

ESTUDO DAS VARIAÇÕES SAZONAIS E ESPACIAIS DOS ÍONS
DOMINANTES NA ÁGUA E NO SEDIMENTO DA REPRESA
DE IBITINGA (SÃO PAULO, BRASIL - 21°45'S E 48°50'W)*

M.S. Vieira¹, M.A.M. Moura², J.R. Ferreira³

¹Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental, Av. Cons. Rodrigues Alves, 1252, CEP 04014-002, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: martiniana@biologico.sp.gov.br

RESUMO

As variações sazonais e espaciais dos íons dominantes na água e sedimento da represa de Ibitinga foram estudadas no período de outubro/89 a novembro/90. Foram coletadas mensalmente, amostras na superfície, meio e fundo da coluna d'água da represa, em 3 estações de coleta (E-1, E-2 e E-3); incluiu-se também duas estações na foz dos Rios Jacaré Pepira (EJP) e Jacaré Guaçu (EJG). Para os pontos E-1 e E-2, em todo o período de estudo, a ordem de dominância dos cátions foi $\text{Na}^+ > \text{Ca}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{++}$ e, apenas E-2, no período seco, apresentou uma inversão entre Mg^{++} e K^+ ($\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$). Durante todo o período, a ordem aniônica foi $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{--} > \text{Cl}^-$, para a represa. Já o sedimento apresentou dominância de $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ e os Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu apresentaram dominância de $\text{Mg} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Na}$, no período chuvoso e $\text{Ca}^+ > \text{Mg}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+$, no período seco, sendo que ambos os rios apresentaram dominância de Cl^- sobre SO_4^{--} em todo o período de estudo. Os dados demonstraram ($p < 0,05$) que o conteúdo iônico da represa foi determinado principalmente pela entrada do Rio Tietê, sendo secundário o papel do regime de chuvas e dos rios tributários. As águas de Ibitinga possuem conteúdo total de cargas iônicas duas vezes maior que o encontrado para as águas da América Latina, (período chuvoso - Tz+: E1 = 26,0 mg/L; E-2 = 31,3 mg/L; E-3 = 31,3 mg/L e Tz- E-1 = 69,7 mg/L; E-2 = 68,8 mg/L; E-3 = 77,9 mg/L e período seco - Tz=: E-1 = 23,4 mg/L; E-2 = 23,5 mg/L; E-3 = 21,9 mg/L e Tz-: E-1 = 60,3 mg/L; E-2 = 54,6 mg/L; E-3 = 56,7 mg/L) e a a domiância do ion Na^+ sugere uma contribuição antrópica, através de efluentes domésticos e industriais, e uma perda progressiva da qualidade da água desta represa.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório, tropical, íons dominantes, qualidade da água, sedimento.

ABSTRACT

SEASONAL AND SPATIAL VARIATIONS STUDY OF MAJOR IONS IN WATER AND SEDIMENT OF IBITINGA RESERVOIR (SÃO PAULO - BRAZIL - 21°45'S AND 48°50'W). Seasonal and spatial variations in water and sediment of Ibitinga Reservoir was studied from October/89 to November/90, an entire seasonal cycle. Water samples from superficial, middle and bottom column were collected monthly, at 3 sample stations (E-1, E-2 and E-3); including two stations in Jacaré Pepira (EJP) and Jacaré Guaçu (EJG) outfall rivers. At the E-1 and E-2 stations, in the whole period, the cation dominant order was $\text{Na}^+ > \text{Ca}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{++}$, and only in E-2, in the dry period, this order was inverted ($\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$). The anion order was $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{--} > \text{Cl}^-$ for reservoir stations for the whole period. In relation to sediment, in Ibitinga Reservoir the dominant order was $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ during the whole period. Jacaré Pepira and Jacaré Guaçu rivers had the dominance of $\text{Mg} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Na}$, in the rainy period, and $\text{Ca}^+ > \text{Mg}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+$, in the dry period. In relation to ionic dominance, for both rivers, Cl^- was superior to SO_4^{--} during the whole period. According to the results, the reservoir ionic content was determined mainly by the Tietê River entrance, and the rain regulation and the tributary rivers were secondary. The Ibitinga Reservoir's water had ionic content double that of Latin America waters, (rain period - Tz+: E1 = 26.0 mg/L; E-2 = 31.3 mg/L; E-3 = 31.3 mg/L and Tz- E-1 = 69.7

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

²Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro-Sul, Piracicaba, SP, Brasil.

³Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Laboratório de Ecotoxicologia, Piracicaba, SP, Brasil.

mg/L; E-2 = 68.8 mg/L; E-3 = 77.9 mg/L and dry period - Tz=: E-1 = 23.4 mg/L; 23.5 mg/L; 21.9 mg/L and Tz: E-1 = 60.3mg/L; E-2 = 54.6 mg/L; E-3 = 56.7 mg/L) and the dominant Na⁺ ion suggests an anthropic contribution, through domestic and industrial effluents, and a progressive water quality loss in this reservoir.

KEY WORDS: Reservoir, tropical, major ions, water quality, sediment.

INTRODUÇÃO

O conteúdo iônico das águas superficiais é determinado principalmente pelos cátions Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ e K⁺ e pelos ânions HCO₃⁻, SO₄⁼ e Cl⁻, sendo que a variação e composição desses íons na água é influenciada pelo ambiente terrestre, pelo clima, pelo intercâmbio entre água e sedimento e pelas atividades humanas (PAYNE, 1986). Em lagos abertos, a composição química da água e sedimento é regida, em grande parte, pelos fluxos de entrada procedentes da bacia de drenagem. Os mecanismos básicos que regulam a concentração desses íons em água são a mineralização das rochas, a precipitação atmosférica e os processos de evapotranspiração (VIERIA & ESTEVES, 2002; MAIER *et al.*, 1996).

Através do conteúdo iônico, pode-se classificar as águas naturais como moles, caracterizadas por baixo conteúdo iônico, geralmente proveniente da drenagem de rochas ígneas, e águas duras, que contêm grande quantidade de metais alcalinos terrosos dissolvidos, provenientes de depósitos calcáreos (WETZEL, 1981).

Os cátions dominantes, assim como outros nutrientes, desempenham papel importante em processos fisiológicos de organismos aquáticos tais como: crescimento, formação e metabolismo de substâncias, transporte de íons para os meios intra e extra celulares e estruturação de organelas (HENRY, 1986). POR & LOPES (1994) afirmam que, mesmo em águas muito diluídas, não há evidências concretas de que os íons dominantes possam apresentar-se em concentrações tão baixas que cheguem a limitar a produção dos organismos, exceto para alguns moluscos e crustáceos, para os quais o cálcio é um elemento indispensável.

O conhecimento do conteúdo e composição química da água e sedimento de sistemas aquáticos é fundamental para a compreensão dos processos físicos, químicos e biológicos que neles ocorrem, e que refletem também a maior ou menor importância geoquímica frente às alterações ambientais devidas ao uso e ocupação da bacia hidrográfica (MAIER, 1987).

Deste modo, o presente trabalho visa contribuir para a preservação da qualidade da água da Represa de Ibitinga, analisando as possíveis influências das variações espaciais, sazonais e humana sobre os íons dominantes, presentes na água e no sedimento; verificando também o efeito da entrada dos Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu na represa.

Área de estudo

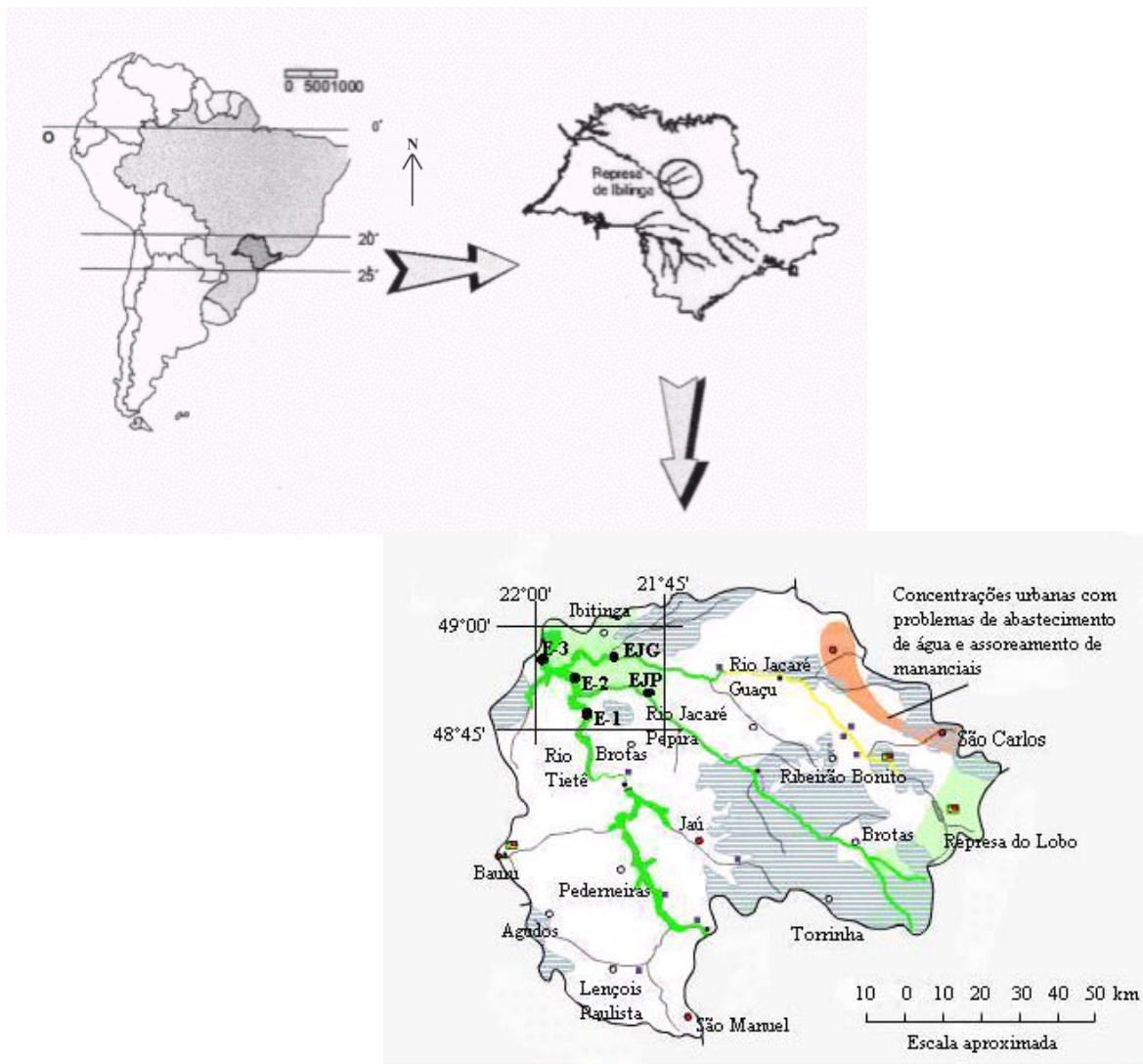
A Represa de Ibitinga (Fig. 1) é a terceira de uma série de barragens do Médio rio Tietê. Encontra-se na unidade geomorfológica conhecida como Planalto Ocidental Paulista, cujo relevo é suave, com leve caimento de leste para oeste, formando uma extensa plataforma suavizada, nivelada em cotas próximas a 500 m (PONÇANO *et al.*, 1981). A drenagem do Planalto Ocidental é efetuada por rios formadores da Bacia do Paraná, principalmente, os grandes rios paulistas: Paranapanema, Tietê e Grande.

Segundo BISTRICHI *et al.* (1981), o Planalto Ocidental Paulista faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná, onde ocorrem os seguintes grupos geológicos: Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e Formação Adamantina, sendo esta última, predominante na região da Represa de Ibitinga. A Formação Adamantina é constituída de depósitos fluviais, com predomínio de arenitos finos, podendo apresentar cimentação carbonática, com forte tendência para a erosão.

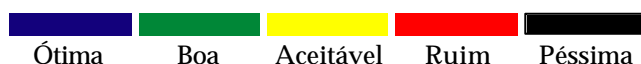
Originalmente, o solo do Planalto Ocidental era recoberto por Mata Atlântica de diferentes gradações, nas vertentes e encostas e por vegetação típica de cerrados nas regiões mais baixas. Hoje, os biomas naturais se encontram restringidos a pequenas manchas de cerrado e vegetação mais densa nas encostas de alguns morrotes. No Rio Jacaré Pepira, a mata ciliar encontra-se bem preservada. Já no Rio Jacaré Guaçu e nas margens da Represa de Ibitinga, a vegetação original deu lugar ao cultivo predominante de cana de açúcar (CLARO, 1981; VIEIRA, 1996).

MATERIAL E MÉTODOS

No período de outubro/89 a novembro/90, obedecendo a um ciclo sazonal completo, foram coletadas mensalmente, amostras na superfície, meio e fundo da coluna d'água do reservatório de Ibitinga, em 3 estações de coleta: 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 (Fig. 1). Incluíram-se também duas estações de coleta, uma a montante da foz do Rio Jacaré Pepira e outra a montante da foz do Rio Jacaré Guaçu. Apenas nas estações de coleta do reservatório foram coletadas amostras de sedimento.



Qualidade da água



Impactos ambientais

- Indústrias consumidoras
- Cidades poluidoras
- Áreas suscetíveis à erosão
- Erosão urbana

- ▭ Limite UGRHI
- ▭ Curso d' Água
- Sede Municipal
- ⊕ Ponto de Monitoramento de Água/CETESB

Atividades/ocupação

- ▭ APAS
- ▭ Estação Ecológica
- Uso não identificado

Fig. 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).

Para coleta, análise e preservação das amostras de água, foram obedecidas as metodologias descritas em GOLTERMAN *et al.* (1978) e AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1985). Os sólidos totais em suspensão (STS) foram determinados por gravimetria. A dureza total (D. Total) e a alcalinidade, foram determinadas

por titulometria. No Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), foram determinados os teores de Cl^- , SO_4^{2-} , SiO_2 , por espectrometria com injeção em fluxo e Ca^{++} , Mg^{++} , $Na^+ K^+$, em espectrofotômetro de absorção atômica. Os teores de CO_2 total, CO_2 livre e HCO_3^- foram obtido por cálculo segundo MACHERETH

et al. (1989). Os resultados foram expressos em mg/L. A condutividade elétrica (CE), determinada com auxílio do condutivímetro Digimed, foi expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$. O limite de detecção dos métodos foi de 0,001 mg/L (ppm).

O sedimento foi coletado com o auxílio de uma draga de Ekman. A determinação Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ K^+ , Si foi realizada através de abertura com $\text{HCl}/\text{H}_2\text{ClO}_4/\text{HF}$ (AGEMIAN & CHAU, 1976). Todas as amostras foram analisadas em um espectrofotômetro de absorção atômica, juntamente com o material certificado de referência MESS (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1979), a fim de se garantir a exatidão dos resultados. O limite de detecção dos métodos foi de 0,01 mg/kg (ppm).

O estudo do clima regional foi baseado nos regimes pluviométrico e térmico e na evapotranspiração, a partir de dados obtidos no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo). O balanço hídrico correspondente ao período de estudo (out./89 a nov./90) foi calculado segundo método de THORNTHWAITE (1948) e os resultados apresentados na forma de gráfico.

Para análise e interpretação dos resultados foram calculadas as médias, desvio padrão e medianas, por período sazonal para todas as variáveis analisadas na água e no sedimento (BUSSAB & MORETTIN, 1987). Para facilitar a comparação entre as proporções dos íons dominantes na água do reservatório, utilizou-se os valores medianos para a elaboração do diagrama de concentração em meq/L, segundo Maucha (modificado por BROCH & YAKE, 1969). Utilizou-se também a relação entre os íons monovalentes/divalentes (M/D), divalentes/divalentes (D/D) e monovalentes/monovalentes (M/M) em meq/L. As ordens catiônica

e aniônica foram estabelecidas segundo as porcentagens de cada íon frente ao total de cátions (Tz^+) e ânions (Tz^-) correspondentes (MAIER, *et al.* 1996; VIEIRA, 1996).

Para verificar a existência de padrão de variação espacial e sazonal nos íons dominantes nos compartimentos sedimento e água da represa e dos Rios Jacaré Pepira e Jacaré guaçu, foram feitos clusters a partir das médias obtidas, segundo NETER *et al.* (1996), utilizando-se o conceito de distância euclidiana.

RESULTADOS

A análise do balanço hídrico demonstrou que o clima teve um comportamento esperado para a região, apresentando uma estação chuvosa quente de outubro/89 a março/90 e uma estação de estiagem fria de abril/90 a setembro/90. Registrou-se um déficit hídrico no solo em outubro/89, sendo que em novembro/89 houve reposição de água. De dezembro/89 a fevereiro/90, foram registradas as maiores precipitações pluviométricas, evapotranspiração potencial e retirada de água do solo. O mês de junho/90 foi o mais seco, com menor evapotranspiração (Fig. 2).

Na água da Represa de Ibitinga, as medianas de STS, CE, Na^+ , K^+ , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$ e SiO_2 foram mais elevadas no período chuvoso do que no período seco, para todos os pontos de coleta. Dureza total, Ca^{++} Mg^{++} , CO_2 e HCO_3^- não apresentaram um padrão sazonal definido. Em relação à distribuição espacial, o ponto E-1 (próximo à barragem) apresentou valores medianos mais elevados no verão para a maioria das variáveis, excetuando-se Ca^{++} , Na^+ e $\text{SO}_4^{=}$, que foram pouco mais elevadas no ponto E-2 (próximo à foz do Rio Jacaré Pepira) (Tabela 1).

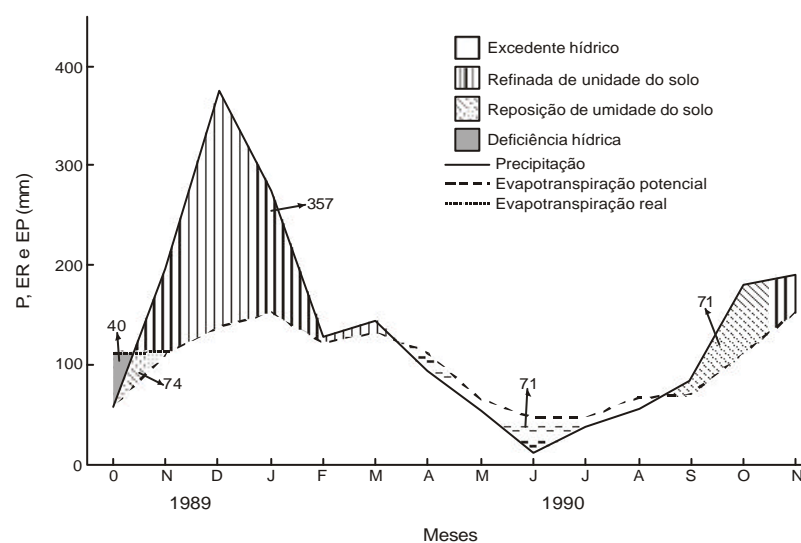


Fig. 2 - Balanço hídrico regional, segundo THORNTHWAITE (1948), a partir de dados da estação meteorológica DAEE de Ibitinga. P = precipitação Pluviométrica, ER = Evapotranspiração Real e EP = Evapotranspiração Potencial.

No período seco, apenas a condutividade elétrica, dureza total, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ foram mais elevados no ponto E-2, as demais variáveis apresentaram seus maiores valores no ponto E-1 e, em geral, o ponto E-3 (próximo à foz do Rio Jacaré Guaçu) apresentou os menores valores, durante o período de estudo. Não foi verificada variação pronunciada das medianas na coluna d'água sendo que, em geral, o fundo apresentou os maiores valores no período chuvoso para os 3 pontos e, no período seco, a superfície dos pontos E-1 e E-2 apresentou os maiores valores (Tabela 1).

As variáveis estudadas para o sedimento apresentaram-se em uma magnitude muito superior àquelas observadas para a água da represa. No sedimento de E-1, Ca⁺, Mg⁺, K⁺ apresentaram valores medianos maiores no período seco. Já o Na⁺ apresentou valores medianos maiores no período chuvoso. O

sedimento do ponto E-2 apresentou valores medianos maiores que E-1 e E-3 no período de chuva. No sedimento de E-3, os maiores valores medianos, para todas as variáveis analisadas, ocorreram no período seco (Tabela 2).

De um modo geral, os valores medianos dos parâmetros analisados na água da represa foram superiores aos encontrados na dos Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu, excetuando-se os valores de STS. Para o Rio Jacaré Pepira, no período de chuva ocorreram os maiores valores de STS, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Cl⁻ e SO₄⁼, sendo que os valores de Na⁺ não apresentaram variações sazonais e os de SiO₂ foram mais elevado no período seco. Já o Rio Jacaré Guaçu, apresentou valores medianos mais elevados de STS, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, SO₄⁼ no período chuvoso e, de Na⁺, K⁺, Cl⁻ e SiO₂, no período seco (Tabela 3).

Tabela 1 - Medianas das variáveis analisadas na água da Represa de Ibatinga, nos períodos chuvoso (10/89 a 03/90) e seco (04/90 a 09/90), em 3 estações de coleta (E-1, E-2 e E-3) na superfície (S) meio (M) e no fundo (F) da coluna d'água.

	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
STS ¹ (mg/L)	7,0	8,5	9,2	5,1	5,7	6,1	5,7	5,9	3,9	5,8	6,6	12,6	3,6	4,8	4,9	3,2	3,6	7,8
C.E. ² (µS/cm)	158	150	144	151	154	156	145	149	154	136	139	138	141	135	139	125	126	126
Alcal. ³ (mg/L)	34,9	37,2	37,2	34,9	36,0	35,5	34,9	34,9	37,8	36,5	34,4	34,4	32,6	31,3	32,6	33,3	33,3	32,3
D. Total ⁴ (mg/L)	32,0	34,0	34,0	31,8	33,7	36,6	29,5	34,6	30,0	36,0	34,0	34,0	35,0	36,0	36,0	33,0	34,0	32,0
CO ₂ Total (mg/L)	30,9	35,1	35,7	34,3	33,9	33,4	33,5	33,0	34,2	34,9	37,7	33,0	27,6	32,4	37,4	32,2	34,4	30,9
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	41,9	45,3	45,3	42,4	43,8	42,9	42,5	42,5	45,8	44,3	41,9	41,8	35,7	36,8	39,7	40,6	40,4	38,1
Ca ²⁺ (mg/L)	8,7	8,6	8,7	9,5	8,8	9,6	8,6	8,1	9,4	8,1	8,3	9,7	8,9	8,9	9,7	8,1	8,9	8,1
Mg ²⁺ (mg/L)	2,7	3,0	2,9	2,4	2,6	3,6	2,5	2,9	1,7	3,2	3,3	3,2	3,4	3,9	2,9	3,4	2,4	2,9
Na ⁺ (mg/L)	13,7	10,5	10,4	12,9	15,1	15,3	10,0	13,5	13,9	8,6	8,6	8,8	8,1	8,0	8,2	7,3	7,5	8,1
K ⁺ (mg/L)	4,0	4,0	3,9	3,8	4,1	4,1	3,6	3,8	3,8	3,3	3,3	3,2	3,4	3,4	4,0	3,5	3,4	3,3
Cl ⁻ (mg/L)	12,8	12,5	12,8	11,6	12,8	11,6	9,9	11,4	12,0	9,1	9,1	9,0	8,9	8,3	8,6	7,8	7,8	7,8
SiO ₂ (mg/L)	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	1,2	1,4	1,1	1,0	4,4	3,8	3,7	2,1	1,7	1,8	1,7	1,6	1,9
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	13,1	11,6	11,1	14,8	14,3	14,1	10,4	13,0	13,6	8,9	9,3	9,5	8,8	9,2	9,2	8,5	9,0	8,1

¹sólidos totais em suspensão; ²condutividade elétrica; ³alcalinidade; ⁴dureza total.

Tabela 2 - Medianas das variáveis analisadas no sedimento da Represa de Ibatinga, nos períodos chuvoso (10/89 a 03/90) e seco (04/90 a 09/90), em 3 estações de coleta (E-1, E-2 e E-3).

	Período chuvoso			Período seco		
	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
Ca ²⁺ (mg/L)	931	2051	1151	1638	1687	1226
Mg ²⁺ (mg/L)	375	655	313	604	346	328
Na ⁺ (mg/L)	124	147	109	43	108	116
K ⁺ (mg/L)	63	157	103	111	98	122

Na água da represa, no período chuvoso, ocorreram os maiores valores totais de cátions (Tz⁺ = 31,3) no ponto E-2 e, em E-1, os maiores de ânions (Tz⁻ = 69,7). No período seco os valores de Tz⁺ e Tz⁻ foram acentuadamente menores que no período chuvoso, nos 3 pontos de amostragem. Já no sedimento os maiores valores de Tz⁺ ocorreram no período seco para E-1 e E-3 e, no período chuvoso para E-2. Na estação chuvosa, nos três pontos de coleta da represa a dominância na água foi Na⁺ > Ca⁺⁺ > K⁺ > Mg⁺⁺. No período seco, os pontos E-1 e E-3 mantiveram a mesma ordem de dominância,

porém E-2 apresentou dominância de Mg⁺⁺ sobre o K⁺. Para os pontos E-2 e E-3 a ordem aniônica foi HCO₃⁻ > SO₄⁼ > Cl⁻, tanto para o período chuvoso quanto para o seco, enquanto E-1 apresentou dominância de Cl⁻ sobre o SO₄⁼ (Tabela 4).

No sedimento a ordem de dominância foi Ca⁺⁺ > Mg⁺⁺ > K⁺ > Na⁺, durante o período de estudo. Os Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu apresentaram no período chuvoso a ordem Mg⁺⁺ > Ca⁺⁺ > K⁺ > Na⁺. No período seco, apenas o Rio Jacaré Pepira manteve esta ordem. Quanto aos ânions o Rio Jacaré Pepira apresentou Cl⁻ > SO₄⁼ durante todo o período de estudo, já o Rio Jacaré

Guaçu apresentou dominância de SO₄⁼ no período chuvoso e de Cl⁻ no período seco (Tabela 4).

Os Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu apresentaram salinidade menor que a da Represa de Ibitinga. Os maiores valores foram encontrados no período chuvoso e tiveram como maiores contribuidores os cátions, embora não tenha sido determinado o HCO₃⁻ para ambos os rios (Tabela 4).

A Figura 3 mostra o diagrama iônico de Maucha (modificado por BROCH & YAKE, 1969), para a água da Represa de Ibitinga, comparada com a do Rio Jacaré Pepira e de outras represas da Bacia do Alto Tietê. Verificou-se a dominância de HCO₃⁻, Na⁺ e Ca⁺⁺ para a Represa de Ibitinga. Para o Rio Jacaré Pepira, por sua vez, observou-se dominância de HCO₃⁻ e Ca⁺⁺. Já para as represas Rio das Pedras e Rio Grande a dominância é de Cl⁻ e Na⁺ e a de Pedreira HCO₃⁻ e Na⁺. O Total iônico da água, mostrado através do diâmetro da circunferência do diagrama, mostraram que as Represas do Alto Tietê, apresentaram-se em uma magnitude muito maior que o encontrado para Ibitinga e o Rio Jacaré Pepira, evidenciando uma maior contribuição dos efluentes domésticos para o total iônico no Alto Tietê.

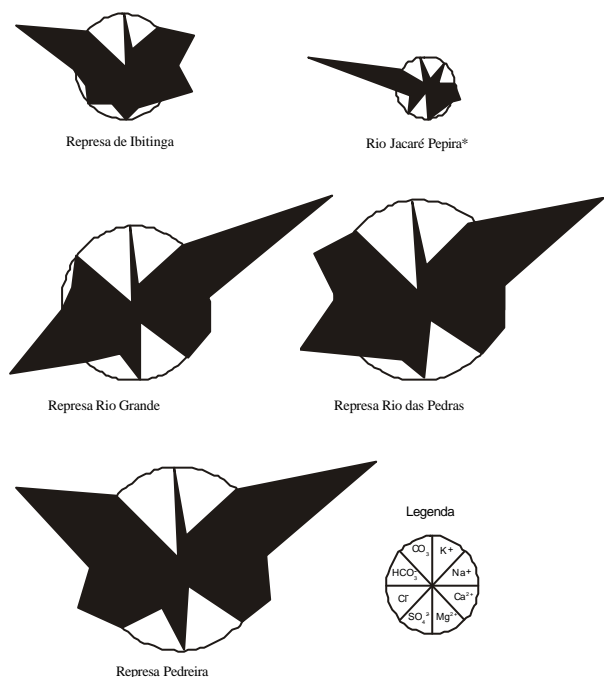


Fig. 3 - Comparação entre as concentrações iônicas da Represa de Ibitinga, o Rio Jacaré Pepira (TAKINO & MAIER, 1986) e as Represas do Tietê (MAIER & TAKINO, 1985), através do diagrama iônico de Maucha (modificado por BROCH & YAKE, 1969). Escala 1 mm² = 0,004 meq/L.

Tabela 3 - Medianas das variáveis analisadas na água dos rios Jacaré Pepira (EJP) e Jacaré Guaçu (EJG) calculadas para os períodos chuvoso (out./89 à mar./90) e seco (abr./90 à set./90).

	Período chuvoso		Período seco	
	EJP	EJG	EJP	EJG
STS (mg/L)	8,8	11,9	11,9	11,6
Ca ⁺ (mg/L)	4,4	4,8	3,5	4,2
Mg ⁺ (mg/L)	4,6	4,9	2,0	2,1
Na ⁺ (mg/L)	1,3	2,0	1,3	3,1
K ⁺ (mg/L)	1,8	1,8	1,4	2,1
Cl ⁻ (mg/L)	1,9	2,0	0,7	2,4
SO ₄ ⁼ (mg/L)	1,7	2,5	<0,002	1,6
SiO ₂ (mg/L)	6,7	6,9	6,9	7,2

Tabela 4 - Total de cargas positivas (Tz+) e negativas (Tz-) (mg/L) e ordem iônica encontrada por período sazonal, para a Represa de Ibitinga.

Pontos	Período Chuvoso				Período Seco			
	Tz+	Tz-	Ordem catiônica	Ordem aniônica	Tz+	Tz-	Ordem catiônica	Ordem aniônica
E-1	26,0	69,7	Na > Ca > K > Mg	HCO ₃ > Cl > SO ₄	23,4	60,3	Na > Ca > K > Mg	HCO ₃ > SO ₄ > Cl
E-2	31,3	68,8	Na > Ca > K > Mg	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	23,5	54,6	Na > Ca > Mg > K	HCO ₃ > SO ₄ > Cl
E-3	28,4	77,9	Na > Ca > K > Mg	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	21,9	56,7	Na > Ca > K > Mg	HCO ₃ > SO ₄ > Cl
Sed.E-1	1493	-	Ca > Mg > Na > K	-	2396	-	Ca > Mg > K > Na	-
Sed.E-2	3010	-	Ca > Mg > K > Na	-	2239	-	Ca > Mg > Na > K	-
Sed.E-3	1676	-	Ca > Mg > Na > K	-	1792	-	Ca > Mg > K > Na	-
EJP	12,1	3,6	Mg > Ca > K > Na	Cl > SO ₄	8,2	0,7	Ca > Mg > K > Na	Cl > SO ₄
EJG	13,6	4,5	Mg > Ca > K > Na	SO ₄ > Cl	11,5	4,0	Ca > Na > Mg = K	Cl > SO ₄

Tabela 5 - Proporção iônica, calculada para a água e o sedimento da Represa de Ibitinga (E-1, E-2 e E-3) e para a água dos Rios Jacaré Pepira (EJP) e Jacaré Guaçu (EJG).

Local	$\frac{(Na + K)}{(Ca+Mg)}$	$\frac{(Na + K)}{Ca}$	$\frac{(Na + K)}{Mg}$	$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{K}{Na}$	$\frac{SO4}{Cl}$
E-1 -2,425	1,6	1,6	3,6	2,3	2,7	1,1
E-2 -2,572	1,1	1,5	4,6	3,0	2,7	1,3
E-3 -2,326	1,1	1,5	4,6	3,1	2,6	1,0
Sedimento E-1	0,1	0,2	0,4	2,8	0,7	-
Sedimento E-2	0,1	0,2	0,6	3,4	1,1	-
Sedimento E-3	0,1	0,2	0,5	2,6	0,9	-
EJP	0,4	0,7	0,9	1,2	0,9	1,2
EJG	0,6	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2

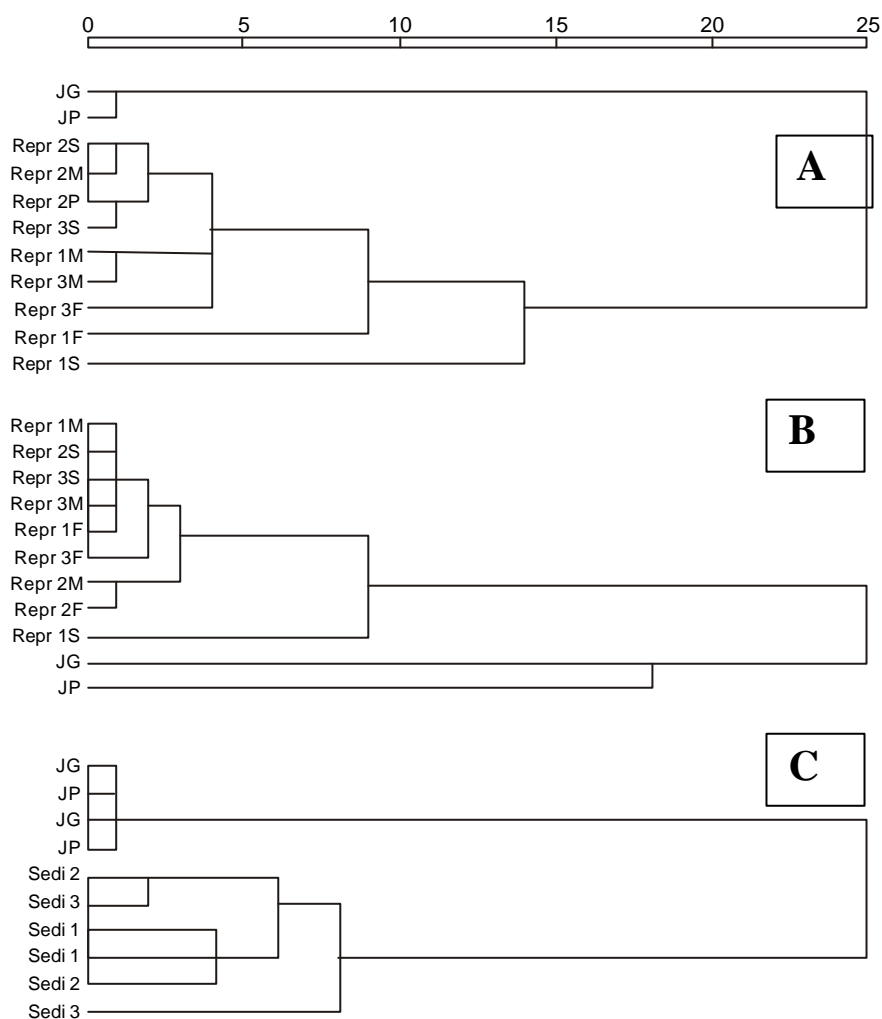


Fig. 4 - Dendrograma de correlação entre os compartimentos água e sedimento do reservatório e a água dos Rios Jacaré Pepira (JP) e Jacaré Guacú (JG), calculados para os íons dominantes, durante o período estudado. (A- Período chuvoso; B- Período Seco; C- sedimento da represa e rios). ($p < 0,05$).

Através do dendrograma de correlação (Fig. 4), observa-se que a composição iônica da água da represa não foi influenciada pelas entradas dos Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu e que os pontos E-2 e E-3 estiveram mais correlacionados entre si ($P < 0,05$). Apenas a

água do fundo do ponto E-1 esteve mais correlacionada com os demais pontos, durante todo o período. Quanto ao sedimento, os pontos E-1 e E-2 apresentaram-se mais correlacionados no período seco, e os pontos E-2 e E-3, no período chuvoso ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO

Alcalinidade e STS, silício, condutividade elétrica

O Reservatório de Ibitinga encontra-se em uma região onde o solo é bastante arenoso e com poucos depósitos naturais de calcáreo (BISTRICHI *et al.*, (1981). VIEIRA & ESTEVES (2002) encontraram neste reservatório valores de pH próximo à neutralidade, para o mesmo período de estudo, atribuindo estas concentrações e sua pequena variação aos altos valores de alcalinidade da águas, sugerindo que o pH poderia estar sendo regulado pelo sistema de CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{2-} , uma vez que a alcalinidade teve uma variação temporal semelhante a este.

A Represa de Ibitinga está cercada por áreas de interbaciais e de microbaciais, apresentando inúmeros rios de primeira ordem. Nessas regiões a agricultura cobre praticamente todo o solo. Como a calagem de solos ácidos é uma prática comum na área, pode estar havendo uma contribuição de calcáreo para a água do reservatório, através do escoamento superficial e da lixiviação do solo. O que pode estar acarretando na elevação dos valores de alcalinidade, como observado no período chuvoso.

A capacidade de transporte dos sistemas de drenagem de uma bacia, constitui um dos processos que melhor explica o comportamento dos sólidos totais ou dissolvidos em sistemas aquáticos. A qualidade, o tipo e a origem dos sólidos em suspensão na água são fortemente influenciados pelo clima, pelo relevo e pela geologia da bacia de drenagem (WHITTON, 1975; TEIXEIRA *et al.*, 2000), assim como pela ação do homem sobre as mesmas.

Os sólidos em suspensão constituem um dos maiores transportadores de nutrientes e poluentes, contribuindo para o enriquecimento de ambientes aquáticos. A proporção relativa entre os componentes orgânico e inorgânico transportados pelos rios na forma de sólidos em suspensão, ainda não é totalmente conhecida. Entre os componentes inorgânicos, o silte, pode ter considerável capacidade de troca iônica e de transportar compostos químicos a ele adsorvidos (PAYNE, 1986).

Os sólidos em suspensão contribuem para o aumento da temperatura, pois absorvem a energia da radiação solar que chega aos corpos d'água. Esta elevação da temperatura da água diminui a viscosidade do meio, facilitando o afundamento dos sólidos em suspensão, principalmente, do silte. HYNES (1970) afirmou que o silte afunda duas vezes mais rápido a 23° C que a 0° C.

Provavelmente, os altos valores de STS em E-1, sejam devidos a influência da água do Rio Tietê, a montante desta estação. Os Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu também apresentaram valores elevados, prin-

cipalmente, no período chuvoso, o que deve ter contribuído para os valores esperados, principalmente em E-2, que se localiza entre a fôz dos dois rios e E-3, a jusante desses rios.

Segundo HAPPEY (1970), a maior contribuição de nutrientes para um lago, não chega através dos rios tributários, mas sim da difusão por turbulência, a partir de depósitos de silte no sedimento. A difusão do material depositado no sedimento de Ibitinga pode ser um fator de contribuição para a elevação dos valores de STS, uma vez que este reservatório foi considerado turbulento por VIEIRA *et al.* (2002), VIEIRA (1996) e TUNDISI (1981).

A principal fonte natural de silício para as águas naturais, advem da degradação de minerais ricos em silicatos de alumínio. Nos ecossistemas aquáticos, o silicato reage com o CO_2 dissolvido formando carbonato de silício (WETZEL, 1981, 1991). O uso inapropriado dos solos pode aumentar a concentração de sílica nos corpos d'água, através do escoamento superficial, devido principalmente ao desmatamento e a práticas de mineração.

Vários organismos aquáticos apresentam estruturas silicificadas, como por exemplo, as diatomáceas. Toda sua estrutura celular está envolvida em carapaça composta de silício. Assim, em função de sua densidade, as diatomáceas podem alterar grandemente a concentração de sílica na água (MARGALEF, 1983).

Em Ibitinga e em seus tributários, os teores de silício também parecem estar relacionados com a sazonalidade, pois no período de estiagem observaram-se os maiores valores. Provavelmente o menor volume de água, a drenagem mais lenta, além da decomposição de material orgânico dissolvido na água e a produção primária do fitoplâncton produziram CO_2 dissolvido, aumentando assim a reatividade e a solubilidade do silício, elevando seus teores na água, durante o período seco. Em relação à variação espacial, independente da época do ano, a concentração de silício aumentou de montante para jusante, ou seja, do ponto E-1 para o ponto E-3.

Através dos valores de condutividade elétrica podem ser inferidas importantes informações sobre os ecossistemas aquáticos, tais como o metabolismo do sistema e a magnitude da concentração iônica, pois os íons mais diretamente responsáveis pela condutividade elétrica são também considerados dominantes (GOLTERMAN, 1975). O pH e a temperatura influenciam diretamente os valores de condutividade elétrica, enquanto que nitrato, nitrito e os ortofosfatos têm pouca influência. Estes valores são considerados como um bom indicador de fontes poluidoras, assim como de fenômenos ligados ao processo de autodepuração (ESTEVES, 1998).

Em Ibatinga, os valores de condutividade elétrica refletem mais a concentração de íons dominantes, uma vez que os valores de nutrientes, tais como NH_3 , NO_2 , NO_3 , não foram considerados altos em trabalho realizado no mesmo período por VIEIRA (1996). A condutividade elétrica e o STS apresentaram valores elevados no período chuvoso, principalmente nos pontos E-1 e E-2, sendo que este é o período corresponde a reposição de água (outubro/novembro/89 e outubro/90) e excedente hídrico no solo (dezembro/abril/90 e novembro/90), segundo o balanço hídrico regional. Tais eventos reforçam a hipótese de que a represa de Ibatinga recebe contribuição importante de material vindos da bacia de drenagem à montante.

Os íons dominantes (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ e Cl^-)

A diferença na composição das águas mundiais, com relação ao conteúdo iônico, refere-se basicamente às concentrações de Ca^{++} , HCO_3^- e Na^+ . Na América do Sul e Austrália, por exemplo, a água é pobre nesses íons e a ordem de dominância para os cátions geralmente é $\text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$, e para os ânions $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{=} > \text{HCO}_3^-$, comuns à drenagem de rochas ígneas (GIBBS, 1970).

WETZEL (1981, 1991) mostra que a tendência mundial obedece à ordem $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$. Na água de Ibatinga, essa ordem foi encontrada apenas no sedimento de fundo. Esse autor cita, ainda, que o $\text{SO}_4^{=}$ ocupa o segundo lugar na ordem dos ânions. A ordem de dominância na represa de Ibatinga não apresentou a tendência esperada para águas da América do Sul, pois o Na^+ foi dominante sobre o Ca^{++} . Quanto aos ânions, a dominância foi do HCO_3^- , seguida pelo $\text{SO}_4^{=}$ e Cl^- .

A estação E-1 mostrou-se a mais rica em cátions dominantes, no período chuvoso e, apesar dos Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu, também apresentarem os maiores valores neste período, a análise de cluster demonstrou que a água dos rios não exerce influência sobre a da represa. Porém, segundo o diagrama de Maucha, a água do Tietê, à montante de Ibatinga, pode ser apontada como um fator de alteração da concentração e ordem iônica desta represa.

A ordem de dominância para cátions, encontrada na Represa de Ibatinga, foi à mesma observada por TAKINO & MAIER (1986) para as represas Riacho Grande, Rio das Pedras e Pedreira (Fig. 3), sendo a mesma encontrada para os demais reservatórios do Estado de São Paulo. No entanto, a concentração total de íons transportados pelas represas do Alto Tietê estão numa magnitude de grandeza muito superiora que a encontrada para Ibatinga e seus principais afluentes. Com relação aos ânions, em Riacho Grande e Rio das Pedras, a dominância foi de Cl^- , seguida de HCO_3^- . A dominância de Na^+ e Cl^- na água, pode estar relacio-

onada ao aporte de efluentes doméstico no corpo aquático. Provavelmente, a influência do aporte de efluentes nas represas do Alto Tietê seja minimizada ao longo do rio até chegar ao Médio Tietê devido à série de barramentos que age na decantação de materiais transportados rio abaixo e a própria capacidade de autodepuração que o Rio Tietê possui.

Quanto ao sedimento da Represa de Ibatinga, a dominância foi de Ca^{++} e Mg^{++} , enquanto a água apresentou dominância de Na^+ . No entanto, o íon Na^+ forma sais mais solúveis em água, enquanto o Ca^{++} e Mg^{++} formam sais menos solúveis, o que, provavelmente, justificaria a abundância dos cátions divalentes no sedimento e monovalentes na água.

Para os Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu a ordem de dominância foi, no período seco, $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ e, no período chuvoso, a dominância foi do íon Mg^{++} sobre o Ca^{++} . MAIER *et al.* (1986), encontraram a mesma ordem de dominância na água do Rio Jacaré Pepira e BONETO (1976) na água do Rio Paraná. Segundo estes autores, a contribuição das rochas foi o fator principal para a dominância dos cátions bivalentes na água, tendo como fatores secundários o clima e a interferência antrópica.

Muitos autores consideram como salinidade total da água a soma dos cátions e ânions dominantes, o que, em média mundial, representa cerca de 120 mg/L, variando consideravelmente de continente para continente, de acordo com a litologia da região (TALLING & TALLING, 1965; MAIER 1983). Águas mundiais com salinidade de 120 mg/L apresentam um conteúdo de cátions de 1,425 meq/L e de ânions de 1,428 meq/L, havendo, portanto um equilíbrio entre cargas negativas e positivas (WETZEL, 1981).

BONETO (1976), estudando rios da Bacia do Paraná e MAIER *et al.* (1986) estudando a Bacia do Jacaré Pepira, encontraram conteúdo de cátions duas vezes menor que o de ânions. O mesmo repetiu-se no Reservatório de Ibatinga. O Rio Tietê pertence à Bacia do Rio Paraná, e grande parte dessa bacia, no Estado de São Paulo, drena rochas basálticas e areníticas. Águas superficiais, que drenam formações ígneas possuem alta concentração de sílica e são tipicamente "moles", portanto pobres em Ca^{++} e Mg^{++} .

A salinidade total de Ibatinga foi superior a média encontrada por HUTCHINSON (1957) (50 mg/L) para águas pobres em íons. O íon que mais contribuiu para o aumento da salinidade total foi o bicarbonato. Além das contribuições naturais, o escoamento superficial da água das chuvas em solos fertilizados e o despejo de esgoto doméstico e industrial, podem introduzir nas águas superficiais, quantidades adicionais consideráveis de sais de cálcio.

MAIER *et al.* (1986) demonstraram através do diagrama de Maucha que a concentração iônica do Rio Jacaré Pepira é baixa, sendo o cátion dominante foi o

cálcio e o sódio ocupou o terceiro lugar na ordem, corroborando os valores encontrados no presente estudo. Já os diagramas de Maucha, construídos para reservatórios que recebem efluentes domésticos e industriais da Grande São Paulo, mostram uma dominância acentuada de sódio e de cloro atribuída a fatores antropogênicos (MAIER & TAKINO, 1985), reforçando a hipótese de que a maior contribuição para o incremento de íons dominantes para Ibitinga seria o Alto Tietê, uma vez que a pressão de ocupação do rio neste trecho, é a maior de toda a bacia, tendo como maior exemplo de ocupação a Cidade de São Paulo.

A capacidade do sedimento em acumular compostos, torna este compartimento um dos mais importantes meios de avaliação do nível da contaminação e da saúde de ambientes lênticos. Boa parte dos compostos que se depositam no sedimento, ou não são liberados para a água ou são muito lentamente (ESTEVES, 1998). A contribuição do sedimento para o incremento de íons dominantes para a água provavelmente obedeça aos mesmos mecanismos conhecidos para os nutrientes, como por exemplo, circulação da coluna d'água, altas temperaturas, morfometria do reservatório e ambiente químico favorável.

Em Ibitinga, no entanto, o sedimento não contribuiu na dominância de Na^+ na água em detrimento dos demais cátions, pois a solubilidade do NaCl (presente em efluentes domésticos) em água é muito alta, o que além de explicar a posição do Na^+ na ordem de dominância no sedimento, ainda afasta a hipótese deste compartimento estar contribuindo para sua dominância na água da represa, reforçando, ainda, a influência do Tietê à montante da mesma.

Assim como a relação carbono nitrogênio (C/N), as relações monovalente/divalente (M/D), monovalente/monovalente (M/M) e divalente/divalente (D/D) entre os íons dominantes, também são importantes para o desenvolvimento da comunidade aquática, pois determinam, entre outros fatores, a saúde dos ecossistemas onde a mesma está inserida. Geralmente, estas relações apresentam variações relacionadas com o estado de poluição e/ou à proximidade do mar (MAIER *et al.*, 1996). A relação de $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ pode ser alta na foz de rios, como por exemplo, na foz do Rio Ribeira de Iguape (TAKINO & MAIER, 1987) devido à proximidade com o mar.

No entanto, os valores encontrados para a água da represa de Ibitinga, principalmente, no ponto E-1 são semelhantes aos encontrados para o Ribeira de Iguape, sendo ainda elevados quando comparados com os valores encontrados para os Rios Jacaré Pepira e Jacaré Guaçu. A relação $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Ca}^{++}$, cujos valores elevados podem caracterizar ambientes poluídos, apresentou-se em Ibitinga, com valores intermediários entre as represas do Alto Tietê (TAKINO & MAIER,

1986) e o Rio Ribeira de Iguape. Quanto à relação $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Mg}^{++}$, verificou-se uma disparidade entre os valores apresentados em ambientes poluídos e não poluídos. As represas do Alto Tietê estudadas por TAKINO & MAIER (1986) e que apresentam graves problemas de poluição, tiveram valores superiores a 10, enquanto a represa de Ibitinga, considerada como poluída, os Rios Jacaré Pepira, bastante preservado, Jacaré Guaçu e Ribeira de Iguape, ambos com problemas de poluição, apresentaram valores inferiores a 5, sendo que os pontos E-2 e E-3 de Ibitinga apresentaram os maiores valores (4,6).

Existe uma similaridade na relação K^+/Na^+ quanto à origem destes íons na água, quanto à influência marítima e a contaminação por esgoto doméstico. No caso de Ibitinga, esta relação foi bastante baixa, devido à dominância de íons Na^+ na água, o que aponta para uma possível contribuição de efluentes domésticos na concentração desse íon em Ibitinga. Levando-se em conta que o Ponto 1 apresentou o menor valor na relação M/M e que a região onde se localiza a represa é menos povoada (CESP, 1977) que o rio Tietê à montante de Ibitinga, é possível que a maior contribuição de íons de Na^+ para Ibitinga, venha de fato do próprio rio Tietê.

Em um estudo sobre 17 represas do Estado de São Paulo, os ambientes menos contaminados por efluentes domésticos apresentaram valores de $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ inferiores a dois, e de $\text{SO}_4^{=} / \text{Cl}^-$ inferiores a um e, em ambientes mais contaminados, esta relação foi de aproximadamente 2. Já nas represas do Complexo Billings a relação $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ foi superior a 3 (TAKINO & MAIER, 1986). Em Ibitinga, os valores da relação $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ foi maior que dois no ponto E-1 e superior a três nos pontos E-2 e E-3. Quanto a relação $\text{SO}_4^{=} / \text{Cl}^-$, Ibitinga apresentou valores superiores a 1 nos pontos E-1 e E-3. Tais valores nas relações entre os cátions e os ânions podem estar evidenciando perda na qualidade da água devido ao aporte de efluentes, embora o reservatório possa ainda ser considerado como mesotrófico (VIEIRA *et al.*, 2002).

CONCLUSÕES

O conteúdo iônico da represa foi determinado principalmente pela entrada do Rio Tietê, sendo secundário o papel do regime de chuvas, da litologia da bacia de drenagem e dos rios tributários. As águas de Ibitinga possuem conteúdo total de cargas iônicas duas vezes maior que o encontrado para as águas da América Latina, sendo que a dominância do íon Na^+ sugere uma contribuição antrópica, através de efluentes domésticos e industriais, e uma perda progressiva da qualidade da água desta represa.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa), Instituto de Pesca da APTA (Agência de Pesquisa e Tecnologia do Agronegócio), CENA-USP (Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo); Instituto de Biociências - USP e ao CEA-USP (Centro de Estatística Aplicada).

REFERÊNCIAS

- AGEMIAN, A. & CHAU, A.S.Y. An atomic absorption method of the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Analytica Chimica Acta*, v.80, p.61-66, 1976.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 15.ed. New York: APHA, 1985. 1193p.
- BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONSANO, W.L.; CAMPANHA, G.A.C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S.; CREMONINI, O.A. *Mapa geológico do estado de São Paulo, Escala 1: 500.000*. São Paulo: IPT, 1981. v.2. (IPT Monografias, n. 1184.)
- BONETO, A.A. Caracteres limnológicos de algunos lagos eutrofos de embalse de la region central de Argentina. *ECOSUR*, v.3, n.5, p.47-120, 1976.
- BRANCO, S.M. *Hidrologia ambiental*. São Paulo: Edusp; Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. 245p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).
- BROCH, E.S. & YAKE, W. A modification of Maucha's ion diagram to include ionic concentration. *Limnology and Oceanography*, v.14, n.6, p.933-935, 1969.
- BUSSAB, W.O. & MORETTIN, P.A. *Estatística básica*. 4.ed. São Paulo: Editora Atual, 1987. 322p.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v.22, n.2, p.361-369, 1977.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DE SÃO PAULO *Represa de Ibitinga. Aproveitamento múltiplo e proteção ao meio ambiente: Estudos preliminares*. São Paulo: CESP, 1977. 56p. (Relatório CESP).
- CENTRAIS ELÉTRICAS DE SÃO PAULO *Conservação e manejo nos reservatórios - Limnologia, ictiologia e pesca*. São Paulo: CESP, 1998. 166p.
- CLARO, S.M. *Aspectos Limnológicos da Represa do Jacaré Pepira (Brotas-SP) com ênfase na Comunidade Zooplânctônica*. 1981. 205p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1981.
- COSTA, J.B. & ESPINDOLA, E.L.G. Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento em tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior, SP). In: ESPINDOLA, E.L.G.; BITTA-PASCHOAL, C.M.R.; ROCHA, O.; BÖHRER, M.B.C.; OLIVEIRA-NETO, A. L. DE (Eds.). *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI*. São Carlos: EESC, USP, RiMa, 2000. p.75-93.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Boletim de consistência de dados hidrometeorológico, posto C-5 - Ibitinga*. São Paulo: DAEE, 1989, p.27-37.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Boletim de consistência de dados hidrometeorológico, posto C-5 - Ibitinga*. São Paulo: DAEE, 1990. p.38-69.
- ESTEVES, F.A. & CAMARGO, A.F.M. Caracterização de 17 represas do Estado de São Paulo, com base no teor de feopigmentos, carbono e nitrogênio orgânico. São Paulo. *Ciência e Cultura*, v.34, n.5, p.669-674, 1982.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.
- GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. n.2, p.1061-1066, 1970.
- GOLTERMAN, H.L. Chemistry. In: WHITTON, B.A. (Ed). *River ecology*. London: Blackwell, 1975. p.39-80.
- GOLTERMAN, H.L. CKYNO, R.S.; ONHSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. 2.ed. Oxford: Blackwell, 1978. 213p.
- HAPPEY, C.M. Some physicochemical investigations of stratification. *Journal of Ecology*, v.58, n.3, p.621-634, 1970.
- HENRY, R. O. 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*, v.38, n.9, p.1553-1563, 1986.
- HYNES, H.B.N. *The ecology of running waters*. Liverpool: University Press, 1970. 325p. Chapter 1: Chemical characteristics of flowing water.
- HUTCHINSON, G.E. *A treatise on Limnology*. New York: John Wiley, 1957. v.1, 155p.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Certified reference (trace and some other elements in a lake sediment sample)*. New York: IAEA, 1979.
- JACINTO, A. O. *Análise química de rochas por ICP-AES: eliminação automática de interferências*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1985. 135p. (Manual).
- MACHERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. 2.ed. London: Freshwat. Biol. Assoc. 1989, 119p. (Sci. Publ. 36).
- MAIER, M.H. *Geologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da Bacia do Rio Jacaré Pepira*. 1983. 219p. Tese (Doutoramento) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1983.
- MAIER, M.H. Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55'S - 48°55'W e 22°30' - 21°55'S - Brasil): Qualidade da água do Rio principal. *Ciência e Cultura*, v.39, n.2, p.164-185, 1987.
- MAIER, M.H.; TAKINO, M., VIEIRA, M.S. Íons dominantes na microbacia do Córrego Salto Grande 22°09'S e 48°19'W, Dourado, SP, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.23, n.único, p.55-68, 1996.
- MAIER, M.H. & TAKINO, M. Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo. Brasil. V - Tipificação através de fatores abióticos e clorofila a. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.12, n.1, p.103-22, 1985.
- MAIER, M.H.; TAKINO, M.; TOLENTINO, M. Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55'S - 48°55'W e 22°30' - 21°55'S - Brasil): Fisiografia (geomorfologia, geologia, pedologia e hidrologia) e o uso do solo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.13, n.1, p.121-133, 1986.
- MARGALEF, R. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1983. 1010p.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.E.; KUTNER, M.H. *Applied linear statistical models: regression, analysis, of variance, experimental designs*. 3.ed. Homewood: Richard D. Irving, 1996. 1181p.

- NOVELLI, A.S. *Diagnóstico dos recursos hídricos superficiais da Bacia hidrográfica do Rio Jacaré Guaçu*. 1996. 112p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.
- PAYNE, A.I. *The ecology tropical lakes and rivers*. New York: Jhon Wiley, 1986. 301p.
- PEREIRA, C.C.G.F.; SMITH, W.S.; ESPINDOLA, E.L.G.; ROCHA, O. Alterações tróficas nas espécies de peixes em decorrência das construções de reservatórios em cascata no médio e baixo Rio Tietê. In: ESPINDOLA, E.L.G.; MAUAD, F.F.; SCHALCH, V.; ROCHA, O.; FELICIDADE, N.; RIETALER, A.C. (Eds.). *Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado*. São Carlos: RiMa, 2002. p.29-41.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F. & P RANDINI, F.L. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:50.000. São Paulo. IPT. Monografias 5(1): Vol. II. 1981. 94p.
- PONTES, M.C. *Produção primária, fitoplâncton e fatores ambientais no Lago D. Helvécio, Parque Florestal do Rio Doce, MG*. 1980. 29p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1980.
- POR, F.D & LOPES, R.M. Streamwater chemistry. In: ALAN, D.V. (Ed.). *Stream ecology: structure and function in running water*. New York: Champman & Hall, 1995. p.23-39.
- ROCHA, A.A. *Do lendário ambiente ao poluído Tietê*. São Paulo: Edusp, 1991. 165p.
- SANDES, M.A.L. *Flutuação de fatores ecológicos e composição da biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo no Reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri - SP)*. 1990. 122p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.
- SMITH, W.S.; ESPINDOLA, E.L.G.; PEREIRA, C.C.G.F.; ROCHA, O. Impacto dos reservatórios do médio e baixo Rio Tietê (SP) na composição das espécies de peixes e na atividade de pesca. In: ESPINDOLA, E.L.G.; MAUAD, F.F.; SCHALCH, V.; ROCHA, O.; FELICIDADE, N.; RIETALER, A.C. (Eds.). *Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado*. São Carlos: RiMa, 2002. p.57-72
- TAKINO, M.T. & MAIER, M.H. Limnologia de reservatórios: proporções entre os principais íons sua relação com a biomassa do fitoplâncton (clorofila a) em 17 reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: BICUDO, C.E.M.; TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J.G. (Eds.). *Alga: energia do Amahã*. São Carlos: EDUSP, 1986. 119p.
- TAKINO, M. & MAIER, M.H. Ecologia do Rio Ribeira de Iguape: I Conteúdo iônico e Clorofila a. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.14, n.único, p.11-28, 1987.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate 1948. *The Geographical Review*. v.38, p.55-95, 1948.
- TOLEDO JUNIOR, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO; E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação e processo de eutrofização em lagos e de reservatórios tropicais. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, v.12, p.1-34, 1983.
- TUNDISI, J.G. Typology of reservoirs in Southern Brazil. *Verh International Verein Limnol*, v.21, p.1031-1039, 1981
- TUNDISI, J.G. A review of basis ecological factoris interactiong whit production and standing-stock of phytoplankton in lakes and reservoirs in Brazil. *Hydrobiologia*, v.100, p.223-243, 1983.
- TUNDISI, J.G. Estratificação hidráulica em reservatórios e suas consequências ecológicas. *Ciência e Cultura*, v.36, n.9, p.1498-1504, 1984.
- TUNDISI, J.G. Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In TUNDISI, J.G. (Ed.). *Limnologia e manejo de represas*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1988. v.1, T.1, p.1- 75.
- TUNDISI, J.G. Distribuição espacial, sequencial, temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia*, v.50, n.4, p937-955, 1990.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIURI, M.C.; NOVO, E.M.L. Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River. *Verh International Limnology*, v.4, p.1489-1496, 1991.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O.; HINO, K. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo. Eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. (Ed.). *Limnologia e manejo de represas*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1988. v.1, T.1, 506p.
- VIEIRA, M.S. *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*. 1996. 180p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ecologia Geral, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- VIEIRA, M.S. & ESTEVES, K.E. Limnology of a coastal clear-water of the Atlantic Rain Forest Southeast Brazil. Stuttgart: *Archiv für Hydrobiologie*, v.154, n.2, p.275-291, 2002.
- VIEIRA, M.S.; FERREIRA, J.R.; CASTRO, P.M.G.; ROCHA, A.A. Aspectos da química da água e do sedimento do reservatório de Ibitinga (São Paulo - Brasil - 21°45'S e 48°50'W). *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.28, n.1, p.77-91, 2002.
- WETZEL, R.A. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1981. 677p.
- WETZEL, R.A. *Limnological analyses*. 2.ed, New York: Springer-Verlag, 1991. 389p.
- WHITTON, B.A. *River Ecology*. Australia: Blackwell, 1975. 715p.

Recebido em 31/10/05
Aceito em 28/12/05