

Acta Limnol. Brasl.).	Vol. II	199-218	1988
-----------------------	---------	---------	------

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS, EM UM PERÍODO DE 24 HORAS, NO LAGO PARANOÃ, BRASÍLIA-DF, BRASIL**

**ALVES, V.R.E.\*; CAVALCANTI, C.G.B.\* e MATTOS, S.P.\***

**RESUMO**

O Lago Paranoã, situado na região urbana de Brasília, DF, vem desde a época do seu enchimento (1959), sofrendo um processo crescente de degradação das características físicas, químicas e biológicas de suas águas, enquadrando-se na categoria de lag. eutrófico. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de verificar as variações diurnas dos fatores bióticos e abióticos, visando o entendimento do comportamento destes parâmetros limnológicos básicos. Analisou-se um perfil de amostragem de 1 a 25 metros na área mais profunda do Lago Paranoã, no início da estação chuvosa (outubro de 1985). Quanto aos valores dos parâmetros analisados durante as 24 horas, observou-se que estes responderam ao processo de estratificação térmica, com um gradiente vertical definido. A temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, fitoplâncton e zooplâncton apresentaram valores máximos na camada superior, decrescendo com a profun-

---

\* CAESB - DRTA

didade durante o período estudado. Comportamento inverso, isto é, menores concentrações no epilímnio e maiores no hipolímnio, foram constatados para gás carbônico, alcalinidade, condutividade e amônia. Os dados analisados mostraram que a noite, no epilímnio, ocorreu um aumento na temperatura da água e nas concentrações de fitoplâncton e zooplâncton. Vale ressaltar que a diferença da temperatura da água no perfil estudado, tanto para o dia como para a noite, foi cerca de 5°C. Também as concentrações de amônia, de um modo geral, foram maiores no período noturno e mostraram-se mais elevadas no hipolímnio. Com relação aos valores do fósforo-total e nitrato, constatou-se que estes não sustentaram um padrão de estratificação bem definido, assim como não foram observadas variações significativas nas suas concentrações durante o período estudado. Deste modo, ficou evidenciado que não houve quebra da estratificação térmica e que, conseqüentemente, as concentrações dos nutrientes analisados, do fitoplâncton e do zooplâncton, não sofreram um processo de redistribuição na coluna d'água.

**ABSTRACT - COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS OVER A 24-HOUR PERIOD IN LAKE PARANOÁ, BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL, BRAZIL**

Lake Paranoá, located in the urban area of Brasília, DF, has suffered an increasing degradation of the physical, chemical and biological characteristics of its waters since the formation of the lake in 1959, now being considered eutrophic. The main objective of this work was to examine the diurnal variation of biotic and abiotic limnological parameters. We sampled a 25 m profile in the deepest part of the lake, during 24 h in October 1985 (beginning of the rainy season). The parameters studied showed a well defined vertical gradient linked to the thermal stratification. Water temperature dissolved oxygen, pH,

phytoplankton and zooplankton had highest values in the surface layers, decreasing with depth. On the other hand, carbon dioxide, alkalinity, conductivity and ammonia had lower values in the epilimnion than in the hypolimnion. In the epilimnion, at night, the water temperature, as well as the concentrations of phytoplankton and zooplankton increased. Water temperature on the profile, varied by approximately 5 degrees Celsius during day and night. Ammonia concentrations were higher at night, and in the hypolimnion. Total phosphorus and nitrate did not show a well defined stratification, nor did they vary significantly between day and night. The study showed that no break in the thermal stratification, and, therefore, the concentrations of nutrients analyzed, of phytoplankton, and of zooplankton, were not redistributed in the water column.

## INTRODUÇÃO

O Lago Paranoá, situado à jusante da cidade de Brasília, foi formado artificialmente em 1959, com os principais objetivos de melhoria de microclima, paisagismo, recreação e geração de energia, vem desde a época do seu enchimento, recebendo um aporte contínuo de nutrientes decorrente dos lançamentos de esgotos sanitários brutos e/ou tratados provenientes principalmente das Estações de Tratamento Norte e Sul, detritos de toda natureza que são carreados pelos seus tributários e do escoamento superficial urbano.

Teores excessivos de nutrientes, essencialmente fósforo e nitrogênio, incrementam as populações planctônicas, conferindo a este ecossistema lacustre um elevado nível de eutrofização, dominado por uma alga verde-azul (*Anabaenopsis raciborskii*), além de apresentar florações esporádicas da espécie *Microcystis aeruginosa* (CORDEIRO NETTO & DUTRA Fº, 1981; MATTOS et al., 1986).

Desde 1976, o corpo técnico da Seção de Estudos

de Poluição Hídrica/DCOQ, vem realizando o monitoramento limnológico do Lago Paranoá, obtendo informações tanto de caráter quantitativo como qualitativo de suas águas e estabelecendo diretrizes necessárias à recuperação e preservação do mesmo.

GANF & VINER (1973), consideram que em lagos rasos de regiões equatoriais e tropicais, variações diurnas de fatores ecológicos podem ser mais importantes do que as variações estacionais, apresentando a ocorrência de estratificação, seguida de um resfriamento noturno, causando a quebra das termoclinas e provocando, desta maneira, uma mistura completa ou parcial da massa d'água. Estas flutuações são responsáveis pela redistribuição dos nutrientes, do fitoplâncton e zooplâncton, no epilímnio ou em toda coluna d'água (TUNDISI et al., 1978).

Estudos anteriores evidenciaram que o Lago Paranoá, em sua área central, mostrou uma tendência à estabilidade na época chuvosa (outubro a março), e circulação na época de estiagem (abril a setembro), distinguindo-se 3 camadas ao longo da coluna d'água ou sejam: epilimínio (0 a 5 metros), metalimínio (5 a 20 metros) e hipolimínio (abaixo de 20 metros de profundidade) (MATTOS et al., 1986).

O presente trabalho tem como objetivo maior analisar as variações diurnas de fatores ecológicos que possibilitam uma descrição do comportamento deste corpo d'água em um curto período de tempo (24 horas), visto que, variações térmicas desta natureza podem afetar sobremaneira as variações de parâmetros físico-químicos e da produtividade primária (BARBOSA, 1981; BARBOSA & TUNDISI, 1980).

## ÁREA DE ESTUDO

O Lago Paranoá, localiza-se a leste de Brasília, Distrito Federal, nas coordenadas  $15^{\circ}48'S$  e  $47^{\circ}47'W$ , com nível médio de água à cota 1000 m (CAESB/CNEC, 1978). Sua área

é de aproximadamente  $40 \text{ km}^2$  e possui um volume de acumulação da ordem de  $560 \text{ km}^3$ , a profundidade média é cerca de 14,3 metros, e máxima de 38,0 metros (CORDEIRO NETTO & DUTRA F9, 1981), com tempo de retenção de mais ou menos 18 meses.

Formado pelo represamento do Rio Paranoá, o Lago tem como principais afluentes: o Córrego do Bananal e Ribeirão do Torto, ao norte e o Ribeirão do Gama, Ribeirão Cabeça de Veado e o Riacho Fundo, ao sul.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é tropical chuvoso.

O local escolhido para a coleta situa-se na região central do Lago Paranoá, distando 500 metros das margens e 3,2 km da usina do Lago Paranoá (Fig. 1). A tomada d'água, naquela usina, está localizada na profundidade média de 13,7 m, possuindo uma tubulação com diâmetro de 3 metros (CEB, 1965).

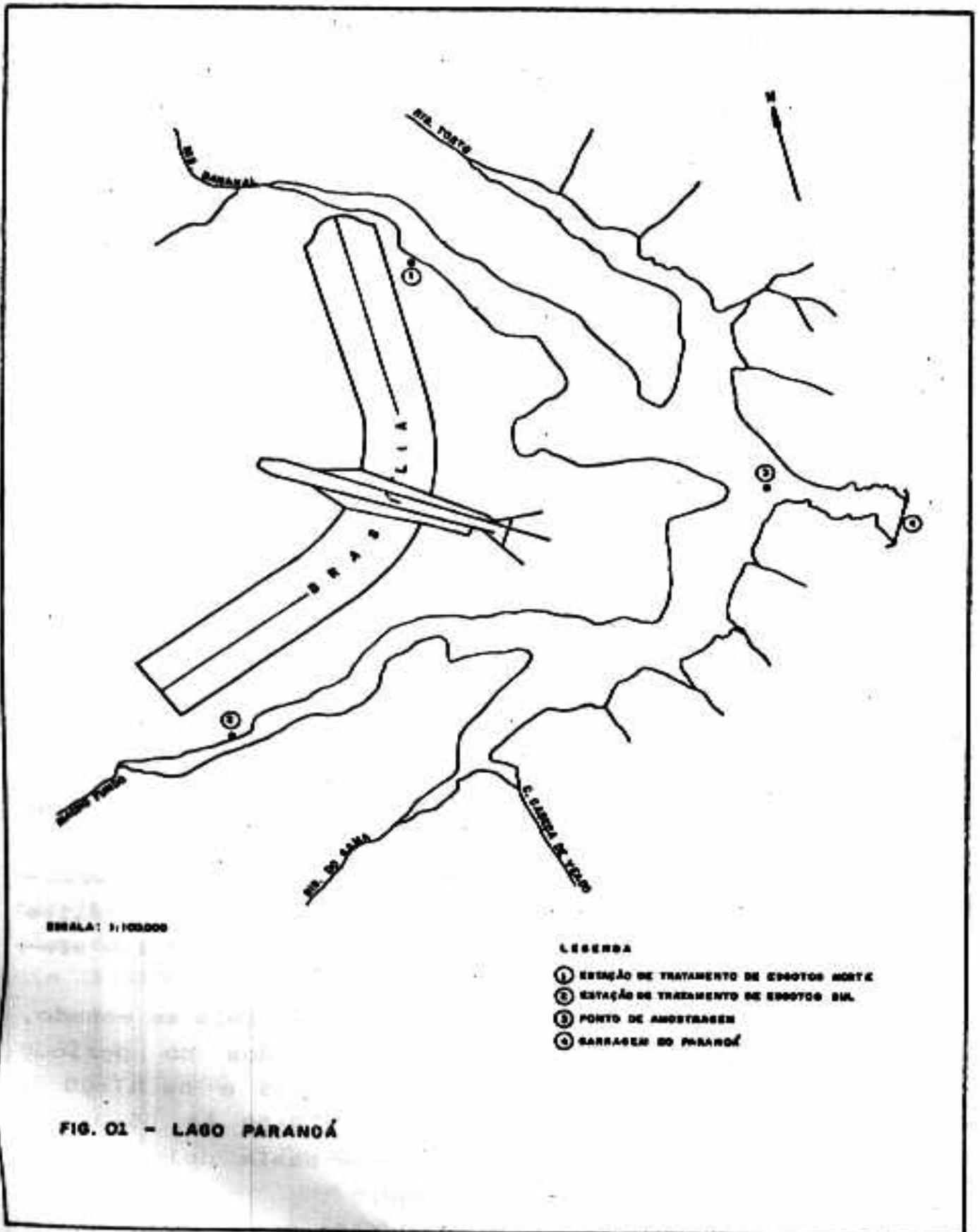
## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no início do período chuvoso (09/10/85 a 10/10/85), com amostras tomadas a 01, 03, 05, 10, 15, 20 e 25 metros de profundidade, iniciando-se às 09:00 horas, com intervalos de 2 horas entre cada bateria de coleta.

Foram determinadas "in loco" as seguintes variáveis: temperatura do ar, da água e transparência. A análise do restante dos parâmetros biológicos e químicos foram efetuadas em laboratório.

Para se comparar as diversas variáveis em estudo, optou-se pela média dos resultados encontrados no período diurno (09:00 às 17:00 horas do dia 09/10/85 e de 07:00 às 09:00 horas do dia 10/10/85) e noturno (19:00 às 05:00 horas dos dias 09 e 10/10/85), obtendo-se assim dois valores (dia e noite) para cada profundidade.

A temperatura do ar foi medida com termômetro com



ESCALA: 1:100.000

LEGENDA

- ① EST. TRATAMENTO DE ESGOTOS NORTE
- ② EST. TRATAMENTO DE ESGOTOS SUL
- ③ PONTO DE AMOSTRAGEM
- ④ BARRAGEM DO PARANOÁ

FIG. 01 - LAGO PARANOÁ

escala de 0 a 32°C. Para se medir a temperatura da água utilizou-se um termômetro acoplado à garrafa de Ruttner, com escala calibrada de 12 a 32°C. A transparência da água foi estimada usando-se o disco de Secchi de 30 cm de diâmetro, totalmente branco. As leituras de pH e condutividade elétrica da água foram feitas com pHmetro digital B-222 (Micronal) e Konduktometer E-527 (Metrohm Herisaul), respectivamente. A alcalinidade total foi determinada pelo método proposto por GOLTERMAN et al. (1978). Para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido, empregou-se o método de Winkler modificado por ALSTERBERG (1925). O dióxido de carbono foi obtido a partir do diagrama de Showing, relacionando-se pH com alcalinidade total. O fósforo total teve sua concentração determinada através do método de Murphy e Riley, modificado por STEPHENS (1963). Empregou-se para quantificar o nitrogênio amoniacal a nesslerização direta (APHA, 1960). Para estimar a concentração de nitrogênio de nitrato na água, utilizou-se o método do ácido fenoldissulfônico (APHA, 1980). O material para exame quantitativo de zooplâncton e fitoplâncton foi coletado com garrafa de Ruttner às profundidades estabelecidas. O método utilizado para a contagem dos mesmos, baseou-se no uso de câmaras de sedimentação, associadas ao microscópio invertido, proposto por UTERMÖHL (1958).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab. 1 mostra os valores obtidos para temperatura do ar nos horários de coleta, com máxima de 31°C, às 11:00 horas (09/10/85) e mínima de 19,5°C, às 07:00 horas (10/10/85). Observou-se uma amplitude térmica relativamente alta, 11,5°C. Este aquecimento intenso nas camadas superficiais, associado à profundidade do Lago, no ponto estudado, pode supor um efeito permanente durante às 24 horas, não permitindo a ação do resfriamento noturno (SILVA, 1980).

A altura de chuva (Tab. 1), durante o período estudado foi de 22 mm (Divisão de Hidrologia/CAESB).

Tabela 1 - Valores de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), nos horários de coleta, e altura média de chuva (m.m) nos dias 09 e 10/10/85.

HORAS	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	9:00	m.m de CHUVA
T. AR ( $^{\circ}\text{C}$ )	25,5	31,0	28,5	-	22,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,5	21,0	22

A Fig. 2 ilustra a variação da transparência da água, durante as horas de luz, tomada pelo disco de Secchi. Os valores mínimos e máximos foram de 0,30 metros, às 09:00 horas do dia 09/10 e 0,60 metros, às 09:00 horas do dia 10/10. TOLEDO (1986) observou que a transparência do Lago é inversamente correlacionada com a concentração de clorofila no epilânio, indicando que o fitoplâncton é o principal componente na atenuação vertical da luz.

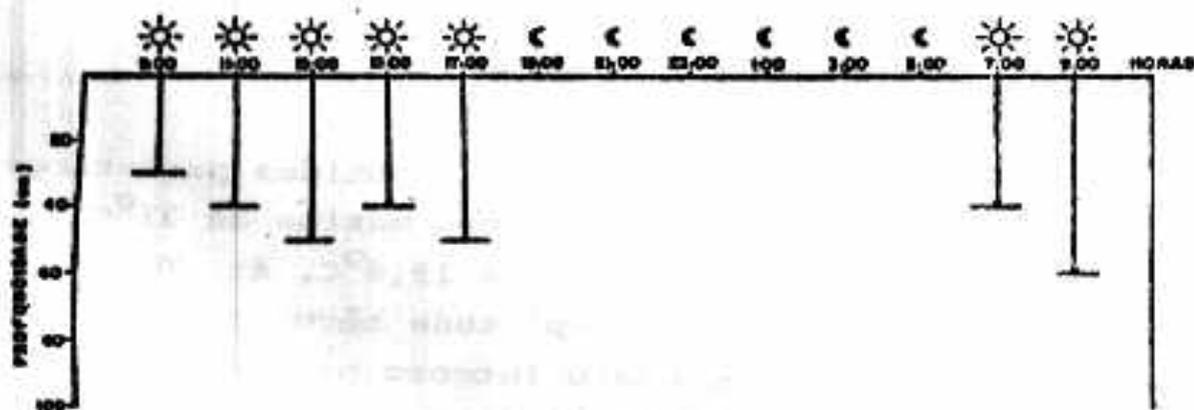
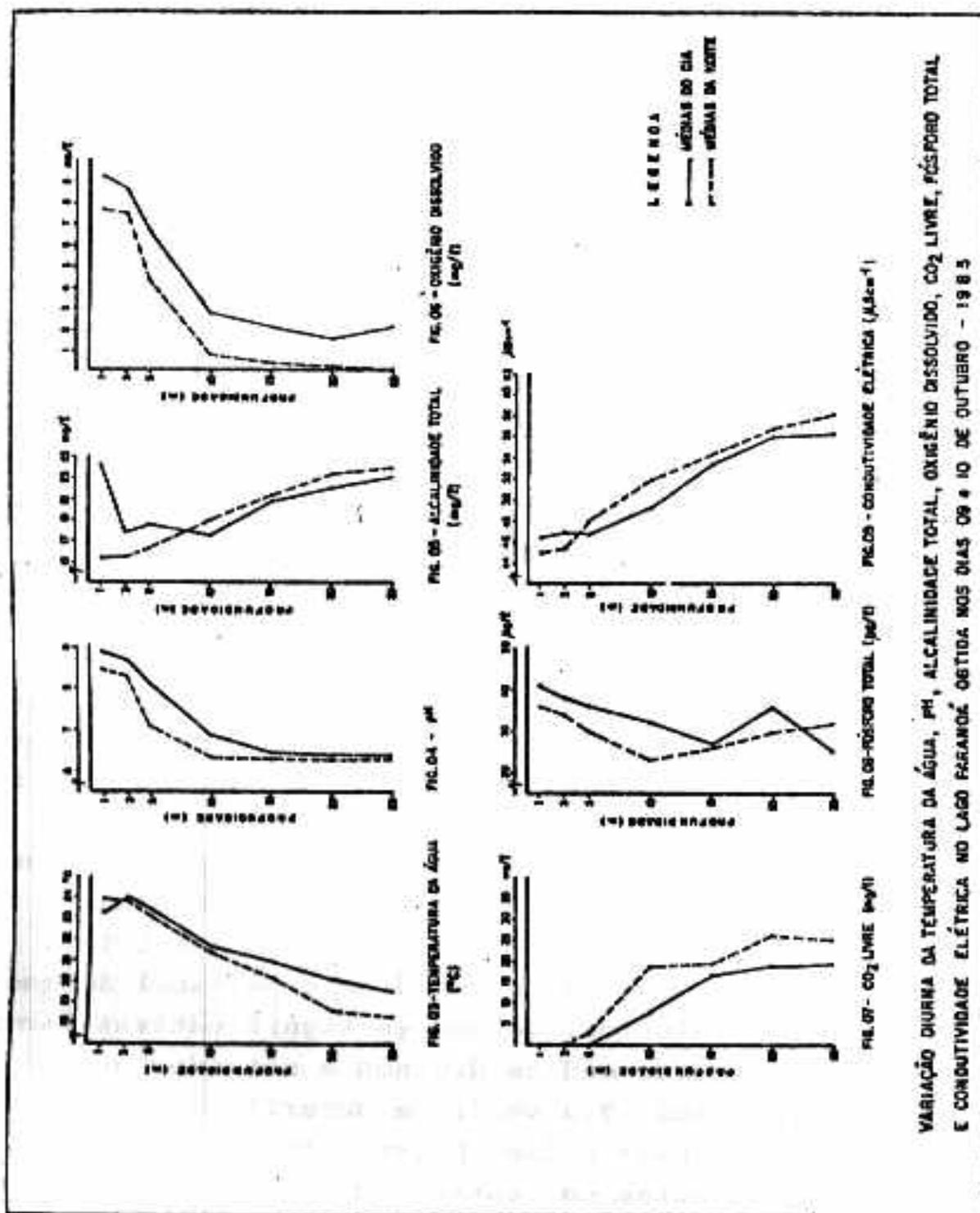


Figura 2 - Representação gráfica da transparência da água (cm).

No ecossistema estudado, verificou-se uma tendência de estratificação térmica durante a variação diurna. Os valores obtidos para a temperatura da água no período luminoso variaram de uma máxima de  $24^{\circ}\text{C}$ , nas camadas superiores, e mínima de  $19,5^{\circ}\text{C}$ , a 25 metros de profundidade; a noite registrou-se uma máxima de  $23,9^{\circ}\text{C}$  a 1 metro, e mínima de  $18,3^{\circ}\text{C}$  a 25 metros de profundidade (Fig. 3). Vale ressaltar que a temperatura da água foi tomada a partir de 1 metro de profundidade, não levando em consideração a temperatura superficial.

As diferenças de temperatura entre 1 e 25 metros, nos dois turnos, foi cerca de  $5^{\circ}\text{C}$ . Esta estabilidade térmica provocou mudanças na densidade da massa d'água impedindo o fluxo de nutrientes do hipolímnio para o epilímnio, assim como a sedimentação de detritos orgânicos. Como houve um gradiente térmico marcante, acompanhado de uma estabilidade química, a reciclagem dos nutrientes no epilímnio ficou comprometida, podendo-se supor que a manutenção deste se deva a grande contribuição alóctone proveniente das Estações Norte e Sul de Tratamento de Esgotos (vazão média  $0,96 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $81,6 \text{ ton de P/ano}$ ) (CORDEIRO NETTO & DUTRA FV, 1981). O aporte contínuo de material orgânico forneceria, durante a fase de estagnação, nutrientes necessários para a sustentação do epilímnio, e particularmente às populações planctônicas, até o período de circulação total do Lago Paranoá (junho/julho), onde observou-se a distribuição dos nutrientes em todas as profundidades (MATTOS et al., 1986).

Os valores absolutos de oxigênio dissolvido, durante as 24 horas, seguiram um gradiente vertical de concentração bem característico. Variações significativas foram notadas entre os valores médios diurnos e noturnos no perfil, com teores mais altos ( $9,3 \text{ mg/l}$ ) na superfície e mais baixos ( $1,6 \text{ mg/l}$ ) a 20 m, para o dia. Entretanto, à noite, observou-se uma queda nestas concentrações em todas as profundidades com o hipolímnio próximo à anoxia (Fig. 6). Este perfil, do tipo clinogrado, pode ser explicado a partir da al-



ta taxa fotossintética na zona eufótica durante o dia, e à noite, pelo elevado consumo de oxigênio das comunidades que aí coabitam.

Observando-se a Fig. 4, constatou-se que os valores de pH oscilaram de alcalino no epilímnio, com máximos do dia de 8,91 e da noite, 8,49, a ligeiramente ácido no restante do perfil, com valores mínimos no período diurno e no turno de 6,39 e 6,29, respectivamente. No epilímnio, os altos valores encontrados de pH, podem ser justificados através do processo fotossintético, o qual colabora para a retirada de  $\text{CO}_2$  da água, afetando deste modo, um dos principais sistemas controladores do pH.

A alcalinidade total, apesar do pico verificado a 1 metro de profundidade durante o dia (Fig. 5), apresentou uma amplitude de variação entre as camadas de água, sendo que, de um modo geral, os valores encontrados são mais baixos nas camadas superficiais aumentando com a profundidade. À noite, observou-se uma diminuição acentuada dos valores no epilímnio, com sensível aumento no hipolímnio. A presença de um padrão consistente para a alcalinidade seria mais uma evidência para indicar que a estratificação foi estável no perfil considerado.

Quanto à condutividade elétrica, notou-se que os valores deste parâmetro variaram significativamente da superfície para o fundo, mas não se observou uma diferença considerável entre o dia e a noite, com mínima diurna de 46,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 1 m e máxima de 56,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 25 m; à noite com mínima de 45  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e máxima de 58,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 1 e 25 metros, respectivamente (Fig. 9). Este gradiente vertical de concentração definido pode ser explicado por um acúmulo de ions em maiores profundidades, devido à condições redutoras aí presentes.

Os valores encontrados para condutividade elétrica nesta estação de coleta são baixos, se comparados a outros lagos tropicais (TUNDISI, 1981).

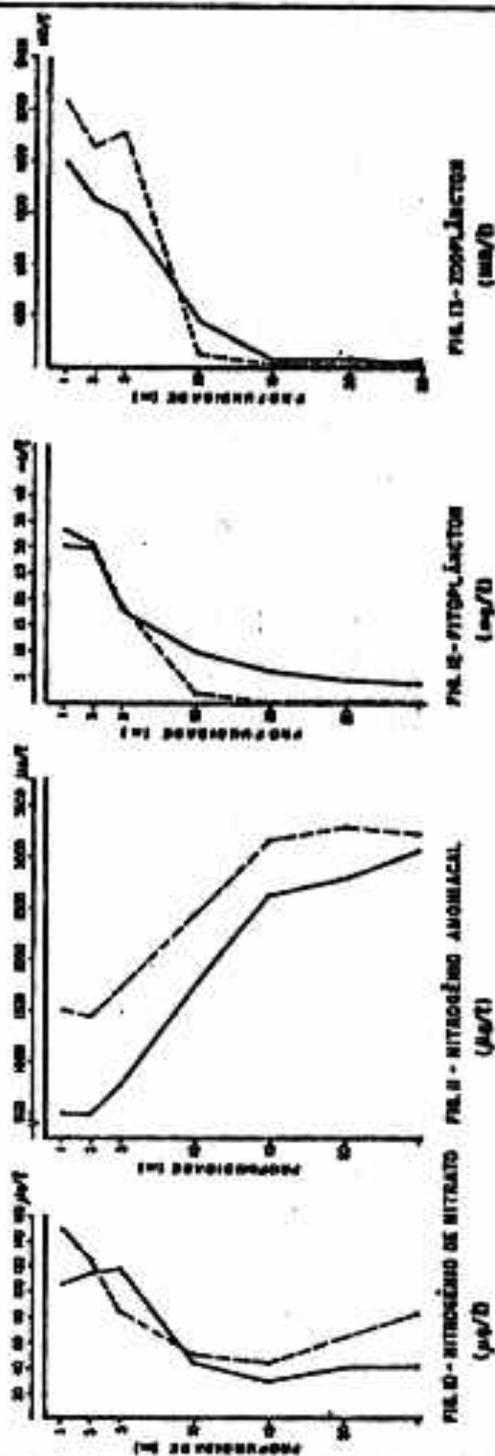
A distribuição de  $\text{CO}_2$  na massa d'água é exatamente

oposta a do oxigênio, uma vez que o gradiente de ambos é estabelecido por uma mesma ação biológica. Este parâmetro, representado pela Fig. 7, mostrou concentrações próximas de zero no epilímnio, e um acúmulo nas camadas inferiores, com sensível aumento à noite. No epilímnio, a ausência de  $\text{CO}_2$  foi causada quase que exclusivamente pela atividade fotossintética; nas camadas mais profundas, sua presença foi devido, principalmente, às atividades bacterianas e a alta taxa de decomposição do material alóctone e autóctone aí imobilizados pela falta de circulação (TUNDISI et al., 1978).

Analisando-se a distribuição vertical do P-total (Fig. 8), constatou-se mudanças pouco evidentes nos seus valores da superfície para o fundo, assim como entre o dia e a noite. Deste modo, o P-total, apesar de ser considerado o fator limitante ao crescimento algal do lago Paranoá (LINDMARK, 1977), foi o parâmetro menos significativo para demonstrar o comportamento diurno (24 horas) do Lago em questão.

Os resultados encontrados para o nitrogênio de nitrato são mostrados na Fig. 10. De um modo geral, esta variável apresentou teores mais elevados na superfície, decrescendo com o aumento da profundidade. Foram também observadas diferenças entre os períodos diurno e noturno. As concentrações no perfil durante a noite (151 a 84  $\mu\text{g/l}$ ) mostraram-se mais elevadas do que as do período diurno (107 a 43  $\mu\text{g/l}$ ). Este gradiente vertical pode ser explicado devido à intensa oxigenação, permitindo a oxidação da amônia para nitrato nas camadas superiores, e conseqüentemente, diminuição do processo de nitrificação nas camadas inferiores.

O nitrogênio amoniacal mostrou uma grande relação com o processo de estratificação durante a variação diurna, com elevadas concentrações típicas de ambientes eutróficos. A Fig. 11 revelou um gradiente vertical de distribuição bem definido, com valores crescentes da superfície para o fundo. Nas camadas superficiais este fato pode ser explicado pelo aumento no teor de oxigênio, fornecido pela atividade fotossintética, favorecendo a oxidação da amônia. Já nos es-



LEGENDA

— MÉDIA DO DIA

- - - MÉDIA DE NOITE

VARIÇÃO DIURNA DE NITROGÊNIO DE NITRATO, N. ANOMAL, FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON NO LAGO PARANOÁ  
OSTIDA NO DIA 09 + 10 DE OUTUBRO - 1966

tratos mais profundos, tendendo à anoxia, este processo não ocorreria. Segundo BRANCO (1984), a nitrificação pode ser inibida em condições onde a concentração de oxigênio é menor que 2 mg/l e o pH abaixo de 7, o que justificaria as altas taxas desta variável encontradas nas camadas inferiores. Durante a noite foi observado um incremento nos teores de nitrogênio amoniacal, de 196% no epilímnio e de 5% no hipolímnio.

A Fig. 12 ilustra a densidade de fitoplâncton nas diversas profundidades. Os valores da biomassa neste ponto pertencem a uma única espécie de alga verde-azul filamentosa, *Anabaenopsis raciborskii* (CRONBERG, 1977).

Pelo gráfico apresentado, observou-se que a composição algal seguiu um padrão de estratificação marcante, com valores decrescendo da superfície para o fundo, com máximo durante o dia, de 30,3 mg/l, e mínimo de 4,3 mg/l; à noite com máximo de 33,7 mg/l e mínimo de 0,2 mg/l. A maior disponibilidade de nutrientes, luminosidade, assim como o oxigênio dissolvido, podem justificar a permanência destes indivíduos nos estratos superiores. Além disso, SHAPIRO (1973) observou que um pH alcalino favorece a presença e dominância de algas verdes-azuis e segundo SINGH (1962), um dos principais fatores que contribuem para o crescimento da espécie *Anabaenopsis raciborskii* é um pH entre 7.8 e 8.5.

Apesar de não ocorrerem flutuações significativas na densidade desta cianofíceia entre o período luminoso e o noturno, notou-se uma ligeira diminuição da biomassa a partir de 5 metros de profundidade e um aumento no epilímnio, durante a noite. A presença de vacúolos gasosos nestas algas (SINGH, 1962), permitiriam a migração das mesmas ao longo da coluna d'água (REYNOLDS et al., 1983).

A Fig. 13 mostra a abundância do zooplâncton ao longo do perfil. Dentre os organismos zooplânctônicos foi observada a predominância da classe Rotatoria (*Keratella* sp, *Polyarthra* sp, *Trichocerca* sp, *Brachionus* sp, *Conochilus* sp, *Collotheca* sp) seguida da classe Crustacea (*Thermocyclops*

sp, *Bosmina* sp e *Diaphanosoma* sp). Quanto à sua distribuição na coluna d'água, observou-se um comportamento semelhante a do fitoplâncton. O número de indivíduos por litro decresceu da superfície para o fundo nos dois períodos estudados: máximo do dia de 1953 ind/l, a 1 m, mínimo de 56 ind/l, a 25 m; durante a noite, máximo de 2066 ind/l, a 1 m e mínimo de 36 ind/l, a 20 m.

Os altos valores encontrados no epilimnio ocorreram provavelmente devido a contínua fertilização desta camada, proveniente dos efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos. A entrada de nutrientes proporcionaria um incremento na biomassa e diversidade algal, aumentando os recursos alimentares aí disponíveis, uma vez que a cianofíceia dominante (*Anabaenopsis raciborskii*), não é preferencialmente consumida pela maioria dos gêneros zooplantônicos identificados na referida estação de coleta (PINTO - COELHO, 1983). Durante a noite, porém, estas concentrações foram mais elevadas no epilimnio, sugerindo que houve uma migração do zooplâncton neste período, explicada de forma generalizada por uma resposta reflexa à falta de luminosidade (fototactismo) (MARGALEF, 1983).

Baseando-se nos dados físico-químicos e biológicos do presente trabalho, pode-se chegar a conclusões sobre as características básicas deste ecossistema, no ponto amostrado, durante a variação diurna:

- a) O ponto estudado permaneceu termicamente estratificado, estando as concentrações dos nutrientes, assim como as comunidades biológicas estreitamente relacionadas com este processo de heterotermia durante o ciclo diurno.
- b) No período analisado, a estratificação parece ser resultante do aquecimento solar diário, sendo que o resfriamento noturno não foi suficientemente intenso para provocar a mistura da coluna d'água. Existe ainda uma tendência a estabilidade térmica determinada pela profundidade do

ponto de amostragem (30 metros) no referido lago.

- c) Nesta estação de coleta, com água termicamente estratificada, as variações da densidade não permitiram a ciclagem de nutrientes entre as diversas camadas impedindo desta maneira, a redistribuição de substâncias dissolvidas na coluna d'água.
- d) As Estações de Tratamento de Esgotos Norte e Sul, apesar de se localizarem em pontos relativamente distantes da estação de amostragem (8.5 e 13 km, respectivamente), podem ser consideradas as principais responsáveis pelos elevados teores de nutrientes observados na porção central do Lago Paranoá.
- e) O contínuo volume de material alóctone que chega ao Lago, oriundo principalmente das Estações de Tratamento de Esgotos, renovam o sistema em termos de composição iônica e nutrientes. Este enriquecimento, provavelmente mantém o crescimento planctônico nas camadas superficiais até o período estacional de circulação total (junho e julho).

Do que foi exposto, devem ainda ser colocadas algumas linhas de pesquisas que poderão ser desenvolvidas para melhor elucidar os estudos já realizados neste ecossistema aquático, como por exemplo: interações sedimento-água, uma vez que o sedimento funciona como um reservatório de nutrientes inorgânicos e de íons; novo levantamento batimétrico do referido Lago, como parâmetro de comparação com levantamentos feitos anteriormente (Brasil Planalto Central, Lago Paranoá de Brasília, Levantamento Efetuado pela Marinha do Brasil em 1979); medidas da energia radiante e diferentes profundidades acompanhando os levantamentos para as análises de variações diurnas, já que a concentração do fitoplâncton na coluna d'água, o material em suspensão e as substâncias orgânicas dissolvidas podem causar modificações

quantitativas e qualitativas na penetração da luz, afetando assim as atividades dos organismos e a produtividade primária do fitoplâncton.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSTERBERG, G. Methods for the determination of elementary oxygen dissolved in water in the presence of nitrite. *Biochemistry*, 159: 36, 1925.
- APHA-AWWA-WPCF. *Standart methods for the examinations of water and wastewater*. 11 ed. Washington, 1980.
- \_\_\_\_\_. *Standart methods for the examinations of water and wastewater*. 15 ed. Washington, 1980.
- BARBOSA, F.A.R. *Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca. Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil*. São Carlos, UFSCar, 1981. 207p. (Tese)
- BARBOSA, F.A.R. & TUNDISI, J.G. Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow quaternary lake at Eastern Brasil. *Arch. Hydrobiol.*, 90 (2): 139-61, 1980.
- BRANCO, S.M. *Limnologia Sanitaria. Estudio de la polucion de aguas continentales*. Washington, D.C., OEA, 1984.
- CAESB/CNEC. *Hidrologia do Distrito Federal*. Brasília, DF, 1978. V. 1/3. (Relatório final)
- CEB. *Dados de projeto, desenhos, número MGAI-1557 - referente a Usina Paranoá*. Brasília, DF, 1965.
- CORDEIRO NETTO, O.M. & DUTRA Fº, D. Aporte de Fósforo ao Lago Paranoá/Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

- RIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11, Fortaleza, CE, 1981.
- CRONBERG, G. *The Lago Paranoa restoration project-phytoplankton ecology and taxonomy*. Brasília, DF, CAESB, 1977. (Final Report)
- GANF, G.G. & VINER, A.B. Ecological stability in a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *Proc. R. Soc., B.* 184: 321-46, 1973.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2 ed. Oxford, Blackwell, 1978. 231p. (IBP Handbook, 8)
- LINDMARK, G. *The Lago Paranoa restoration project bioassays-field and laboratory experiments and phytoplankton productivity*. Brasília, DF, CAESB, 1977. (Final Report)
- MARGALEF, R. *Limnologia*. Barcelona, Omega, 1983.
- MATTOS, S.P.; ALVES, V.R.E.; CAVALCANTI, C.G.B.; EVARISTO, S.M.; COLARES, S.A.P. Contribuição ao estudo limnológico do Lago Paranoã, Brasília, DF, Brasil. *Acta Limnol. Bras.*, 1: 129-54, 1986.
- PINTO COELHO, R.M. *Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton no Lago Paranoã, Brasília, DF, Brasil*. Brasília, UnB, 1983. 163p. (Dissertação)
- REYNOLDS, C.S.; TUNDISI, J.G.; HINO, K. Observations on a metalimnetic Lyngbya population in a stably stratified tropical lake (Lagoa Carioca, Eastern Brasil). *Arch. Hydrobiol.*, 97 (1): 7-17, 1983.
- SHAPIRO, J. Blue green algae: why they became dominant. *Science*, 179: 382-4, 1973.
- SILVA, V.P. *Variações diurnas de fatores ecológicos em qua*

- tro lagos naturais do "Pantanal Matogrossense" e seu estudo comparativo com dois Lagos da Amazônia Central em um Lago artificial (Represa do Lobo, "Broa", São Carlos, SP). São Carlos, UFSCar, 1980. 28lp. (Dissertação)
- SINGH, R.N. Seasonal variants of *Anabaenopsis raciborskii*, Wolosz. *Hydrobiologia*, 20 (1): 87-91, 1962.
- STEPHENS, K. Determination of low phosphate concentrations in lake and marine waters. *Limnol. Oceanogr.*, 8: 361-2, 1963.
- TOLEDO, L.G. Estudo anual da produção primária do fitoplâncton e dos fatores limnológicos no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Brasília, UnB, 1986. 96p. (Dissertação)
- TUNDISI, J.G. Typology of reservoirs in Southern Brazil-Verh. Int. Ver. Theor. Ang. Limnol., 21: 1031-9, 1981.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; BARBOSA, F.A.; GENTIL, J.G.; RUGANI, C.A.; FORTE PONTES, M.C.; ALEIXO, R.C.; OKANO, W.Y.; SANTOS, L.C. Estudos limnológicos no sistema de Lagos do Parque Florestal do Rio Doce, MG. São Carlos, UFSCar, 1978.
- UTERMOHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik, Mitt. Int. Ver. Limnol., 9: 1-38, 1958.

## AGRADECIMENTOS

Somos gratos aos técnicos do Laboratório da Divisão de Controle de Qualidade e Poluição, Seção de Estudos de Poluição Hídrica (DRTA-CAESB), pelo auxílio prestado nas análises físico-químicas e datilografia do trabalho.

**ENDEREÇO DOS AUTORES**

**ALVES, V.R.E.; CAVALCANTI, C.G.B. e MATTOS, S.P.**

**Companhia de Água e Esgotos de Brasília**

**CAESB - DRTA**

**70000 Brasília - DF**