

## ASPECTOS DA QUÍMICA DA ÁGUA E DO SEDIMENTO DO RESERVATÓRIO DE IBITINGA (SÃO PAULO - BRASIL - 21° 45' S e 48° 50' W)\*

[Chemical aspects of water and sediment from the Ibitinga reservoir (São Paulo - Brazil - 21° 45' S and 48° 50' W)]

**Martiniana da Silva VIEIRA<sup>1,4</sup>, José Roberto FERREIRA<sup>1,2</sup>, Paula Maria Gênova de CASTRO<sup>1</sup>, Aristides de Almeida ROCHA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos - Instituto de Pesca - apta - SAA

<sup>2</sup> Pesquisador do Inst. Pesca e Colaborador no Lab. de Ecotoxicologia, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA - USP)

<sup>3</sup> Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública - USP

<sup>4</sup> Endereço/Address: Instituto de Pesca - Av. Francisco Matarazzo, 455 - CEP 05001-900 São Paulo - SP Brasil.

e-mail: martiniana@ig.com.br

\* Órgão financiador: CNPq - Processo N° 122615/89-7

### RESUMO

Com o objetivo de verificar a qualidade da água do reservatório de Ibitinga, foram avaliadas características limnológicas da água e do sedimento no período de outubro/89 a novembro/90, constatando-se a existência de mudanças sazonais e espaciais das mesmas. A diferentes profundidades (superfície, meio e próximo ao fundo), a água foi amostrada em três estações de coleta (E-1, E-2 e E-3) no reservatório e na foz dos rios Jacaré Pepira (EJP) e Jacaré Guaçu (EJG). Os resultados demonstram que o reservatório é turbulento, polimítico e mesotrófico (Índice de Estado Trófico: clorofila *a* = 47; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> = 41; Secchi = 48). Na água do reservatório, as variáveis apresentaram valores medianos mais elevados no período chuvoso, principalmente na estação E-1. Os valores medianos de OD variaram de 6,7 mg.L<sup>-1</sup> (fundo de E-3, período chuvoso) a 9,2 mg.L<sup>-1</sup> (superfície de E-3, período seco). O pH, DBO, NO<sub>2</sub>-N e carbono inorgânico total (CIT) variaram com a época do ano e com a distribuição espacial das estações de coleta (P<0,05); clorofila *a* variou em relação às estações de coleta, enquanto que temperatura da água, cor, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> variaram apenas com a época do ano. A turbidez apresentou tanto variação sazonal quanto espacial. Quando confrontadas as águas do reservatório e a dos tributários, verificou-se que, dos parâmetros analisados, apenas o NO<sub>3</sub>-N esteve correlacionado nos compartimentos considerados (P < 0,05). No sedimento, o CIT variou com relação às estações de coleta, enquanto que P total variou espacial e sazonalmente (P<0,05). Foi possível observar que o rio Tietê exerceu forte influência sobre a qualidade da água do reservatório, porém o efeito de diluição proporcionado pelos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu foi menos relevante.

**Palavras-chave:** limnologia; reservatório; região tropical; eutrofização; bacia hidrográfica

### ABSTRACT

The aim of this paper was to investigate the water quality of the Ibitinga reservoir, based on limnological variables of sediment and water, between October 1989 and November 1990, in a spatial and seasonal approach. The water column was sampled in three stations (E-1, E-2 and E-3). In addition, two other sampling stations, located at the mouths of the Jacaré Pepira (EJP) and Jacaré Guaçu rivers (EPG), were also selected. The results show that the reservoir is turbulent, polymictic and mesotrophic (Trophic State Index: chlorophyll *a* = 47; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> = 41; Secchi = 48). In the reservoir water, the analysed variables presented higher average values at the wet season, mainly in the station E-1. The DO median values varied from 6.7 mg.L<sup>-1</sup> (E-3 bottom, wet season) to 9.2 mg.L<sup>-1</sup> (E-3 surface, dry season). The pH, BOD, NO<sub>2</sub>-N and Total Inorganic Carbon (TIC) varied according to season and spatial variation (P<0.05), while water temperature, colour, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> followed only the seasonality. The chlorophyll *a* varied among the sampling stations and turbidity was affected by seasonality and water depth. For all parameters analysed in water, only NO<sub>3</sub>-N was co-varied with the Ibitinga reservoir and the rivers (P< 0.05). In the sediment, TIC showed a spatial variation and total P was affected by season and spatial variation, with interaction effect (P<0.05). The Tietê river exerted a strong influence on the water quality of the Ibitinga reservoir, while the diluting effect provided by Jacaré Pepira and Jacaré Guaçu rivers was less relevant.

**Key words:** limnology; water quality; tropical region; eutrophication; hydrographic basin

## Introdução

Apesar da abundância de rios no Estado de São Paulo, suas bacias hidrográficas estão expostas às conseqüências inerentes de atividades antropogênicas, apresentando escassez de água diante da demanda e do comprometimento da qualidade da água.

A construção de barragens já atingiu os principais rios deste Estado. No rio Tietê existe uma seqüência dessas estruturas, na qual, em posição intermediária, está localizado o reservatório de Ibitinga.

Sabe-se que os reservatórios, além de fornecerem energia, possuem outras utilidades, como via de transporte por navegação, lazer, além da atividade de pesca artesanal extrativa. Contudo, não somente aspectos benéficos devem ser considerados, uma vez que a construção de barragens afeta o ambiente previamente existente, alterando o funcionamento natural dos sistemas hidrológico, biológico, geológico e climático (TUNDISI, 1988).

O conhecimento exato das características do sistema de operação de um reservatório, tais como taxa de vazão, tempo de residência posição do vertedouro, dentre outros aspectos hidráulicos, é de valor extremamente elevado se for considerado o potencial de uso do reservatório para as operações de planejamento e manejo de bacias hidrográficas e também para o controle da qualidade da água (TUNDISI *et al.*, 1988).

Estudos limnológicos possibilitam o conhecimento dos ecossistemas aquáticos, viabilizando o seu manejo e a melhoria de sua produção, prevendo, dentre outros problemas, a mortandade de peixes e a perda da boa qualidade da água. Além disso, tornam possível identificar fontes poluidoras, possibilitando ações de recuperação de rios e represas (ESTEVES, 1998).

Em relação aos estudos limnológicos nos reservatórios do médio Rio Tietê, podem ser citados aqueles de COSTA e ESPINDOLA (2000), sobre ecotoxicologia, os de PEREIRA *et al.* (2002) sobre alteração da comunidade de peixes, decorrente da

construção de reservatórios em cascata, e os de Smith *et al.* (2002), sobre impactos na qualidade da água e sobre a composição do grupo de espécies de peixes. No entanto, dentre os reservatórios do médio Tietê, o de Ibitinga foi o menos estudado nas últimas décadas, podendo-se citar os trabalhos de TUNDISI (1981, 1983 e 1984) e ESTEVES e CAMARGO (1982), como parte do projeto “Tipologia de Reservatórios do Estado de São Paulo”.

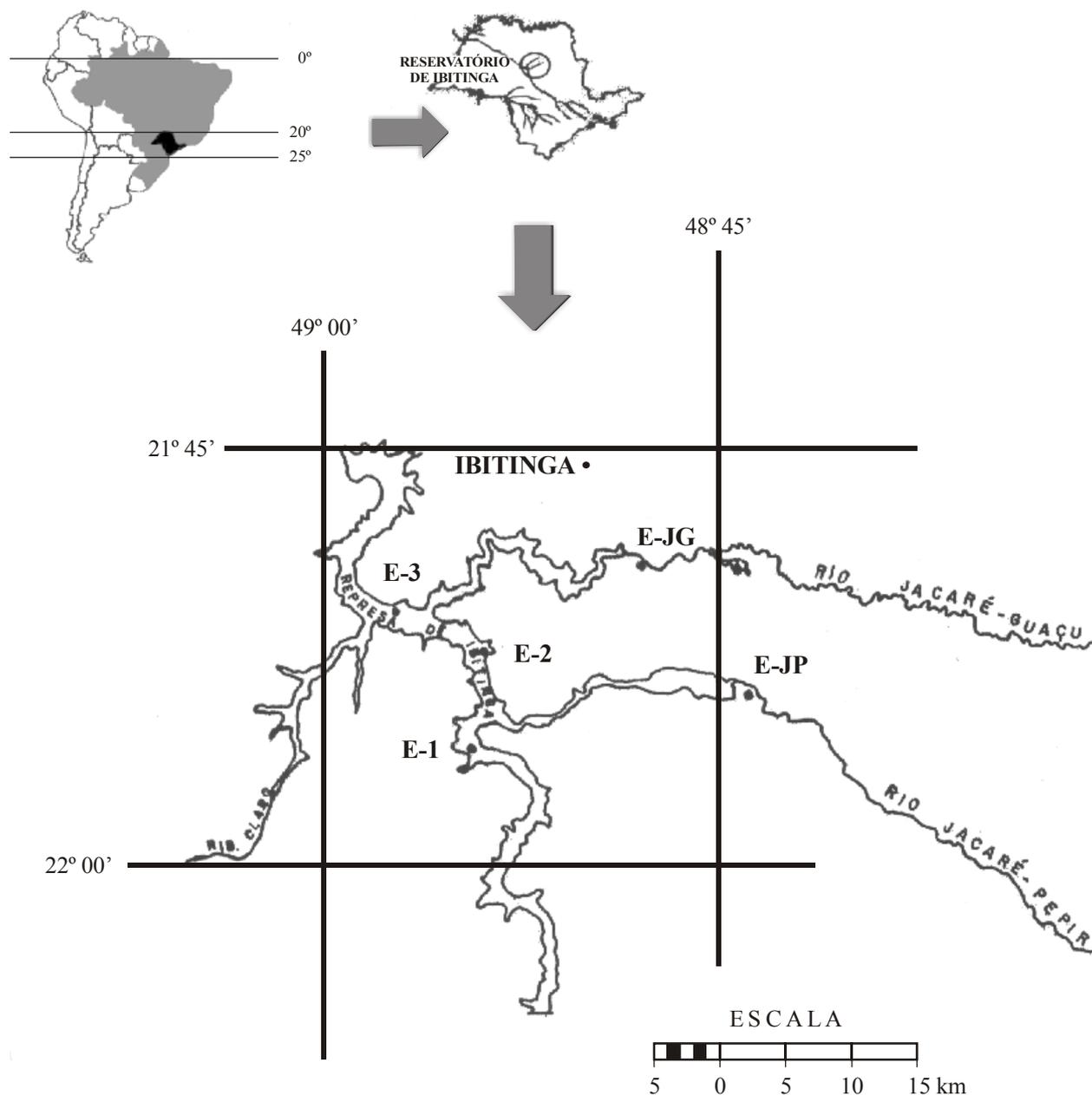
Dentro desta perspectiva, este trabalho objetivou contribuir para os estudos sobre a qualidade da água do reservatório de Ibitinga, analisando o comportamento espacial e sazonal das variáveis analisadas para a água e o sedimento, assim como o provável efeito de diluição da concentração de poluentes proporcionado pela entrada da água dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu, importantes afluentes situados à margem direita do reservatório.

## Área de estudo

O reservatório de Ibitinga situa-se na bacia hidrográfica do rio Tietê, pertencente à bacia do rio Paraná, São Paulo - Brasil (Figura 1). Integra uma área de 12.216 ha, sua área de drenagem é de 38.300 km<sup>2</sup>, possui um volume médio igual a 959 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, perímetro de 450 km, profundidade média de 8,6 m e tempo de residência da água de 21,6 dias (VIEIRA, 1996).

O reservatório de Ibitinga possui dois importantes afluentes em sua margem direita: o rio Jacaré Pepira (22° 30' S e 47° 55' W) e o Rio Jacaré Guaçu (22° 37' S e 47° 43' W), sendo a bacia do Jacaré Guaçu mais densamente ocupada e menos preservada que a do Jacaré Pepira (NOVELLI, 1996).

O clima regional é considerado tropical, caracterizado por um período de estiagem-frio (período seco) entre os meses de abril a setembro, e um período chuvoso-quente, correspondente aos meses de outubro a março. Nesta área observam-se precipitações e temperaturas médias anuais entre 230 e 350 mm e 18 e 25°C, respectivamente (CESP, 1977).



**Figura 1.** Mapa de localização geográfica do reservatório de Ibitinga e das estações de coleta: E-1, E-2, E-3 e EJP (Rio Jacaré Pepira) e EJG (Rio Jacaré Guaçu)

### Material e Métodos

No período de outubro/89 a novembro/90, obedecendo-se a um ciclo sazonal completo, foram coletadas, mensalmente, amostras de água e sedimento na superfície (S), meio (M) e fundo (F) do reservatório de Ibitinga, em três estações: E-1, localizada a montante da foz do Rio Jacaré Pepira, E-2, entre a foz dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu, e E-3, a jusante da foz do rio Jacaré Guaçu. Foram estabelecidas também outras duas estações

de coleta: uma, no rio Jacaré Pepira e outra no rio Jacaré Guaçu, fora da área de influência do reservatório (Tabela 1 e Figura 1).

Para coleta, análise e preservação das amostras de água, foram obedecidas as metodologias descritas em GOLTERMAN; CLYMO; ONHSTAD (1978) e APHA (1985). As variáveis estudadas foram: temperatura da água (termômetro de vidro-°C), transparência (disco de Secchi) (m), pH (Potenciômetro Digimed), cor (Colorímetro Hach) ( $\text{mg.L}^{-1}$  Pt), turbidez (Turbidímetro Hach) (FTU),

**Tabela 1.** Número de dados (n), média, mediana e desvio padrão dos valores de profundidade (m) do reservatório de Ibatinga nas Estações de Coleta E1, E-2 e E-3, calculadas para o período chuvoso e o seco, de out./89 a nov./90

PROFUNDIDADE (m)								
PERÍODO CHUVOSO					PERÍODO SECO			
Estação	n	Média	Mediana	Desvio Padrão	n	Média	Mediana	Desvio Padrão
E-1	7	6,7	7,0	0,4	5	6,2	6,5	0,8
E-2	8	10,4	11,0	1,5	5	10,0	11,0	1,8
E-3	8	15,4	15,5	0,4	5	15,1	15,0	0,7

carbono inorgânico total (CIT), obtido por cálculo, segundo MACHERETH *et al.* (1989) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), clorofila *a* ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ), oxigênio dissolvido (Azida sódica, modificado por POMEROY e KIRSCHMAN, 1945) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $\text{NH}_4^+$  (método de Nessler) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $\text{NO}_3\text{-N}$  (por coluna de Cd/Cu) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $\text{NO}_2\text{-N}$  (método de Griess) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$  dissolvido (método do ácido ascórbico) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

Os limites de detecção dos métodos para a determinação das variáveis na água foram de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  para  $\text{NH}_4^+$ ,  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  para  $\text{NO}_3\text{-N}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $5 \text{ g.L}^{-1}$  para  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  para DBO e OD e  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  para as demais variáveis.

O sedimento foi coletado com o auxílio de uma draga de Ekman. Para a determinação de fósforo total (P-total) no sedimento, seguiu-se a metodologia descrita por AGEMIAN e CHAU (1976) e JACINTO (1985).

A determinação de nitrogênio total (N-total) no sedimento foi realizada apenas em dois meses do período chuvoso e dois do período seco, segundo a metodologia de Kjeldahl. A análise de carbono inorgânico total foi feita através de combustão por via seca, com analisador de carbono Carmograph - 12A Wosthoff.

Para as análises das amostras de sedimento foi utilizado o material certificado de referência MESS (IAEA, 1979) e as leituras, feitas em espectrofotômetro de absorção atômica, Perkin Elmer, mod.-503. O limite de detecção dos métodos na análise das variáveis do sedimento foi de  $0,1 \text{ ppm}$  ( $\text{mg/kg}$ ).

A verificação do estado trófico do reservatório foi realizada através do cálculo do Índice de Estado Trófico de CARLSON (1977), modificado

por TOLEDO *et al.* (1983), a partir dos valores de clorofila *a* (CHL), transparência da água (DS) e fósforo solúvel reativo (PSR), conforme descrito em MERCANTE e TUCCI-MOURA (1999).

Onde, as equações de 1 a 3 indicam os cálculos para cada variável e a equação 4, o cálculo da média ponderada entre as variáveis.

O critério para aplicação desse índice foi: Oligotrófico,  $\text{IET} < 44$ ; Mesotrófico,  $44 < \text{IET} < 54$ ; Eutrófico,  $\text{IET} > 54$ , conforme proposto em TOLEDO *et al.* (1983).

$$1) \text{IET}(\text{DS}) = 10 \left[ 6 - \left[ \frac{0,64 + \ln \text{DS}}{\ln 2} \right] \right]$$

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

$$3) \text{IET}(\text{PSR}) = 10 \left[ 6 - \left[ \frac{\ln(21,67/\text{PSR})}{\ln 2} \right] \right]$$

$$4) \text{IET}_M = \frac{\text{IET}(\text{DS}) + 2[\text{IET}(\text{PSR}) + \text{IET}(\text{CHL})]}{5}$$

A partir de dados de velocidade dos ventos ( $\text{km/h}$ ), obtidos no posto C-5 do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) de Ibatinga, foram calculadas médias, desvio padrão e medianas para os meses de estudo e nos horários correspondentes à noite anterior e dia das amostragens de água e sedimento, pois os movimentos de massas de ar, ou ventos locais, são fatores que podem condicionar a presença ou ausência de turbulência na coluna d'água em reservatórios (DAEE, 1989; 1990).

Para análise e interpretação dos resultados, foram calculadas as médias, medianas e desvio

padrão, por período sazonal, de todas as variáveis analisadas na água e no sedimento, de acordo com BUSSAB e MORETTIN (1987).

Para verificar a existência ou não de variações espaciais e sazonais das características físicas e químicas da água e do sedimento e a influência dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu sobre a qualidade da água do reservatório, foram realizados testes através de Análise de Variância com efeitos fixos, por Modelos Mistos e por Comparações Múltiplas através do método de Tukey com coeficiente de confiança de 95% (NETER; WASSERMAN; KUTNER, 1996). Os modelos foram ajustados separadamente para a água e o sedimento do reservatório, assim como para a água da superfície de cada estação de coleta do reservatório e dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu.

## Resultados

Segundo dados hidrometeorológicos (Quadro 1), a região do reservatório de Ibitinga sofreu a ação de ventos bastante fortes durante as noites que antecederam as amostragens de campo. No período chuvoso, a velocidade média dos ventos foi 53,3 km/h durante a noite e 33,4 km/h durante o dia. No período seco, entretanto, a média do dia foi maior que no período da noite: 26 e 19,8 km/h, respectivamente.

De um modo geral, as variáveis analisadas para o reservatório apresentaram médias e medianas mais elevadas no período chuvoso, principalmente na estação E-1, excetuando-se pH, OD, NO<sub>3</sub>-N e PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, que apresentaram valores mais elevados no período seco.

**Quadro 1.** Número de dados (n), média, mediana e desvio padrão de velocidade do vento (km/h) no reservatório de Ibitinga, registrada durante as noites anteriores ao dia da coleta de amostras de água e sedimento e no dia da coleta, nos períodos chuvoso e seco, de outubro/89 a novembro/90

	VELOCIDADE DO VENTO (km/h)							
	PERÍODO CHUVOSO				PERÍODO SECO			
	n	Média	Mediana	Desvio Padrão	n	Média	Mediana	Desvio Padrão
<b>DIA DA COLETA</b>	8	33,4	29,0	16,6	6	26,0	27,5	10,2
<b>NOITE ANTERIOR</b>	8	53,3	38,0	38,3	6	19,8	12,0	23,4

O pH manteve-se acima da neutralidade nas três estações de coleta e na coluna d'água. Não foi registrada a ocorrência de anoxia na coluna d'água, sendo que as medianas no período chuvoso variaram de 6,7 mg.L<sup>-1</sup> (fundo de E-3) a 8,9 mg.L<sup>-1</sup> (superfície de E-3) e no período seco, de 8,1 mg.L<sup>-1</sup> (fundo de E-2) a 9,2 mg.L<sup>-1</sup> (superfície de E-3) (Tabela 2).

As variáveis analisadas na água dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu foram NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e P-total. Excetuando-se o NO<sub>3</sub>-N, os valores destas variáveis ficaram abaixo do limite de detecção do método (<0,01 ppm) na maioria dos meses de estudo, em ambos os rios (Tabela 3).

Na tabela 4 são apresentados o Índice de Estado Trófico (IET) e a ponderação entre os índices (IET<sub>M</sub>), a partir dos dados de clorofila *a*, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dissolvido e transparência da água. De acordo com os dados, o

reservatório de Ibitinga pode ser classificado como mesotrófico; apenas o IET (PSR) classifica o reservatório como eutrófico. Nos resultados de TUNDISI *et al.* (1988), calculados pelo Índice de CARLSON (1977), o reservatório de Ibitinga foi classificado como eutrófico; no entanto, o IET<sub>M</sub> recalculado a partir dos dados destes autores, corroboram os resultados encontrados no presente estudo.

As variáveis analisadas no sedimento apresentaram-se com uma magnitude de valores muito superiores àquelas mensuradas na água do reservatório. A estação E-3 apresentou as maiores porcentagens de carbono inorgânico total, N-total e P-total, seguida de E-1 (Figura 2).

A relação C-total/N-total apresentou-se elevada na estação E-1, no período seco, e na estação E-3, no período chuvoso (Figura 3).

**Tabela 2.** Valores médios, desvios padrão (DP), medianas e número de dados (n) das variáveis físicas e químicas analisadas na água do reservatório de Ibitinga, nos períodos chuvoso (10/89 a 03/90) e seco (04/90 a 09/90), em três estações de coleta (E-1, E-2, E-3), na superfície (S), meio (M) e fundo (F) do reservatório

		Período chuvoso									Período seco								
		E-1			E-2			E-3			E-1			E-2			E-3		
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
T. Água <sup>1</sup> (°C)	Média	27,9	27,4	27,1	27,7	27,1	26,8	27,0	26,6	26,2	22,4	22,1	22,0	22,4	22,2	22,5	21,9	22,2	21,8
	DP	2,5	2,2	5,5	2,3	2,2	2,5	2,5	2,4	2,1	3,5	2,9	2,9	3,7	2,8	2,4	2,7	2,7	2,8
	Mediana	29,0	28,0	28,0	28,0	27,5	27,3	27,5	27,5	27,0	22,0	22,0	21,0	23,0	21,5	21,5	21,0	21,0	21,0
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cor (mg/L Pt)	Média	99,3	99,3	175,7	87,5	96,9	110,0	83,1	83,8	101,9	68,0	64,0	85,0	74,0	54,0	72,0	57,0	56,0	67,0
	DP	77,6	67,5	205,9	64,9	94,6	95,8	54,5	68,6	96,9	11,5	9,6	29,6	35,1	18,5	34,9	21,1	9,6	19,9
	Mediana	60,0	75,0	75,0	65,0	50,0	65,0	62,5	45,0	52,5	65,0	65,0	80,0	60,0	50,0	50,0	60,0	55,0	60,0
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Turbidez (FTU)	Média	12,5	12,3	15,8	9,7	10,1	9,7	7,9	8,9	9,9	7,0	6,6	9,5	6,8	6,3	8,1	6,2	6,1	6,5
	DP	9,5	8,5	14,4	7,6	8,6	8,9	5,9	7,5	9,1	1,5	1,2	3,4	2,2	0,7	2,1	1,2	1,2	0,9
	Mediana	9,7	8,8	10,0	7,8	8,5	7,9	5,9	6,0	6,9	7,0	7,0	9,9	6,0	6,0	8,0	6,5	5,5	6,0
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
pH	Média	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2
	DP	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Mediana	7,6	7,5	7,5	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,4	7,4	7,4	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CIT <sup>2</sup> (mg/L)	Média	4,3	4,5	4,5	4,1	4,2	4,0	4,0	4,1	4,4	4,2	4,3	4,2	3,9	4,2	4,3	3,9	4,1	4,0
	DP	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	0,6	0,2	0,4	0,7	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
	Mediana	4,2	4,4	4,4	4,2	4,3	4,1	4,2	4,2	4,5	4,3	4,1	4,1	4,0	3,7	4,0	3,9	3,9	3,8
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µg/L)	Média	22,4	3,9	6,9	3,1	4,0	5,5	1,0	2,5	4,1	12,2	13,8	11,2	7,0	8,8	11,8	8,2	34,0	8,2
	DP	43,7	4,3	12,9	6,9	7,2	6,8	1,8	3,5	7,1	10,7	17,9	8,8	8,2	7,3	10,4	5,6	34,9	5,6
	Mediana	5,0	3,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	1,0	0,0	20,0	10,0	10,0	4,0	8,0	8,0	10,0	30,0	10,0
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Média	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	DP	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	Mediana	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NO <sub>3</sub> -N (µg/L)	Média	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
	DP	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2
	Mediana	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NO <sub>2</sub> -N (µg/L)	Média	1,4	1,5	1,3	0,6	1,1	1,2	0,9	0,8	1,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	1,2	1,4	0,9
	DP	1,7	2,0	1,7	0,8	1,8	1,3	1,0	1,0	1,9	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	1,6	2,0	0,7
	Mediana	1,0	1,0	0,8	0,3	0,5	1,0	0,6	0,5	0,9	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,6	0,5	0,7
	n	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Média	6,3	6,3	6,5	6,4	5,4	4,9	3,4	4,1	4,8	5,0	4,9	5,3	6,3	5,0	4,8	4,0	3,6	5,2
	DP	4,5	3,5	3,8	2,8	2,8	2,5	2,3	1,5	3,3	1,9	1,1	1,2	1,8	2,8	2,7	1,2	1,0	4,2
	Mediana	4,7	6,7	5,7	6,2	4,9	4,5	2,7	3,7	3,2	4,9	5,4	5,1	6,0	3,8	4,4	4,6	3,6	3,8
	n	6	6	6	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OD <sup>3</sup> (mg/L)	Média	9,1	8,2	7,1	8,0	8,0	6,7	7,9	7,5	6,2	9,1	9,1	8,8	8,6	8,3	7,9	9,2	8,5	8,0
	DP	2,7	2,1	1,8	1,8	2,3	2,9	2,1	2,3	2,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,5	0,8	0,7	1,3	1,4
	Mediana	8,3	8,4	7,5	7,9	8,3	7,7	8,9	8,4	6,7	8,7	8,7	8,4	8,8	8,3	8,1	9,2	8,9	8,5
	n	7	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	5	4	4	4	5	5	5
DBO <sup>4</sup> (mg/L)	Média	2,1	2,0	1,8	2,2	1,4	1,5	1,2	1,4	1,5	1,6	0,9	1,8	1,3	1,4	2,4	1,8	2,5	2,0
	DP	2,1	2,0	2,1	2,1	1,6	1,6	1,5	1,2	1,3	1,5	0,6	0,9	1,0	1,0	1,5	1,3	2,1	1,3
	Mediana	2,0	1,8	1,3	2,0	1,2	1,2	0,7	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,2	1,6	2,3	1,7	1,7	2,3
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	5	4	4	4	5	5	5

<sup>1</sup>temperatura, <sup>2</sup>carbono inorgânico total, <sup>3</sup>oxigênio dissolvido, <sup>4</sup>demanda bioquímica de oxigênio

**Tabela 3.** Valores médios, desvios padrão (DP), medianas e número de dados (n) das variáveis químicas analisadas na água dos rios Jacaré Pepira (EJP) e Jacaré Guaçu (EJG), nos períodos chuvoso (10/89 a 03/90) e seco (04/90 a 09/90)

		EJP		EJG	
		Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco
NO <sub>3</sub> -N (µg/L)	Média	0,08	0,12	0,08	0,22
	DP	0,07	0,11	0,05	0,15
	Mediana	0,07	0,1	0,1	0,2-
	n	8	5	8	5
NO <sub>2</sub> -N (µg/L)	Média	-	-	-	-
	DP	-	-	-	-
	Mediana	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	n	8	5	8	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Média	-	-	-	-
	DP	-	-	-	-
	Mediana	<0,02	<0,02	<0,02	0,4
	n	8	5	8	5
P-Total <sup>1</sup> (mg/L)	Média	-	-	-	-
	DP	-	-	-	-
	Mediana	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	n	8	5	8	5

(-) cálculos não obtidos por insuficiência de dados

<sup>1</sup> fósforo total**Tabela 4.** Índice de Estado Trófico modificado (IET) calculado a partir das variáveis: clorofila *a* (IET(CHL)), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (IET(PSR)) e transparência da água (IET(DS)) e a ponderação desses índices (IET<sub>M</sub>)

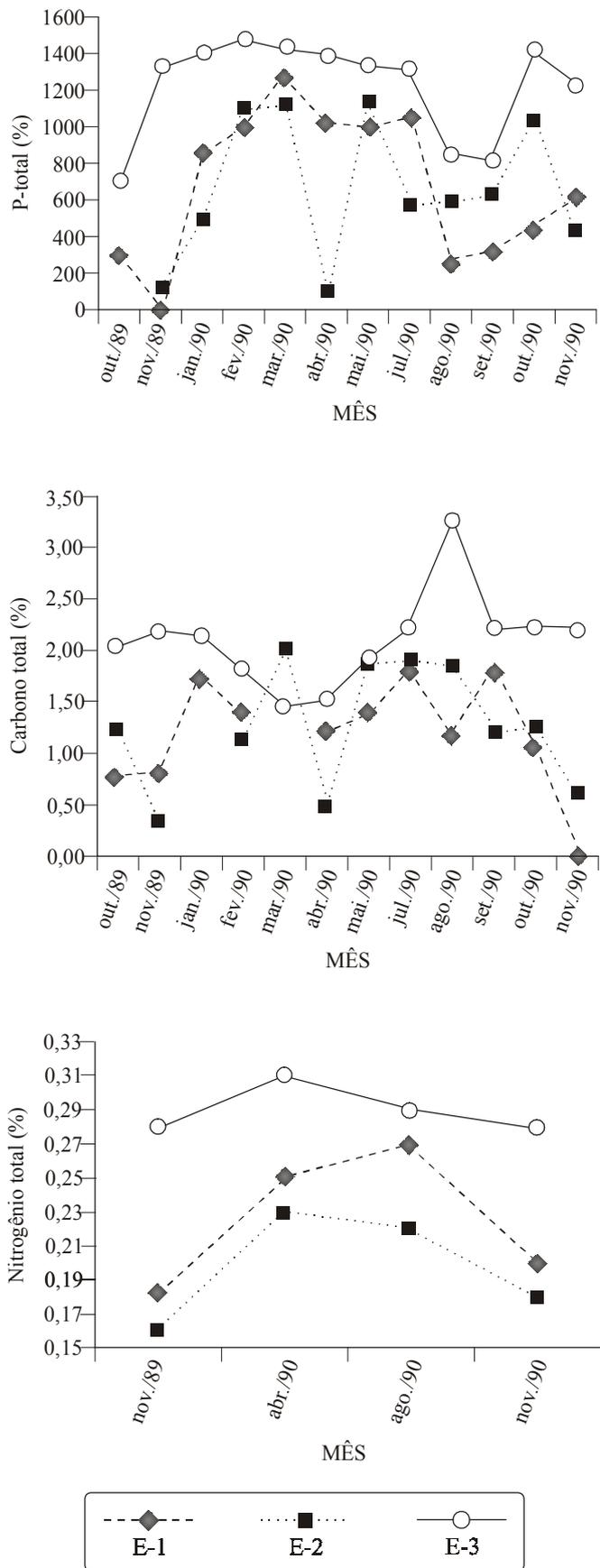
	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	IET	Classificação	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µg/L)	IET	Classificação	Secchi (m)	IET	Classificação	IET <sub>M</sub>	Classificação
Período Chuvoso	5,9	47	mesotrófico	5,9	41	mesotrófico	1,2	48	mesotrófico	45	mesotrófico
Período Seco	4,9	46	mesotrófico	12,8	52	eutrófico	1,3	47	mesotrófico	49	mesotrófico
TUNDISI <i>et al.</i> (1988)*	10,4	54*	eutrófico	14,3	43*	mesotrófico	1,6	53*	eutrófico	49**	mesotrófico

\* IET calculado por TUNDISI *et al.* (1988), através dos índices de CARLSON (1977);\*\*Ponderação calculada a partir dos dados de TUNDISI *et al.* (1988); IET<sub>M</sub> = Ponderação entre IETs (Clorofila *a*, Secchi e Fósforo)

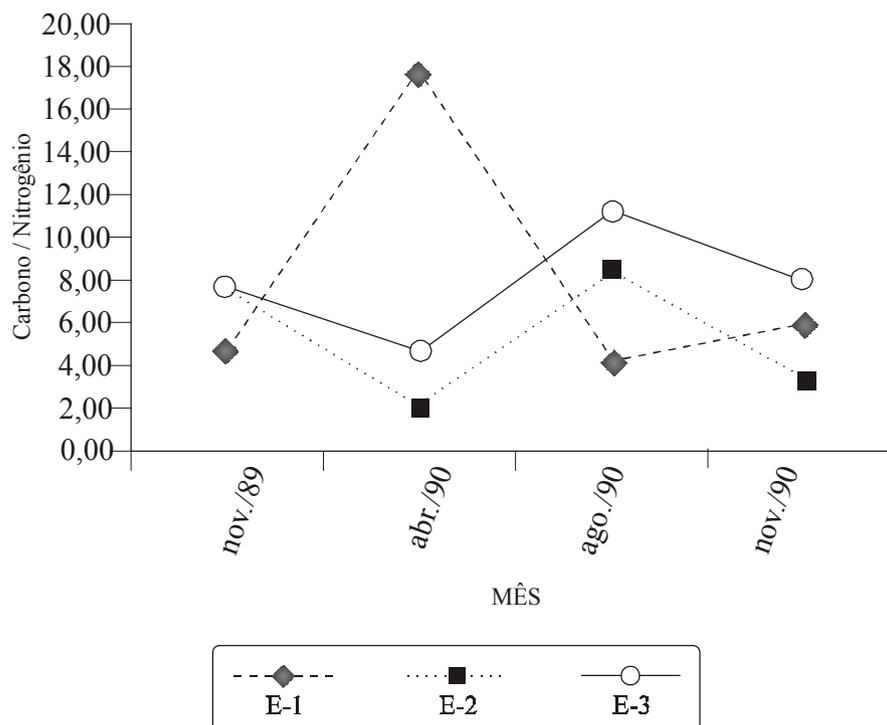
A análise de variância dos valores das características da água do reservatório demonstrou que os valores de pH, DBO, NO<sub>2</sub>-N e CIT, não apresentaram diferenças significativas (p<0,001) segundo a época do ano, estação de estudo e altura da coluna d'água.

Os resultados das análises por comparações múltiplas (Método de Tukey) mostram que, para a

água do reservatório, as variáveis temperatura da água, cor, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> apresentaram diferenças significativas (p<0,001) de acordo com a época do ano (Tabela 5A). A clorofila *a* apresentou variação quanto à localização das estações de coleta (Tabela 5B) e o NO<sub>3</sub>-N, quanto à época do ano e estação de coleta (Tabela 5C); o oxigênio dissolvido variou com a época do ano e a profundidade (superfície,



**Figura 2.** Valores mensais de fósforo total (P-total), carbono inorgânico total, nitrogênio total (%) no sedimento, nas três estações de coleta (E-1, E-2, E-3) do reservatório de Ibitinga, durante o período de outubro/89 a novembro/90



**Figura 3.** Relação carbono/nitrogênio (CIT/N) calculada para o sedimento do reservatório de Ibitinga, nas estações E-1, E-2 e E-3, no período de outubro/89 a novembro/90

meio e fundo da massa d'água) ( $p < 0,001$ ) (Tabela 5D) e a turbidez, com a época do ano, estação de coleta e em relação ao extrato da coluna d'água ( $p < 0,001$ ) (Tabela 5E).

A tabela 6 mostra o resultado da análise por comparações múltiplas (Método de Tukey) para as variáveis da água do reservatório e dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu, verificando-se que apenas  $\text{NO}_3\text{-N}$  apresentou variação significativa ( $p < 0,005$ ) com a época do ano e as estações de coleta.

Em relação ao sedimento, os resultados da análise de variância por comparações múltiplas (Tabela 7), demonstram que CIT variou com as estações de coleta ( $p < 0,005$ ), enquanto que P-total variou com época do ano e estação de coleta, com efeito, de interação ( $P < 0,001$ ) (Tabela 8).

### Discussão

Dentre os fatores físicos de um reservatório, um de grande importância ecológica é o tempo de residência da água. Este indica o tempo em que uma determinada massa de água permanece no reservatório desde sua entrada até sua saída. O

tempo de residência influencia diretamente a ciclagem e acúmulo de nutrientes na água e no sedimento, afetando assim o estado trófico do reservatório e o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica (BRANCO, 1991).

Na seqüência de reservatórios localizados no médio rio Tietê, apenas o reservatório de Barra Bonita apresentou tempo de residência da água mais elevado, igual a 30 dias (TUNDISI, 1990), sendo que, no reservatório de Bariri, a jusante de Barra Bonita, o tempo de residência da água foi de 17 dias (SANDES, 1990) e em Ibitinga, a jusante de Bariri, foi de 21,6 dias, demonstrando que nestes dois últimos reservatórios a renovação do corpo d'água é constante. ROCHA (1991) afirma que a seqüência de reservatórios em um rio funciona como uma unidade e que o reservatório a montante controla o nível da água dos reservatórios a jusante. Deste modo, os reservatórios situados a jusante possuem fluxo mais rápido e tempo de residência mais curto.

O reservatório de Ibitinga é estreito e alongado, assemelhando-se ao canal do rio. O tempo de residência da água é curto e os ventos noturnos são

**Tabela 5.** Variáveis físicas e químicas da água do reservatório de Ibitinga, para as quais foram detectadas diferenças significativas segundo época do ano, estação de coleta e/ou profundidade, através de análise por comparações múltiplas, método de Tukey. **A:** variáveis que apresentaram diferenças quanto a época do ano, **B:** variável que apresentou diferenças com relação a localização das estações de coleta e época do ano; **C:** variável que dependeu da época do ano e da estação de coleta, porém sem efeito de interação; **D:** variável que apresentou diferenças com relação a época do ano e nível na coluna d'água: superfície (S), meio (M) e fundo (F), porém sem efeito de interação; **E:** variável que dependeu da época do ano, estação de coleta e profundidade da coleta, sem efeito de interação

**A**

	Período Chuvoso/Período Seco		
	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo
<b>T. Água<sup>1</sup></b>	-5,81	-3,98	<0,01
<b>Cor</b>	-49,08	-12,32	<0,01
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	-0,17	-0,08	<0,01
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	2,97	8,88	<0,01

**B**

	E-1/E-2			E-1/E-3			E-2/E-3		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
<b>Clorofila <i>a</i></b>	-1,18	1,76	0,887	0,13	3,07	0,029	-0,09	2,72	0,073

**C**

	P. Chuvoso/P. Seco			E-1/E-2			E-1/E-3			E-2/E-3		
	Intervalo de Confiança		Nível									
	Mínimo	Máximo	Descritivo									
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>	0,07	0,26	0,001	-0,03	0,25	0,176	0,02	0,3	0,024	-0,09	0,19	0,647

**D**

	P. Chuvoso/P. Seco			S/M			S/F			M/F		
	Intervalo de Confiança		Nível									
	Mínimo	Máximo	Descritivo									
<b>OD</b>	0,45	1,63	0,001	-0,3	1,09	0,342	0,6	2,03	0,004	0,19	1,69	0,04

**E**

	P. Chuvoso/P. Seco			E-1/E-2			E-1/E-3			E-2/E-3		
	Intervalo de Confiança		Nível									
	Mínimo	Máximo	Descritivo									
<b>Turbidez</b>	-5,77	-1,6	-0,001	-1,26	5,85	0,201	-0,28	6,67	0,071	-1,91	3,67	0,532

**F**

	S/M			S/F			M/F		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
<b>Turbidez</b>	-3,01	276	0,94	-4,98	1,89	0,372	-4,93	2,07	0,416

**Tabela 6.** Resultado de análise por comparações múltiplas, método de Tukey, realizada para a variável NO<sub>3</sub>-N na água da superfície das estações E-1, E-2 e E-3, do reservatório de Ibitinga e na água dos rios Jacaré Pepira (EJP) e Jacaré Guaçu (EJG), no período de outubro/89 a novembro/90, evidenciando variações quanto a época do ano e ambiente

	P. Chuvoso/P. Seco			E-1/E-2			E-1/E-3		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
NO <sub>3</sub> -N	0,01	0,15	0,0019	-0,14	0,3	0,461	-0,03	0,38	0,086

	E-1/EJP			E-1/EJG			E-2/E-3		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
NO <sub>3</sub> -N	0,21	0,56	<0,001	0,17	0,53	0,001	-0,1	0,29	0,309

	E-2/EJP			E-2/EJG			E-3/EJP		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
NO <sub>3</sub> -N	0,15	0,47	0,001	0,11	0,44	0,003	0,07	0,35	0,007

	E-3/EJG			EJP/EJG		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
NO <sub>3</sub> -N	0,03	0,32	0,024	-0,12	0,05	0,386

**Tabela 7.** Resultado de análise por comparações múltiplas, método de Tukey, realizada para variável do sedimento do reservatório de Ibitinga, no período de outubro/89 a novembro/90, mostrando que o carbono inorgânico total variou segundo a localização das estações de coleta (E-1, E-2, E-3)

	E-1/E-2			E-1/E-3			E-2/E-3		
	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível	Intervalo de Confiança		Nível
	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo	Mínimo	Máximo	Descritivo
CIT	-460,06	3149,15	0,129	-1287,22	2301,01	0,545	-1305,12	-370,18	0,001

**Tabela 8.** Resultado de análise por comparações múltiplas, método de Tukey, realizada para variável do sedimento do reservatório de Ibitinga, no período de outubro/89 a novembro/90, mostrando que P-total variou segundo a época do ano e a localização das estações de coleta (E-1, E-2, E-3)

		E-1		E-2		E-3	
		P. Seco	P. Chuvoso	P.Seco	P. Chuvoso	P. Seco	P. Chuvoso
		Médias					
		228,48	154,8	251,94	254,9	542,54	208,46

Interação	Nível Descritivo						
E-1	P. Seco		0,881	0,999	0,999	0,002	1,000
E-1	P.Chuvoso	0,881		0,983	0,590	0,000	0,951
E-2	P. Seco	0,999	0,983		0,966	0,001	1,000
E-2	P.Chuvoso	0,999	0,590	0,966		0,002	0,973
E-3	P. Seco	0,002	0,000	0,001	0,002		0,000
E-3	P.Chuvoso	1,000	0,951	1,000	0,973	0,000	

fortes, principalmente no período chuvoso. Tais características intensificam as correntes internas do reservatório, facilitando a mistura das várias camadas do corpo d'água, e explicam por que os valores de temperatura da água variaram com a época do ano, mas não com a profundidade (superfície, meio e fundo da coluna d'água).

Os estudos realizados por TUNDISI *et al.* (1991) nos reservatórios do médio rio Tietê, por um período de 10 anos (1979 a 1989), corroboram os resultados encontrados no presente estudo, e, segundo estes autores, o reservatório de Ibitinga pode ser classificado como polimítico, com a completa circulação interna no período chuvoso, ocorrendo estratificação diurna por curto tempo no período seco.

A maioria das variáveis analisadas para a água do reservatório foram influenciadas pela estação do ano e localização da estação de coleta; no entanto, essas variáveis praticamente não variaram com a profundidade do nível d'água, excetuando-se OD, DBO e turbidez, que variaram com a profundidade, principalmente no período chuvoso. Com relação à turbidez, no período chuvoso, o aporte de material alóctone para o reservatório é maior, sendo que o material particulado tende a se depositar no fundo do reservatório. No período chuvoso o processo de mineralização da matéria orgânica também se intensifica, principalmente nas camadas mais próximas ao sedimento, o que pode explicar a relação do oxigênio dissolvido e da DBO com a profundidade do nível d'água neste período.

A estação E-1 foi a que apresentou os maiores valores das variáveis estudadas, quando comparada com as estações E-2 e E-3. Os testes estatísticos, comparando as características da água do reservatório com aquelas da água dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu, demonstram que o efeito da diluição pela entrada da água destes dois rios no reservatório não foi significativo, excetuando-se para os valores de nitrato, sugerindo que a qualidade da água do reservatório esteja sob maior influência das descargas recebidas a montante, através do rio Tietê.

TUNDISI *et al.* (1988) concluíram que as causas da eutrofização do reservatório de Barra Bonita são os lançamentos de grandes volumes de descargas domésticas e industriais nos rios Tietê e Piracicaba, tornando este reservatório muito importante para aqueles a jusante, uma vez que regula o fluxo de água e, conseqüentemente, a entrada de nutrientes nos reservatórios do baixo rio Tietê.

O reservatório de Ibitinga apresentou elevados valores de temperatura e oxigênio dissolvido em toda a coluna d'água. Segundo ESTEVES (1998), elevados níveis de oxigênio e temperatura influem no processo de decomposição oxidativa da matéria orgânica, e favorecem, ainda, a precipitação do fósforo, nitrogênio e outros elementos no sedimento. Estes fatores, aliados à rápida renovação da água no reservatório, podem ser os responsáveis pelos valores relativamente baixos do Índice de Estado Trófico de (IET), pelos quais o reservatório de Ibitinga foi classificado como mesotrófico.

Os valores de CIT, N-total e P-total obtidos para o sedimento apresentaram-se mais elevados nas estações E-1 e E-3. Na estação E-1, localizada a montante da desembocadura do rio Jacaré Pepira, cuja bacia se encontra melhor preservada (MAIER, 1983; BARRELLA, 1989; VIEIRA, 1996), e a jusante da barragem de Bariri, é provável que os valores tenham sido influenciados pelo aporte de material vindo do alto e médio Tietê.

Os valores de CIT e P-total apresentaram forte relação com a localização das estações de coleta (E-1, E-2, E-3) no reservatório, sendo que seus valores mensais foram mais elevados na estação E-3. A estação E-3 localizou-se próximo à desembocadura do Rio Jacaré Guaçu, cuja bacia sofre maior pressão de ocupação que a do Jacaré Pepira (NOVELLI, 1996), estando também próximo à barragem do reservatório de Ibitinga. Assim, a própria calha do rio Tietê e o fluxo interno do reservatório propiciaram a deposição de maior quantidade de material no sedimento desta estação de coleta.

ESTEVES e CAMARGO (1982), baseados na relação carbono/nitrogênio (C/N), classificaram o sedimento

do reservatório de Ibitinga como mineral, ou seja, com baixos teores de matéria orgânica. No presente estudo, os valores desses nutrientes no sedimento foram elevados, no entanto a relação C/N foi inferior à encontrada por aqueles autores, indicando que o processo de mineralização da matéria orgânica no reservatório foi eficiente e, portanto o sedimento do reservatório, nos pontos amostrados, pôde ser ainda classificado como mineral. Entretanto, de acordo com HENRY (1986), o aumento do influxo de nutrientes por processos antrópicos pode modificar em poucas décadas um ambiente de natureza oligotrófica para eutrófica.

Um levantamento da qualidade da água e sedimento, realizado pela CESP (1998) nos reservatórios do rio Tietê, demonstrou que nos últimos anos tem havido aumento da concentração de fósforo, nitrogênio e carbono no sedimento do reservatório de Ibitinga, indicando, para este reservatório, um enriquecimento em nutrientes, crescente ao longo dos anos.

### Conclusões

Através do presente estudo foi possível verificar que as variáveis físicas e químicas da água do reservatório de Ibitinga apresentaram valores mais elevados no período chuvoso, na estação E-1, quando comparados com aqueles registrados nas demais estações de coleta, excetuando-se as variáveis pH, OD,  $\text{NO}_3\text{-N}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ , cujos valores foram mais elevados no período seco. Estas observações podem estar indicando uma possível influência das descargas do rio Tietê, a montante do reservatório, uma vez que a estação E-1 está localizada na entrada do reservatório de Bariri, localizado a montante de Ibitinga. Também foi possível constatar que os altos teores de oxigênio na coluna d'água, as elevadas temperaturas, a turbulência e o tempo de residência da água podem ter contribuído para a melhoria da qualidade da água do reservatório.

Quanto ao sedimento, as estações E-3 e E-1, respectivamente, apresentaram valores mais elevados de P-total e CIT que a estação E-2, tanto no período chuvoso como no seco.

Os testes estatísticos demonstram que o efeito de diluição decorrente das entradas dos rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu não foi significativo, e que, portanto, esses rios tiveram um papel menos importante para a melhoria da qualidade da água do reservatório. No entanto, o rio Jacaré Guaçu, cuja bacia de drenagem é densamente ocupada, provavelmente foi um dos contribuintes importantes para o enriquecimento do sedimento da estação E-3.

No presente estudo, apesar de o reservatório de Ibitinga ter sido classificado como mesotrófico, seu potencial de eutrofização é crescente, uma vez que a pressão de ocupação do sistema alto e médio Tietê tende a crescer rapidamente ao longo dos anos.

Portanto, a melhoria e preservação da qualidade da água do reservatório de Ibitinga e dos demais reservatórios localizados no Médio e Baixo rio Tietê dependem não somente de um trabalho de monitoramento contínuo desses corpos d'água, mas também de estudos que contemplem os vários aspectos da bacia hidrográfica, dentre eles, crescimento populacional e industrial, uso e ocupação e desenvolvimento socioeconômico.

### Agradecimentos

Ao Instituto de Pesca, CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa), CENA-USP (Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo), Instituto de Biociências - USP e Centro de Estatística Aplicada (CEAUSP).

### Referências Bibliográficas

- AGEMIAN, A.E. e CHAU, A.S.Y. 1976 An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Analytica Chimica Acta*, 80: 61-66.
- APHA (American Public Health Association) 1985 *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 15ed. New York: 1193p.
- CARLSON, R.E. 1977 A trophic state index for lakes. *Limnol. and Oceanogr.*, 22(2): 361-369.
- BARRELLA, W. 1989 *Estrutura da comunidade de peixes da Bacia do Rio Jacaré Pepira (SP) em*

- diferentes biótopos. Campinas. 215p. (Dissertação de Mestrado. UNICAMP).
- BRANCO, S.M. 1991 *Hidrologia Ambiental. Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos* (coleção ABRH de Recursos Hídricos). 245p.
- BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. 1987 *Estatística Básica*. 4ed. São Paulo: Editora Atual. 322p.
- CESP (Centrais Elétricas de São Paulo) 1977 *Represa de Ibitinga. Aproveitamento múltiplo e proteção ao meio ambiente. Estudos preliminares*. Relatório, CESP. São Paulo, SP. 56p.
- \_\_\_\_\_ (Centrais Elétricas de São Paulo) 1998 *Conservação e manejo nos reservatórios - Limnologia, ictiologia e pesca*. Relatório, CESP. São Paulo, SP. 166p.
- COSTA, J.B. e ESPÍNDOLA, E.L.G. 2000 Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento em tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior, SP). In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; BOTTA-PASCHOAL, C.M.R.; ROCHA, O.; BOHRER, M.B.C.; OLIVEIRA-NETO, A.L. de. *Ecotoxicologia: Perspectivas para o Século XXI*. São Carlos: EESC, USP, *RiMa*. p.75-93.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) 1989 Boletim de consistência de dados hidrometeorológico, posto C-5 - Ibitinga. *DAEE*: 27-37.
- \_\_\_\_\_ (Departamento de Águas e Energia Elétrica) 1990 Boletim de consistência de dados hidrometeorológico, posto C-5 - Ibitinga. *DAEE*: 38-69.
- ESTEVEZ, F.A. 1998 *Fundamentos de Limnologia*. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.
- \_\_\_\_\_ e CAMARGO, A.F.M. 1982 Caracterização de 17 represas do Estado de São Paulo, com base no teor de feopigmentos, carbono e nitrogênio orgânico. *Ciência e Cultura*, 34(5): 669-674.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; ONHSTAD, M.A.M. 1978 *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientific Publication. 213p.
- HENRY, R.O. 1986 O crescimento potencial do fitoplâncton da Represa de Ponte Nova (Rio Tietê - SP): uma comparação sazonal dos efeitos de enriquecimento artificial em amostras de seus tributários. *Ciência e Cultura*, 38(9): 1553-1563.
- IAEA (International Atomic Energy Agency) 1979 Certificate reference (trace and some other elements in a lake sediment sample). *IAEA*, December.
- JACINTO, A.O. 1985 *Análise química de rochas por ICP-AES: eliminação automática de interferências*. (Apostila). UNICAMP, Campinas, SP. 135p.
- MACHERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING J.F. 1989 *Water Analysis: some revised methods for limnologists*. (Second Impression). Freshwat. Biol. Assoc. Sci. Publ., n 36. 119p.
- MAIER, M.H. 1983 Geologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da Bacia do Rio Jacaré Pepira. São Carlos. 210p. (Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar).
- MERCANTE, C.T.J. e TUCCI-MOURA, A. 1999 Comparação entre os índices de Carlson e de Carlson modificado aplicado a dois ambientes aquáticos subtropicais, São Paulo, SP. *Acta Limnol. Bras.*, 11(1): 1-14.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. 1996 *Applied linear statistical models: regression, analysis of variance, experimental designs*. 3ª.ed. Homewood: Richard D. Irwing. 1181p.
- NOVELLI, A.S. 1996 *Diagnóstico dos recursos hídricos superficiais da Bacia hidrográfica do Rio Jacaré Guaçu*. São Carlos. 112p. (Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP).
- PEREIRA, C.C.G.F.; SMITH, W.S.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O. 2002 Alterações tróficas nas espécies de peixes em decorrência das construções de reservatórios em cascata no médio e baixo rio Tietê. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; MAUAD, F.F.; SCHALCH, V.; ROCHA, O.; FELICIDADE, N.; RIETALER, A.C. *Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado*. São Carlos: *RiMa*, EESC, USP, SP. p.29-41.
- POMEROY, R. e KIRSCHMAN, H.D. 1945 Determination of dissolved oxygen: proposed modification of Winkler Method. *Industr. Eng. Chem.*, 7(11): 715-716.
- ROCHA, A. A. 1991 *Do lendário ambiente ao poluído Tietê*. São Paulo:Edusp. 165p.
- SANDES, M.A.L. 1990 *Flutuação de fatores ecológicos e composição da biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo no Reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri - SP)*. São Carlos. 122p. (Dissertação de Mestrado. EESC – USP).
- SMITH, W.S.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; PEREIRA, C.C.G.F.; ROCHA, O. 2002 Impacto dos reservatórios do médio e baixo rio Tietê (SP) na composição das espécies de peixes e na atividade de pesca. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; MAUAD, F.F.; SCHALCH, V.; ROCHA, O.; FELICIDADE, N.; RIETALER, A.C. *Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado*. São Carlos: *RiMa*, EESC, USP, SP. p. 57-72.
- TOLEDO JR, A.P. de; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. 1983 A aplicação de modelos simplificados para a avaliação e processo de eutrofização em lagos e de

- reservatórios tropicais In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12, 1983. *Anais...* p.1-34.
- TUNDISI, J.G. 1981 Typology of reservoirs in Southern Brazil. *Verh. Internat. Verein Limnol.*, 21: 1031-1039.
- \_\_\_\_\_ 1983 A review of basis ecological factories interacting with production and standing-stock of phytoplankton in lakes and reservoirs in Brazil. *Hydrobiologia*, 100: 223-243.
- \_\_\_\_\_ 1984 Estratificação hidráulica em reservatórios e suas conseqüências ecológicas. *Ciência e Cultura*, 36(9): 1498-1504.
- \_\_\_\_\_ ; MATSUMURA-TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O.; HINO, K. 1988 Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: Eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. *Limnologia e manejo de represas*. São Paulo: EESC-USP, CRHER, ACIESP. v. I, tomo 1. p.102-144.
- TUNDISI, J.G. 1988 Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: TUNDISI, J.G. *Limnologia e manejo de represas*. São Paulo: EESC-USP, CRHER, ACIESP. v. I, tomo 1. p.1-75.
- \_\_\_\_\_ 1990 Distribuição espacial, seqüencial, temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Brasil. Biol.*, 50(4): 937-955.
- \_\_\_\_\_ ; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIURI, M.C.; NOVO, E.M.L. 1991 Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 1489-1496.
- VIEIRA, M.S. 1996 *Avaliação limnológica do reservatório de Ibitinga (Rio Tietê Médio inferior - SP) e sua interação com a bacia hidrográfica, com base em parâmetros físicos e químicos do sedimento e da água*. São Paulo. 180p. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da USP).