

Acta Limnol. Brasil.	Vol. IV	53-66	1992
----------------------	---------	-------	------

**VARIAÇÕES NICTEMERAIS E SAZONAIS DE ALGUNS  
FATORES LIMNOLÓGICOS NA REPRESA MUNICIPAL DE SÃO  
JOSÉ DO RIO PRETO, SÃO PAULO**

BOZELLI, R. L.\*; THOMAZ, S. M.\*\*; ROLAND, F.\*; ESTEVES, F. A.\*

**Resumo**

Para a realização da presente pesquisa, foram coletadas amostras de água bimestralmente, durante o período de um ano, em duas estações de amostragem da represa municipal de São José do Rio Preto (SP). Em cada período foram realizadas determinações da temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, durante um período de 24 horas, em intervalos de 2 horas. No mês de abril de 1986, determinaram-se também, as concentrações de nitrato, N-amoniaco, P-orto e P-dissolvido em cinco estações de amostragem. Os resultados sugerem que a reduzida profundidade da represa favorece a existência de estratificações térmicas pouco estáveis, embora no ponto de amostragem localizado nas proximidades da barragem tenham sido observada persistência da estratificação térmica durante um período de 24 horas, em quatro épocas distintas do ano. A distribuição vertical das concentrações do oxigênio dissolvido apresentaram relação direta com os perfis de temperatura e as maiores diferenças entre a superfície e o fundo foram constatadas no período da tarde-noite. Os valores do PH e da condutividade elétrica apresentaram pequena variação espaço-temporal, o que também evidencia a pequena estabilidade térmica da coluna d'água. Os resultados obtidos para os nutrientes dissolvidos evidenciaram que o canal que desagua na região central da represa, por carrear elevadas concentrações de nitrogênio e fosfato, constitui-se num potencial causador da eutrofização artificial deste ecossistema.

**Abstract - DIURNAL AND SEASONAL VARIATION OF SOME  
LIMNOLOGICAL FACTORS IN THE MUNICIPAL RESERVOIR OF  
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, SÃO PAULO, BRAZIL**

The municipal reservoir of São José do Rio Preto (SP) is located in the city center and serves the population both as a supply of drinking water and as an important recreational area.

This research was carried out in bimonthly samples over the course of a year. In each period, determinations of temperature, pH, electrical conductivity, and dissolved oxygen were made at different depths at two stations: one at greater depth near the dam, and one more distant from the dam and shallower. Determinations were made at 2h intervals over 24h in each sampling period.

The shallowness of the reservoir favors instability of thermal stratification. Stratification occurred during four sampling periods near the dam, but the water column remained thermally

---

\* UFRJ - Departamento de Ecologia

\*\* Universidade Estadual de Maringá/NUPÉLLA

more homogeneous at the distant station. Concentrations of dissolved oxygen were related to the temperature profiles, and the chief differences between the surface and the bottom layer occurred during the afternoon-night period, mainly in the months when more marked stratification occurred.

Values of pH and electrical conductivity showed little spatial or temporal variation, evidencing the lack of stability of the water column and that thermal destratification prevented the development of chemical stratification.

Analysis of seasonal variation suggests that changes in some of the factors considered here are closely related to precipitation.

### *Introdução*

O estudo limnológico de represas urbanas, como a represa municipal de São José do Rio Preto, apresenta grande importância do ponto de vista aplicado, pois tais reservatórios são utilizados de maneira múltipla pelas populações locais. Além disto, deve-se considerar que os resultados obtidos a partir de tais pesquisas aplicam-se também ao campo do conhecimento básico de ecossistemas aquáticos tropicais.

No Brasil, pode-se citar dentre as pesquisas voltadas para reservatórios urbanos, aquelas desenvolvidas por LINDMARK (1977), CRONBERG (1977), PINTO COELHO & GIANI (1985) e MATTOS et alii (1986) no lago Paranoá (Brasília), por GIANI et alii (1988) no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte) e por MATSUMURA-TUNDISI et alii (1986) na represa do Taquaral (Campinas).

Além de estudos que abordam as variações sazonais, torna-se também importante a análise das variações nictemerais, visto que, especialmente em ambientes rasos, estas podem sobrepujar as alterações que ocorrem ao longo de um ciclo anual (TALLING, 1957).

O presente estudo teve como principal objetivo, conhecer a dinâmica nictemeral e sazonal de alguns fatores limnológicos, tais como transparência, temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido da represa municipal de São José do Rio Preto. São apresentados também os resultados das concentrações de nitrato, N-amoniaco, P-orto e P-dissolvido obtidos em 5 estações de amostragem.

### *Área de estudo*

A represa municipal de São José do Rio Preto (20°48' latitude Sul e 49°22' longitude Oeste) está localizada na região central desta cidade e teve origem a partir do barramento do rio Preto, para o abastecimento de água da população (Figura 1). O rio Preto drena uma pequena área da região Norte-Occidental do Estado de São Paulo (BARCHA, 1980) onde a topografia é suave, o relevo é ondulado, relativamente uniforme com amplos e baixos espigões (ARID, 1967; ARID et alii, 1970 e BARCHA, 1973). Os solos são podzolizados das variedades Lins e Marília e Latosolo vermelho-escuro, Fase arenosa. A vegetação original é praticamente inexistente e quase se restringe a pequenas matas ciliares. No entanto, toda a região é revestida por culturas permanentes, anuais pastagens e em menor escala, de vegetação restituída (BARCHA, 1981).

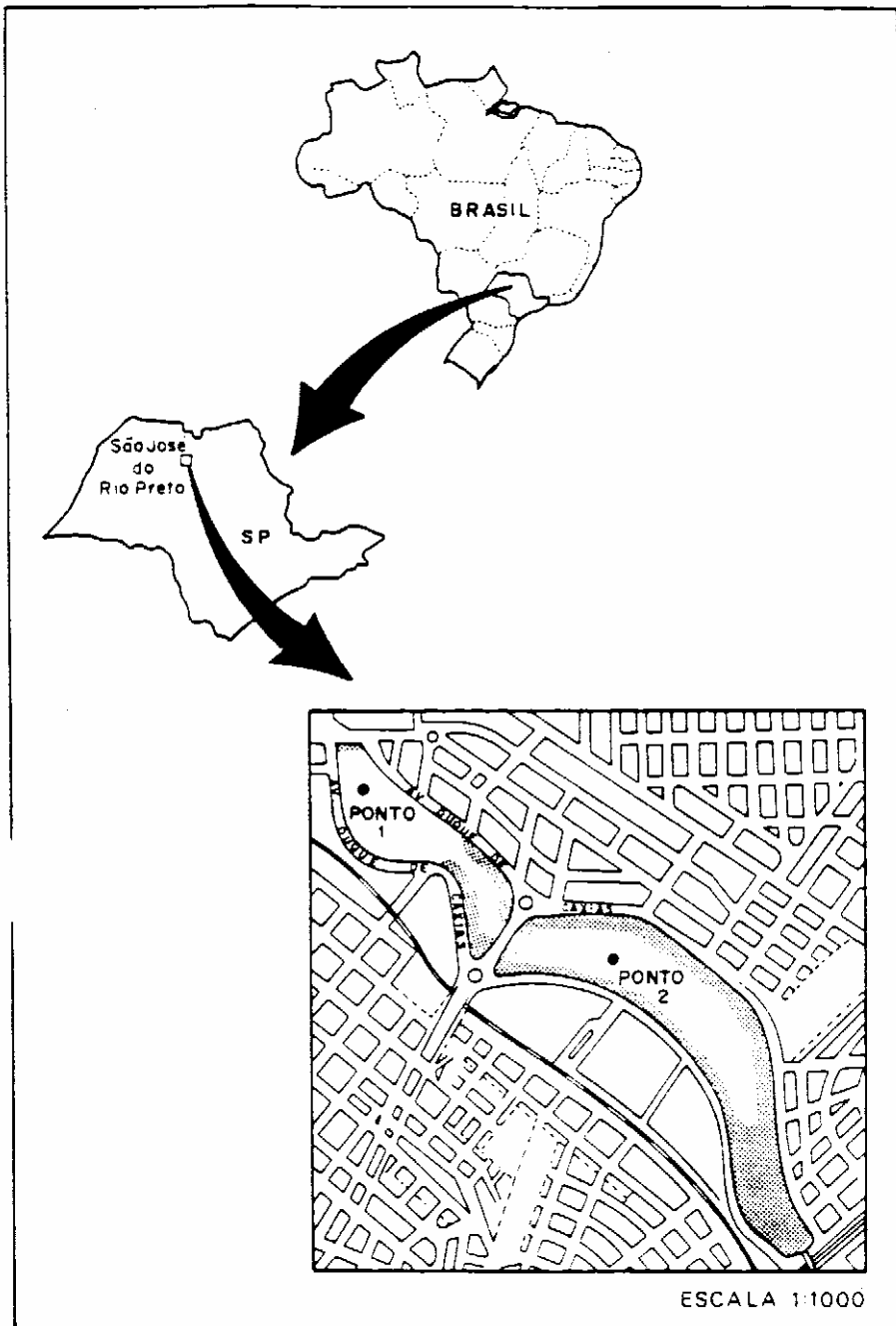


Figura 1 - Localização geográfica da represa e pontos de coletas. A área pontilhada representa macrófitas aquáticas.

A área da represa é de aproximadamente 0,25 km<sup>2</sup> com profundidade máxima de 2,5 m e comprimento de 2.000 m (Figura 1). Apresenta um estrangulamento em sua parte mediana, sendo que a parte distal da barragem, é coberta por grandes estandes de macrofitas aquáticas com dominância das espécies *Eichhornia azurea* e *Typha dominguensis*. São encontradas também *Salvinia* sp, *Myriophyllum* sp e *Eichhornia crassipes*.

Duas estações foram amostradas, sendo a estação I localizada nas profundidades da barragem (2,5 m de profundidade) e a estação II na parte distal da represa (1,5 m de profundidade).

### **Material e métodos**

As amostras foram coletadas bimestralmente entre dezembro/1985 e outubro/1986, em intervalos de duas horas, em 3 profundidades no ponto I e em 2 profundidades no ponto II. Para a análise da variação sazonal, calcularam-se os valores médios obtidos entre 12:00 e 14:00 hs., para cada estação de coleta.

Em cada ponto, mediu-se a temperatura da água a cada 20 cm, através de um termistor digital FAC 400 e a transparência com disco de Secchi. Em seguida, realizaram-se coletas com garrafa tipo Van Dorn, sendo que as amostras foram imediatamente levadas para a margem onde mediu-se o pH através de aparelho portátil Micronal B 278 e condutividade elétrica através de aparelho Metrohm-Herisau E 587. A concentração de oxigênio dissolvido foi obtida pelo método de Winkler, modificado por GOLTERMAN et alii (1978).

No mês de abril de 1986, determinaram-se as concentrações de nitrato (MACKERETH et alii, 1978), N-amoniacal (GRASHOFF, 1976) e P-orto e P-dissolvido (GOLTERMAN et alii, 1978).

### **Resultados**

Analisando-se os resultados obtidos para as variações nictemerais da temperatura, pode-se constatar, através da Figura 2, que nos meses de dezembro/85 e fevereiro, junho e outubro/86, a estação I permaneceu com gradientes térmicos superiores a 0,5°C entre a superfície e o fundo durante as 24 horas pesquisadas. Nos meses de abril e agosto/86, no entanto, observou-se mistura completa da coluna d'água durante o período da madrugada. Nesta estação de coleta, as maiores diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo foram observadas entre as 15 e 19 horas, sendo a máxima diferença (6,8°C) registrada às 17:30 hs em dezembro/85.

A estação II, por ser relativamente rasa (1,4 metros), apresentou perfis térmicos menos acentuados nas seis coletas realizadas, atingindo a isoterмия em pelo menos um período do dia, frequentemente durante a madrugada-manhã (Figura 2). Em fevereiro/86, a coluna d'água se manteve desestratificada durante as 24 horas de amostragem. A maior diferença de temperatura entre a superfície e o fundo foi constatada em dezembro/85, entre as 16 e 18 horas (3,9°C).

A Figura 3 apresenta de forma resumida, os períodos de estratificação térmica ou homeotermia da coluna d'água para as duas estações amostradas.

Os percentuais de oxigênio dissolvido oscilaram entre 15% de saturação, obtido às 24 horas na camada profunda em dezembro/85 na estação I e 106,6% de saturação, registrado às 23 hs

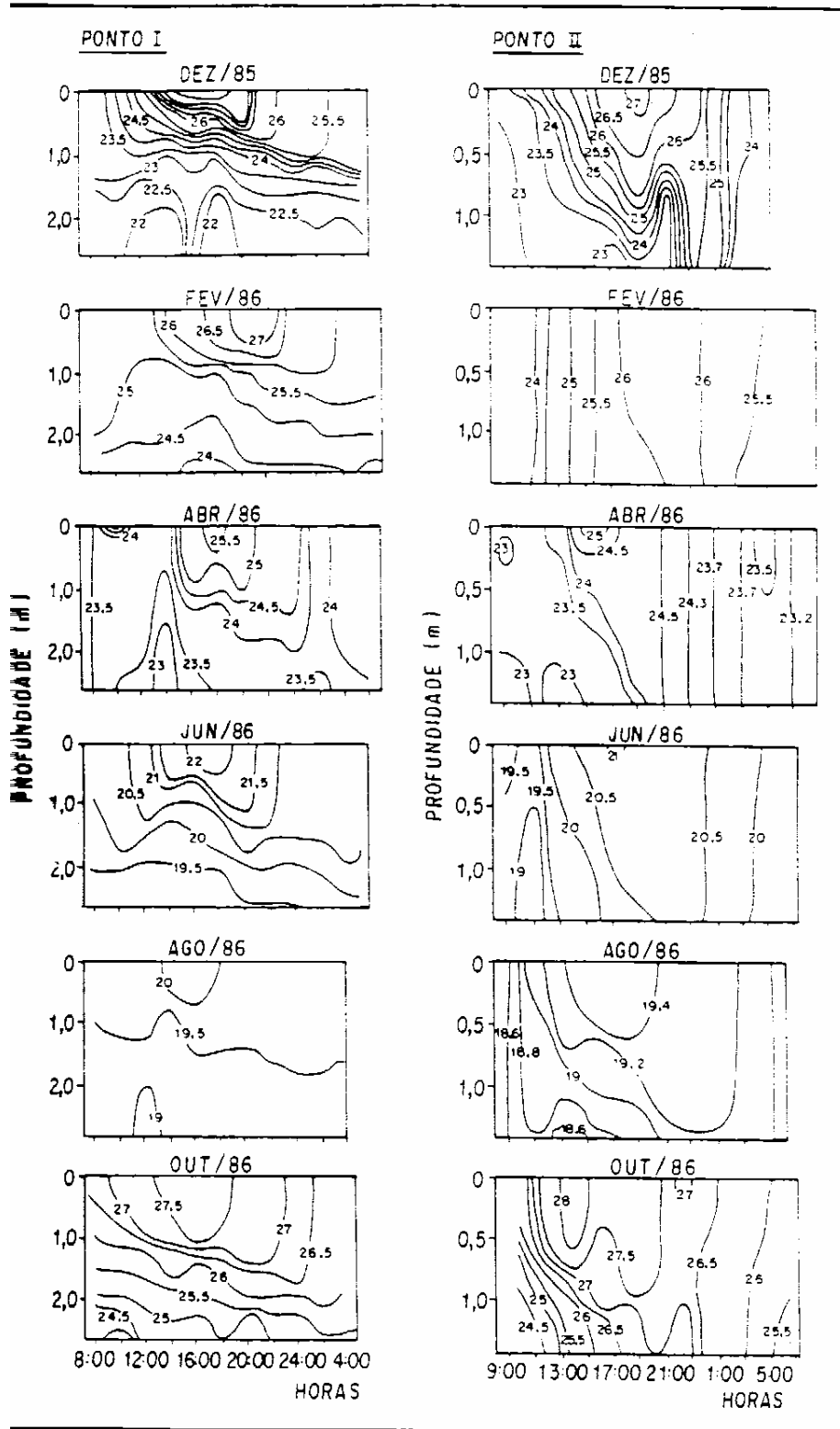


Figura 2 - Diagrama profundidade (m)- tempo da variação nictemeral da temperatura da água obtida em 2 pontos de amostragem durante 12 meses em intervalos bimestrais.

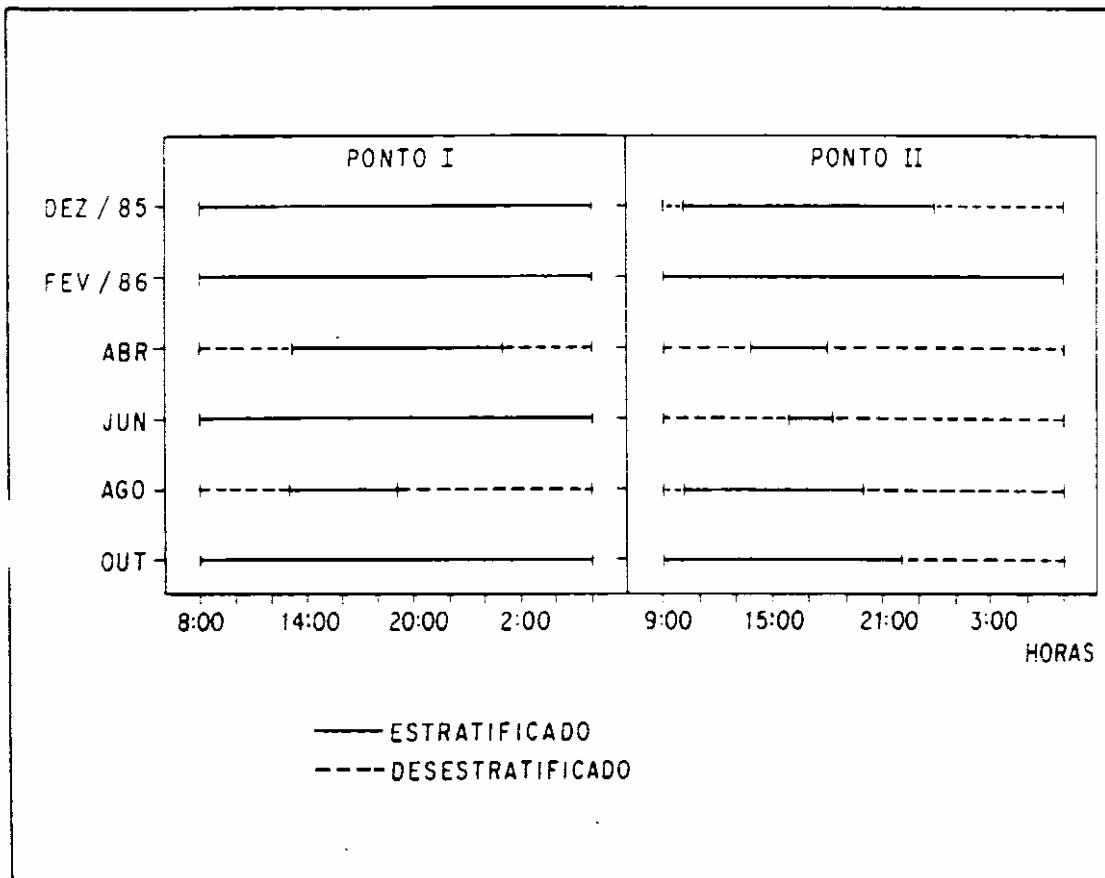


Figura 3 - Duração dos períodos de estratificação e desestratificação térmica da coluna d'água observados em 6 variações nictemerais em 2 pontos de amostragem, durante 12 meses em intervalos bimestrais.

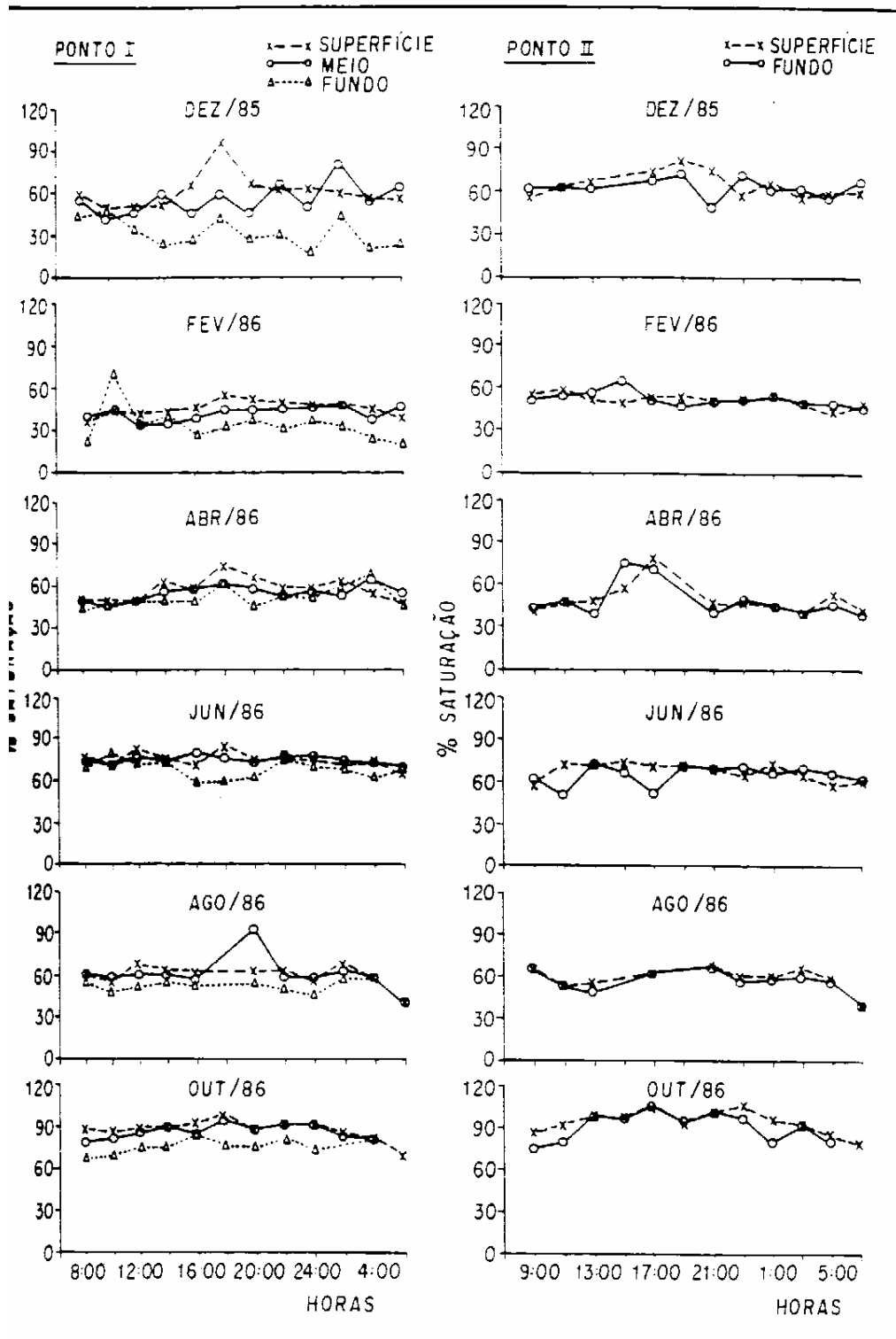


Figura 4 - Variação nictemeral dos percentuais de saturação de oxigênio dissolvido na coluna d'água em 2 pontos de amostragem, a diferentes profundidades, durante 12 meses em intervalos bimestrais.

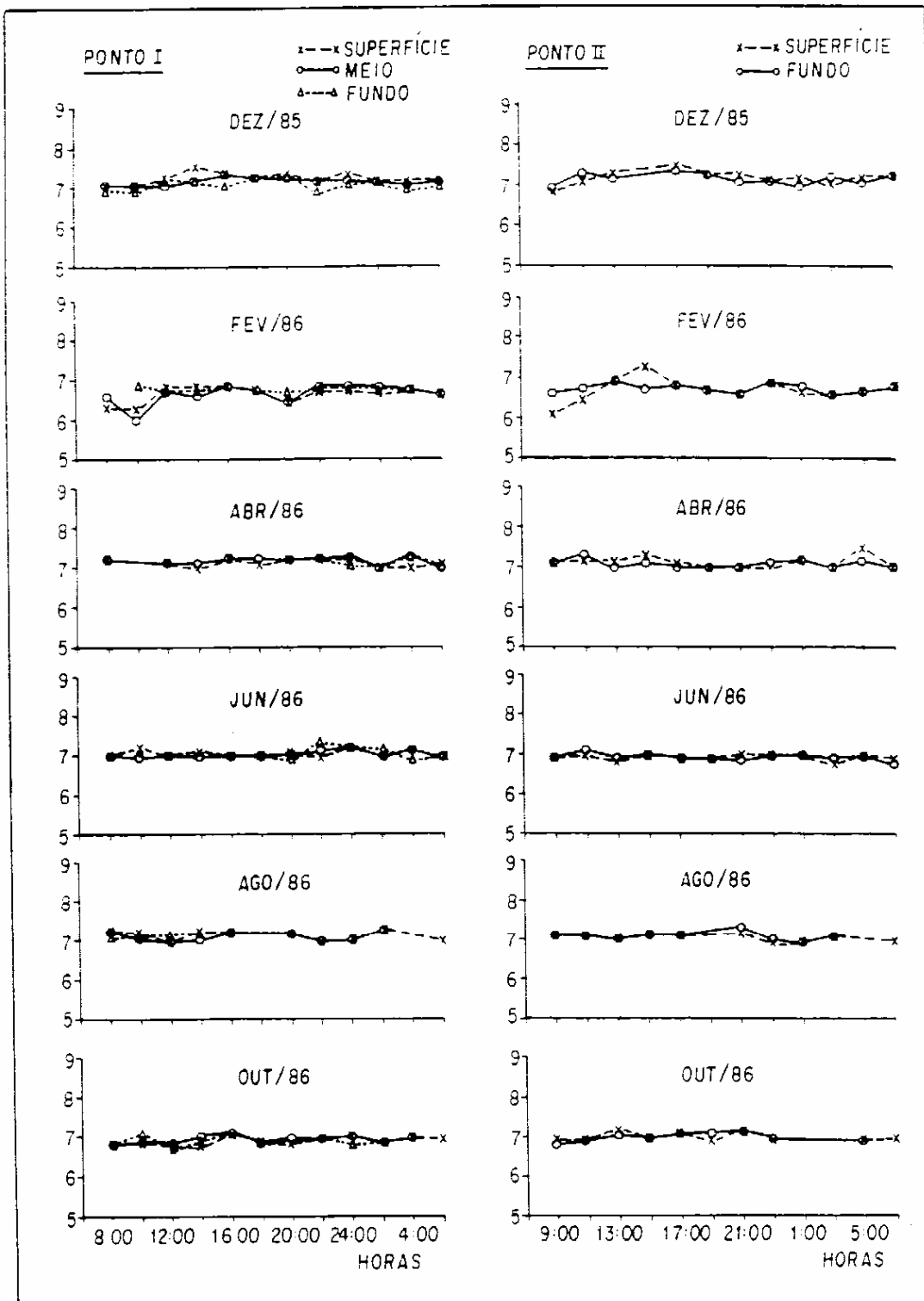


Figura 5 - Variação nictemeral do pH na coluna d'água em 2 pontos de amostragem, a diferentes profundidades, durante 12 meses em intervalos bimestrais.



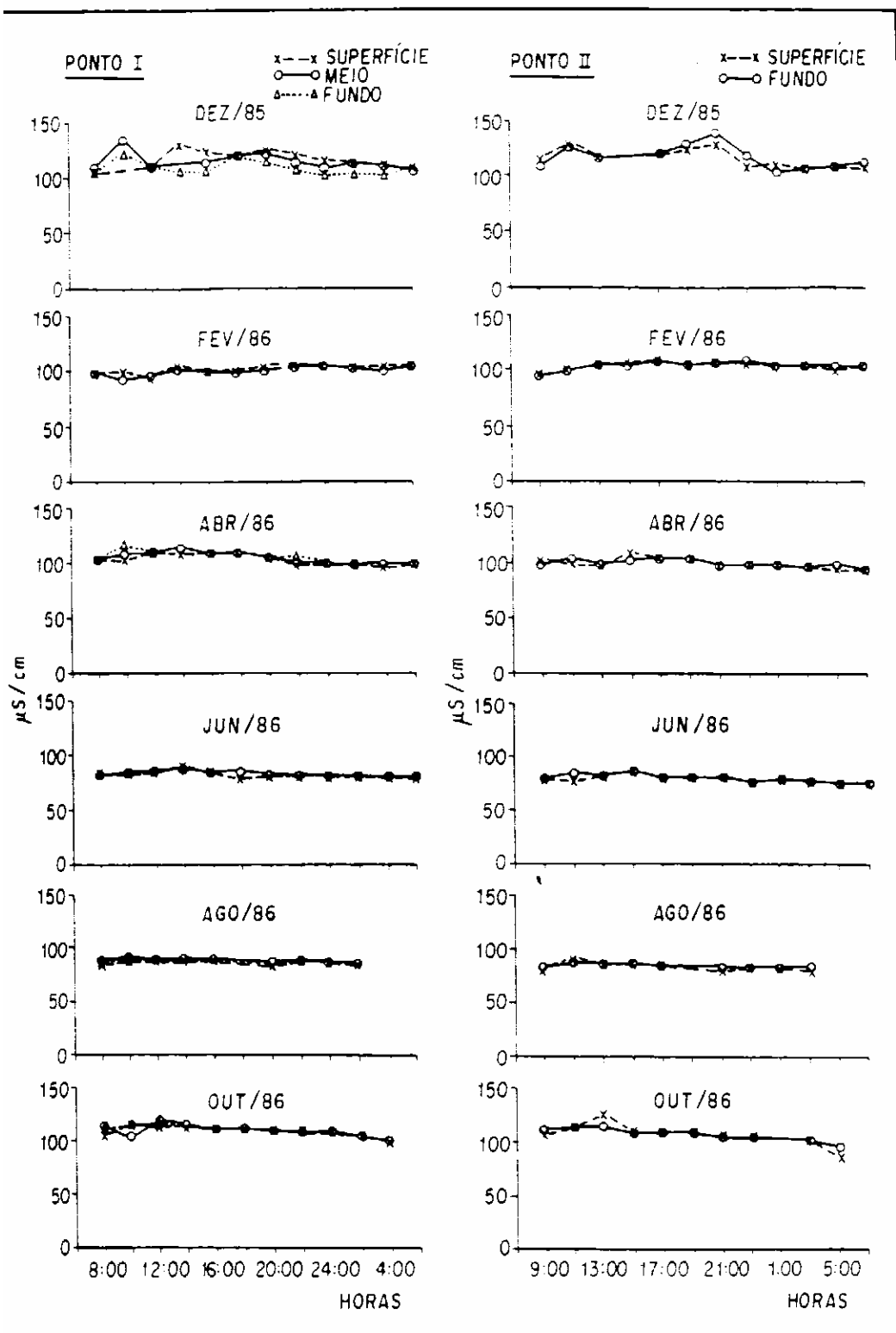


Figura 6 - Variação nictemeral da condutividade elétrica da água ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) em 2 pontos de amostragem, a diferentes profundidades, durante 12 meses em intervalos bimestrais.

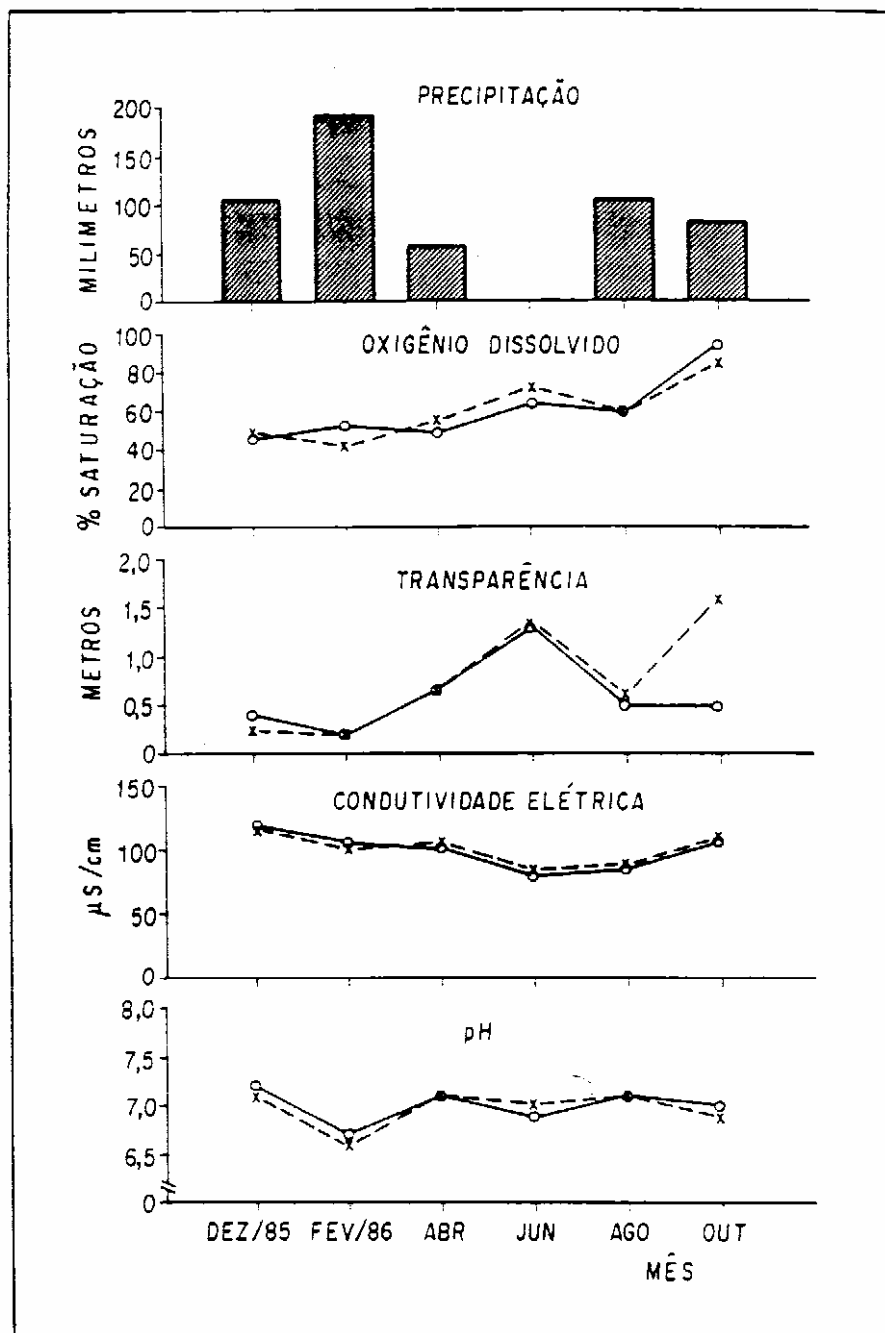


Figura 7 - Variação sazonal da precipitação pluviométrica (mm), oxigênio dissolvido (% Sat.), transparência (m), condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) e pH no ponto I (X) e ponto II (O).

na superfície da estação II em outubro de 1986 (Figura 4). As maiores diferenças entre os valores da camada superficial e profunda foram obtidos em dezembro/85 e em fevereiro e outubro/86 na estação I, não sendo constatado, no entanto, uma variação diária nitida para este fator.<sup>1</sup>

As variações diárias dos valores de pH, predominantemente na faixa neutra são apresentados na Figura 5. Esta variável também não apresentou variação nictemeral acentuada, visto que seus valores permaneceram relativamente constantes ao longo do dia.

**Tabela I-** Concentrações de alguns nutrientes em 5 estações de amostragem.  
Dados expressos em  $\mu\text{g/l}$ .

Nutriente	Estações			Rio	Canal
	1	2	3		
Nitrato	135	134	158	178	3.078
N-Amoniacal	45	24	10	77	36
P-Orto	6	4	7	7	32
P-Dissolvido	11	12	13	15	57

Os resultados obtidos para a condutividade elétrica da água variaram entre  $77 \text{ uS cm}^{-1}$ , obtida em junho/86 na estação II e  $140 \text{ uS cm}^{-1}$ , em dezembro/85 também na estação II (Figura 6).

Os maiores valores da precipitação, ocorridos em fevereiro/86, coincidiram com os menores resultados do oxigênio dissolvido, transparência da água e pH de ambas as estações amostradas (Figura 7). Contrariamente, a condutividade elétrica apresentou os menores valores durante o período que exibiu reduzidos níveis pluviométricos (abril e junho/86).

Considerando-se as concentrações dos nutrientes analisados, os resultados do N-amoniacal oscilaram entre  $10$  e  $77 \text{ ug l}^{-1}$ , de nitrato entre  $134$  e  $3.078 \text{ ug l}^{-1}$ , do P-orto entre  $4$  e  $32 \text{ ug l}^{-1}$  e do P-dissolvido entre  $11$  e  $57 \text{ ug l}^{-1}$ . Para as três últimas formas, as maiores concentrações foram obtidas na água do canal que desagua na região central da represa, como pode ser observado na Tabela I que expressa os resultados obtidos no mês de abril de 1986.

## Discussão

Segundo PAYNE (1986), diferenças de apenas  $0,5^{\circ}\text{C}$  entre a superfície e a parte inferior da coluna d'água, permitem que um corpo d'água em regiões tropicais apresente estratificação térmica relativamente estável, visto que as altas temperaturas observadas nestas regiões, fazem com que pequenas diferenças na temperatura da água correspondam a grandes diferenças na sua densidade. Embora em quatro dos seis ciclos estudados, a estação I tenha apresentado-se estratificada termicamente durante 24 horas, pode-se supor, que tal estratificação não seja duradoura. Tal constatação baseia-se no fato de que esta estação de amostragem apresenta pequena profundidade (2,4 metros), além do que foram obtidos valores semelhantes de

condutividade elétrica na superfície e na parte inferior da coluna d'água, e as altas concentrações de oxigênio dissolvido, próximo ao fundo.

Nos meses em que a represa apresentou-se estratificada, o resfriamento de superfície durante a madrugada, foi suficiente para promover a mistura da coluna d'água até profundidades que variaram de 1,4 a 2,0 metros.

Estratificações pouco estáveis são frequentemente observadas em represas rasas de regiões tropicais (MAIER et alii, 1983) e exercem pouca influência sobre a condutividade elétrica do hipolimnio (HENRY, 1977), visto que em decorrência da homogeneização freqüente da coluna d'água, ocorre distribuição dos íons acumulados naquela camada.

Dentre as variáveis analisadas, o oxigênio dissolvido foi aquela que mais se relacionou com os perfis de temperatura. Na estação I, as maiores diferenças entre a superfície e a camada inferior da coluna d'água ocorreram no período da tarde-noite, principalmente nos meses que apresentaram estratificação térmica mais evidente (maiores diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo). Nestes meses, embora tenham sido obtidos valores de concentração de oxigênio dissolvido semelhantes entre as camadas superficial e intermediária, os valores obtidos na parte inferior da coluna d'água, foram inferiores exceto, no período da manhã, quando os perfis térmicos tomaram-se menos pronunciados. Deve-se porém, ressaltar que embora tenham sido obtidos baixos valores de oxigênio nas camadas inferiores da coluna d'água (menores que 20% de saturação em dezembro/85 e fevereiro/86), em nenhum momento ocorreu anoxia, como foi constatado por ARCIFA (1986) em algumas represas que também apresentaram gradientes térmicos pouco estáveis.

Tanto nos meses de abril e agosto/86, quando ocorreu isoterмия da coluna d'água durante a madrugada, como em junho, quando a estratificação foi menos evidente, os valores de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas foram mais próximos aos das camadas superficiais.

Na estação II as diferenças as concentrações de oxigênio dissolvido entre a superfície e o fundo foram menos pronunciadas que na estação I. Este fato pode ser atribuído à pouca profundidade desta estação (1,4m), o que permite que a luz alcance as camadas inferiores da coluna d'água. Além disto, a maior freqüência de perfis isotérmicos nesta estação indica que o oxigênio é distribuído diariamente por toda a coluna d'água.

Os valores de pH e condutividade elétrica da água obtidos na superfície e na parte inferior da coluna d'água foram semelhantes, sendo que em ambas as estações não se distinguiu qualquer padrão de variação de valores destas variáveis ao longo de um ciclo nictemeral. As maiores diferenças entre as camadas superior e inferior da coluna d'água, foram observadas no mês de dezembro/85, mês este que apresentou o perfil térmico mais estável. Estes resultados confirmam a pouca estabilidade das estratificações térmicas que não permanecem tempo suficiente, de modo a promover a estratificação química.

A análise da variação sazonal dos fatores aqui considerados, sugere estreita relação entre os valores de disco de Secchi (transparência), condutividade elétrica e oxigênio dissolvido com a precipitação pluviométrica local, em ambos os pontos de coletas, uma vez que evidenciaram padrão semelhante ao longo do ano. Assim, os valores para a concentração de oxigênio dissolvido estiveram diretamente relacionada com os valores de transparência da coluna d'água e ambos inversamente relacionados com os níveis pluviométricos. Estes resultados vem de encontro àqueles obtidos no lago Paranoá e na represa da Pampulha por PINTO COELHO & GIANI (1985) e GIANI et alii (1988), respectivamente.

A importância da precipitação local para a dinâmica do ecossistema em questão, pode ser avaliada através dos resultados da condutividade elétrica da água, visto que este fator apresentou relação direta com os índices pluviométricos. Também os valores de pH podem ser relacionados à precipitação, visto que os menores foram constatados no mês de fevereiro quando ocorreram os maiores índices de precipitação pluviométrica. Portanto, através dos resultados obtidos, pôde-se constatar que a coluna d'água da represa municipal de São José do Rio Preto caracterizou-se, no período estudado, por possuir valores de pH aproximadamente neutros, valores reduzidos de transparência da coluna d'água e, em geral, altas concentrações de oxigênio dissolvido. Estes fatores apresentaram variação sazonal que pode ser atribuída basicamente à precipitação pluviométrica.

As duas estações amostradas diferenciaram-se principalmente quanto aos padrões de variação nictemeral de temperatura, visto que a estação I, por ser mais profunda, apresentou gradientes de temperatura mais estáveis e que perduraram por períodos superiores a 24 horas, enquanto a estação II, caracterizou-se por apresentar mistura diária da massa d'água.

Importante a ser ressaltado nesta pesquisa, é o fato de que o considerável aporte de nutrientes a partir do canal central, representa uma das principais causas do processo de eutrofização artificial, ao qual o ecossistema está submetido. Desta forma, o controle do aporte de nutrientes para a represa de São José do Rio Preto, especialmente aquele oriundo de seus tributários, constitui-se em uma tarefa prioritária, quando pretende-se manter a possibilidade de utilização múltipla deste ecossistema.

### ***Referências bibliográficas***

- ARCIFA, M.S. & FROELICH, C.G. (1986). Padrões de circulação vertical em dez reservatórios do Estado de São Paulo. *Ci. Cult.*, 38:684-693
- ARID, F.M. (1967). A formação Bauru na região Norte-Occidental do Estado de São Paulo. *Geociências* 1, FAc. FII. CI. Letr. de S.J. do Rio Preto, SP.
- ARID, F.M.; CASTRO, P.R.M.; BARCHA, S.F. (1970). Estudos hidrogeológicos no município de S.J. do Rio Preto, SP. *Bol. Soc. Bras. Geol.* 19:43-69.
- BARCHA, B.F. (1980). Aspectos geológicos e províncias hidrogeológicas da formação Bauru na região Norte-Occidental do Estado de São Paulo. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de S.J. do Rio Preto - UNESP. 209p. (Tese de Livre Docência).
- CRONBERG, G. (1977). The lago Paranoá restoration project: phytoplankton ecology and taxonomy. Brasília, DF, CAESB.
- FROELICH, C.G.; ARCIFA ZAGO, M.S.; JULIANO DE CARVALHO, M.A. (1978). Temperature and oxygen estratification in Americana Reservoir, State of São Paulo, Brasil. *Verch. Internat. Verein. Limnol.* 20:1710-1719.
- GIANI, A; PINTO COELHO, R.M.; DE OLIVEIRA, S.J.M.; PELLI, A. (1988). Ciclo sazonal de parâmetros físico-químicos da água e distribuição horizontal de nitrogênio e fósforo no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG, Brasil). *Ci. Cult.* 40:69-77.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAK, M.A.M. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. Oxford, Blackwell. (IBP número 8).

- GRASSHOFF, K.; ERHARDT, M.; KREMLING, K. (1983). (is) Methods of seawater analysis. 2. ed. WEINHEIM, Verlag Chemie, 419p.
- LINDMARK, G. (1977). The lago Paranoá restoration project bioassays field and laboratory experiments and phytoplankton productivity. Brasília, CAESB. (Final Report).
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. TALLING, J.F. (1978). Water analysis some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association, 1978. 120p. (Scientific Publication, 36).
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K.; ROCHA, O. (1986). Características limnológicas da lagoa do Taquaral (Campinas, SP) - um ambiente hipereutrófico. Ci. Cult. 383:410-425.
- MAIER, M.H.; TAKINO, M.; dos SANTOS, D.C. (1983). Circulação e estratificação diurnas na represa de Riacho Grande (Billings), SP - Brasil. In: Seminário Regional Ecologia, 3. Anais... São Carlos - SP. p. 67-78.
- MATTOS, A.P.; ALVES, V.R.E.; CAVALCANTE, C.G.B.; EVARISTO, S.M.S., COLARES, A.P. (1986). Contribuição ao Estudo limnológico do lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Acta. Limnol. Brasil. 1:129-154.
- PAYNE, A. I. (1986). The ecology of tropical lakes and rivers. Chichester. John Wiley & Sons, 301 p.
- PINTO COELHO, R.M.; GIANI, A. (1985). Variações sazonais do fitoplâncton e fatores físico-químicos da água no Reservatório do Paranoá, DF. Ci. Cult. 37:2000-2006.
- TALLING, J.F. (1957). Diurnal changes of stratification and photosynthesis in some tropical African waters. Proceeding of the Royal Society, B 147:57-83.

### *Endereços dos autores*

BOZELLI, R.L.; ROLAND, F.; ESTEVES, F.A.  
UFRJ - DEPTº ECOLOGIA - CCS - BLOCO A  
CIDADE UNIVERSITÁRIA - I. FUNDÃO  
21941 - RIO DE JANEIRO - RJ. BRASIL  
THOMAZ, S.M.  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ/NUPELIA  
AV. COLOMBO 3690, MARINGÁ, PR  
87020.