

**DINÂMICA NICTEMERAL DOS PRINCIPAIS NUTRIENTES INORGÂNICOS E CLOROFILA a EM DUAS LAGOAS COSTEIRAS FLUMINENSES**

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

**RESUMO**

As lagoas (lagunas) Imboacica e Iodada, ambas situadas no Estado do Rio de Janeiro, foram estudadas quanto às variações nictemerais (24 h) dos principais nutrientes (N-total, N-total dissolvido, nitrato, sílica "reativa", fosfato total, fosfato total dissolvido, fosfato particulado e ortofosfato) e clorofila a. Estas variáveis ambientais apresentaram, ao longo do período de estudo, alternância entre estratificação e homogeneização da coluna d'água. Para a compreensão desta dinâmica, são discutidos o padrão térmico da coluna d'água e a influência da região litorânea sobre a região limnética das lagoas, a presença de algas bentônicas, a variação da intensidade luminosa durante o dia e principalmente a orientação do eixo central das lagunas em relação à linha de costa.

Os resultados obtidos sugerem ainda, que fatores alóctones aos sistemas, como por exemplo o vento, são mais

---

\* PPG-ERN-UFSCar - São Carlos, SP

\*\* UFRJ - Rio de Janeiro, RJ

\*\*\* UNESP - Rio Claro, SP

\*\*\*\* NUPELIA/UEM - Maringá, PR

importantes na determinação dos padrões de distribuição vertical dos nutrientes e clorofila a analisados, do que os fatores internos.

**ABSTRACT - 24-HOUR DYNAMIC OF PRINCIPAL INORGANIC NUTRIENTS AND CHLOROPHYLL a IN TWO COASTAL LAGOONS IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO**

Lakes (coastal lagoons) Imboacica and Iodada in the State of Rio de Janeiro were studied with respect to 24-h variations of principal nutrients (total N, total dissolved N, nitrate, "reactive" silica, total P, total dissolved P, particulate P and orthophosphate) and chlorophyll a. During the course of the study these ambient variables alternated between stratification and homogenization in the water column. To understand this dynamic, we discuss thermal behavior of the water column; the influence of the littoral zone on the limnetic zone of the lakes; the presence of benthic algae; diurnal variation in light intensity; and, principally, the orientation of the central axes of the lakes in relation to the coastline.

The results suggest that external factors such as wind are more important in determining vertical distribution of nutrients and chlorophyll a than are internal factors.

**INTRODUÇÃO**

As lagoas (lagunas) costeiras do Estado do Rio de Janeiro, representam um dos sistemas lacustres mais típicos do Brasil (ESTEVES, 1988). Dentre estes ecossistemas, podem ser identificados os mais diferentes ambientes quanto ao grau de influência marinha (salinidade), morfometria e extensão. Estes fatores conferem às lagoas costeiras,

características muito peculiares, notadamente no que se refere às variáveis ambientais e às comunidades que as habitam.

Embora de grande importância como áreas de lazer e como produtoras de crustáceos e peixes de grande valor econômico, as lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro são ainda pouco conhecidas limnologicamente. Dentre as pesquisas limnológicas realizadas nestes ambientes, destacam-se os trabalhos pioneiros de OLIVEIRA (1948, 1959), OLIVEIRA e KRAU (1955) e OLIVEIRA et alii (1955). Mais recentemente pesquisas com diferentes enfoques ecológicos têm sido realizadas nestas lagoas. Entre elas, podem ser citadas aquelas sobre a caracterização físico-química (ESTEVES et alii, 1984, 1988), sobre a hidrologia (KNOPPERS e TURQ, 1985 e KJERFVE et alii, este volume) e sobre a produção orgânica (KNOPPERS e MOREIRA, este volume e MOREIRA e KNOPPERS, este volume).

Diferentes pesquisadores, por exemplo BARBOSA (1981), MELACK e FISHER (1983) e CAMARGO e MIYAI (1988), têm mostrado que a dinâmica de ecossistemas aquáticos tropicais é mais fortemente influenciada por variações nictemerais (24 horas) que por variações sazonais. No que se refere às lagoas costeiras fluminenses, além deste fato, fatores externos, tais como geologia, geomorfologia e morfometria são responsáveis pela caracterização individual de cada ecossistema, que em última instância se reflete sobre a dinâmica de todo o ambiente aquático. Em consequência, não raramente observam-se lagoas costeiras próximas geograficamente, no entanto, fortemente diferenciadas do ponto de vista limnológico.

Como componentes básicos para o entendimento dos principais processos limnológicos das lagoas costeiras fluminenses, deve-se considerar as pesquisas sobre as variações nictemerais tanto do ponto de vista biótico como abiótico. Este último assume numa primeira etapa, papel fundamental para a compreensão da dinâmica das lagoas

costeiras, na medida que trata-se do principal responsável pela determinação da estrutura e função de suas comunidades.

#### ÁREA DE ESTUDO

A área onde foi realizado o presente estudo está situada entre as coordenadas 22°00' e 22°30' S e 41°30' e 42°00' W, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

A lagoa (laguna) Iodada localiza-se no município de Rio das Ostras, possuindo uma área aproximada de 12 ha. Segundo ESTEVES et alii (1984), esta lagoa apresenta-se com água doce durante o período de chuvas (novembro-janeiro) e oligoalina durante o restante do ano.

A lagoa (laguna) Imboacica localiza-se no município de Macaé, possuindo área aproximada de 215 ha e segundo ESTEVES et alii (1984) permanece eualina durante todo o ano.

Descrições mais detalhadas sobre as lagoas e sobre a geologia, geomorfologia, hidrografia e clima da região são apresentadas em ESTEVES et alii (1988).

#### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de água foram obtidas a diferentes profundidades, em um ponto central, em ambas as lagoas, com garrafa tipo Van Dorn. Estas amostras foram separadas em duas subamostras, uma das quais foi filtrada (filtro GF/C) e imediatamente congelada para posterior determinação de nutrientes dissolvidos. A subamostra não filtrada também foi conservada por congelamento para análise de nutrientes totais. As amostragens foram tomadas a intervalos de 4 horas, por um período total de 48 horas. Medidas de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade

elétrica, alcalinidade e transparência da água (disco de Secchi) foram obtidas concomitantemente às coletas e os resultados estão descritos em ESTEVES et alii (1988).

As determinações de clorofila a foram realizadas a partir da extração com acetona 90% segundo metodologia descrita em GOLTERMAN et alii (1978). Os compostos nitrogenados (N-total, N-total dissolvido, N-nitrato) foram determinados de acordo com MACKERETH et alii (1978). As concentrações das diferentes formas de fosfatos e sílica "reativa" foram obtidas utilizando-se a técnica descrita em GOLTERMAN et alii (1978). Os valores de P-particulado foram calculados à partir de P-total e P-total dissolvido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos de variações nictemerais realizados por ESTEVES et alii (1988) nas lagoas Imboacica e Iodada, baseados na temperatura, concentração de O<sub>2</sub>, pH, transparência e alcalinidade evidenciaram as diferenças de comportamento diário nestes dois ecossistemas aquáticos. Enquanto a lagoa Imboacica apresenta homogeneidade espacial nos valores destas variáveis, a lagoa Iodada mantém-se estratificada termicamente, principalmente durante período iluminado. ESTEVES et alii (1988) atribuem estas diferenças apresentadas pelas duas lagoas à ação de brisas marítimas que atuam com maior intensidade sobre a lagoa Imboacica.

No presente trabalho, os resultados obtidos para concentração de nutrientes inorgânicos e clorofila nas lagoas Iodada e Imboacica, evidenciam períodos de estratificação e homogeneidade vertical destas variáveis em ambas as lagoas.

As Fig. 1 e 2 mostram os valores obtidos para as concentrações de sílica "reativa" durante o período amostrado. Na lagoa Imboacica foram detectadas concentrações que variaram entre 35,0 e 75,0 µg/l. As

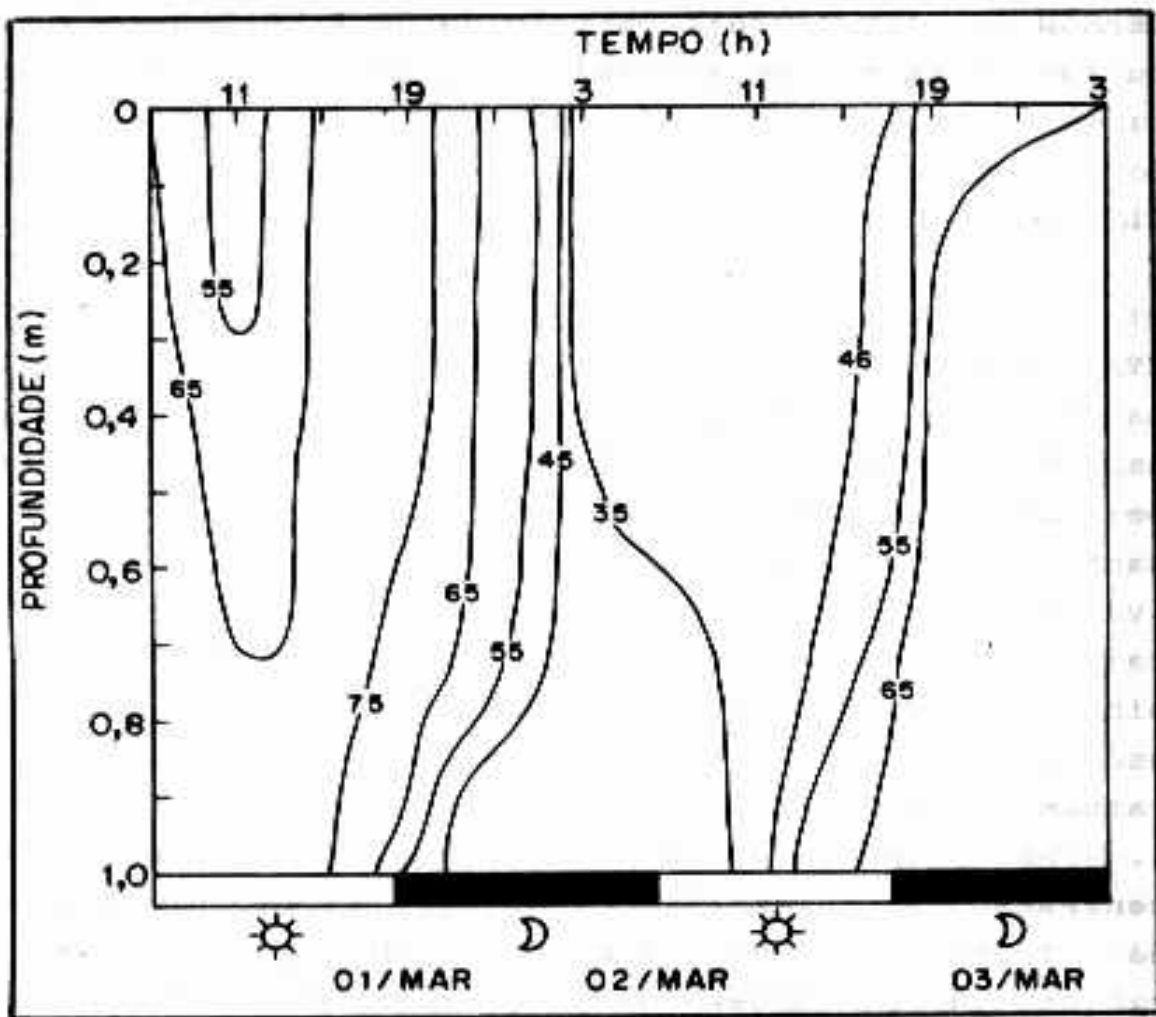


Figura 1 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de sílica "reativa" - Lagoa Imboacica.

maiores concentrações ocorreram geralmente na porção mais profunda da coluna d'água, no entanto não foram observados períodos de estratificação evidente deste nutriente. Os valores detectados para as concentrações de sílica "reativa" na presente pesquisa, apresentaram-se inferiores aos obtidos por ESTEVES et alii (1984) em uma série de outras lagoas costeiras fluminenses. As concentrações de sílica "reativa" na lagoa Iodada foram acentuadamente superiores àquelas observadas na lagoa Imboacica, tendo variado entre 4,0 e 6,5 mg/l. As maiores concentrações ocorreram predominantemente nas camadas superiores da coluna d'água. Possivelmente este padrão de distribuição de sílica dependa de alterações marcantes e rápidas de temperatura nesta lagoa conforme descrito por ESTEVES et alii (1988).

Os padrões de variação das concentrações de nitrato nas duas lagoas apresentaram-se muito diferenciados daqueles obtidos para sílica "reativa". Na lagoa Imboacica (Fig. 3), o nitrato apresentou-se em concentrações entre 30,0 e 60,0 µg/l e padrões de estratificação bem definidos em três horários. Às 23 horas do dia 1º de março e às 19 horas do dia 2 de março, ocorreram estratificações na concentração de nitrato, com teores mais elevados na parte inferior da coluna d'água. Às 7 horas do dia 1º de março observou-se estratificação inversa, ou seja, maiores teores nas camadas superficiais da coluna d'água. A homeotermia permanente da coluna d'água na lagoa neste mesmo período, observada por ESTEVES et alii (1988), não justifica estas estratificações de nitrato, sugerindo que tal padrão tenha sido influenciado por outros fatores, tais como, variação de maré e chuvas. A lagoa Iodada apresentou concentrações de nitrato entre 15,0 e 45,0 µg/l (Fig. 4), podendo ser identificada estratificação deste nutriente, com maiores concentrações na porção inferior da coluna d'água, por volta das 19 horas do dia 26 de fevereiro, após persistente estratificação térmica. Este padrão de distribuição foi

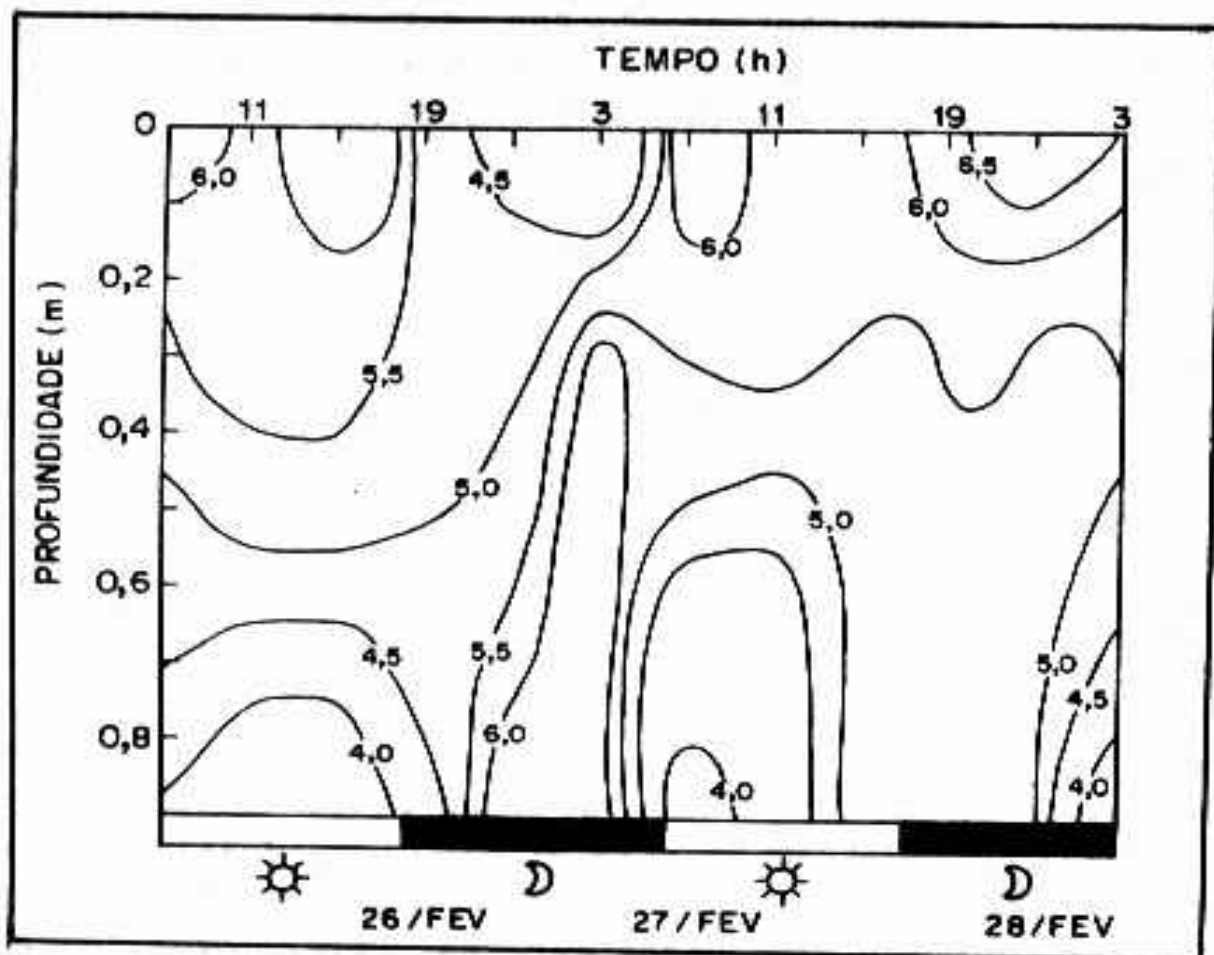


Figura 2 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de sílica "reativa" - Lagoa Iodada.



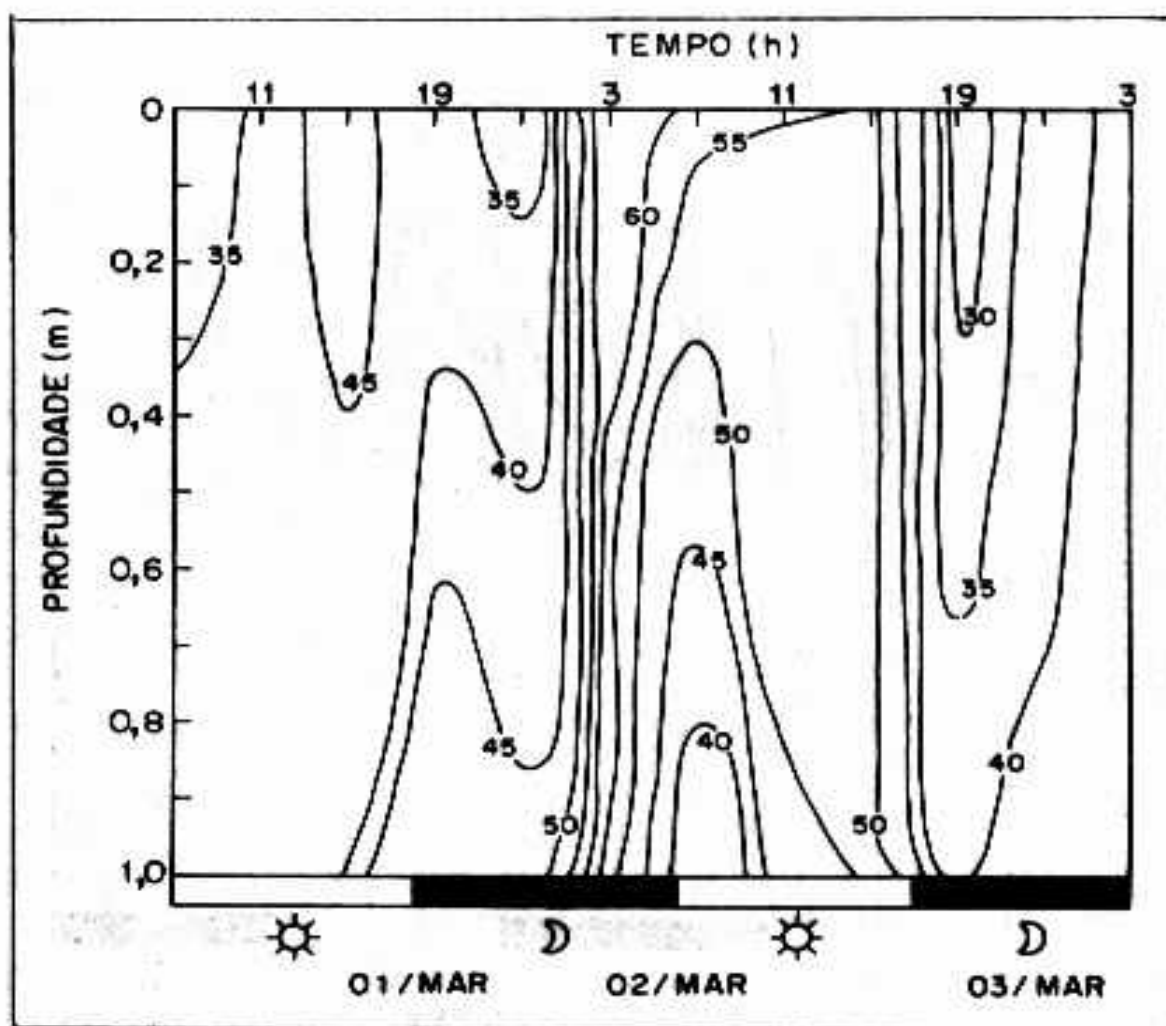


Figura 3 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de nitrato - Lagoa Inboacica.

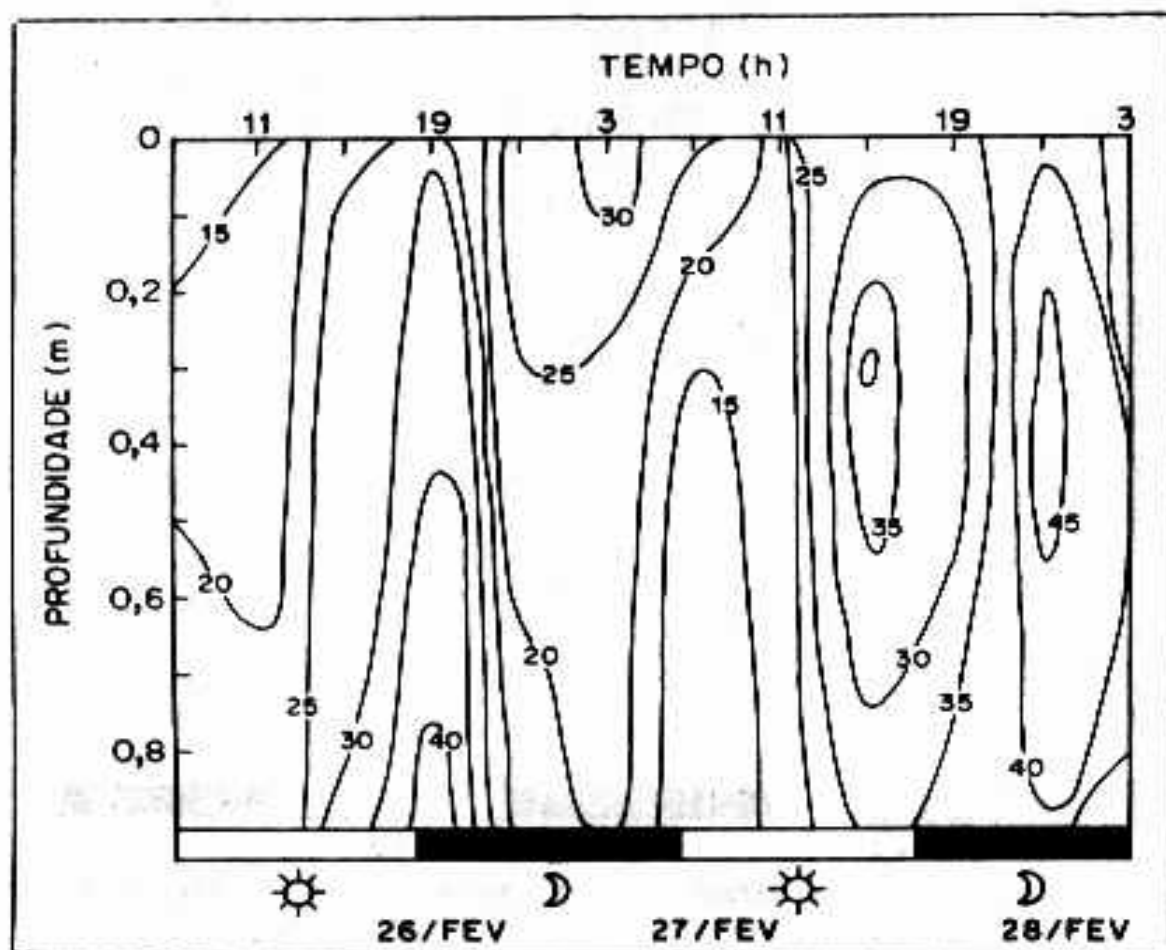


Figura 4 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de nitrato - Lagoa Iodada.

inverso a partir das 23 horas do dia 26 de fevereiro até às 7 horas do dia seguinte. No dia 27 de fevereiro foram constatadas maiores concentrações de nitrato no metalímnio, ficando caracterizada uma estratificação a partir das 15 horas, até aproximadamente 23 horas. Os padrões de distribuição vertical de nitrato, relacionam-se com o perfil térmico da massa d'água, que apresenta uma alternância entre forte estratificação e tendência à desestratificação. Segundo SCHMIDT (1973) que estudou lagos amazônicos, esta variação do padrão de distribuição vertical de nitrato pode estar relacionado a processos de desnitrificação e nitrificação em pequenas camadas da coluna d'água. A distribuição vertical de nitrato para ambas as lagoas, foi semelhante àquela encontrada por TALLING & TALLING (1965) em lagos africanos. Estes autores, encontraram maior concentração na região mais profunda da coluna d'água e maior consumo na parte superior. É importante salientar, que os aumentos de concentração, podem também estar relacionados à precipitação pluviométrica que ocorreu durante o período de estudos. Assim sendo, as precipitações podem contribuir com significativos aportes deste nutriente.

Os diagramas tempo-profundidade da concentração de N-total para ambas as lagoas, estão apresentados nas Fig. 5 e 6. As concentrações de N-total na lagoa Imboacica variaram de 0,30 a 1,51 mg/l. Através da figura pode-se observar pronunciada estratificação de N-total às 19 horas do dia 2 de março nesta lagoa, com concentrações mais elevadas na parte inferior da coluna d'água. Este padrão, no entanto, não ocorreu em outros horários. Na lagoa Iodada, a concentração de N-total variou de 0,40 a 1,40 mg/l. Às 15 horas do dia 26 de fevereiro foi verificada estratificação de N-total com teores mais elevados no metalímnio, neste mesmo período foi observada estratificação térmica pronunciada na coluna d'água (ESTEVES et alii, 1988). Nos demais horários não foi

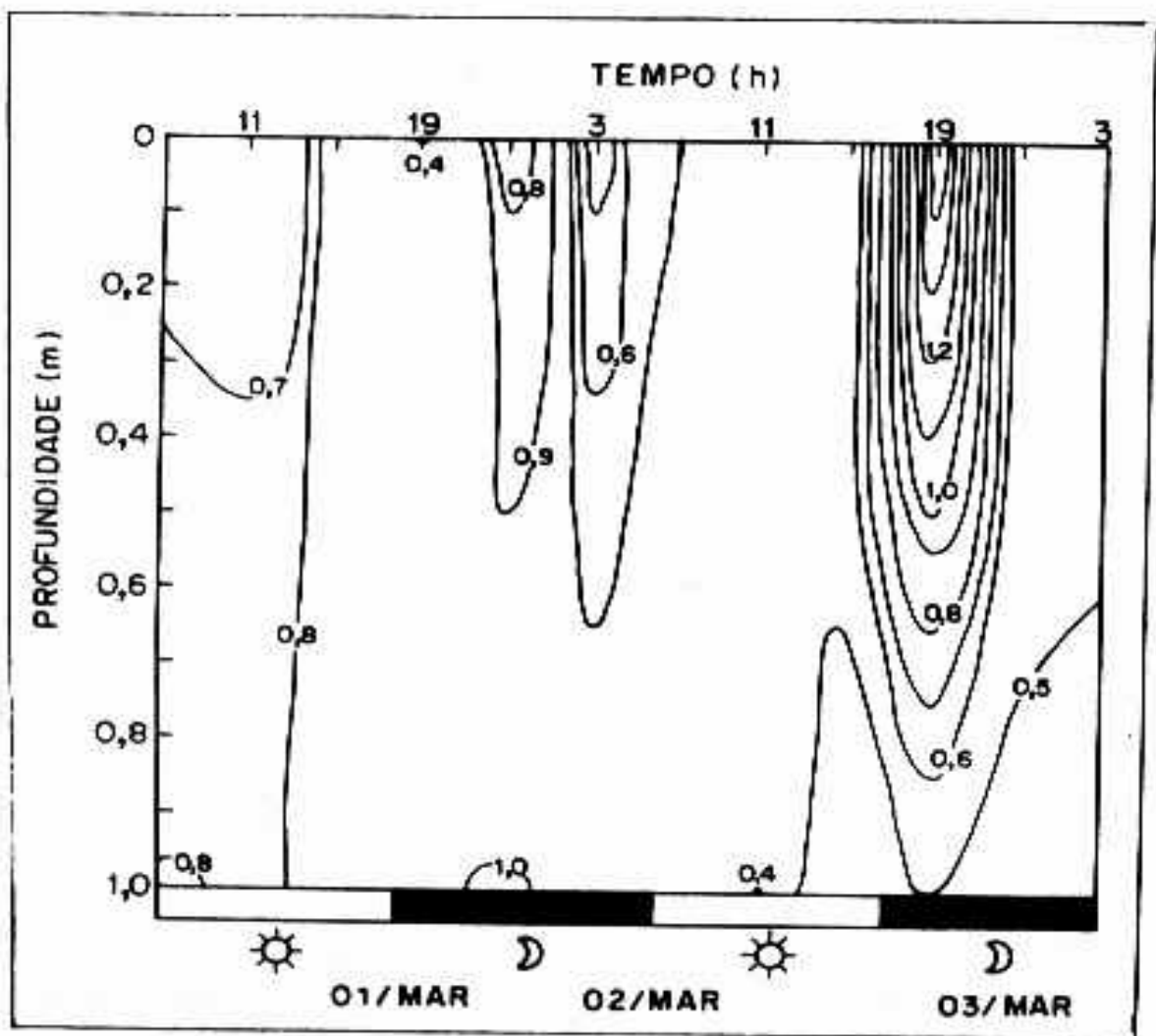


Figura 5 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de nitrogênio total - Lagoa Imboacica.

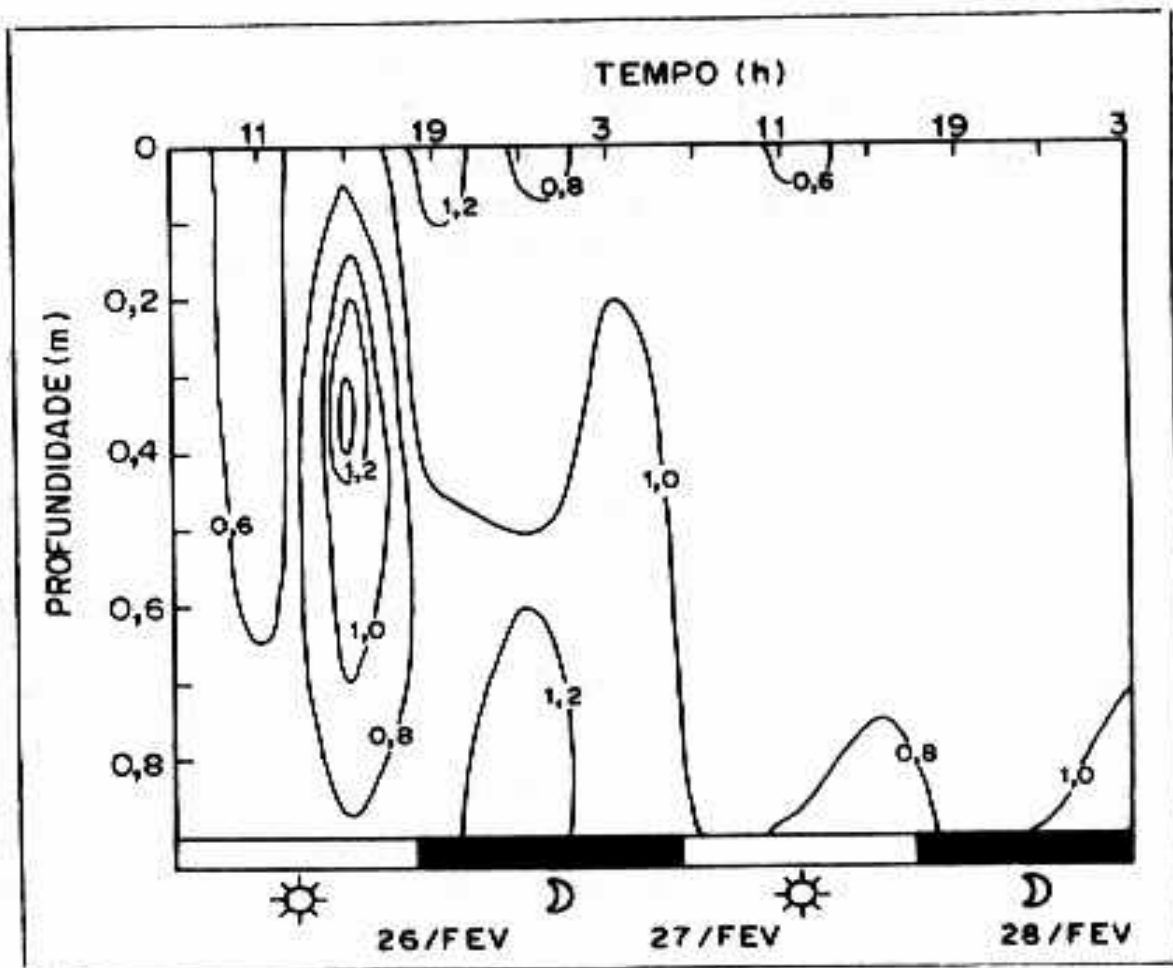


Figura 6 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de nitrogênio total - Lagoa Iodada.

verificada estratificação de N-total na lagoa Iodada.

As concentrações das diferentes formas de fosfatos (P-dissolvido, P-particulado e P-total) analisadas na coluna d'água da lagoa Imboacica (Fig. 7, 8, 9), foram baixas quando comparadas com outros ecossistemas lacustres brasileiros, como por exemplo o lago D. Helvécio (PONTES, 1980), lago do Castanho (SCHMIDT, 1973) e lagoa Carioca (BARBOSA, 1981). Estes baixos teores tornam-se mais evidentes quando se considera que a maior concentração de fosfato detectada, foi de apenas 12,0 µg/l para P-total (20 horas do dia 2 de março). Por outro lado, as concentrações das diferentes formas de fosfatos analisadas na lagoa Iodada foram marcadamente superiores (Fig. 10, 11, 12, 13). Os valores de ortofosfatos variaram entre 7,9 e 25,6 µg/l e as maiores concentrações observadas no período noturno fornecem indicações de que a dinâmica deste nutriente está ligada à atividade fotossintética das comunidades produtoras. O P-total apresentou variação de 29,7 a 51,7 µg/l, e um gradiente negativo com a profundidade. Merece destaque o fato de que às 7 horas do dia 26 de fevereiro, as maiores concentrações de P-dissolvido ocorreram no metalímnio. A forma particulada de fosfato foi aquela que durante todo o período de estudo, ocorreu em maiores concentrações. As maiores concentrações de fosfatos observadas na lagoa Iodada, em relação a lagoa Imboacica, podem ser atribuídas ao fato de que a região limnética da lagoa Iodada é mais fortemente influenciada pela região litorânea, densamente colonizada por macrófitas aquáticas, especialmente *Typha dominguensis*. O cálculo do índice de desenvolvimento de margem ( $D_1$ ) corrobora esta afirmação pois para a lagoa Iodada obteve-se  $D_1 = 3,41$  e para a lagoa Imboacica  $D_1 = 2,13$ . Deste modo, a região litorânea e o ecossistema terrestre adjacente têm maior influência sobre a dinâmica de nutrientes da região limnética da lagoa Iodada do que da lagoa Imboacica.

As Fig. 14 e 15 mostram a distribuição das

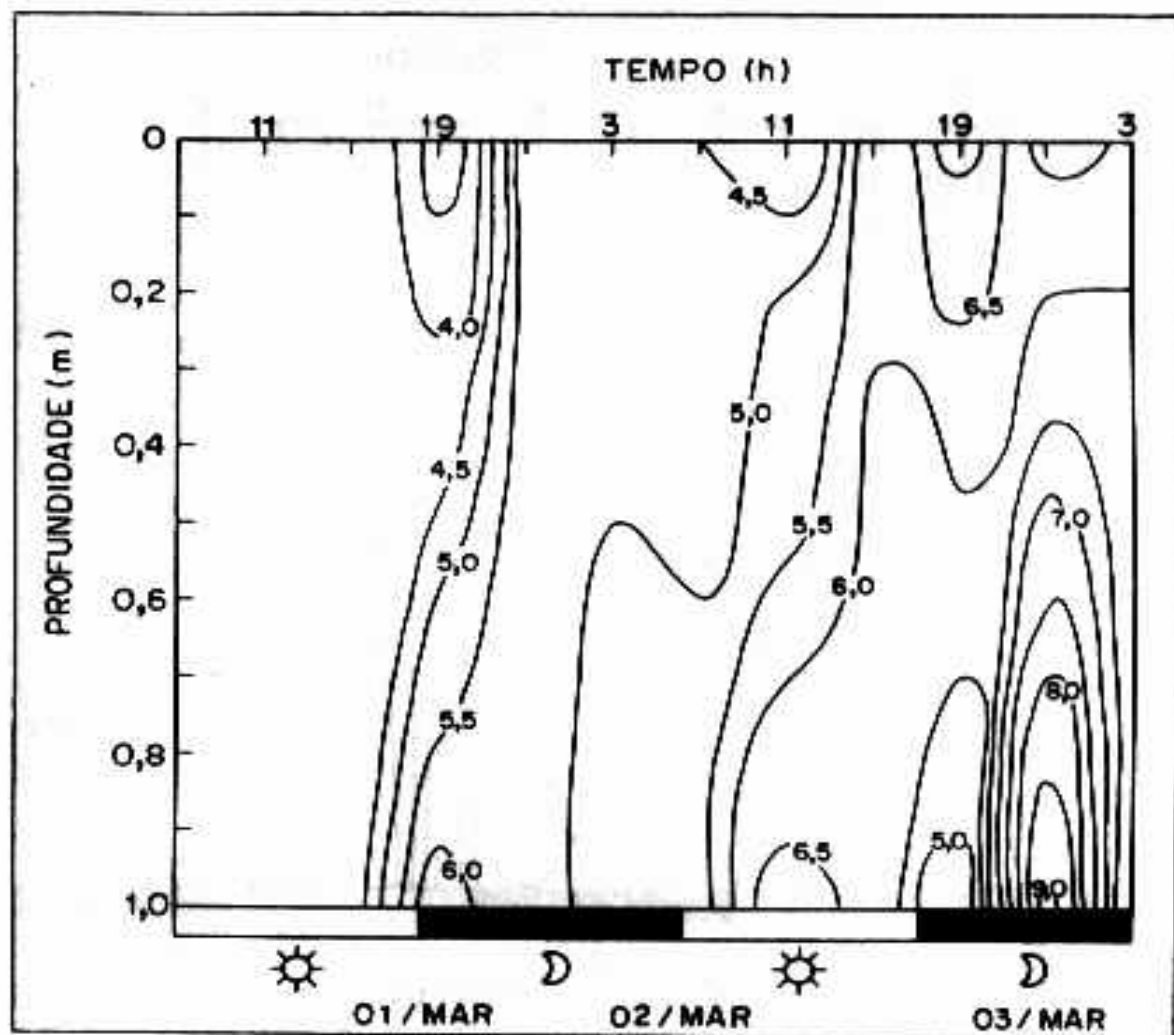


Figura 7 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de fosfato dissolvido - Lagoa Imboacica.

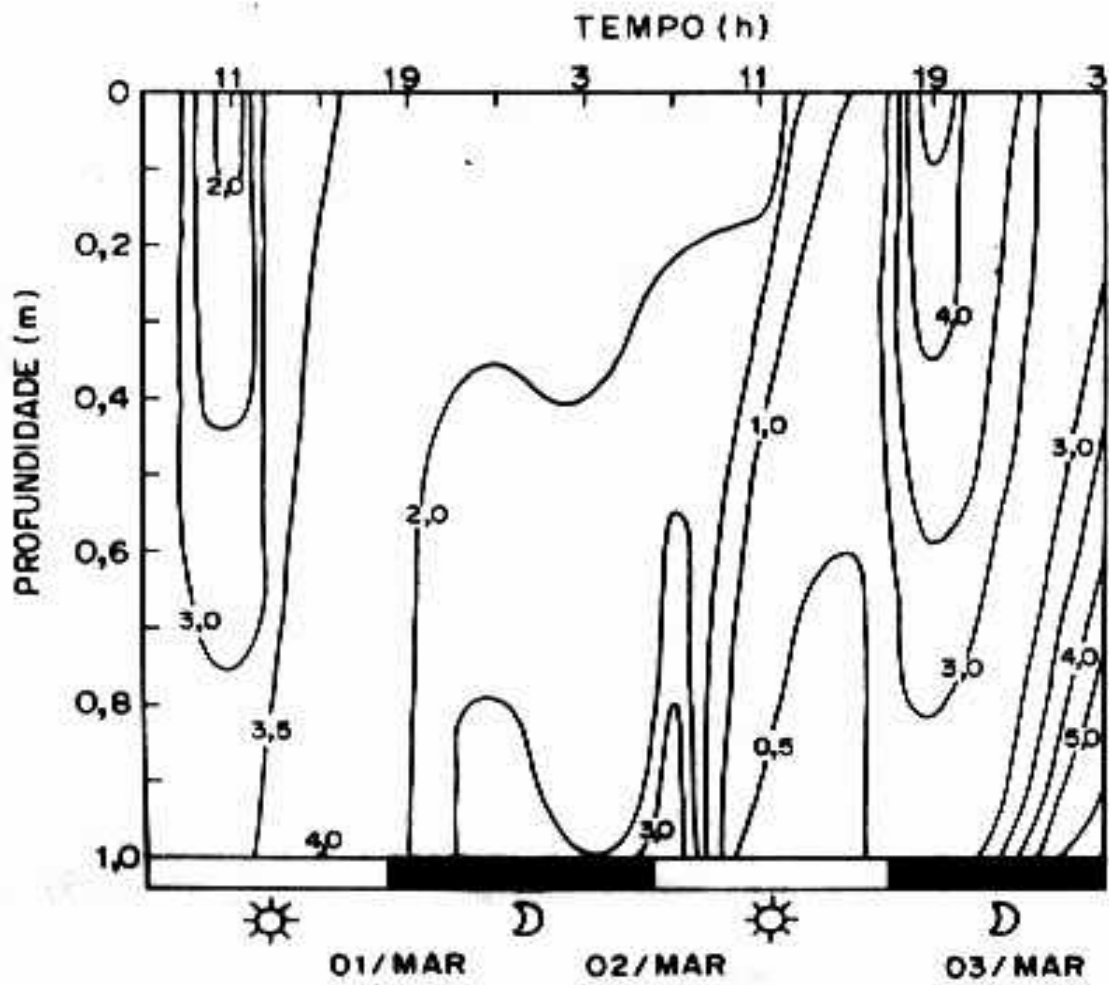


Figura 8 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de fosfato particulado - Lagoa Imboacica.



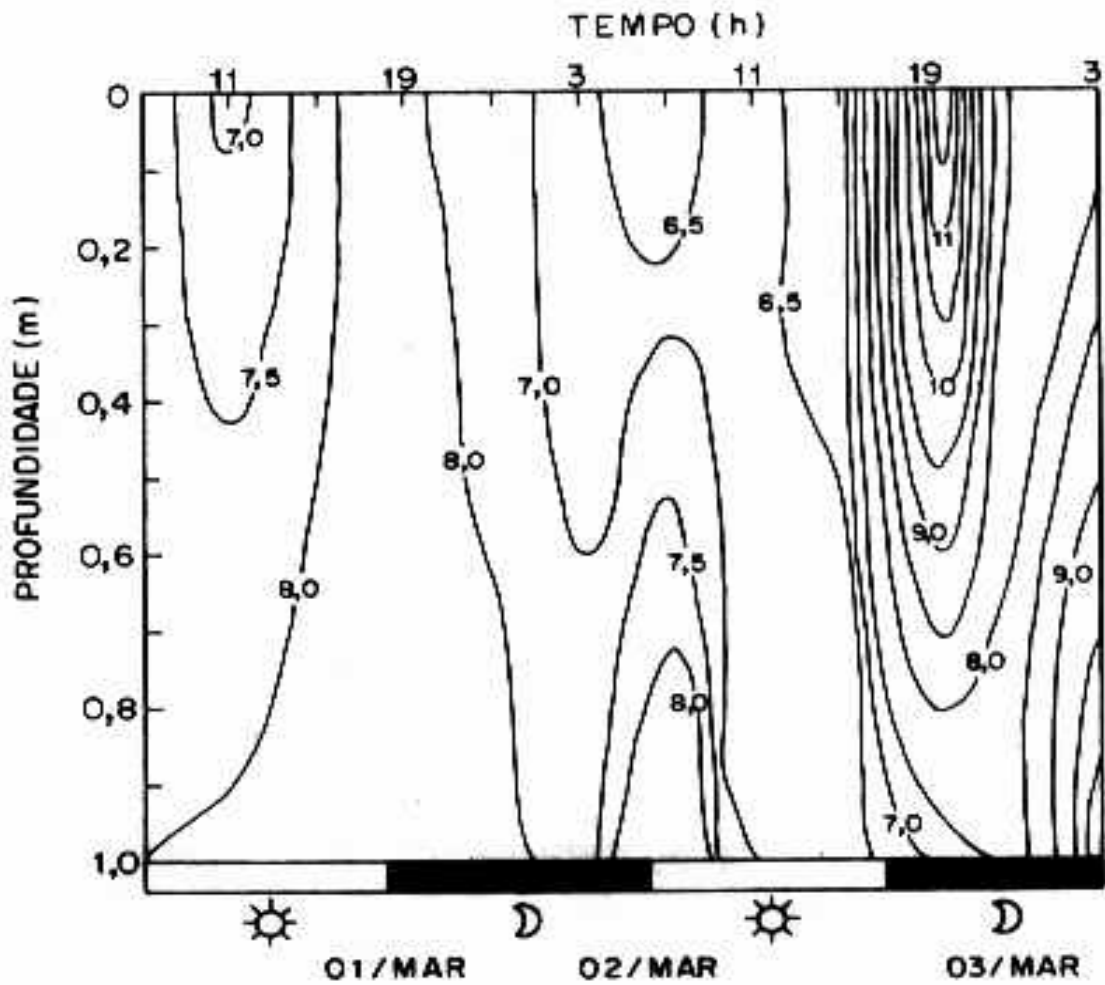


Figura 9 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de fosfato total - Lagoa Inboacica.

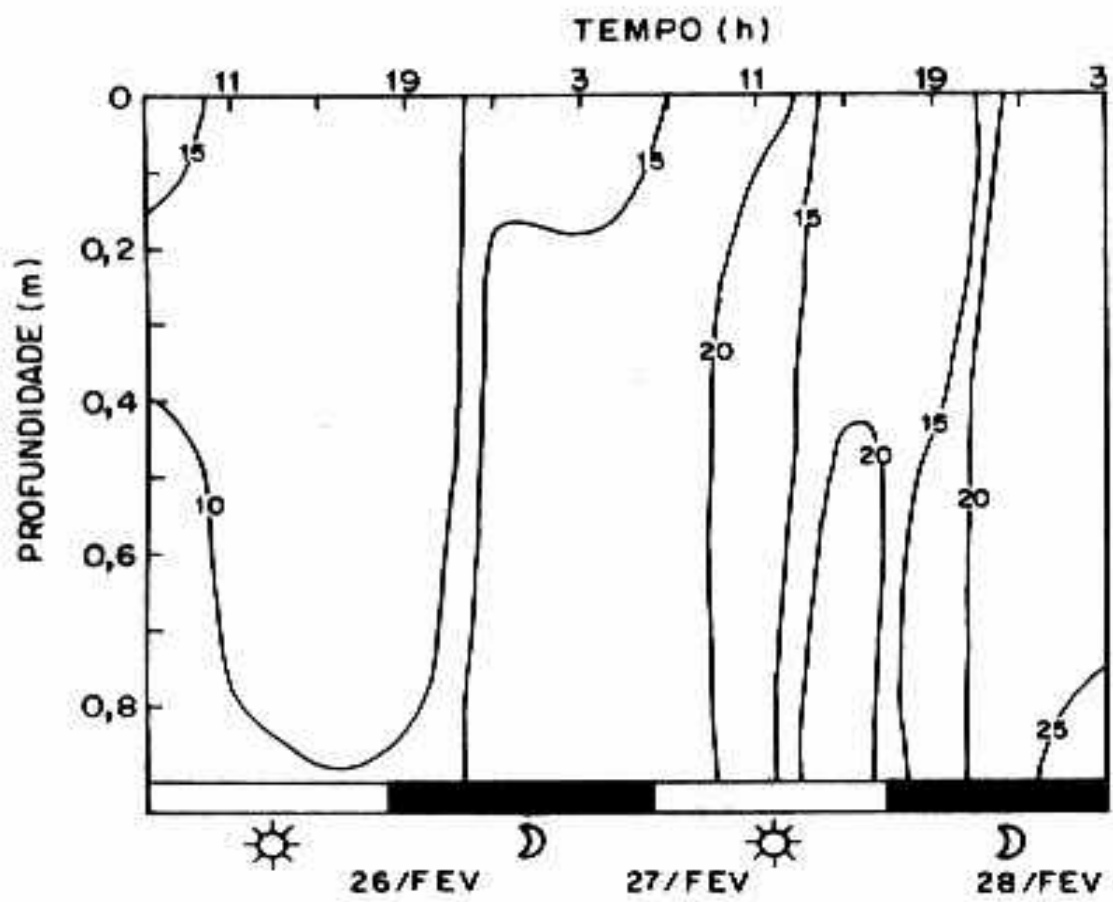


Figura 10 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de ortofosfato - Lagoa Iocada.

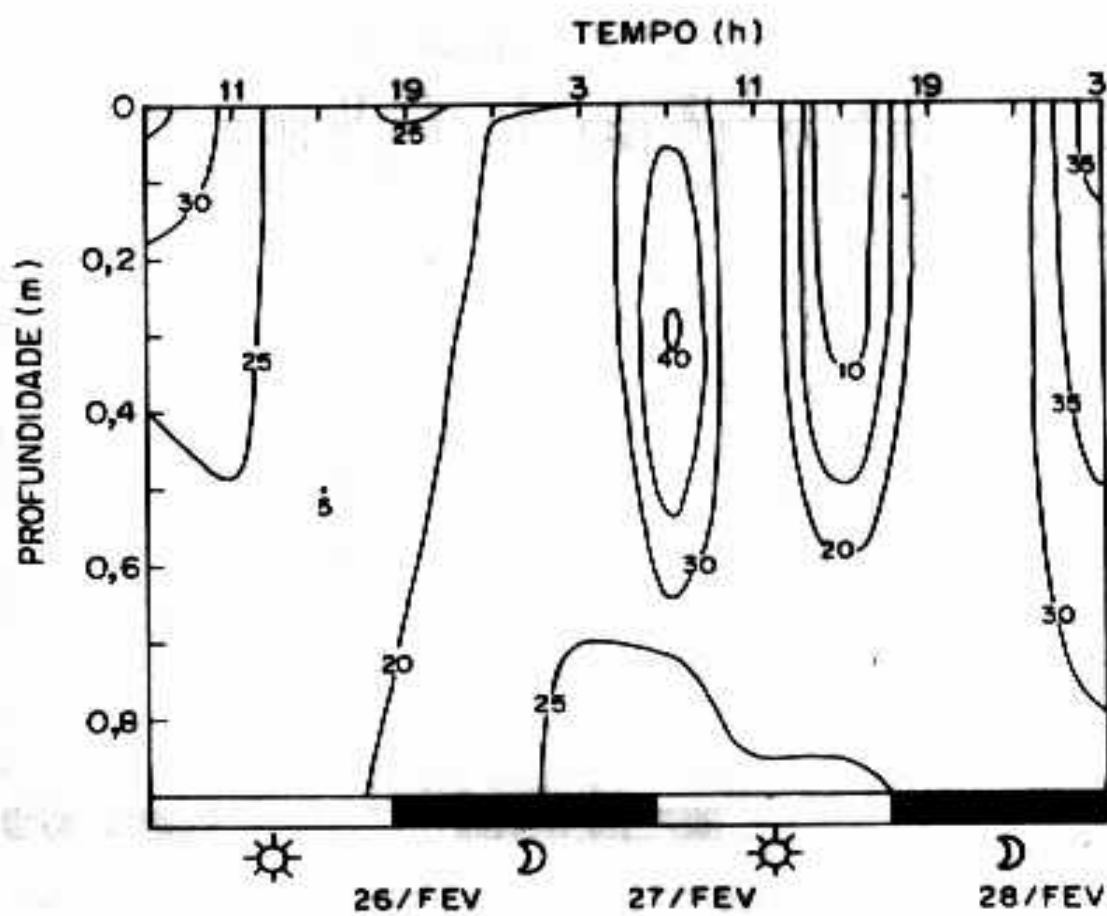


Figura 11 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de fosfato dissolvido - Lagoa Lodada.

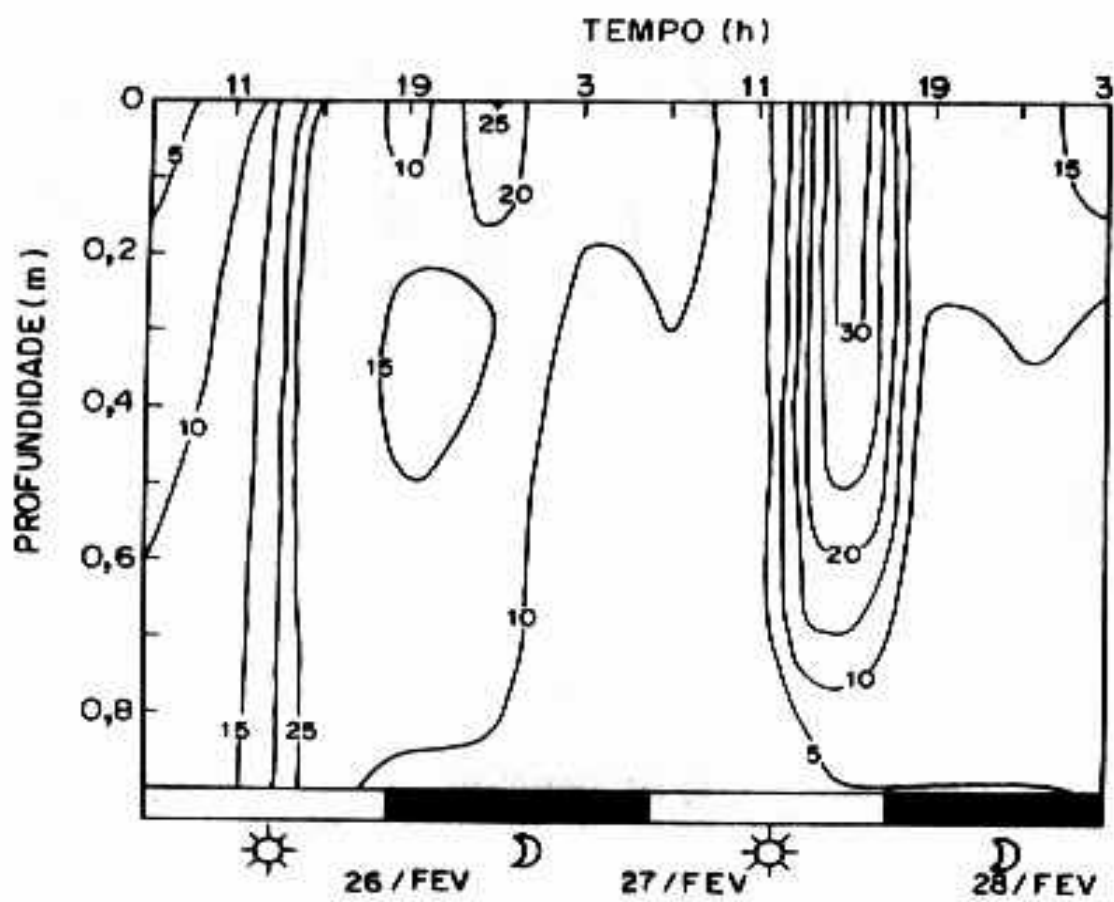


Figura 12 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de fosfato particulado - Lagoa Iodada.

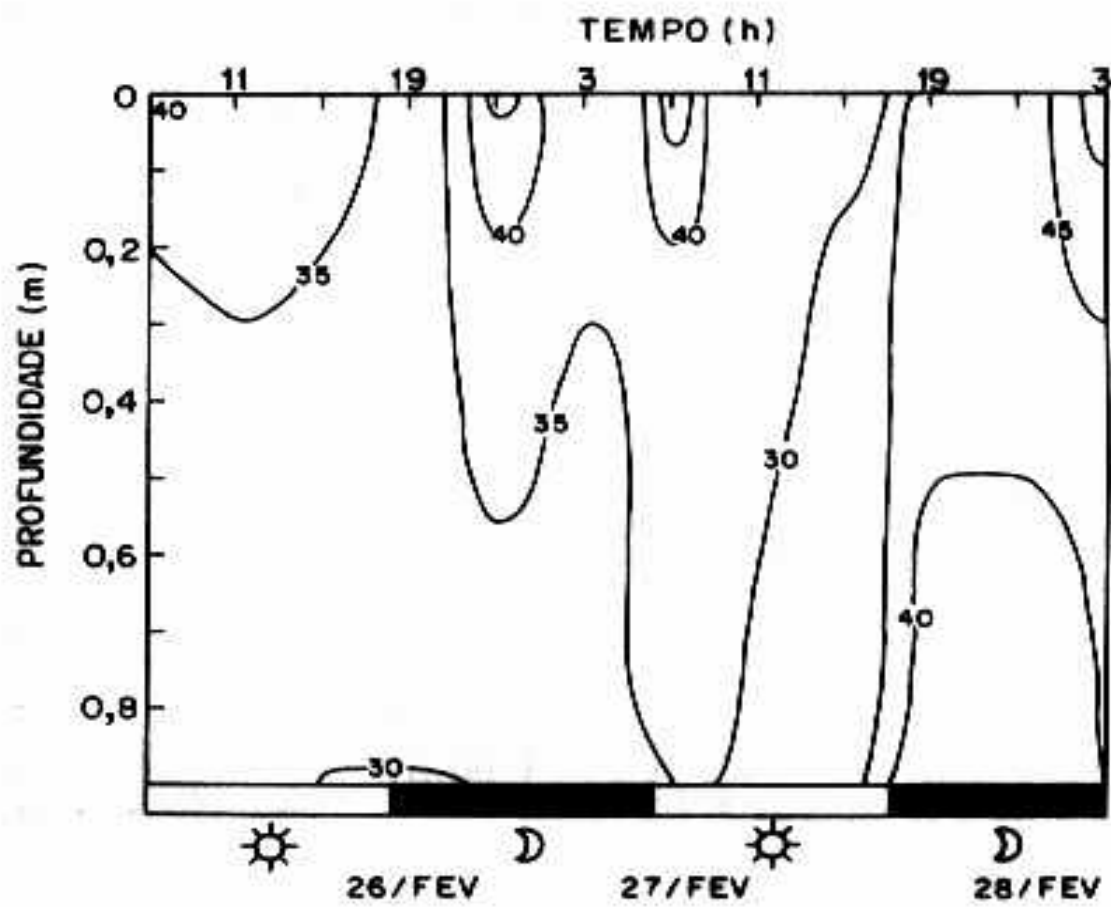


Figura 13 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de fosfato total - Lagoa Iodada.

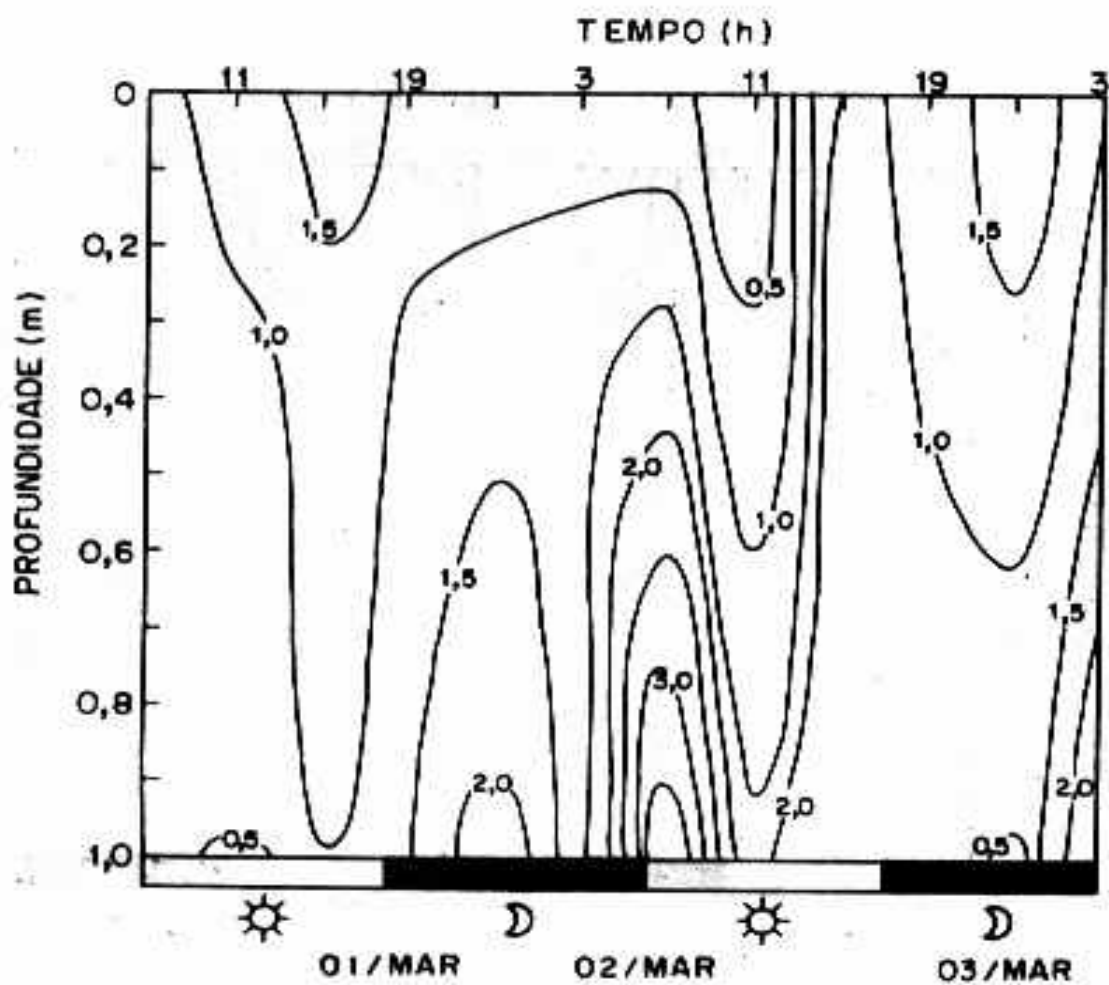


Figura 14 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de clorofila *a* - Lagoa Imboacica.

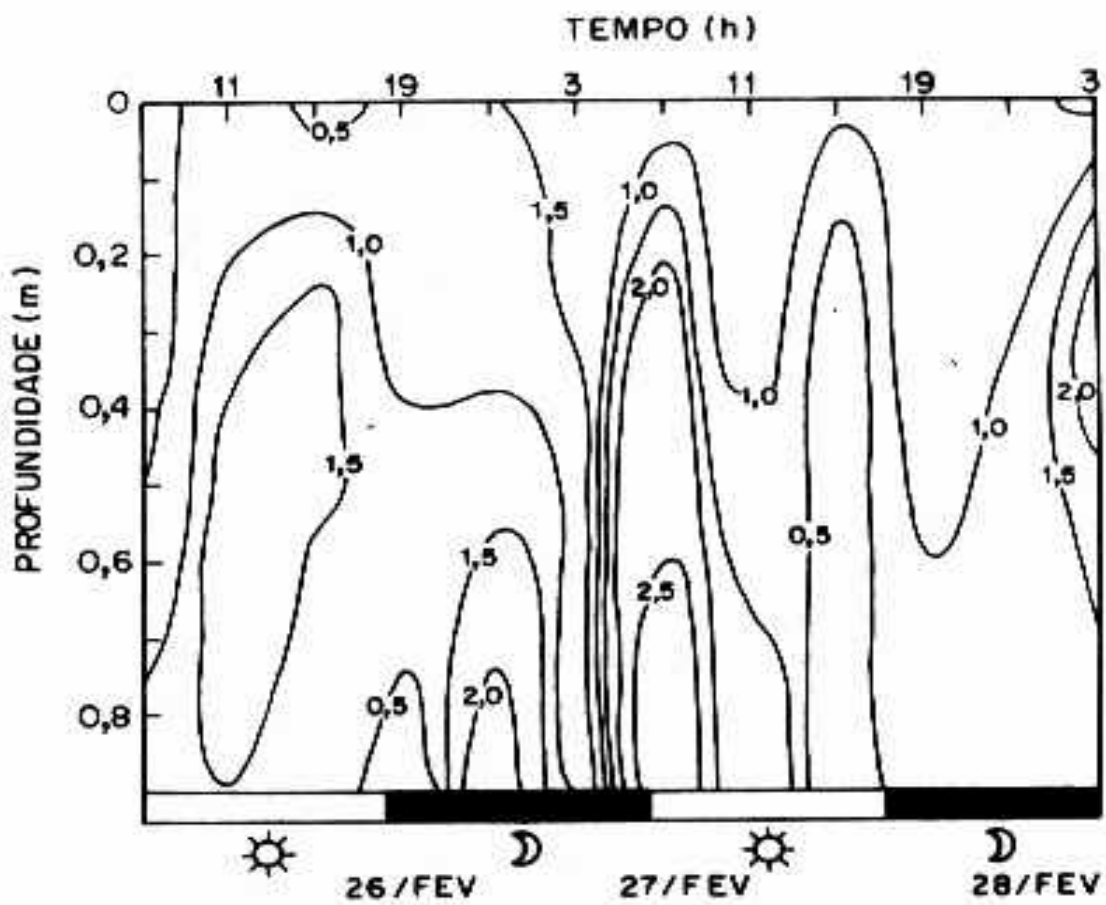


Figura 15 - Diagrama profundidade-tempo para as concentrações de clorofila a - Lagoa Iodada.

concentrações de clorofila a nas lagoas Imboacica e Iodada. Na lagoa Imboacica as concentrações de clorofila a variaram entre 0,30 e 3,70 µg/l. Embora não tenha ocorrido estratificação térmica nesta lagoa, no período de estudo (ESTEVES et alii, 1988), observou-se estratificação de clorofila a às 7 e 11 horas do dia 2 de março, com concentrações mais elevadas nas maiores profundidades. A ocorrência de algas bentônicas, devido ao prolongamento da zona eufótica até a superfície do sedimento, que podem ser resuspendidas durante períodos de ventos mais intensos, devem ser a causa da estratificação de clorofila observada. Os valores de clorofila obtidos na lagoa Iodada variaram de 0,30 a 3,90 µg/l. A distribuição temporal e espacial da clorofila a nesta lagoa mostrou-se muito variável. É nítida a estratificação às 7 horas do dia 27 de fevereiro, com concentrações mais elevadas nas camadas mais profundas da lagoa, no entanto, não se observou padrões de estratificação bem caracterizados em outros horários, embora a estratificação térmica nesta lagoa tenha sido evidente. A alternância entre altas e baixas intensidades luminosas ao longo do dia, resultando em flutuações diurnas na quantidade de clorofila, principalmente nas algas de superfície, também foram observadas por YENTSCH & RYTHER (1957).

As variações nictemerais de nutrientes e clorofila a nas lagoas Imboacica e Iodada, reforçam a hipótese proposta por ESTEVES et alii (1988), de que o posicionamento das lagoas em relação à linha da costa e aos ventos predominantes, são fatores importantes na determinação das características do metabolismo destes ecossistemas lacustres. Embora as duas lagoas tenham apresentado períodos de estratificação e desestratificação de nutrientes e clorofila a, os padrões foram bastante diferenciados. Na lagoa Iodada, a estratificação de determinados nutrientes em algumas horas do dia, apresentando máximo de concentração no metalimnio,



evidencia a importância das estratificações térmicas, tal qual observada nesta lagoa, devido à pouca ação do vento sobre o ecossistema. Por outro lado, as estratificações de nutrientes e clorofila a observadas na lagoa Imboacica com valores máximos nas porções mais profundas da coluna d'água, provavelmente se relacionam com a forte influência das brisas marítimas sobre o ecossistema, pois embora homogeneizem termicamente a coluna d'água, promovem a resuspensão das camadas superficiais do sedimento provocando as estratificações químicas.

Outros fatores também devem influenciar o comportamento temporal e espacial da distribuição de nutrientes e clorofila nestas duas lagoas, tais como: 1) a maior influência da região litorânea e do ecossistema terrestre adjacente, no caso da lagoa Iodada; 2) a ocorrência de chuvas que podem contribuir com um aporte ou uma diluição de nutrientes nas camadas superficiais da coluna d'água e 3) a variação do nível de maré que pode alterar a altura do lençol freático, provocando um fluxo de água ascendente ou descendente no sedimento lacustre.

As variações nictemerais observadas nestas duas lagoas mostram a importância de investigações desta natureza para a compreensão do metabolismo destes ecossistemas e a grande influência que fatores alóctones podem ter sobre lagoas costeiras.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, F.A.R. Variação diurna (24 hs) dos parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton da lagoa Carioca-Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil. São Carlos, UFSCar, 1981. 206 p. (Tese)
- CAMARGO, A.F.M. & MIYAI, R. Caracterização limnológica do lago Curuça: lago de várzea do Rio Trombetas (Águas Cla-

- ras), Pará. Acta Limnol. Bras., 2: 153-80, 1988.
- ESTEVEVES, F.A.; ISHII, I.H.; CAMARGO, A.F.M. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L.D.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R., org. Restingas: origem, estrutura, processos. Niterói, CEUFF, 1984. p. 443-54.
- ESTEVEVES, F.A.; BOZELLI, R.L.; CAMARGO, A.F.M.; ROLAND, F.; THOMAZ, S.M. Variação diária (24 horas) de temperatura, O<sub>2</sub> dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. Acta Limnol. Bras., 2: 99-127, 1988.
- ESTEVEVES, F.A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP, 1988. 575 p.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2. ed. Oxford, 1978. 213 p. (Handbook, 8).
- KJERFVE, B.; KNOPPERS, B.A.; MOREIRA, P.; TURCG, B. Hydrological regimes in Guarapina Lagoon, a shallow coastal brazilian lagoon. Acta Limnol. Bras. (no prelo).
- KNOPPERS, B.A. & TURCG, B. Aspectos hidrológicos da Lagoa de Guarapina (RJ) em relação à maré durante uma época de alta precipitação. Ci. e Cult., Supl., 37: 567, 1985.
- KNOPPERS, B.A. & MOREIRA, P.F. Matéria orgânica em suspensão e a sucessão do fitoplâncton na Lagoa de Guarapina, R.J. Acta Limnol. Bras. (no prelo).
- MACKERETH, F.J.H. et alii. Water analysis: some revised

methods for limnologists. England, Freshwater Biological Association, 1978. 121 p.

MELACK, J.M. & FISHER, T.R. Diel oxygen variation and their ecological implications in Amazon flood-plain lakes. Arch. Hydrobiol., 98(4): 422-42, 1983.

MOREIRA, P.F. & KNOPPERS, B.A. Ciclo anual de nutrientes e produção primária na lagoa de Guarapina, RJ. Acta Limnol. Brasil. (no prelo).

PONTES, M.C.F. Produção primária, fitoplâncton e fatores ambientais no lago D. Helvécio, Parque Florestal do Rio Doce-MG. São Carlos, UFSCar, 1980. 293 p. (Dissertação).

OLIVEIRA, L.H. Estudo hidrobiológico das lagoas de Piratininga e Itaipu. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 46: 673-718, 1948.

\_\_\_\_\_. Limnologische Notizen über die Rio de Janeiro Lagunen. Arch. Hydrobiol., 55: 238-63, 1959.

OLIVEIRA, L.H. & KRAU, L.M.A. Observações biogeográficas durante a abertura da Barra da Lagoa de Saquarema. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 53: 436-49, 1955.

OLIVEIRA, L.H.; NASCIMENTO, R.; KRAU, L.M.A. Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a lagoa de Maricá. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 53: 171-227, 1955.

SCHMIDT, G.W. Primary production of phytoplankton in three types of amazonian waters. Amazoniana, 2: 135-38, 1973.

TALLING, J.F. & TALLING, I.B. The chemical composition of African lake waters. Int. Rev. Gesamt Hydrobiol., 50:

421-63, 1965.

YENTSCH, C.S. & RYTHER, J.H. Short-term variations in phytoplankton chlorophyll and their significance. Limnol. Oceanogr., 2: 140-42, 1957.

#### AGRADECIMENTOS

Somos gratos aos colegas Francisco A. Rodrigues Barbosa e Iria Ishii pela ajuda nos trabalhos de campo, aos colegas do Laboratório de Limnologia do Departamento de Ecologia da UFRJ pelas valiosas discussões e sugestões, e ao CNPq pelo apoio financeiro.

#### ENDEREÇO DOS AUTORES

BOZELLI, R.L.; ROLAND, F.; ESTEVES, F.A.

Departamento de Ecologia/Instituto de Biologia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
21941 Rio de Janeiro - RJ

THOMAZ, S.M.

Nupelia - Universidade Estadual Maringá  
Av. Colombo, 3690  
Maringá - PR