NOS CINCO PONTOS DE COLETA, LOCALIZADOS À MONTANTE DA FUTURA BARRAGEM (M1 A M5).

(...continuação)

Chrysophyceae*Mallomonas* sp**Xantoficea NI**

M4

Cyanophyceae**Calothrix sp***Oscillatoria* sp2*Oscillatoria* sp3*Phormidium* sp3*Planktothrix* sp*Pseudanabaena* sp1**Bacillariophyceae**

Penales NI

Aulacoseira sp*Cocconeis* sp**Eunotia sp***Fragillaria* sp*Gomphonema* sp*Gyrosigma* sp**Bacillariophyceae**

Penales NI

Aulacoseira granulata var. *angustissima**Cocconeis* sp*Eunotia* sp*Fragillaria* sp*Gyrosigma* sp*Navicula* sp*Pinnularia* sp*Surirela* sp**Chlorophyceae***Chlamydomonas* sp*Mougeotia* sp*Scenedesmus opoliensis***Euglenophyceae***Trachelomonas* sp*Trachelomonas volvocina***Chrysophyceae***Mallomonas* sp**Xantoficea NI**

LISTA DOS TÁXONS REGISTRADOS NOS CINCO PONTOS DE COLETA, LOCALIZADOS À JUSANTE DA FUTURA BARRAGEM (J1 A J5).

J1	J3
<p>Cyanophyceae <i>Oscillatoria</i> sp1 <i>Phormidium</i> sp1 <i>Phormidium</i> sp2 <i>Pseudanabaena</i> sp1</p> <p>Bacillariophyceae Penales NI <i>Cocconeis</i> sp <i>Cyclotella</i> sp <i>Eunotia</i> sp <i>Fragillaria</i> sp <i>Gomphonema</i> sp <i>Gyrosigma</i> sp <i>Navicula</i> sp <i>Nitzschia</i> sp</p> <p>Chlorophyceae <i>Chamydomonas</i> sp <i>Mougeotia</i> sp Tetrasporales NI</p> <p>Chrysophyceae <i>Dinobryon sertularia</i> <i>Mallomonas</i> sp</p> <p>Euglenophyceae <i>Trachelomonas volvocina</i></p> <p>Dinophyceae <i>Peridinium</i> sp</p> <p>Conjugatophyceae <i>Staurodesmus</i> sp</p>	<p><i>Pinnularia</i> sp <i>Surirela</i> sp</p> <p>Chlorophyceae <i>Mougeotia</i> sp</p> <p>Euglenophyceae <i>Phacus</i> sp <i>Trachelomonas hispida</i> <i>Trachelomonas volvocina</i></p> <p>Dinophyceae <i>Peridinium</i> sp</p> <p>Conjugatophyceae <i>Cosmarium</i> sp <i>Staurastrum rotula</i></p> <p>Xantoficea NI</p>
J2	J5
<p>Cyanophyceae Cianoficea NI <i>Calothrix</i> sp <i>Hapalosiphon</i> sp <i>Limnothrix</i> sp <i>Oscillatoria</i> sp2 <i>Oscillatoria</i> sp3 <i>Phormidium</i> sp1 <i>Phormidium</i> sp2 <i>Pseudanabaena</i> sp1</p> <p>Bacillariophyceae Penales NI <i>Cocconeis</i> sp <i>Fragillaria</i> sp <i>Gyrosigma</i> sp <i>Navicula</i> sp <i>Mallomonas</i> sp</p>	<p>Cyanophyceae <i>Chroococcus</i> sp <i>Oscillatoria</i> sp2 <i>Phormidium</i> sp2 <i>Planktolyngbya</i> sp <i>Pseudanabaena</i> sp1</p> <p>Bacillariophyceae Penales NI <i>Cocconeis</i> sp <i>Eunotia</i> sp <i>Fragillaria</i> sp <i>Gomphonema</i> sp <i>Gyrosigma</i> sp <i>Navicula</i> sp <i>Surirela</i> sp</p> <p>Chlorophyceae <i>Ankistrodesmus gracile</i> <i>Chlamydomonas</i> sp <i>Eutetramorus fottii</i> <i>Monoraphidium irregulares</i> <i>Mougeotia</i> sp <i>Spaherocystis</i> sp <i>Scenedesmus opoliensis</i></p> <p>Euglenophyceae <i>Trachelomonas armata</i></p> <p>Trachelomonas volvocina</p> <p>Dinophyceae <i>Peridinium</i> sp</p> <p>Conjugatophyceae <i>Actinotaenium globosum</i></p> <p>Chrysophyceae</p>
J4	J5
<p>Cyanophyceae Cianoficea NI <i>Calothrix</i> sp <i>Oscillatoria</i> sp2 <i>Phormidium</i> sp2 <i>Planktolyngbya</i> sp</p> <p>Bacillariophyceae Penales NI <i>Cocconeis</i> sp <i>Cyclotella</i> sp <i>Eunotia</i> sp <i>Fragillaria</i> sp <i>Gomphonema</i> sp</p>	<p>Cyanophyceae <i>Calothrix</i> sp <i>Limnothrix</i> sp <i>Merismopedia tenuissima</i> <i>Phormidium</i> sp2 <i>Pseudanabaena</i> sp2</p> <p>Bacillariophyceae Penales NI <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> <i>Cyclotella</i> sp <i>Eunotia</i> sp <i>Fragillaria</i> sp <i>Gomphonema</i> sp</p>

(continua...)

LISTA DOS TÁXONS REGISTRADOS NOS CINCO PONTOS DE COLETA, LOCALIZADOS À JUSANTE DA FUTURA BARRAGEM (J1 A J5).

(,,contínuação)

<i>Gyrosigma</i> sp	<i>Gyrosigma</i> sp
<i>Navicula</i> sp	<i>Navicula</i> sp
<i>Surirela</i> sp	<i>Pinnularia</i> sp
Chlorophyceae	<i>Surirela</i> sp
Cloroficea NI	Chlorophyceae
<i>Coelastrum microporum</i>	<i>Chlamydomonas</i> sp
<i>Monoraphidium irregulare</i>	<i>Coelastrum reticulatum</i>
<i>Mougeotia</i> sp	<i>Eutetramorus fottii</i>
<i>Pediastrum simplex</i>	<i>Mougeotia</i> sp
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	<i>Pediastrum simplex</i>
Euglenophyceae	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
<i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
Conjugatophyceae	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Closterium</i> sp	Euglenophyceae
<i>Staurastrum rotula</i>	<i>Trachelomonas hispida</i>
Chrysophyceae	Conjugatophyceae
<i>Mallomonas</i> sp	<i>Closterium</i> sp
<i>Synura</i> sp	Chrysophyceae
Cryptophyceae	<i>Mallomonas</i> sp
<i>Cryptomonas</i> sp	Dinophyceae
	<i>Peridinium</i> sp

LISTA GERAL DOS TÁXONS REGISTRADOS NO ESTUDO QUANTITATIVO DAS POPULAÇÕES.

Táxons	
Cyanophyceae	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Aphanothece</i> sp	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
<i>Chroococcus minmus</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Limnothrix</i> sp	<i>Kirchneriella gracilima</i> var. <i>elongata</i>
<i>Phormidium</i> sp1	<i>Monoraphidium circinale</i>
<i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Monoraphidium griffithii</i>
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Monoraphidium irregulare</i>
<i>Pseudanabaena</i> sp1	<i>Monoraphidium nanum</i>
<i>Raphidiopsis</i> sp	<i>Mougeotia</i> sp
Bacillariophyceae	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
Penales NI	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
<i>Aulacoseira</i> sp	Dinophyceae
<i>Cocconeis</i> sp	<i>Peridinium</i> sp
<i>Cyclotella</i> sp	Cryptophyceae
<i>Eunotia</i> sp	<i>Cryptomonas</i> sp
<i>Fragilaria</i> sp	Fitoflagelados NI
<i>Frustulia</i> sp	Euglenophyceae
<i>Gomphonema</i> sp	<i>Euglena</i> sp
<i>Gyrosigma</i> sp	<i>Trachelomonas volvocina</i>
<i>Navicula</i> sp	Chrysophyceae
<i>Nitzschia</i> sp	<i>Dinobryon bavaricum</i>
<i>Pinnularia</i> sp	<i>Dinobryon sertularia</i>
<i>Surirela</i> sp	<i>Mallomonas</i> sp
Chlorophyceae	Conjugatophyceae
<i>Actinastrum</i> sp	<i>Closterium</i> sp
<i>Chlamydomonas</i> sp	

Densidade (ind ml⁻¹) das classes fitoplanctônicas presentes no estudo quantitativo das populações: pontos localizados à montante da barragem (M1 a M5).

Quantitativa Classes	M1 D (ind ml ⁻¹)	M2 D (ind ml ⁻¹)	M3 D (ind ml ⁻¹)	M4 D (ind ml ⁻¹)	M5 D (ind ml ⁻¹)
Bacillariophyceae	188	1486	180	1221	1221
Cyanophyceae	516	53	9	159	902
Chlorophyceae	69	584	9	212	849
Euglenophyceae	10	159	-	-	-
Conjugatophyceae	-	106	-	-	-
Dinophyceae	-	265	-	53	-
Densidade Total	783	2653	198	1645	2972

Densidade (ind ml⁻¹) das classes fitoplanctônicas presentes no estudo quantitativo das populações: pontos localizados à jusante da barragem (J1 a J5).

Quantitativa Classes	J1 D (ind ml ⁻¹)	J2 D (ind ml ⁻¹)	J3 D (ind ml ⁻¹)	J4 D (ind ml ⁻¹)	J5 D (ind ml ⁻¹)
Bacillariophyceae	291	56	1973	1083	5372
Cyanophyceae	694	28	-	-	246
Chlorophyceae	97	-	1466	2346	1476
Cryptophyceae	56	111	-	-	-
Euglenophyceae	28	28	113	-	-
Conjugatophyceae	-	-	113	120	164
Densidade Total	1166	223	3665	3549	7258

Anexo 3 - Zooplâncton

1ª Campanha, Dezembro/2004

Relação e classificação dos organismos zooplanctônicos encontrados nas amostras. As siglas na frente dos táxons representam as estações onde foram coletados.

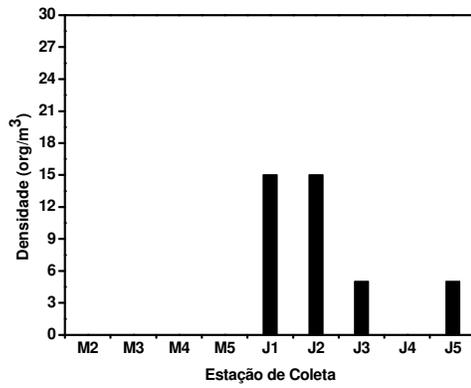
Phylum: Protozoa
Classe: Ciliophora
Ordem: Peritrichia
Família: Epistylidae
Epistylis spp. – **M5, J1, J2, J5**

Phylum Rotifera
Classe: Bdelloidea (não identificado) – **M5, J1, J3**
Classe: Monogononta
Ordem Ploimida
Família: Brachionidae
Branchionus spp – **M5, J2**
Plationus spp – **M5, J1, J2, J3, J4**
Família: Euchlanidae
Euchlanis spp – **J1**
Família Lecanidae
Lecane spp – **J3**
Família Trichocercidae
Trichocerca spp – **J5**

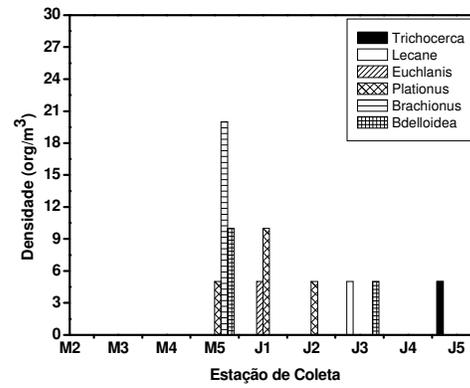
Phylum Arthropoda
Classe: Branchiata
Subclasse: Copepoda
Ordem: Cyclopoida – **J3**
Ordem Harpacticoida – **J1, J2, J5**
Classe: Branchiopoda
Subclasse: Diplostraca
Ordem: Cladocera
Família: Moinidae
Moina spp – **M3, M4, M5, J2**
Família: Chydoridae
Alona spp – **J3, J4, J5**
Chydorus spp – **J1**

DENSIDADE DE: (A) EPISTYLIS (PROTOZOA), (B) PRINCIPAIS REPRESENTANTES DO FILO ROTIFERA, (C) PRINCIPAIS GÊNEROS DE CLADOCERA E (D) HARPACTICOIDA (COPEPODA).

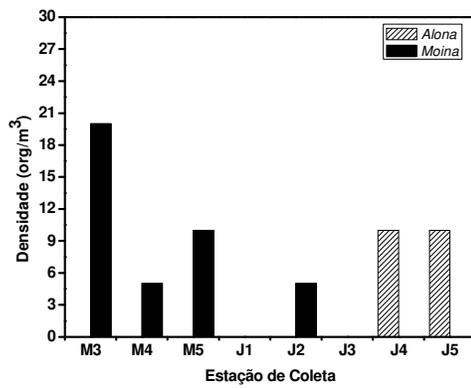
A



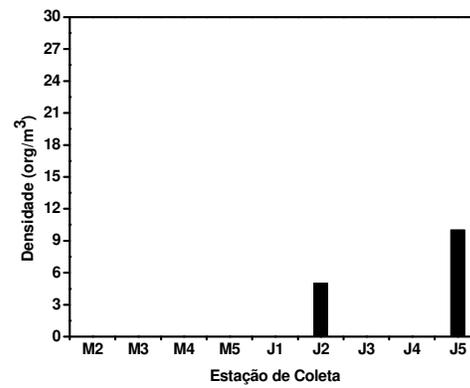
B



C



D



2ª Campanha, Março/2005

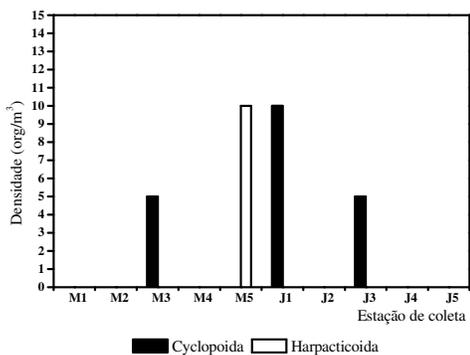
Organismos zooplancônicos encontrados nas amostras qualitativas. As siglas na frente dos táxons representam as estações onde foram coletados.

Phylum: Protozoa
 Classe: Ciliophora
 Ordem: Peritrichia
 Família: Epistylidae
Epistylis spp. – **M1**

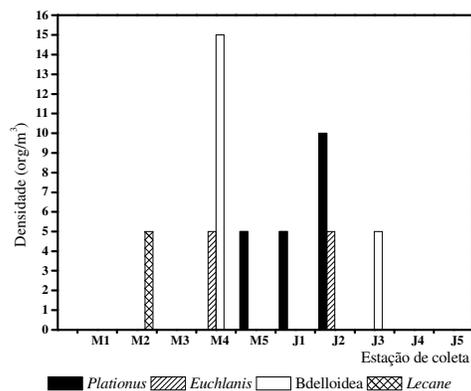
Phylum Rotifera
 Classe: Bdelloidea (não identificado) – **M2, M3, M4**
 Classe: Monogononta
 Ordem Ploimida
 Família: Brachionidae
Platonus spp – **M2, M4, J1, J2**
 Família: Euchlanidae
Euchlanis spp – **M2, M3**
 Família Lecanidae
Lecane spp – **M4, M5**

Phylum Arthropoda
 Classe: Branchiata
 Subclasse: Copepoda
 Ordem: Cyclopoida – **M3, M4, M5**
 Ordem Harpacticoida – **M3, J2**

DENSIDADE DE: (A) COPEPODA E (B) DOS PRINCIPAIS REPRESENTANTES DO FILO ROTIFERA.



A



B