

**VARIAÇÃO ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NO  
LAGO PARANOÁ BRASÍLIA, DF.**

CAVALCANTI, C. G. B\* ; ALVES, V. R. E\* & IKAWA, N. G\*.

**Resumo**

Com a finalidade de avaliar a variação espacial da produtividade primária do fitoplâncton no lago Paranoá realizaram-se medidas mensais no período de junho de 1988 a abril de 1989, em cinco estações de coletas situadas em regiões distintas do reservatório. A metodologia aplicada para a determinação da produtividade foi a do oxigênio dissolvido, técnica das garrafas claras e escuras, segundo Gaarder e Gran, 1927, com incubação das amostras "in situ", em profundidades pré-estabelecidas na zona eufótica. Complementarmente foram realizadas medidas de penetração de luz, com hidrofotômetro KAHLSCO WA 130 ( $\text{mw.cm}^{-1}$ ). Observou-se em todos os pontos de amostragem inibição da produção primária na superfície e um máximo de produtividade líquida na camada entre 0,5m e 0,7m da coluna d'água, correspondendo a uma faixa entre 25 - 10% da radiação solar incidente, durante todo o período estudado. A faixa de variação da zona eufótica foi, em média, de 1,9m (período de estiagem) a 1,5m (período chuvoso). Quanto à produção primária líquida, não foi verificada uma variação espacial acentuada, o mesmo ocorrendo com a sua distribuição sazonal. No entanto, valores mais elevados foram detectados nos pontos próximos aos efluentes das estações de tratamento de esgotos sul (280,30  $\text{mgC/m}^2.\text{h}$ ) e norte (265,54  $\text{mgC/m}^2.\text{h}$ ), em média.

Deste modo, considerando o lago Paranoá como um todo, a média anual da produtividade primária foi de 661,6  $\text{gC/m}^2.\text{ano}$ , enquadrando este ecossistema aquático como eprodutivo, segundo classificação de Esteves (1988).

**Abstract - SPATIAL VARIATION OF PRIMARY PRODUCTIVITY IN  
LAKE PARANOÁ, BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL.**

We studied the spatial variation of primary productivity of phytoplankton in Lake Paranoá, taking monthly samples from June 1988 to April 1989, in five areas of the lake. Productivity was measured using the Winkler dissolved oxygen method. Samples were incubated "in situ", at predetermined depths in the euphotic zone. Surface and water-column solar radiation was also measured. At all sites there was inhibition of primary productivity at the surface, and maximum net productivity occurred between 0,5 and 0,7m where solar radiation penetration varied from 25% to 10% of surface values. The euphotic zone depth was on average 1,5m during the rainy season and 1,9m during the dry season. Net primary production did not vary significantly

\* Diretoria de Tecnologia Ambiental- CAESB

between sites or between seasons. Higher values occurred near the discharge sites of the sewage treatment plants: south 280.30 mgC/m<sup>2</sup>.h and north 265.54 mgC/m<sup>2</sup>.h. Mean annual total lake primary productivity was 661,6 gC/m<sup>2</sup>.yr.

### *Introdução*

Muitas considerações e investigações tem sido dedicadas ao tema da produção dos ecossistemas aquáticos (RHODE, 1961; DAVIS, 1963; ELSTER, 1963; TALLING, 1969, 1976; GANF & HORNE, 1975).

As diversas técnicas introduzidas, associadas ao estudo integrado dos ecossistemas, vieram a colaborar não só para o entendimento da complexidade das alterações existentes entre organismos e ambiente (TUNDISI & TUNDISI, 1975), como também para a elucidação da dinâmica do fluxo de energia levando-se em conta os processos biológicos.

Dentre estes processos, a produtividade primária a nível de organismos fotossintetizantes e quimiossintetizantes é de fundamental importância, uma vez que constitui a base do ciclo metabólico e biogênico para a produção orgânica total, considerando-se os diferentes níveis tróficos.

O estudo de produtividade tem sido realizado através de diversas metodologias. No entanto, para se determinar a produção deve-se considerar primeiramente a biomassa, isto é, a massa de matéria orgânica existente no sistema, em um determinado momento ("standing crop"). A produção é, então, a renovação desta biomassa acrescida pela fotossíntese, e em casos específicos pela quimiossíntese, em um dado intervalo de tempo.

Medidas de produtividade primária do fitoplâncton passam a exercer um papel importante, pois permitem estabelecer o grau de trofia e conseqüentemente as condições da qualidade da água dos diversos ambientes aquáticos.

O lago Paranoá, já foi objeto de estudos relacionados à produção primária do fitoplâncton. LINDMARK (1977) realizou medidas de produtividade pelo método do oxigênio dissolvido. FELIX et al (1979), utilizando-se dos métodos do oxigênio dissolvido e C<sup>14</sup>, determinaram, preliminarmente, em um ponto de amostragem, a distribuição vertical da produção fitoplanctônica. TOLEDO (1986) apresentou informações relevantes sobre a variação sazonal e distribuição vertical da produtividade primária, assim como dos fatores limnológicos que a afetam.

Uma vez que o lago Paranoá apresenta uma heterogeneidade horizontal nas suas características limnológicas (CAESB/PNUD - 1990), optou-se em realizar um estudo objetivando investigar a produtividade primária não só em seus diversos compartimentos, como também suas variações sazonais e verticais, de modo a confirmar, através do estudo desta variável, o grau de trofia do mesmo.

### *Área de estudo*

O lago Paranoá está situado a leste da cidade de Brasília - DF (15° 48' S e 47° 47' W), com nível médio de água à cota 1000m. Apresenta um volume de acumulação de 498,62 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, profundidade média de 13,1m e uma área líquida de espelho de 38.06 Km<sup>2</sup> (ENARCO, 1988).

Sua bacia drena uma área de 1015 Km<sup>2</sup>, possuindo uma densidade demográfica de 621 hab/Km<sup>2</sup> (CODEPLAN, 1988).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é tropical chuvoso, com dois períodos bem definidos, um de estiagem, de abril a setembro, com precipitação média de 32,9mm e outro chuvoso, de outubro a março, com precipitação média de 203,7mm (dados fornecidos pela Estação Meteorológica da UnB).

Formado pelo represamento do rio Paranoá, este reservatório sofre, atualmente, as conseqüências de um crescente processo de eutrofização devido, principalmente, às cargas de nutrientes advindas de duas estações de tratamento de esgotos, localizadas na parte norte (ETE-Norte) e sul (ETE-Sul), com contribuições médias anuais de fósforo total de 68,11 ton.ano<sup>-1</sup> e 41,14 ton.ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1). Estas fontes pontuais, estabeleceram, ao longo dos anos, características limnológicas distintas nos diversos braços deste reservatório, o que resultou em uma segmentação do mesmo, conforme proposto por CAESB/PNUD, 1990.

### *Material e métodos*

O estudo da produtividade primária foi realizado, com frequência mensal, no período de junho/88 a abril/89, em 5 pontos de amostragem, localizados em braços distintos do lago Paranoá (Figura 1).

O método selecionado foi o do oxigênio dissolvido (técnica das garrafas claras e escuras), que utiliza o metabolismo do O<sub>2</sub> na fotossíntese (GAARDER & GRAN, 1927), através do procedimento "in situ" de incubação das amostras em profundidades pré-estabelecidas: superfície; 0,5; 0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 e 5,0 metros.

As amostras foram incubadas, em frascos de 250ml, por duas horas, no período de 10:00 às 12:00, sendo que para determinação dos teores de oxigênio dissolvido empregou-se o método de WINKLER, modificado por ALSTERBERG (1925).

Para o cálculo de produtividade primária utilizou-se a fórmula de VOLLENWEIDER (1969), sendo os dados convertidos para mg de carbono, considerando a relação estequiométrica entre C/O<sub>2</sub>=0,375395. A determinação da produtividade primária, por unidade de área (mgC/m<sup>2</sup>.h), foi realizada empregando-se a técnica da planimetria, assumindo-se um fotoperíodo de 8 horas para estimar a produtividade diária.

Concomitantemente, foram efetuadas leituras de radiação solar sub-aquática com hidrofotômetro KAHLSICO WA 130.

Para elaboração do presente estudo foram considerados apenas os resultados de produtividade primária obtidos na zona eufótica, a qual foi estabelecida através da leitura hidrofotométrica, considerando-se o limite de 1% de penetração da luz incidente. Ressalta-se que na ausência de coincidência entre a profundidade de incubação e o limite inferior desta zona, procedeu-se a uma interpolação linear dos valores de produtividade primária.

Com base nos resultados obtidos, utilizou-se o modelo estatístico da análise de variância com dois critérios de classificação ("two way ANOVA"), (SOKAL & ROHLF, 1969), para a produtividade primária líquida, comparando-se as estações seca e chuvosa e os pontos de amostragem.



## Resultados

As figuras 2, 3, 4, 5 e 6, mostram os perfis verticais da produtividade primária líquida, em  $\text{mgC/m}^3\cdot\text{h}$ , e a radiação solar sub-aquática, nos 5 pontos de amostragem, durante o período estudado.

Os resultados obtidos para a produtividade primária fitoplanctônica apresentaram similaridade no padrão vertical de distribuição, embora tenham sido, quantitativamente mais elevados do que aqueles encontrados na literatura para lagos tropicais (SAIJO & SAKAMOTO, 1970; TUNDISI, 1977; ALVES, 1983; JUREIDINI et al 1983).

Valores máximos de  $506,78 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  (março),  $544,32 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  (julho),  $328,47 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  (dezembro),  $281,55 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  (janeiro) e  $450,47 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  (abril) foram obtidos nos pontos A, B, C, D e E, respectivamente.

TOLEDO (1986) encontrou, como valor máximo, cerca de  $290 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  no mês de fevereiro, na área central (próxima ao ponto C). HINO (1985) estudando um tanque de piscicultura altamente enriquecido obteve  $827,5 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$ , valor este cerca de 50% mais elevado que os encontrados nos pontos próximos às ETE's e região do ribeirão do Gama (ponto B).

Como freqüentemente observado em lagos tropicais, constata-se que o lago Paranoá é caracterizado pela presença de uma região de inibição próxima a superfície seguida por outra, bem definida, de fixação máxima de carbono, a partir da qual ocorre redução das taxas de produtividade. Este tipo de perfil, onde há inibição na superfície deve-se, provavelmente, a alta intensidade luminosa, fato exaustivamente discutido por RYTHER (1956), TALLING (1957), HUTCHINSON (1957), MEGARD & SMITH (1974) e MARGALEF (1983).

Considerando que a camada de produção máxima restringiu-se de 0,5 a 0,7 metros de profundidade, correspondendo entre 25 - 10% de penetração da luz, pode-se inferir que esta é a faixa de intensidade luminosa ótima para a realização dos processos fotossintéticos pelas algas, destacando-se *Anabaenopsis raciborskii*, espécie predominante no referido reservatório (MATTOS et al 1986).

Cabe citar que nos meses em que não houve inibição de produtividade primária na superfície, registraram-se valores menores que  $10 \text{ mW/cm}^2$  de radiação solar (ponto A: dezembro e fevereiro; ponto B: outubro; ponto C: junho; ponto D: dezembro; ponto E: junho).

Quanto à sazonalidade não foram verificadas variações estatisticamente significativas ( $P=0,672$ ) na taxa de produção por área nos pontos estudados (Fig. 7, Tab. 1). Contrariamente ao observado por TOLEDO (1986), os valores médios obtidos para a estação seca ( $232,32 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{h}$ ) mostraram-se ligeiramente superiores aos da estação chuvosa ( $220,89 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{h}$ ). Este comportamento, aparentemente, acompanhou o padrão observado para a variação de profundidade da zona eufótica, em média 1,9m na seca e 1,5m na chuva. Assim, o aporte de material carregado pelas chuvas contribuiria para a diminuição da zona eufótica com conseqüente redução da taxa fotossintética do fitoplâncton.

Entretanto, no ponto A, observou-se o inverso, isto é, produtividade líquida mais baixa no período de estiagem ( $267,16 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{h}$ ) e maior na época de chuva ( $293,47 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{h}$ ). Este padrão provavelmente está associado à aplicação sistemática do algicida  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  utilizado para o combate à proliferação maciça da cianofícea *Microcystis aeruginosa*, cuja ocorrência se

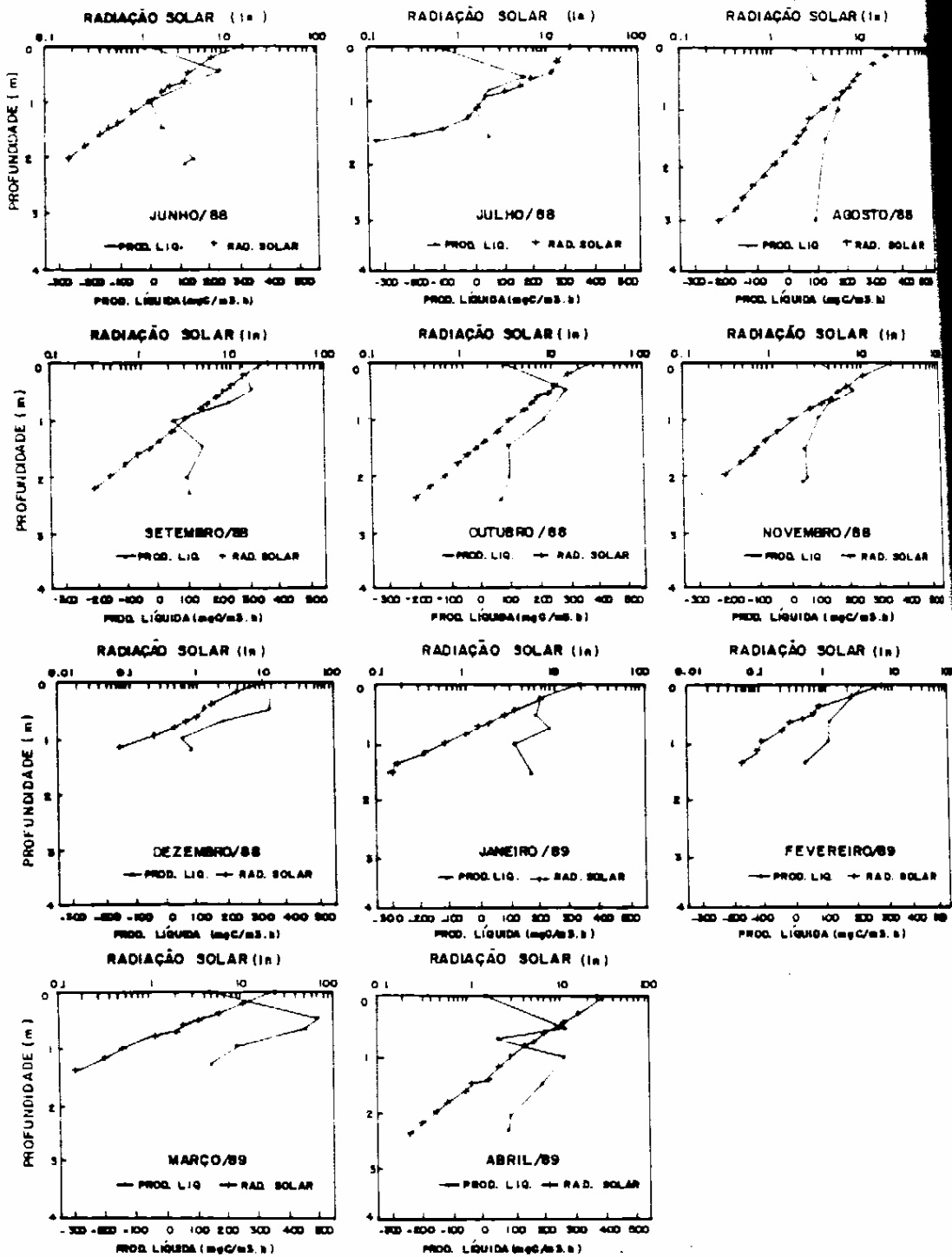


Figura 2 - Ponto A - Distribuição vertical da produtividade primária e radiação solar, ao longo dos meses em estudo.

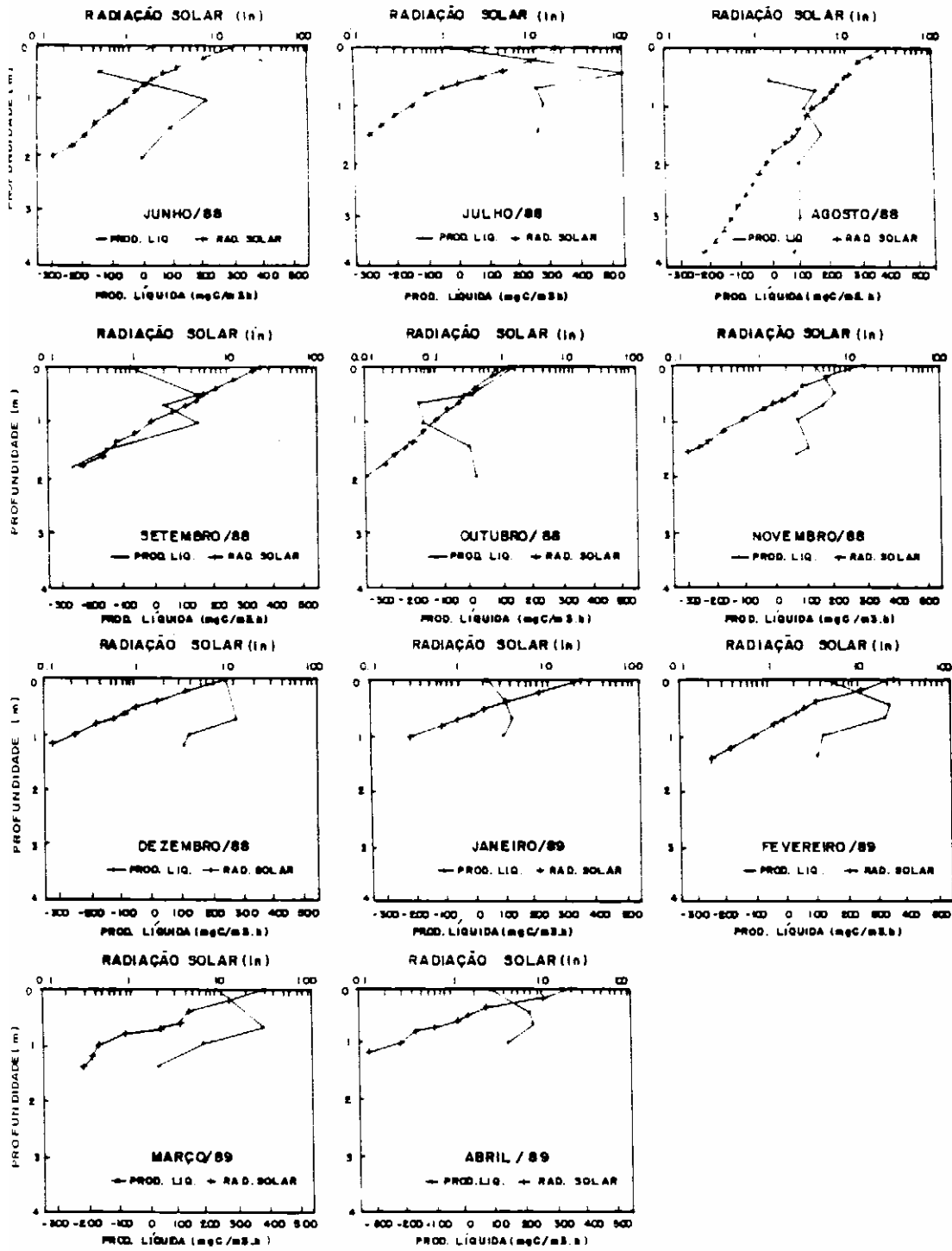


Figura 3 - Ponto B - Distribuição vertical da produtividade primária e radiação solar, ao longo

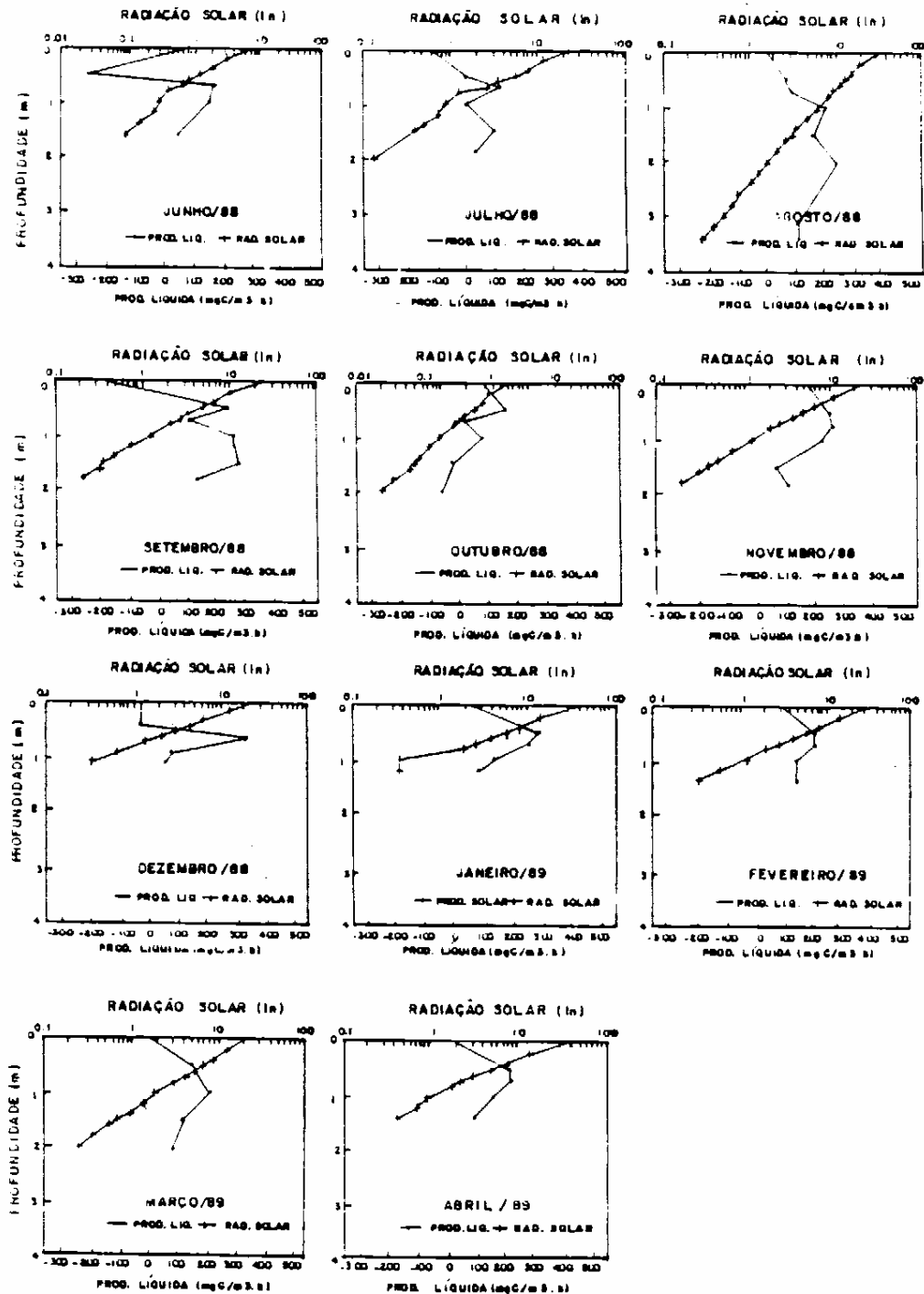


Figura 4 - Ponto C - Distribuição vertical da produtividade primária líquida e radiação solar ao longo dos meses em estudo.



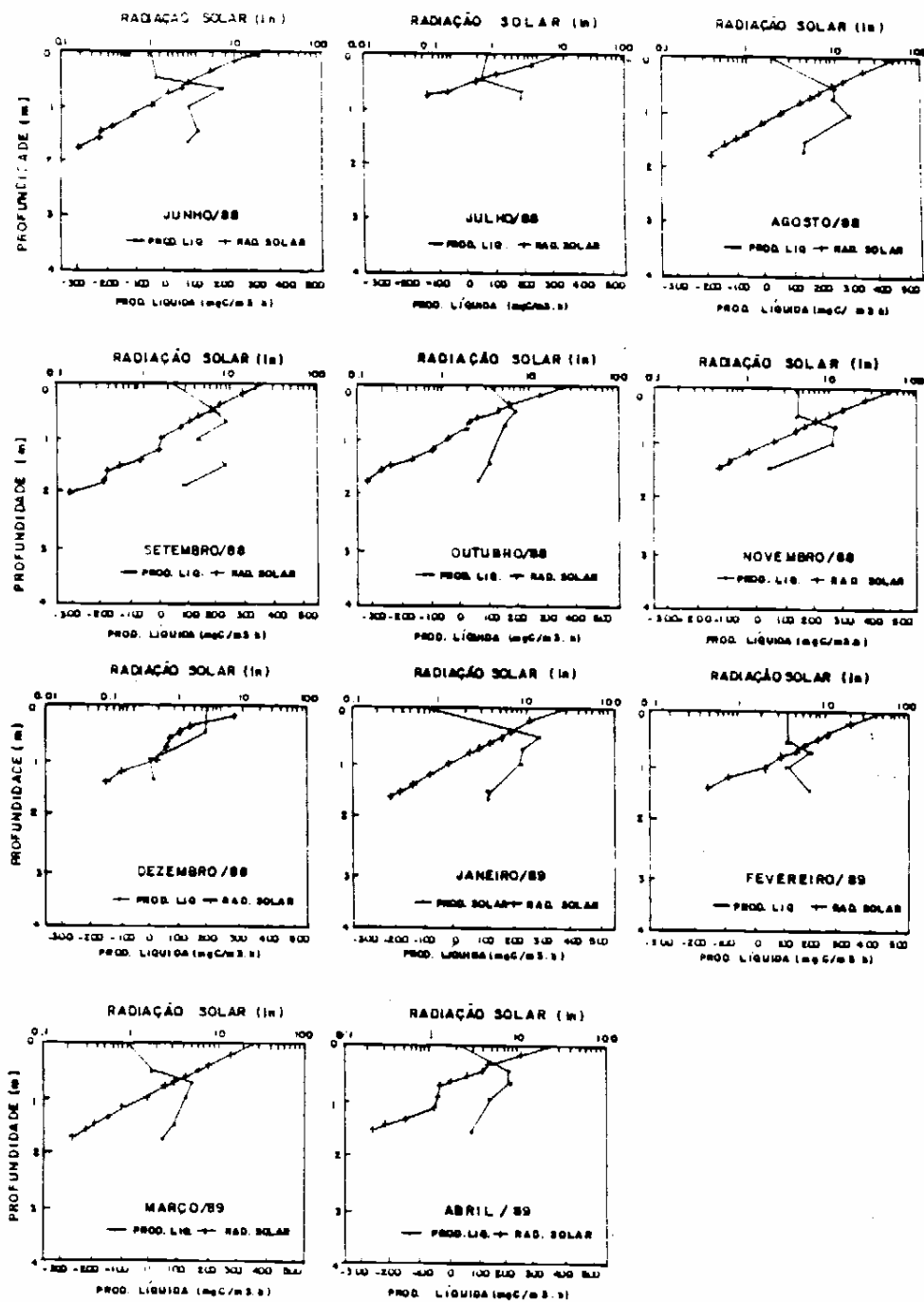


Fig. 5 - Ponto D - Distribuição vertical da produtividade primária líquida e radiação solar

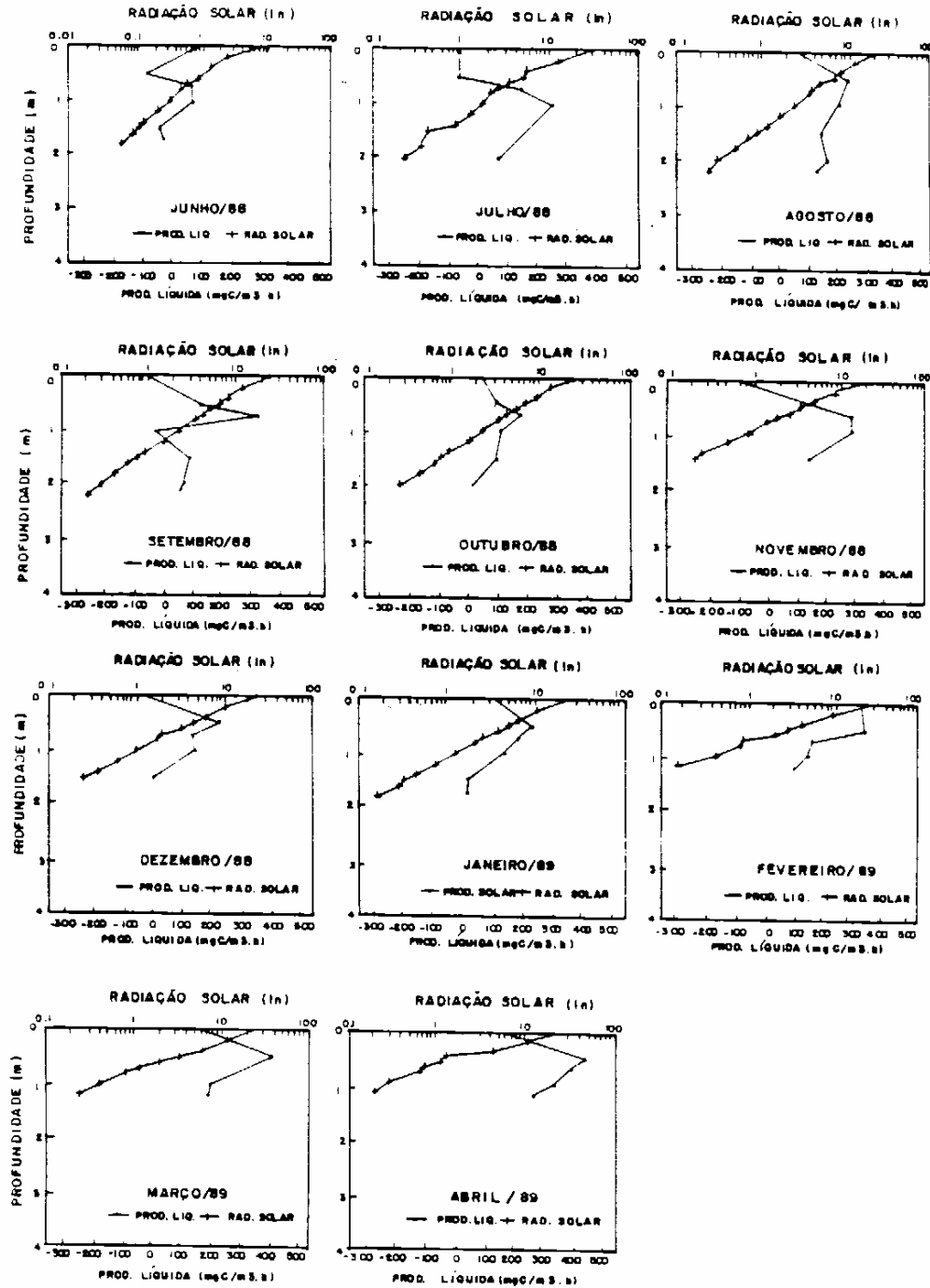


Figura 6 - Ponto E - Distribuição vertical da produtividade primária líquida e radiação solar

Tabela 1 - Dados de produtividade líquida ( $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), respiração ( $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), disponibilidade de carbono ( $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) para os demais níveis tróficos. Valores integrais da coluna d'água até a profundidade limite (1%) da zona eufótica (metros).

PONTO		A	B	C	D	E
PPL	SECA	267,16	212,63	205,09	197,33	279,17
	CHUVA	293,47	196,97	191,14	170,93	251,92
RESP.	SECA	214,93	83,11	84,91	59,14	138,20
	CHUVA	87,86	65,57	58,97	100,09	75,33
DISPONIBILIDADE DE CARBONO	SECA	52,23	129,51	120,18	138,39	140,96
	CHUVA	205,60	131,40	132,17	70,82	176,59
LIMITE DA ZONA EUFÓTICA - 1% LUMINOSIDADE INCIDENTE	SECA	2,26	2,00	2,02	1,54	1,84
	CHUVA	1,65	1,43	1,60	1,53	1,51

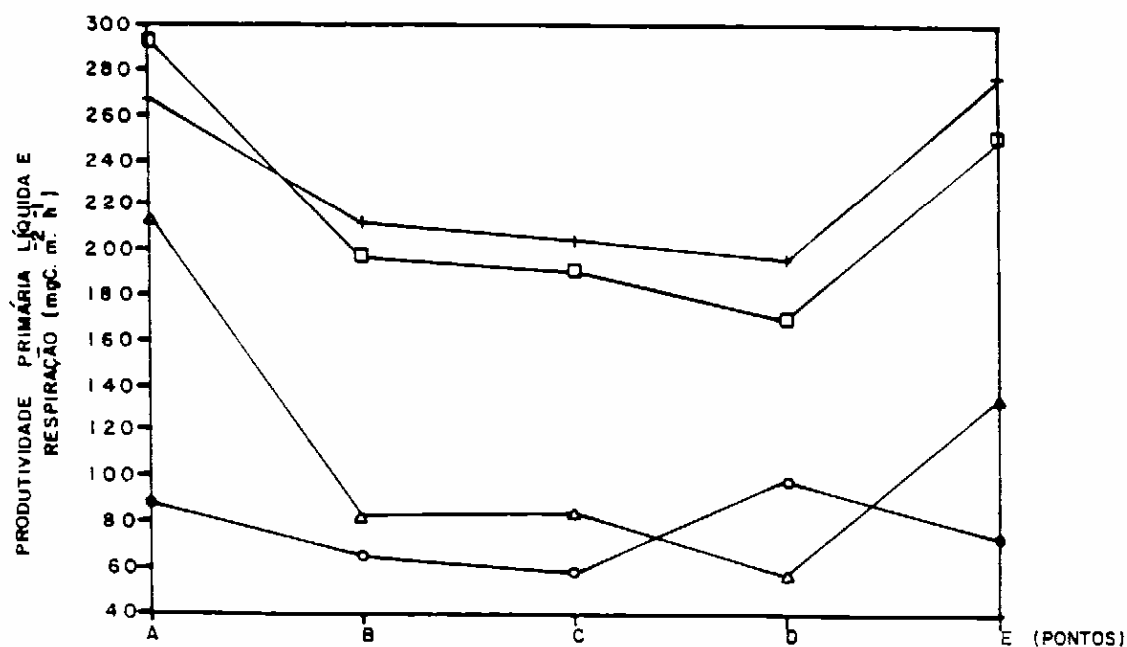


Figura 7 - Médias sazonais de produtividade primária líquida ( $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) e respiração ( $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), nos diversos pontos de amostragem. (□ PPL chuva + PPL seca, ● RESP. seca, ○ RESP. chuva)

faz mais frequente durante o período de seca. Ressalta-se que nos meses de maio, julho, agosto e setembro, do período estudado, foram aplicados cerca de 3,58 toneladas de sulfato de cobre, nesta região.

De qualquer forma, comparando-se os valores de produtividade primária líquida, entre os pontos de coleta, observa-se que os pontos A e E, localizados próximos as Estações de Tratamento de Esgotos Sul e Norte, respectivamente, mostraram um incremento de até 66% em relação aos demais pontos. A maior disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, associada a maior transparência da água, justificam os elevados índices de produtividade primária líquida nestas regiões. No entanto, tal fato não foi comprovado estatisticamente, sugerindo ser insuficiente o número de amostragens efetuadas.

Assim como a produtividade primária líquida, a respiração apresentou uma sensível redução no período chuvoso, mostrando, portanto, um padrão oposto ao observado por GANF & HORNE (1975) e RHEE & GOTHAM (1981), e contrário ao esperado, uma vez que no período chuvoso, constata-se maiores temperaturas da água, sugerindo maiores taxas de respiração.

Os valores máximos encontrados durante o período de estiagem (Tab. 1) foram nos pontos A (214,93 mgC/m<sup>2</sup>.h) e E (138,20 mgC/m<sup>2</sup>.h), correspondendo a 92% e 59% da produtividade líquida média, respectivamente. Existem evidências de que os elevados índices de respiração observados no lago Paranoá, principalmente nos pontos próximos as fontes poluidoras, estariam relacionados não somente ao consumo de oxigênio pelo fitoplâncton, mas também pelo zooplâncton, com biomassa expressiva nestas regiões (GIANI, 1984) e bacterioplâncton, uma vez que este corpo d'água é contaminado por esgotos domésticos (TOLEDO, 1986).

Considerando-se o lago como um todo, a média anual de produtividade primária líquida para este sistema foi de 661,6 gC/m<sup>2</sup>.ano. TALLING (1965) encontrou um valor de 640 gC/m<sup>2</sup>.ano para o Lago Victoria, Uganda. SAKAMOTO (1966) obteve 502,97 gC/m<sup>2</sup>.ano para o Lago Suwa, no Japão, considerado como eutrófico. Assim, os resultados obtidos neste estudo, sugerem que o lago Paranoá seja considerado como eprodutivo, na classificação proposta por Esteves (1988). RHODE (1969) considera que lagos com uma produtividade de 75 gC/m<sup>2</sup>.ano são naturalmente eutróficos e, aqueles com 350 gC/m<sup>2</sup>.ano são poluídos.

Tendo em vista as elevadas taxas médias anuais de respiração (282,69 gC/m<sup>2</sup>.ano) e efetuando-se a diferença com a produtividade primária líquida (661,6 gC/m<sup>2</sup>.ano) verifica-se, através deste balanço simplificado, que a disponibilidade de carbono para os demais níveis tróficos é de 378,9 gC/m<sup>2</sup>.ano. TOLEDO (1986), utilizando-se do mesmo procedimento obteve um valor de 258 gC/m<sup>2</sup>.ano, com o qual concluiu ser pequena a transferência de carbono para os demais níveis tróficos.

A entrada contínua de nutrientes (fósforo, nitrogênio e matéria orgânica), advinda de seus tributários e estações de tratamento de esgotos, deve ser vista como o fator preponderante para explicar não só os altos valores como a ausência de sazonalidade da produtividade primária líquida e respiração.

Assim, medidas que visem a recuperação desse ecossistema devem levar em consideração o tratamento adequado das principais fontes pontuais de esgotos domésticos (ETE's), o qual já se encontram em fase de execução (projetadas para remover mais de 90% de fósforo e nitrogênio). A adição de ações complementares no próprio sistema, como dragagem, aeração,

inibição química do sedimento e, principalmente, a contenção do aumento populacional e disciplinamento do uso do solo na bacia de drenagem do lago Paranoá são primordiais para que se alcance os objetivos desejados.

### *Referências bibliográficas*

- ALSTERBERG, G. (1925). Methods for determination of elementary oxygen dissolved in water in the presence of nitrate. Biochem. Z. 159:36.
- ALVES, L. F. (1983). Estudos sazonal da produtividade primária e fatores ecológicos num lago de terra firme da Amazônia Central (Lago Verde/Rio Negro). INPA/FUA. (Tese de mestrado).
- CAESB/PNUD. (1990). Avaliação dos aspectos sanitários e ambientais das Bacias Hidrográficas do Rio São Bartolomeu e Lago Paranoá - Relatório Final de Limnologia, Projeto BRA/87/011. Publicação Interna.
- CODEPLAN. (1988). Aspectos da Urbanização do Distrito Federal Brasília - DF.
- DAVIS, C. C. (1963). On question of production and productivities in ecology - Arch. Hydrobiol. 53:145-161.
- ELSTER, H. J. (1963). Die stoffwechselfynamik der Binnen-gemässer - Zool. Anz. Suppl. 27:335-387.
- ENARCO. (1988). Memória de cálculo e relatório interno, levantamento topohidrográfico do lago Paranoá.
- ESTEVES, F. A. (1988). Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Interciência/FINEP, 575p.
- FELIX, C. R.; DUTRA FILHO, D.; FERNANDES, C. S. (1979). Determinação da velocidade de reaeração e de dispersão água - sedimento e fixação de CO<sub>2</sub> no Lago Paranoá de Brasília. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 10, Manaus, 19p.
- GAARDER, T & GRAN, H. H. (1927). Production of plancton in the Oslo Fjörd. Rapp. Cons. Expl. Mer. 42:1-48.
- GANF, G. G. & HORNE, A. J. (1975). Diurnal stratification photosynthesis and Nitrogen - fixation in a Shallow, equatorial lake (Lake George, Uganda). Freshwat. Biol. 5:13-39.
- GIANI, A. (1984). Distribuição horizontal de fitoplâncton e zooplâncton no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Brasília, UnB, 147p. (Tese de mestrado).
- HINO, K. (1985). Mixing patterns and productivity of phytoplankton in a small artificial pond. Ciência e Cultura, 37:1331-1340.
- HUTCHINSON, G. E. (1957). A treatise on limnology. NY, Wiley.

- JUREIDINI, P.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. (1983). Medições da produtividade primária em três reservatórios do estado de São Paulo. Ciência e Cultura, 35:9.
- LINDMARK, G. (1977). The Lake Paranoá restoration project. Bioas - says - field and laboratory experiments and phytoplankton productivity. Final report. CAESB. Brasília. 27p.
- MARGALEF, R. (1983) Ecologia. Barcelona, Omega.
- MATTOS, S. P.; ALVES, V. R. E.; CAVALCANTI, C. G. B.; EVARISTO, S. M. S.; COLARES, S. A. P. (1986). Contribuição ao estudo limnológico do Lago Paranoá, Brasília - DF, Brasil. Acta Limnol. Brasil. 1:129-154.
- MEGARD, R. O. & SMITH, P. D. (1974). Mechanisms that regulate growth rates of phytoplankton in Shagawa Lake, Minnesota. Limnol. Oceanogr. 19:279-296.
- RHEE, G. Y. & GOTHAM, I. J. (1961). The effect of environmental factors on phytoplankton growth: temperature and interaction of temperature with nutrient limitation. Limnol. Oceanogr. 24:635-648.
- RHODE, W. (1961). Die Dynamik des limnischen Stoff und Energie haushaltes. Verh. Int. Limnol. 14:300-315.
- (1969). Crystallization of eutrophication concepts in northern Europe. In: Eutrophication, causes, consequences and correctives. p.50-64.
- RYTHER, J. H. (1956). Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. Limnol. Oceanogr. 1:61-70.
- SAIJO, Y. & SAKAMOTO, M. (1970). Primary production and metabolism of lakes. Biogeochemistry of lakes. Kodansha Ltd. 207-225.
- SAKAMOTO, M. (1966). The Chlorophyll Amount in the Euphotic Zone in Some Japanese Lakes and its significance in the Photosynthetic Production of Phytoplankton Community. The Botanical Magazine. 79:77-88.
- SOKAL, R & ROHLF, F. (1969). Biometry. San Francisco, Freeman.
- TALLING, J. F. (1957). Photosynthetic characteristics of some freshwater plankton diatom in relation to underwater radiation. New Phytol. 56:29-50.
- TALLING, J. F. (1965). Comparative problems of phytoplankton production and photosynthetic productivity in a tropical and temperate lake. Mem. Inst. Ital. Hydrobiol. 18(suppl):399-424.
- (1969). The incidence of vertical mixing, and some biological and chemical consequence in tropical African lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 17:998-1012.
- (1976). The depletion of carbon dioxide from lake water by phytoplankton. J. Ecol. 64:79-120.

- TOLEDO, L. G. (1986). Estudo anual da produtividade primária do fitoplâncton e dos fatores limnológicos no lago Paranoá Brasília - DF. Brasil. Brasília, UnB. 96p. (Tese de mestrado).
- TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. (1975). Produção orgânica em ecossistemas aquáticos. Ciência e Cultura. 28:864-887.
- (1977). Produção primária, "standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial (Represa do Broa São Carlos). São Paulo, UFSCar. 409p. (Tese de mestrado).
- VOLLENWEIDER, R. A. (1969). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Oxford, 225p. (IBP Handbook, 12).

### *Endereço dos autores*

DIRETORIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL - CAESB  
SCS Ed. CAESB Q-04 Bl. A nº 67197.  
BRÁSÍLIA - Cep 70300.