

Variação nictemeral da clorofila *a*, produção primária do fitoplâncton e fatores ambientais da região de Ubatuba (Lat. 23°30'S Long. 45°06'W)

Clovis TEIXEIRA* & Salvador Airton GAETA*

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
(Caixa Postal 9075, 01051 São Paulo, SP)

- **Abstract:** A series of experiments with natural phytoplankton populations was carried out to study the diel variation of chlorophyll *a*, primary production and some environmental factors. Samples were collected from surface over a period of 24 hours and always from one fixed station located in Flamengo Inlet, Ubatuba region, southern Brazil. The experiments were performed *in situ* and simulated conditions to verify the patterns of diel cycles of both biotic and abiotic factors. The results obtained showed that diel variations were markedly pronounced mainly in relation to primary production and chlorophyll *a*. Diel variations of biological factors seems to be due to exogenous and endogenous phenomena.
- **Descriptors:** Photosynthesis, Chlorophyll *a*, Diel variation, Primary production, Environmental conditions, Ubatuba: SP.
- **Descritores:** Fotossíntese, Clorofila *a*, Variação nictemeral, Produção primária, Fatores ambientais, Ubatuba: SP.

Introdução

Um dos aspectos fundamentais para a obtenção de dados sobre a produção primária de um ecossistema marinho com maior acurácia e de alto significado para a confecção de modelos, refere-se aos conhecimentos obtidos a partir dos estudos e da determinação da periodicidade nictemeral (atividades cíclicas de 24 h compreendidas pelo dia e noite), não só do fitoplâncton, como também das características ambientais. Os ritmos biológicos caracterizam-se pela recorrência, a intervalos regulares, de eventos bioquímicos, fisiológicos e comportamentais (Aschoff, 1981).

Desde o trabalho de Doty & Oguri (1957), sugerindo a existência do ritmo nictemeral na atividade fotossintética do fitoplâncton marinho, têm sido apresentados inúmeros estudos de campo e de laboratório, documentando o fenômeno. Várias pesquisas têm demonstrado que a capacidade fotossintética (F max) assim como a eficiência fotossintética (*a*) do fitoplâncton natural variam durante o dia geralmente com valores máximos e com valores mínimos ocorrendo a noite (Gargas *et al.*, 1979; Prezelin & Ley, 1980; Teixeira, 1980;1982, etc.). Muito embora seja reconhecido

que as oscilações nictemeraias periódicas da capacidade fotossintética sejam em parte controladas pelo "relógio biológico" da célula (Hastings *et al.*, 1961, etc.), os fatores ambientais podem também alterar significativamente a natureza deste ritmo.

A variação nictemeral da fotossíntese pode influir decisivamente sobre dois eventos de significância concernente a um ecossistema aquático: 1) sobre a determinação da produção primária quando se considerar a amplitude do ritmo, assim como o período do dia escolhido para conduzir as medidas da produção primária afetando, por conseguinte, os cálculos da mesma; 2) com relação à amplitude e/ou fase do ritmo da fotossíntese, poder refletir também o estado fisiológico e, em particular o *status* do fitoplâncton em relação aos nutrientes (Harding *et al.*, 1982).

O desenvolvimento deste trabalho objetiva determinar o comportamento das populações naturais do fitoplâncton em termos das variações da fotossíntese e da clorofila *a* durante o ciclo nictemeral e verificar as possíveis influências exógenas e endógenas sobre a fotossíntese e a clorofila *a*.

Material e métodos

A área de coletas está localizada na Lat. 23°30'S - Long. 45°06'W, Brasil (Fig. 1). As coletas foram

(*) Professor Associado do Centro de Biologia Marinha - USP.
Contr. nº 723 do Inst. oceanogr. da Usp.

realizadas durante as vinte quatro horas (dia e noite) em oito dias, seguindo-se dois esquemas: 1) a cada três horas a amostra era coletada diretamente da superfície do mar (amostra renovada); 2) no início de cada experimento cerca de 30 a 60 l de água eram coletados e armazenados num recipiente de plástico transparente e previamente lavado várias vezes, permanecendo na superfície do mar exatamente no ponto de coleta. Da amostra armazenada, foram retiradas sub-amostras a cada três horas de intervalo, a fim de se realizar os experimentos. Para os experimentos fotossintéticos foram utilizados 12 frascos "pyrex" obedecendo-se o seguinte esquema: dois frascos transparentes e um preto foram encheidos com os dois tipos de amostras (renovadas e armazenadas). Em cada amostra foi adicionada uma ampola de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, contendo uma atividade de $10,0 \mu\text{Ci}$. A incubação foi de três horas, imediatamente seguida de filtração sob baixa pressão, sempre em série de três frascos de maneira concomitante, utilizando-se filtros "Millipore" HA. A incubação simulada foi realizada num incubador contendo seis lâmpadas (Philips W/33-20 W) por gaveta, submetida à circulação de água que permitiu a manutenção da temperatura desejada. O sistema de iluminação proporcionou um fluxo de energia da ordem de $350 \mu\text{E cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, medida efetuada com um "quanta-meter" modelo Lambda Li-185.

A radioatividade das amostras foi determinada num espectrômetro de cintilação líquida, modelo TRI-CARB C-2425 da Packard, empregando-se o líquido cintilador (Bray, 1960).

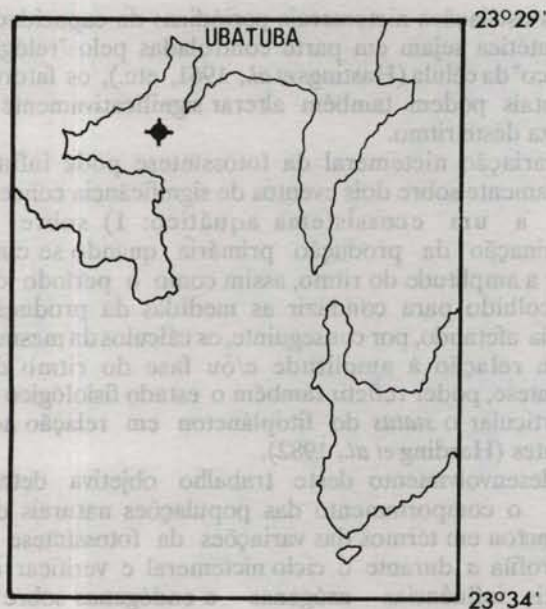


Fig. 1. Mapa da região da Enseada do Flamengo mostrando a posição do ponto de coleta.

A clorofila *a* total foi determinada segundo Strickland & Parsons (1968). A radiação solar foi medida usando-se um actinógrafo bi-metálico de R. Fuess, seg. Robitzsch, calibrado contra um actinógrafo padrão.

A temperatura da água foi determinada com um termômetro com a precisão de $0,1^\circ\text{C}$ e o oxigênio dissolvido pelo método de Winkler. A salinidade foi determinada empregando-se um salinômetro Kahlsico, modelo 118 WA-200. O fosfato inorgânico foi determinado segundo Strickland & Parsons (1968) e o nitrato pelo método de Mullin & Riley (1955).

Resultados

Parâmetros Físicos e Químicos

De um modo geral, dos parâmetros estudados, não foram constatadas grandes variações entre os diferentes meses estudados, ficando evidenciada, contudo, uma variação nictemeral em relação a alguns fatores medidos ou determinados.

Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (Tab. 1) apresentou variação nictemeral com valores máximos mais altos no verão ($3,26$ a $4,96 \text{ ml l}^{-1}$), sendo que no inverno os valores variaram de $3,78$ a $4,80 \text{ ml l}^{-1}$. Com relação aos valores de saturação, variaram de $70,98$ a $110,09\%$ (Tab. 2), sendo nitidamente maiores durante o verão, provavelmente devido à maior atividade biológica.

Tabela 1. Concentração de oxigênio dissolvido (ml/l) da superfície durante as horas de coleta de um dia

Hora	1978					1979		
	FEV.	MAR.	ABR.	JUN.	JUL.	AGO.	MAR.	OUT.
06:00	4,12	4,01	3,26	3,98	4,05	4,11	3,97	4,00
09:00	4,29	4,75	3,97	4,05	4,30	4,38	4,63	3,99
12:00	4,51	4,50	3,90	4,10	4,22	4,64	4,45	4,08
15:00	4,54	4,80	3,86	4,00	4,43	4,80	4,30	3,96
18:00	4,12	4,96	3,88	3,85	4,30	4,73	4,41	3,95
21:00	4,15	4,18	3,84	4,04	4,04	4,25	3,92	3,81
24:00	4,08	3,86	3,67	3,78	4,13	4,11	3,87	3,77
03:00	4,00	3,95	3,77	3,90	4,05	4,09	3,49	3,45

Tabela 2. Porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido da superfície durante as horas de coleta de um dia

Hora	1978					1979		
	FEV.	MAR.	ABR.	JUN.	JUL.	AGO.	MAR.	OUT.
06:00	91,35	88,91	71,80	80,40	80,83	80,11	82,19	82,30
09:00	96,83	103,95	89,01	81,00	89,02	85,31	102,66	82,09
12:00	103,44	103,21	87,44	82,82	87,37	93,73	98,66	85,35
15:00	103,21	110,09	87,44	80,80	91,71	96,96	95,34	83,01
18:00	93,00	97,70	85,46	77,77	97,92	93,84	97,78	81,27
21:00	93,67	94,35	84,58	80,80	83,64	84,32	86,80	78,39
24:00	92,09	85,58	79,43	76,36	85,50	81,54	85,80	77,57
03:00	90,29	87,58	80,21	77,68	82,31	79,72	77,38	70,98

Salinidade

Os valores referentes à salinidade (Tab. 3), variaram de 32,06 a 34,70‰, não ficando definida, entretanto, nenhuma variação nictemeral bem determinada.

Temperatura da água

A maior variação nictemeral encontrada foi de 3,30°C (abril/1978) e a menor foi de 0,15°C (março/1979). Sazonalmente, os mesmos valores foram registrados entre junho e agosto (mínimo de 21,0°C) e o máximo ocorreu em fevereiro/1978, atingindo 30,50°C (Tab. 4).

Tabela 3. Salinidade (‰) da superfície durante as horas de coleta de um dia

Hora	1978					1979		
	FEV.	MAR.	ABR.	JUN.	JUL.	AGO.	MAR.	OUT.
06:00	34,37	34,81	33,57	33,78	34,10	32,38	34,20	33,70
09:00	34,20	34,41	33,40	33,84	33,53	33,40	34,18	32,80
12:00	34,45	34,57	32,97	33,87	33,46	33,14	34,35	33,10
15:00	34,40	34,48	33,49	33,64	34,13	33,19	33,90	34,05
18:00	34,15	34,63	33,19	33,61	34,00	32,98	34,10	34,10
21:00	34,00	34,54	33,13	32,83	33,79	32,06	34,15	34,17
24:00	34,20	34,70	33,23	33,51	33,83	32,38	34,20	33,95
03:00	34,35	34,70	32,83	33,42	34,01	32,43	34,17	33,89

Tabela 4. Temperatura (°C) da superfície durante as horas de coleta

Hora	1978					1979		
	FEV.	MAR.	ABR.	JUN.	JUL.	AGO.	MAR.	OUT.
06:00	27,80	28,20	28,10	23,10	22,00	21,00	28,00	24,00
09:00	28,40	29,80	29,30	22,50	23,50	22,00	28,00	24,10
12:00	30,00	30,10	29,30	22,50	24,00	23,00	28,10	24,70
15:00	30,50	30,15	28,40	23,00	24,00	23,00	28,15	24,65
18:00	29,70	30,00	28,30	23,00	24,00	22,00	28,15	23,95
21:00	29,00	29,00	28,00	22,50	24,00	22,00	28,10	23,80
24:00	28,30	28,20	27,00	22,50	24,00	22,00	28,10	23,85
03:00	28,20	28,00	26,00	22,30	23,30	21,00	28,10	23,70

Nitrato e Fosfato

Foi verificada a variação nictemeral para os dois compostos sem apresentar, entretanto, nenhum padrão definido. O nitrato variou de 0,04 a 0,54 μM no verão, e de 0,03 a 0,30 μM no inverno. O fosfato variou de 0,04 a 0,22 μM no inverno, e de 0,05 a 0,19 μM no verão (Tabs 5 e 6).

Tabela 5. Concentração de nitrato (μM) da superfície durante as horas de coleta de um dia

Hora	1978					1979		
	FEV.	MAR.	ABR.	JUN.	JUL.	AGO.	MAR.	OUT.
06:00	0,05	0,54	0,31	0,03	0,26	0,17	0,18	0,02
09:00	0,08	0,17	0,22	0,11	0,13	0,08	0,20	0,03
12:00	0,10	0,39	0,19	0,04	0,01	0,10	0,14	0,02
15:00	0,04	0,49	0,19	0,15	0,24	0,17	0,09	0,04
18:00	0,09	0,22	0,10	0,05	0,30	0,09	0,13	0,05
21:00	0,10	0,49	0,10	0,22	0,18	0,11	0,23	0,04
24:00	0,07	0,49	0,20	0,15	0,14	0,07	0,19	0,05
03:00	0,04	-	0,19	0,13	0,10	0,08	0,21	0,08

Marés

A maré média alcança o nível de 1,20 m e as grandes marés o nível de 2,00 m (Schaeffer-Novelli, 1976). Os valores registrados para os diferentes níveis de marés, variaram de 0,43 a 1,58 m no inverno e 0,42 a 1,45 m no verão.

Tabela 6. Concentração de fosfato (μM) da superfície durante as horas de coleta de um dia

Hora	1978						1979	
	FEV.	MAR.	ABR.	JUN.	JUL.	AGO.	MAR.	OUT.
06:00	0,11	0,19	0,23	0,09	0,11	0,09	0,08	0,02
09:00	0,10	0,10	0,07	0,07	0,17	0,04	0,24	0,01
12:00	0,14	0,08	0,16	0,19	0,14	0,05	0,10	0,01
15:00	0,11	0,03	0,12	0,08	0,22	0,05	0,10	0,01
18:00	0,08	0,08	0,07	0,04	0,17	0,06	0,09	0,00
21:00	0,17	0,16	0,03	0,09	0,17	0,07	0,08	0,01
24:00	0,09	0,12	0,14	0,09	0,17	0,06	0,11	0,01
03:00	0,05	-	0,07	0,06	0,17	0,05	0,13	0,01

Precipitação Pluviométrica

Apresenta um regime caracterizado por um ciclo sazonal bem definido, pelo menos durante o intervalo de tempo considerado, com um máximo no verão e um mínimo durante o inverno (Tab. 7).

Tabela 7. Precipitação pluviométrica total mensal (mm).

Mês	Ano	Precipitação (mm)
Fevereiro	1978	242,3
Março	1978	113,6
Abril	1978	106,5
Junho	1978	61,3
Julho	1978	17,8
Agosto	1978	43,6
Março	1979	358,9
Outubro	1979	96,9

Radiação Solar

Os dados de radiação solar global mostram valores máximos sempre no verão e os mínimos no inverno, ocorrendo em determinados dias uma acentuada assimetria no ciclo diário (Figs 2 e 3).

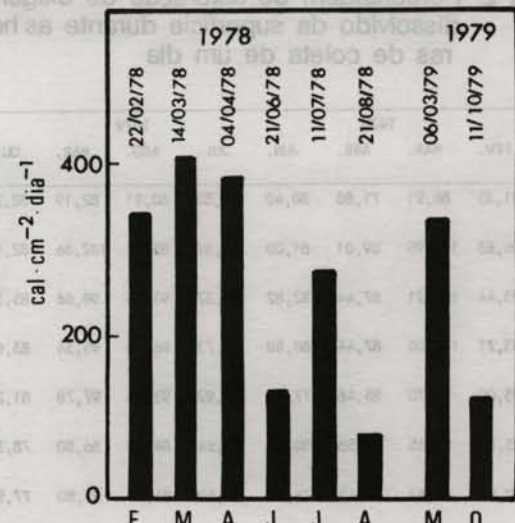


Fig. 2. Radiação solar global ocorrida durante os dias em que foram efetuados os experimentos.

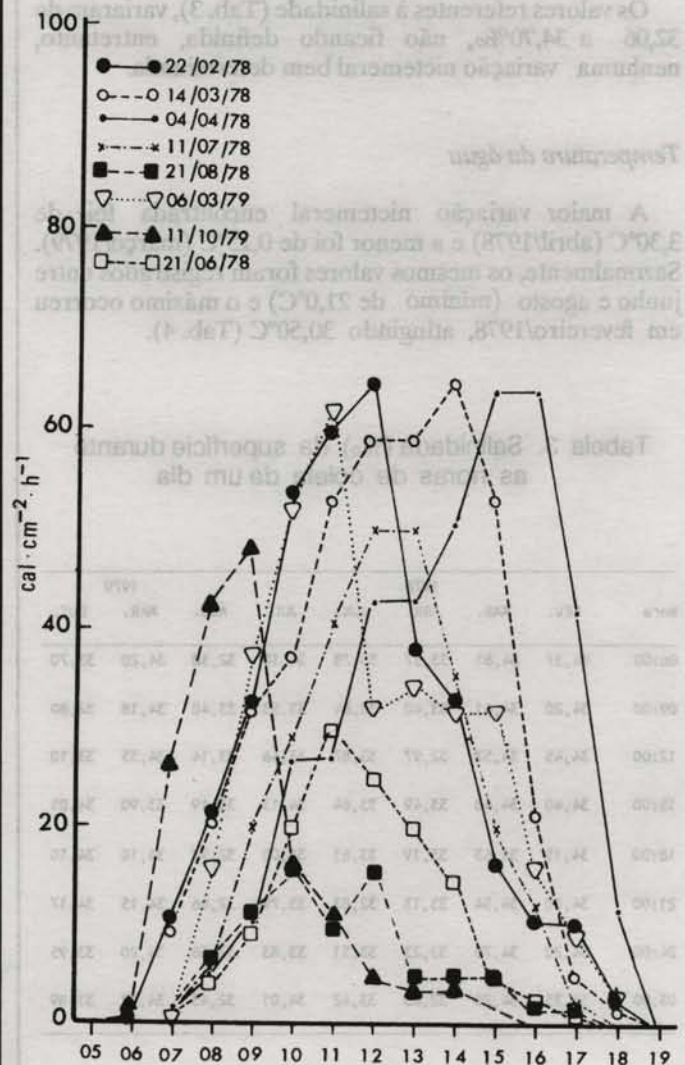


Fig. 3. Curvas diárias da radiação solar global mostrando as diferentes características estacionais.

Temperatura do Ar

A amplitude foi de 6,0°C. A média mensal da temperatura do ar durante os meses em que foram realizados os experimentos se encontra na Tabela 8.

Tabela 8. Média mensal da temperatura do ar (°C) durante os meses em que foram realizados experimentos

Mês	Ano	Temperatura (°C)
Fevereiro	1978	25,82
Março	1978	25,51
Abril	1978	22,80
Junho	1978	19,80
Julho	1978	21,43
Agosto	1978	20,78
Março	1979	25,93
Outubro	1979	23,94

Parâmetros Biológicos

Produção Primária

Os resultados determinados para a produção primária nas diferentes épocas do ano, para 12 ou 24 horas (produção diurna ou nictemeral), encontram-se nas Figuras 4 a 6. De uma maneira geral, a variação nictemeral apresentou um padrão relativamente constante para as diferentes épocas do ano (Figs 5-6), ocorrendo muito poucas exceções como em 04/04/78.

A amplitude encontrada foi de 2,71 a 6,85 no verão; de 3,20 a 7,70 no inverno e de 1,58 a 11,70 nos demais meses estudados (Fig. 5).

As amostras renovadas geralmente mostram valores maiores do que as amostras armazenadas; as diferenças encontradas entre elas variaram de 0,93 até cerca de 50% (Fig.4).

Clorofila *a* Total

A concentração deste pigmento mostrou uma variação muito grande entre as diferentes horas das coletas. Assim, a variação da concentração de clorofila *a* nas diferentes horas de um mesmo dia foi de 1,48 a 4,80 mg m⁻³ durante o verão, de 1,20 a 2,48 mg m⁻³ no inverno e de 1,98 a 3,62 mg m⁻³ nos demais meses estudados (Fig. 6).

Discussão

As variações nictemeraias relativas à capacidade fotossintética foram bastante pronunciadas, alcançando diferenças na F_{max} de 1,58 até 11,70. Ficou demonstrado também que as diferenças quanto aos valores da F_{max}, ocorreram independentemente da variação natural da intensidade luminosa, assim como da concentração da clorofila *a*. Segundo alguns autores (Prezelin & Sweeney, 1978), o conteúdo da clorofila *a* celular pode mediar parcialmente a fotoadaptação em intensidades abaixo do ponto de compensação e a taxa em que as células alteram o seu conteúdo de clorofila pode determinar, em parte, em quanto tempo o fitoplâncton se adapta às variações dia-a-dia em relação à intensidade luminosa. No nosso caso, entretanto, talvez devido à pequena profundidade (3,0 a 4,0 m) e à composição específica do fitoplâncton, não foram verificados claramente estes fatos.

Os resultados obtidos, tanto nos experimentos *in situ* como nos simulados, foram bastante concordantes, mostrando a ocorrência de um padrão de variação cíclica bem definido. Das oito diferentes épocas em que os experimentos foram realizados, apenas os determinados em março de 1979 e abril de 1978, apresentaram um padrão de variação diferente dos demais (Figs 4 e 5). Com relação aos experimentos com amostras renovadas e armazenadas, os resultados mostraram geralmente valores maiores para as amostras renovadas, isto é, coletadas a cada três horas (Fig. 4).

Atualmente o modelo comportamental mais aceito para explicar as oscilações das atividades biológicas refere-se à integração do ciclo diurno dos elementos bioquímicos do interior das células e à influência do ambiente mais o efeito da oscilação solar (Parsons *et al.*, 1977). Segundo Prezelin & Ley (1980), a periodicidade nictemeral da fotossíntese é controlada por um "relógio biológico", isto é, é endogenamente controlada, enquanto que a magnitude e talvez a sincronização das taxas fotossintéticas nictemeraias sejam reguladas pelas variáveis ambientais. Variáveis estas que exerceram seus efeitos em determinados instantes de tempo e tiveram uma determinada duração. Assim, é lógico supor que toda e qualquer alteração ambiental, além de uma dimensão espacial, tem uma dimensão temporal, a qual também deve ter tido influências nos processos de adaptação e evolução dos seres vivos (Paludetti, 1988).

Com relação aos nutrientes, têm sido considerados como o principal fator limitante da produção primária, principalmente os compostos do nitrogênio e do fósforo (Thomas, 1967, etc.). A variação do nitrato e do fosfato durante o período nictemeral, foi evidente (Tabs 4 e 5) mas não obedeceu a nenhum padrão de variação determinado nas diferentes épocas do ano. Os nutrientes considerados, apesar de fundamentais para o processo fotossintético, não mostraram uma correlação muito grande com a produção primária. Assim, parece que as variações nictemeraias nas concentrações de nutrientes, como nitrato e fosfato verificadas neste trabalho não foram de amplitude suficiente para justificar de per se as causas fundamentais das variações nictemeraias da fotossíntese.

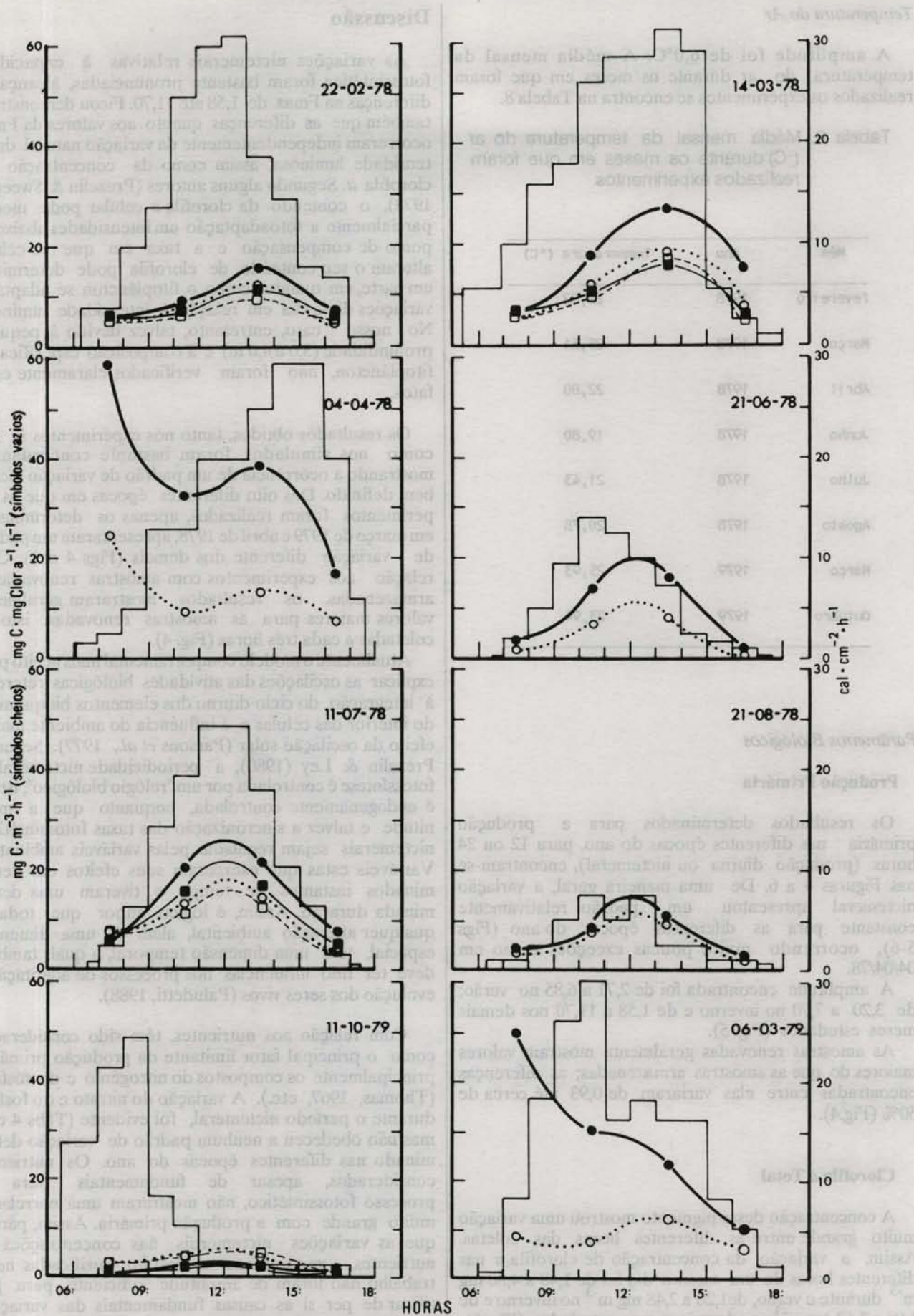


Fig. 4. Variação diurna da produção primária em amostras renovadas (o) e armazenadas (□).

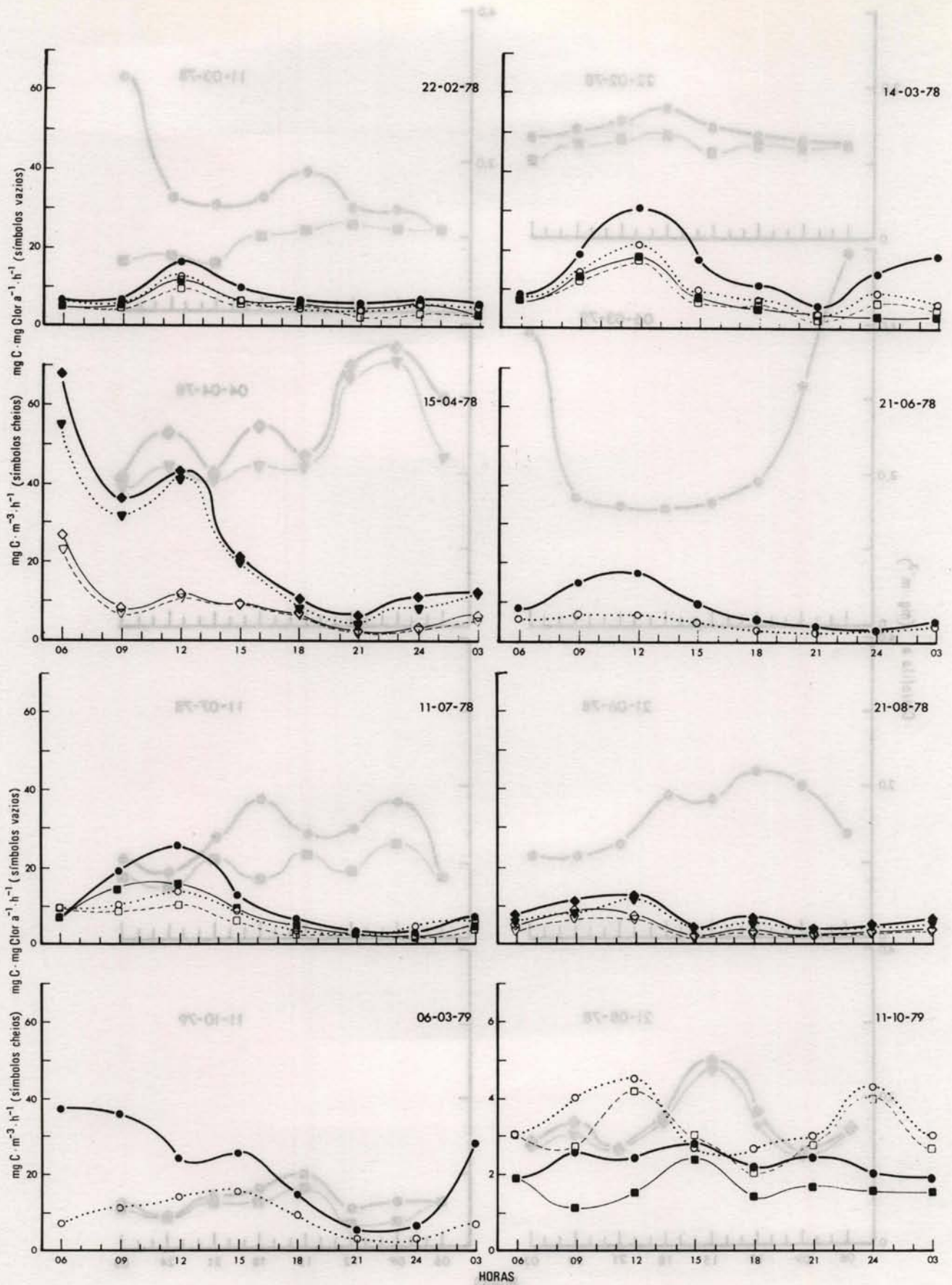


Fig. 5. Variação nictemeral da produção primária em amostras renovadas (○) e armazenadas (□) e amostras do fitoplâncton total (◇) e do nanofitoplâncton (▽) em condições simuladas.

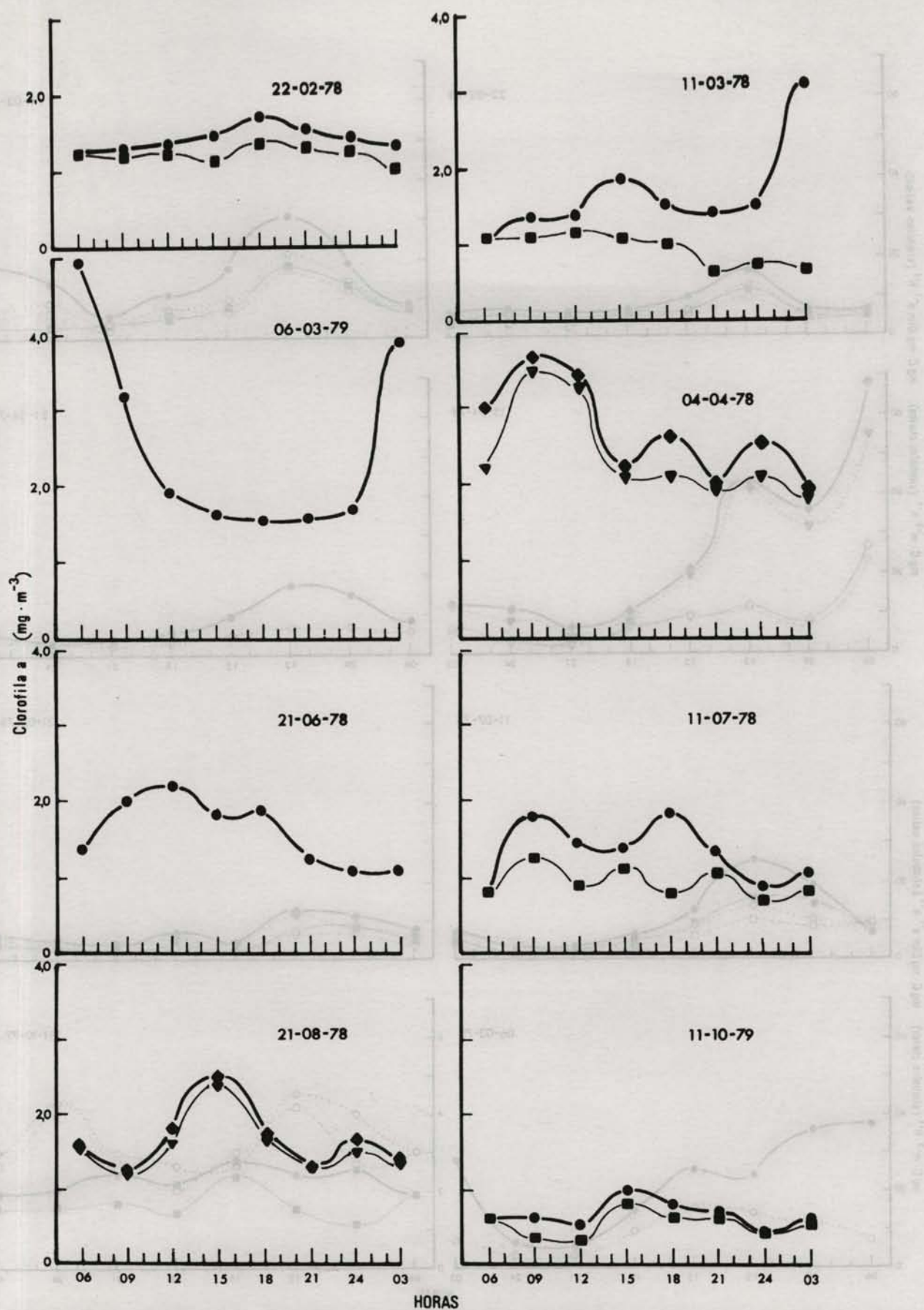


Fig. 6. Variação nictemeral da concentração de clorofila *a* em amostras renovadas (○) e armazenadas (□) e amostras do fitoplâncton total (◇) e do nanofitoplâncton (▽).

Quanto à radiação solar, mostrou ser um dos fatores abióticos que maior influência apresentou sobre o valor da F_{max} , devido à característica assimétrica da curva diária e da radiação global durante as diferentes épocas do ano (Fig. 3), além do efeito da nebulosidade parcial da atmosfera, principalmente durante certos períodos do dia. Indiretamente, segundo parece, a radiação solar também influenciou, neste caso sobre a própria temperatura da água, o que poderia ter afetado principalmente o processo respiratório.

Pelos dados obtidos, verifica-se que a radiação solar causou um ligeiro aquecimento durante o período diurno (12:00 h). A diferença encontrada entre o valor máximo e o mínimo foi da ordem de 6,0°C (Tab. 3). Quanto à amplitude de variação da temperatura da água não foi muito elevada (0,15 a 3,30°C), porém é provável que a mesma tenha influência direta sobre determinadas espécies mais sensíveis, como por exemplo sobre *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin (Vieira, 1975), além de produzir um possível controle sobre o aumento ou decréscimo da clorofila *a* celular; assim, em temperaturas mais elevadas (no verão), o conteúdo da clorofila *a* variou de 1,20 a 2,48 mg m⁻³. Estando o ponto de coleta situado a uma profundidade de apenas 4,0 m, é improvável que ocorra uma estratificação térmica como a verificada a partir de 15,0 m (Teixeira, 1973; 1979), assim, as variações da clorofila *a* celular, provavelmente não estejam apenas ligadas à otimização da utilização da energia solar disponível nos diferentes dias.

Além da influência dos fatores exógenos (radiação solar, temperatura, nutrientes, etc.), os resultados obtidos indicam claramente que também ocorreu a influência dos fatores endógenos sobre a variação nictemeral, bastando verificar as curvas obtidas em condições simuladas de temperatura e energia luminosa constantes (Fig. 5), que apresentam padrões muito similares quanto às variações diurnas em relação às populações incubadas *in situ*, quando ocorreram grandes variações dos parâmetros ambientais, particularmente quanto à radiação solar.

Referências bibliográficas

- ASCHOFF, J. 1981. Handbook of behavioral neurobiology. Biological rhythms. New York, Plenum Press. v.4.
- BRAY, G. A. 1960. A simple liquid scintillator for counting aqueous solutions in liquid scintillation. *Anal. Biochem.*, 1:279-289.
- DOTY, M. S. & OGURI, M. 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnol. Oceanogr.*, 2:37-40.
- GARGAS, E.; HARE, I.; MARTENS, P. & EDLER, L. 1979. Diel changes in phytoplankton photosynthetic efficiency in brackish waters. *Mar. Biol.*, 52:113-122.
- HARDING Jr., L. W.; PREZELIN, B. B.; SWEENEY, B.M. & COX, J.I. 1982. Diel oscillations of the photosynthesis-irradiance (P-I) relationship in natural assemblages of phytoplankton. *Mar. Biol.*, 67:167-178.
- HASTINGS, J. W.; ASTRACHAN, L. & SWEENEY, B. M. 1961. A persistent daily rhythm in photosynthesis. *J. Gen. Physiol.*, 45:69-76.
- MULLIN, J. B. & RILEY, J. P. 1955. The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters, with particular reference to sea water. *Anal. Chim. Acta.*, 12:464-481.
- PALUDETTI, L. A. 1988. Conceitos fundamentais. In: Cipolla-Neto, J.; Marques, N. & Menna-Barreto, L. S., eds Introdução ao estudo da cronobiologia. São Paulo, Icone Editora. p. 25-34.
- PARSONS, T.R.; TAKAHASHI, M. & HARGRAVE, B. 1977. Biological oceanography processes. Oxford, Pergamon Press. 332 p.
- PREZELIN, B.B. & SWEENEY, B.M. 1978. Photoadaptation of photosynthesis on *Gonyaulax polyedra*. *Mar. Biol.*, 48:27-35.
- _____ & LEY, A. C. 1980. Photosynthesis and chlorophyll *a* fluorescence rhythms of marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 55:295-307.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1976. Alguns aspectos ecológicos e análise da população de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) *Molusca Bivalvia*, na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. 119 p.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. 1968. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, (167):1-310.
- TEIXEIRA, C. 1973. Preliminary studies of primary production in the Ubatuba region (Lat. 23°30'S - Long. 45°06'W), Brazil. *Bolm Inst. oceanogr., S Paulo.*, 22:49-58.
- _____ 1979. Produção primária e algumas considerações ecológicas da região de Ubatuba (Lat. 23°30'S - Long. 45°06'W), Brasil. *Bolm Inst. oceanogr., S Paulo.*, 28(2):23-28.
- _____ 1980. Estudo quantitativo da produção primária, clorofila *a* e parâmetros abióticos em relação à variação temporal (Lat. 23°30'S - Long. 45°06'W). Tese de livre-docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 243 p.
- _____ 1982. A influência da variação nictemeral e sazonal sobre as curvas de luz-fotossíntese. *Bolm Inst. oceanogr., S Paulo.*, 31(1):55-67.

THOMAS, W. H. 1967. The nitrogen nutrition of phytoplankton in the northeastern tropical Pacific Ocean. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TROPICAL OCEANOGRAPHY, Miami Beach, 1965. Miami, University of Miami. p. 280-289. (Studies in Tropical Oceanography, nº 5).

VIEIRA, A. H. A. 1975. Estudos experimentais em fitoplâncton marinho. Culturas e aspectos ecofisiológicos. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 115 p.

(Recebido em 10-10-89; aceito em 04-04-91)

MILLIN, J. B. & RILEY, J. P. 1955. The epiphytotic determination of nitrate in natural waters with particular reference to water, Anal. Chim. Acta, 12:464-481.

FALHEDDTI, L. A. 1988. Condições ambientais (a) Opole-Noto, L. Marquês, N. & Moraes, B. Barros, L. S. Os impactos no estado de trofologia. São Paulo, Ison Edições, p. 25-34.

PARSONS, T. R., TAKAHASHI, M. & HARRIS, E. 1971. Biological oceanography. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 312 p.

PREXELIN, B. B. & SWENNEY, B. M. 1978. The determination of photosynthesis in *Coccoloba*. Mar. Biol. 48:11-22.

ELLY, A. C. 1980. Photosynthesis and chlorophyll a fluorescence in marine phytoplankton. Mar. Biol. 57:293-307.

SCHAEFER-NOVELL, Y. 1976. Alguns aspectos ecológicos e análise da população de *Microcystis aeruginosa* (Gardil) Grun. Mar. Biol. 41:115-122. In: Anais do 1º Encontro Científico do Estado de São Paulo, Instituto de Oceanografia, São Paulo, Instituto de Oceanografia, 119 p.

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish Res. Bd. Can., (167):1-310.

TEIXEIRA, C. 1971. Richness studies of primary production in the Ubatuba region (Lat. 23°30' S, Long. 47°00' W). Brazil. Bolm Inst. Oceanogr., 2: 21-38.

1979. Produção primária e algumas considerações ecológicas do rio de Ubatuba (Lat. 23°02' S, Long. 47°00' W), Brasil. Bolm Inst. Oceanogr., 8: 21-38.

1980. Estado quantitativo da produção primária clorofila *a* e parâmetros físicos em relação à variação temporal (Lat. 23°30' S, Long. 47°00' W), Ilha de Ilhéus. Instituto de Oceanografia de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 243 p.

1982. A influência da variação do tempo e sazonalidade sobre as curvas de fotossíntese. Bolm Inst. Oceanogr., 2: 19-31.

Johns dados obtidos através de duas radições com um mesmo equipamento durante o período diurno (12:00 h). A diferença encontrada entre as duas medições é mínima (na ordem de 0,01°C) (Tab. 3). Quanto à amplitude da variação da temperatura da água nos dois meses citados (0,15 a 2,30°C), porém a maioria das amostras foram coletadas durante o período noturno, como por exemplo, sobre espécies mais sensíveis, como por exemplo, sobre *Phaeocystis* (veremos posterior) (Vieira, 1975). Assim, de acordo com o método citado sobre o aumento da produtividade da clorofila *a* celular, assim, em temperaturas mais elevadas (no verão), o conteúdo da clorofila variou de 1,27 a 2,58 mg m⁻³, quando o ponto de coleta amado é uma produtividade de apenas 0,17 mg m⁻³ (veremos posterior) que ocorre em condições de baixa produtividade a partir de 1,0 m (Vieira, 1975). Assim, as variações da clorofila *a* celular, provavelmente não estão apenas ligadas à variação da produtividade da clorofila, mas também nos diferentes dias.

Além da influência das fontes egressas (radição solar, temperatura ambiente, etc.), os conteúdos de lípidos também aumentam que também contribui a influência dos lípidos endógenos sobre a variação da clorofila *a* celular. Quando se observamos em condições semelhantes de temperatura e outros fatores constantes (Fig. 2), que apresentamos padrões muito similares quanto as variações diurnas em relação as populações incubadas in situ, quando ocorrem grandes variações dos parâmetros ambientais, particularmente quanto à radiação solar.

Referências bibliográficas

ASCHOFF, J. 1981. Handbook of behavioral neurobiology. Biological rhythms. New York, Plenum Press, v. 4.

BRAY, G. A. 1960. A simple liquid scintillation for counting aquatic organisms in rapid succession. Anal. Biochem., 1:270-284.

DOTY, M. S. & GOURI, M. 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. Limnol. Oceanogr., 2:37-40.

GALDAS, E., HARE, J., MARTENS, P. & ELLER, L. 1979. Diel changes in the phytoplankton photosynthetic efficiency in beach water. Mar. Biol. 52:113-121.