

MATERIAL EM SUSPENSÃO E SUCESSÃO FITOPLANCTÔNICA NA LAGOA DE GUARAPINA - RJ**KNOPPERS, B.A.* e MOREIRA, P.F.*****RESUMO**

Apresenta-se um ciclo anual da quantidade e composição química do material em suspensão da Lagoa Guarapina - RJ. As coletas foram realizadas quinzenalmente entre agosto 1985 e julho de 1986, em uma estação situada entre as fontes de água doce e marinha. O estudo compreendeu a análise das variáveis de seston (peso seco), carbono e nitrogênio orgânicos particulados, clorofila a, carotenoides, carbono e composição de espécies do fitoplâncton. A lagoa apresentou um ciclo anual com variações marcadas no comportamento da matéria orgânica em suspensão e da biomassa e composição de espécies fitoplanctônicas. O inverno e a primavera caracterizaram-se por estabilidade nas concentrações e na relação entre a fração detritica e fitoplanctônica. O verão e o outono caracterizaram-se por um incremento linear do fitoplâncton, e o final do outono, por uma acumulação de detrito e senescência fitoplanctônica. A composição química da matéria orgânica, que foi determinada pelo detrito no inverno e pelo fitoplâncton no verão, permaneceu relativamente estável considerando a dinâmica entre as duas

* UFF - Niterói, RJ

frações. Isto sugere que o detrito tem sua origem principalmente no fitoplâncton ao longo do ano inteiro. A sucessão do fitoplâncton foi entre dinoflagelados na primavera, diatomáceas no início do verão, o cianfíceas no verão e outono. Apresenta-se uma relação dos teores de carbono das espécies fitoplanctônicas mais abundantes.

ABSTRACT - SUSPENDED MATTER AND PHYTOPLANKTON SUCCESSION IN GUARAPINA LAGOON - RJ

The quantity and chemical composition of particulate suspended matter was studied over an annual cycle in Guarapina Lagoon, RJ. Samples were collected at fortnightly intervals at a fixed station between the sources of fresh and ocean water. Seston, particulate organic carbon and nitrogen, the pigments Chlorophyll a and total carotenoids, and phytoplankton carbon biomass and species composition were evaluated. The lagoon exhibited a clear annual cycle in the behavior of the suspended organic fraction and phytoplankton biomass and species composition. Winter and spring were characterized by the predominance of detritus over phytoplankton by a factor of 3:1, the summer period by a linear increment in phytoplankton biomass, and the end of autumn by accumulation of detritus in the water column and phytoplankton senescence. The chemical composition of the organic pool remained relatively stable over the year, in spite of the dynamic and seasonally dependent changes in the relationship between detritus and phytoplankton. This suggests that most of the detritus in the watercolumn originates from the phytoplankton. The phytoplankton succession was between dinoflagellates in spring, diatoms in early summer, and cyanophytes in summer and autumn. A list of the phytoplankton carbon factors is presented for the most abundant species encountered in the lagoon.

INTRODUÇÃO

Sistemas lagunares representam 13% dos ambientes costeiros mundiais (BARNES, 1980) e servem como áreas de retenção de matéria entre os sistemas terrestres e marinhos (MEE, 1978; UNESCO, 1981). O processo de retenção de matéria pode ser verificado através da ocorrência de elevados teores de material em suspensão e taxas altas de acumulação no sedimento, e depende principalmente, da configuração geomorfológica, do aporte fluvial, e da interação do sistema com o mar. Potenciais elevados de retenção caracterizam sistemas lagunares "sufocados", com baixa renovação de água marinha e contato efêmero com o mar (KJERFVE, 1986).

Em comparação com sistemas abertos, o material em suspensão de sistemas lagunares apresenta características altamente dinâmicas. Os fatores que determinam esta dinâmica são: o impacto direto e a variabilidade do aporte fluvial e da maré; a variabilidade de contribuição alóctone (vegetação marginal); a pequena profundidade (que promove um acoplamento do metabolismo pelágio e bêntico) e a ressuspensão de matéria do fundo, devido à homogenização da água pelo vento (NICHOLS & ALLEN, 1981; DAY et alii, 1982; KNOPPERS & MOREIRA, 1988).

A análise do material em suspensão pode demonstrar predominância de material inorgânico, orgânico detritico ou vivo. A relação entre estas frações depende principalmente da quantidade e da qualidade do aporte alóctone, além da eficiência de reciclagem da matéria orgânica autóctone. O processo de ressuspensão contribui para a ciclagem da matéria orgânica e inorgânica, dependendo da sua composição química na superfície do sedimento e da intensidade de homogenização da coluna d'água (NICHOLS & ALLEN, 1981).

A composição química da matéria orgânica varia: (a) com a razão entre a fração detritica e viva; (b) com relação à origem da fração detritica; e (c) com a

composição, sucessão e estado fisiológico das populações planctônicas (SMETACEK, 1975; KNOPPERS, 1981). Todos estes aspectos devem ser considerados quando se deseja conhecer a dinâmica de variação do material em suspensão de um sistema lagunar.

Os principais objetivos do presente estudo foram: (1) analisar as variações sazonais quantitativas e qualitativas do material em suspensão na Lagoa de Guarapina (RJ); (2) determinar a relação entre a sucessão do fitoplâncton e os vários processos físicos que caracterizam o ambiente.

Como base principal de comparação entre o teor da matéria orgânica total e a biomassa fitoplanctônica, foi escolhido o elemento carbono.

MATERIAL E MÉTODOS

A Lagoa de Guarapina ($22^{\circ} 54' S$, $42^{\circ} 41' W$) faz parte do sistema lagunar de Maricá e está situada no litoral do Estado do Rio de Janeiro (Fig. 1). A lagoa caracteriza-se por uma área de 6 km^2 , profundidade média de 1 m e conexão com o mar através do canal de Ponta Negra. A configuração do canal amortece de modo significativo a influência da maré. A lagoa permanece em condições de vazante por vários dias durante baixas amplitudes de maré. Por outro lado, recebe renovação máxima de água marinha com 2% do volume total por ciclo de maré, durante amplitude altas e predominância de ventos SE fortes (KNOPPERS & TURCO, 1985; MOREIRA, 1988). Informações adicionais sobre as características hidrográficas da lagoa encontram-se em KJERFVE et alii (este volume). A precipitação anual mantém-se em torno de 1.300 mm (BARBIÈRE, 1986). O processo de eutrofização ao qual a lagoa está sujeita é predominantemente natural (MOREIRA, 1988; MACHADO & KNOPPERS, 1988; MOREIRA & KNOPPERS, este volume).

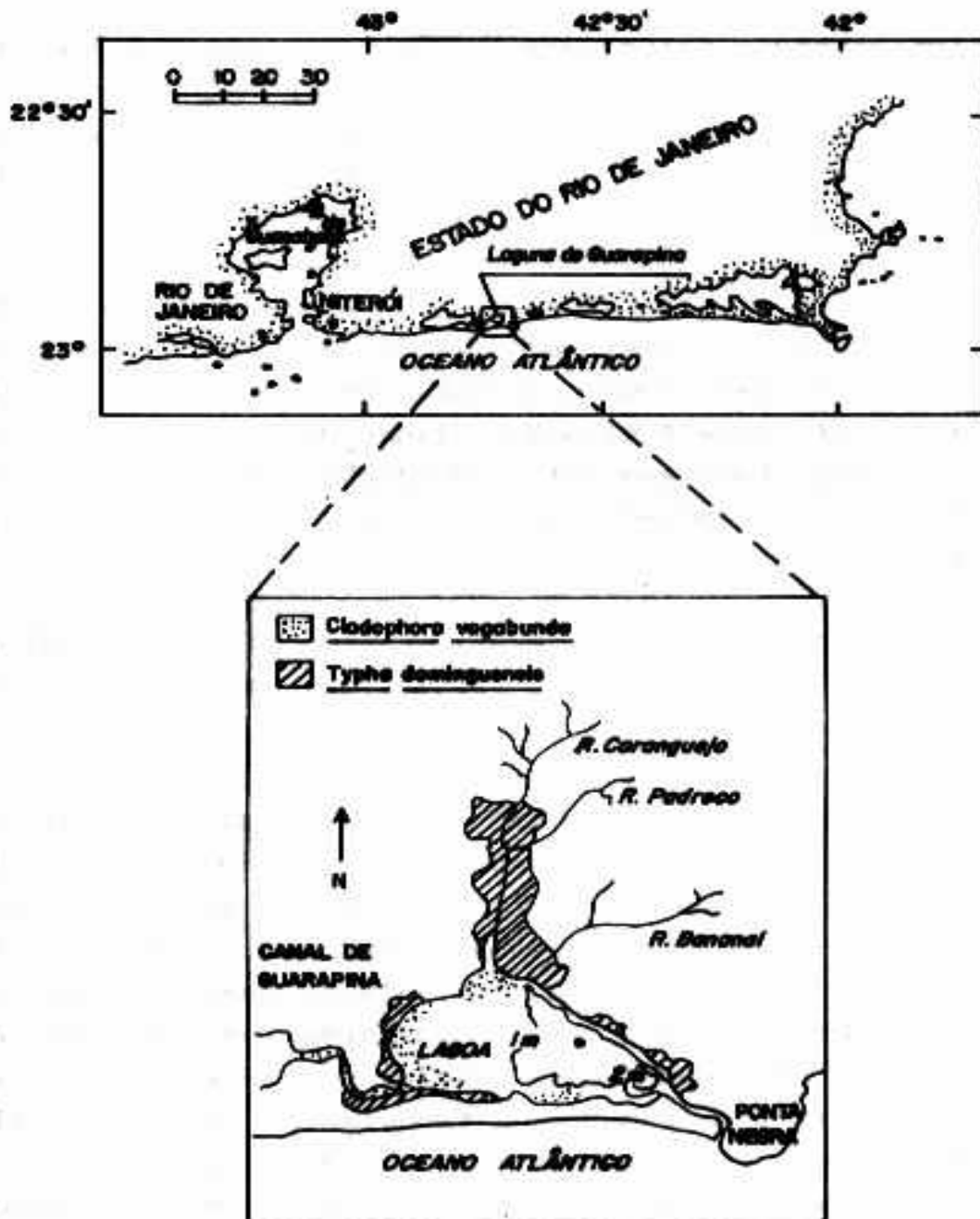


Figura 1 - Mapa da localização da área de estudo.

O estudo foi conduzido de agosto de 1985 à julho de 1986. As amostras de água para a análise do material em suspensão foram coletadas quinzenalmente em uma estação fixa na área centroeste da lagoa (Fig. 1). MOREIRA (1988), demonstrou que esta estação é representativa para a maior parte da lagoa. A profundidade média no local foi de 1 m. Perfis verticais de temperatura e salinidade foram tomados a intervalos de 0,2 e 0,5 m com termos salinômetro tipo MC5, Eletronic Switchgear, London. Amostras de água foram coletadas com garrafa tipo Van Dorn na superfície e no fundo, sendo imediatamente filtradas com filtros tipo Whatman GF/C e congeladas a -18°C para posterior análise no laboratório. O seston (peso seco), clorofila a e carotenoides foram determinados conforme STRICKLAND & PARSONS (1972); o carbono e nitrogênio orgânicos particulados (COP e NOP), pela combustão seca em um analisador CHN, HP 185B.

As amostras de fitoplâncton foram estocadas em garrafa âmbar e duas alíquotas foram fixadas separadamente: uma com solução de lugol e outra com solução de formalina borax a 0,4% (EDLER, 1979). Estas amostras foram posteriormente analisadas em microscópio invertido tipo Nikon Diaphot, equipado com contraste de fase. A fixação de uma alíquota com lugol e outra com formalina é aconselhável devido as diferenças de fixação e preservação destas soluções. Formalina preserva o fitoplâncton por um período mais amplo do que o lugol, mas pode causar rompimento de micro-flagelados durante a fixação (EDLER, 1979; SMETACEK, com. pess.). A enumeração das células e as medições do volume plasmático e celular das espécies foram realizadas conforme as recomendações de UTERMÖHL (1958); STRATHAMANN (1967) e EDLER (1979).

O cálculo empírico do teor de carbono das espécies foi realizado a partir do volume plasmático ou celular, multiplicando 0,11 pelo volume plasmático para diatomáceas, 0,11 pelo volume celular para cianofíceas, micro-flageladas

e ciliados e 0,13 pelo volume celular para dinoflagelados, como indicado por (STRATHAMANN, 1867; EDLER, 1979). A falta de microscópio de fluorescência limitou a distinção entre espécies de dinoflagelados auto e heterotróficos. A distinção foi conduzida de modo rudimentar com contraste de fase e características químicas, tais como a relação entre os pigmentos e a relação entre a clorofila a e o carbono planctônico (SEMETACEK, 1975; KNOPPERS, 1981). Já que o objetivo foi avaliar a biomassa total do fitoplâncton, optou-se em casos de dúvidas na determinação das espécies, pela análise ao nível de gênero ou por uma classificação por volume.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coluna d'água na área centroeste da lagoa manteve-se homogênea durante todo o período de estudo, e observou-se variação sazonal de temperatura e de salinidade (Fig. 2). Períodos de acréscimo na salinidade refletiram a predominância da evaporação e ou entradas de água marinha, e períodos de decréscimo, o contrário (MOREIRA, 1988). A média anual do tempo de residência da lagoa foi estimado a ser 1.5 meses, mas o tempo de residência mais longo foi observado no verão (KJERFVE et alii, este volume).

Estudos sobre a variação sazonal da produção primária fitoplanctônica e da respiração bêntica mostraram a característica ecológica dinâmica da Lagoa de Guarapina durante um ciclo anual (MOREIRA, 1988; MACHADO & KNOPPERS, 1988). O período de inverno e primavera caracterizam-se por estabilidade nas taxas de ambos os processos; o verão e o outono, por um incremento linear; e o período entre final do outono e inverno, por um decréscimo. A variação sazonal da produção primária pelágica atingiu um fator de 8:1 e da respiração bêntica de 6:1. Este padrão unimodal no funcionamento foi observado

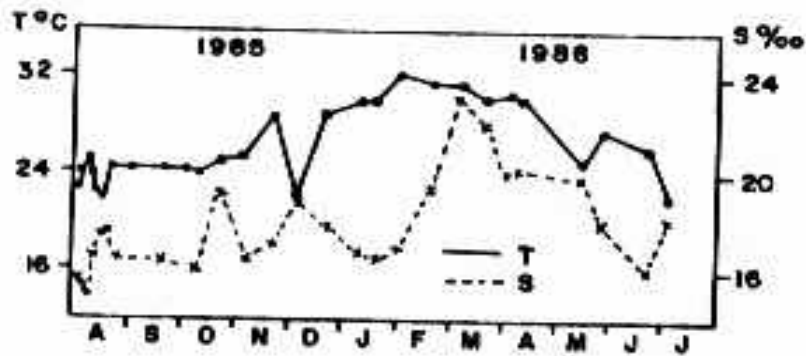


Figura 2 - Ciclo anual de temperatura e salinidade na Lagoa de Guarapina.

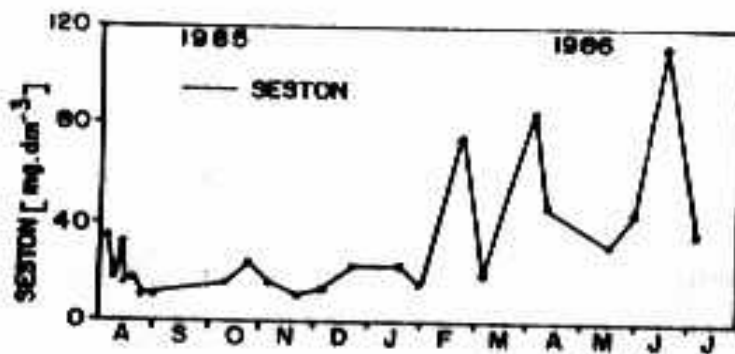


Figura 3 - Ciclo anual do seston peso seco na Lagoa de Guarapina.

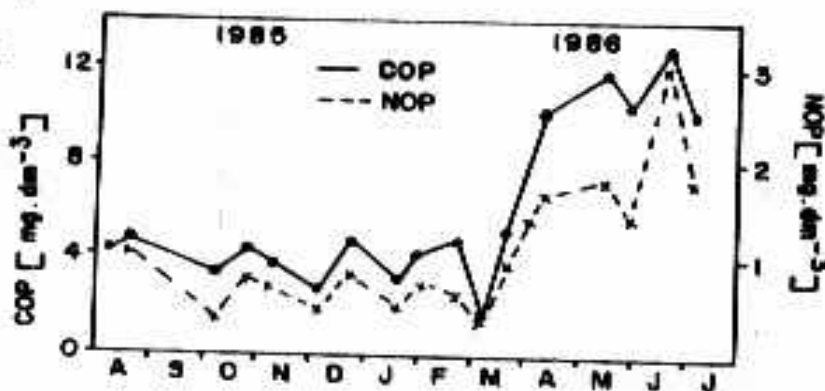


Figura 4 - Ciclo anual de carbono e nitrogênio orgânico particulados na lagoa de Guarapina.

também em vários outros sistemas lagunares e lagos tropicais e sub-tropicais (TUNDISI et alii, 1973; UNESCO, 1981; DAY et alii, 1982; DUFOUR, 1984; FORSBERG, 1985; VALOT & FRISONI, 1985; JELLISON & MELACK, 1988). As três fases distintas refletiram-se na dinâmica do material em suspensão. As Fig. 3, 4 e 5 apresentam o ciclo anual do seston, do carbono e nitrogênio orgânico particulado, além da biomassa fitoplanctônica em termos de carbono e clorofila a, respectivamente. Os teores de seston demonstraram uma faixa de variabilidade entre 20 e 100 mg/dm³; os de COP entre 4 e 13 mg/dm³; a biomassa fitoplanctônica entre 0,7 e 7,3 mgC/dm³ e a clorofila a entre 15 e 110 µg clorofila a/dm³. A variação da concentração foi similar a do COP. Em geral, as concentrações foram maiores durante o outono. A defasagem entre COP e a biomassa fitoplanctônica sugeriu a acumulação de matéria orgânica detritica na coluna d'água, após a senescência do fitoplâncton. Isto foi confirmado pela variação na concentração da clorofila a, que apresentou decréscimo defasado em relação à biomassa fitoplanctônica. Teores elevados de feopigmentos foram registrados neste período. O decréscimo do COP e NOP durante o último mês de estudo indicou que o material acumulado na coluna de água sedimentou, ou foi consumido por organismos heterotróficos, como indicado pela elevada biomassa de rotíferos. Apesar da biomassa fitoplanctônica ter demonstrado um padrão de variação unimodal nítido durante o ciclo anual, observou-se sucessão entre dinoflagelados (que predominaram na primavera), diatomáceas e dinoflagelados (no final da primavera e no início do verão), e cianofíceas (que foram responsáveis pelo incremento linear no verão até a 1ª quinzena do outono) (Fig. 6). Os dinoflagelados estiveram representados pelas espécies *Prorocentrum minimum*, *Gymnodinium* sp e *Gyrodinium* sp. A espécie *Nitzschia closterium* predominou com 90% da biomassa de diatomáceas; as principais cianofíceas foram *Synecochoccus* sp e

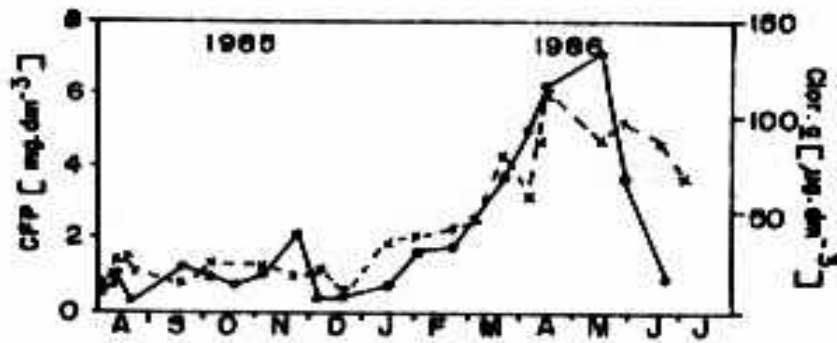


Figura 5 - Ciclo anual superior do carbono fitoplanctônico (CFP) e a Clorofila a (Chlor. a) na Lagoa de Guarapina.

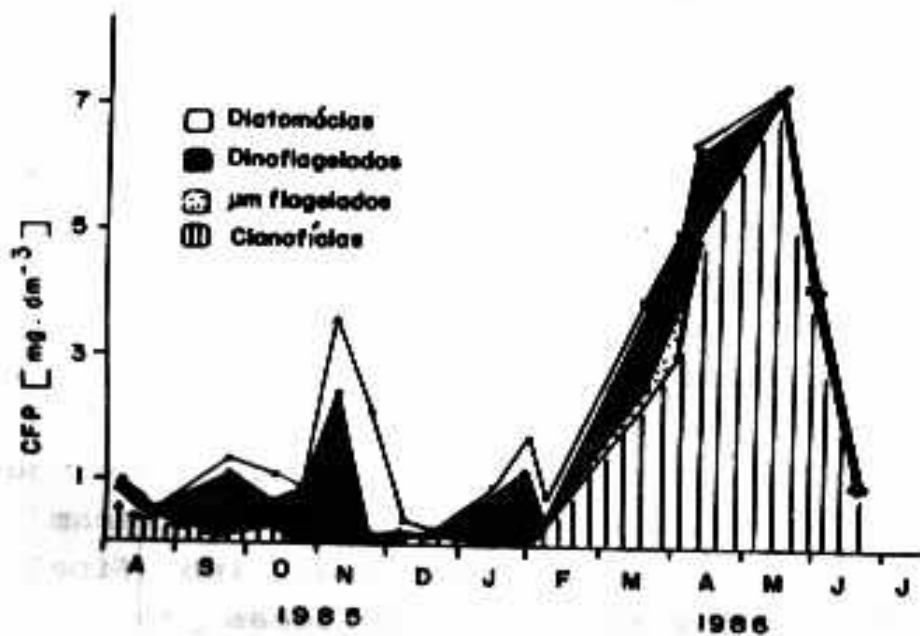


Figura 6 - Ciclo anual superior do carbono fitoplanctônico (CFP) e do carbono de Diatomáceas, Dinoflagelados, Microflagelados, e Cianofíceas na Lagoa de Guarapina.

Oscillatoria minima (Tab. 1). Os principais fatores responsáveis pelo incremento das cianofíceas parecem ter sido a elevação da temperatura conforme indicado por MOREIRA (1988) (que evidenciou uma relação exponencial entre a produção primária e a temperatura), o tempo de residência das massas de água, que foi mais alta no verão (KJERFVE et alii, este volume) e a limitação de nitrogênio inorgânico dissolvido em relação ao fósforo (MOREIRA & KNOPPERS, este volume). Em compensação, as cianofíceas provavelmente incorporaram nitrogênio molecular (MOREIRA, 1988). Os resultados demonstraram que a variação sazonal e os teores da matéria orgânica em suspensão na lagoa de Guarapina, foram muito elevados quando comparados com outros ambientes estuarinos brasileiros já estudados, tal como Cananéia, SP (TUNDISI et alii, 1973), Baía de Laranjeiras, PR (KNOPPERS & OPITZ, 1984), Baía de Paranaguá, PR (BRANDINI, 1985), Baías de Guaratuba, PR e São Francisco do Sul, SC (KNOPPERS, não publ.), e lagoa da Conceição, SC (ODEBRECHT, 1977; KNOPPERS et alii, 1984). Isto deve-se ao fato de que, à exceção da lagoa da Conceição, a lagoa de Guarapina apresenta tempo de residência mais alto das massas de água, com renovação baixa de água marinha, determinada pela configuração morfológica do canal de maré (KJERFVE et alii, este volume) e pela nítida interação entre a coluna de água e o sedimento em função da pequena profundidade (MACHADO & KNOPPERS, 1988). Em conjunto, estas características promovem a retenção de matéria e a sustentação da ciclagem por processos de regeneração. MOREIRA (1988) demonstrou que mais de 90% da produção primária pelágica é mantida pela remineralização autóctone de matéria orgânica na água e no sedimento da lagoa. Condições semelhantes foram observadas na lagoa "sufocada" de Ebrié (DUFOUR, 1984).

A elevada produção primária regenerada (MOREIRA, 1988), encontrada na lagoa de Guarapina, indica que é relativamente baixa a influência do aporte fluvial sobre a

Tabela 1 - Tamanho, volume celular (VC), Volume Plásmatico (VP), e Teor de Carbono (C) das mais abundantes espécies e gêneros de fitoplâncton e dos ciliados da lagoa de Guarapina, RJ, e l = largura, c = comprimento.

Espécie	Tamanho l x c (um)	VC (um)	VP (um)	C (um)
CIANOFÍCEAS				
<i>Anabaena</i> sp	1 x 20	15.7	-	1.75
<i>Oscillatoria minima</i>	1 x 30	23.6	-	2.60
" "	1 x 45	35.3	-	3.89
" "	1 x 60	47.1	-	5.18
" "	1 x 75	58.9	-	6.48
<i>Synechococcus cedrorum</i>	2 x 4	12.6	-	1.38
" "	3 x 6	42.4	-	4.67
" <i>vibrio</i> sp	2 x 3 4	6.3 33.0	-	0.69 3.69
DINOFLAGELADOS				
<i>Amphidinium</i> sp	12 x 15	1130	-	124
<i>Gonyaulax</i> sp	30 x 30	9894	-	1286
<i>Gymnodinium</i> sp	18	1540	-	170
" sp	15 x 20	1050	-	116
" sp	15 x 25	2500	-	275
" sp	20 x 24	4189	-	460
" sp	40 x 45	32000	-	4180
" sp	9 x 12	509	-	56
<i>Gyrodinium</i> sp	17 x 36	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	18 x 20	2500	-	325
" sp	15 x 18	2025	-	263
<i>Protoperidinium</i> sp	25 x 30	14000	-	1820
<i>Scripsiella</i> sp	20 x 30	3140	-	408
<i>Dinoflagelado</i>	6 x 10	189	-	24.5
"	15	1760	-	229
"	30 x 45	10500	-	1365
DIATOMÁCEAS				
<i>Coscinodiscus</i> sp	30	7069	4775	525
" sp	45	23857	6866	755
" sp	60	56549	13747	1512
" sp	75	167879	32272	3550
<i>Nitzschia closterium</i>	2 x 12	38	19	2.10
" "	3 x 15	106	53	3.80
FLAGELADOS				
<i>Micro flagelados</i>	1 - 3	10	-	1
" "	3 - 6	28	-	3
CILIADOS				
<i>Lohmaniella</i> sp	30	14140	-	1555
" sp	55	87114	-	9283
<i>Strombidium conicum</i>	25 x 30	2045	-	225
<i>Ciliado</i>	10	500	-	55
"	15	1770	-	195
"	20	4190	-	460
"	25	8179	-	900
"	30	14134	-	1555

variação sazonal e a composição química de matéria em suspensão. Estimativas do aporte fluvial de água e de seston, realizadas durante este mesmo ciclo anual nas principais fontes de água doce (os rios Carangueijo, Padreco e Bananal) (Fig. 1), demonstraram uma variabilidade no fluxo de água entre 0,4 e 1,4 m³/s, e de seston entre 2 e 20 gPS/s (KNOPPERS, 1986). Assumindo-se que este material carregado ficasse homoganeamente disperso pela circulação da água na lagoa, isto implicaria em um potencial de enriquecimento de 0,03 a 0,3 gPS seston/m²/dia. Em comparação aos teores encontrados na coluna de água, o potencial de enriquecimento deve ser considerado baixo. Além disto, uma certa fração deve anteriormente sedimentar no estuário do Rio Carangueijo (Fig. 1), o que pode ser atestado pelo assoreamento nesta região. Uma outra fração também é retida pela vegetação marginal composta pela macrófita aquática *Typha dominguensis*, que ocorre nos Rios Padreco e Bananal (KNOPPERS, 1986).

Uma contribuição maior ocorre através do canal de ligação entre a lagoa de Guarapina e a lagoa do Padre adjacente (Fig. 1). Assumindo mais uma vez que o material acarretado pela lagoa do Padre se dispersa homoganeamente na lagoa de Guarapina, estimou-se que o potencial de enriquecimento variou entre 0,5 e 5,7 gPS seston/m²/dia. O material exportado pela lagoa do Padre apresentou composição química semelhante ao da lagoa de Guarapina, predominada por uma elevada fração de matéria orgânica, enquanto o material carregado pelos rios é primordialmente inorgânico, conforme indicado pela razão entre POC e seston de 3 a 6% (KNOPPERS, 1981).

Um outro importante processo a ser considerado é a ressuspensão do material particulado do fundo, em função da advecção lateral e homogeneização da coluna d'água pelo vento (NICHOLS & ALLEN, 1981; DAY et alii, 1982). KNOPPERS & MOREIRA (1988) mostraram, através de estudos conduzidos na região à jusante da lagoa (adjacente ao canal de maré),

que existe uma relação casual entre a ação do vento e a ressuspensão de matéria e entrada de água marinha. No presente estudo, foi difícil detectar a presença deste tipo de relação casual devido a dois fatores: 1) a entrada de água marinha de alta densidade só ocorre esporadicamente na área centroeste e 2) a amostragem representou somente frequência quinzenal, limitando assim a detecção do processo de ressuspensão, que ocorre em uma escala temporal menor. Apesar disto, foi observado uma certa semelhança entre o comportamento da relação %COP/seston e a velocidade do vento registrado nos dias de amostragem. Assumindo que o vento, registrado a 40 km da área de estudo, no Aterro do Flamengo (Município do Rio de Janeiro - Instituto Nacional de Meteorologia), seja representativo, notou-se um certo incremento da fração orgânica do seston (= aumento da razão % COP/seston) com a velocidade do vento. Além disto, as variações observadas no seston durante o verão (Fig. 3) indicam a presença de um processo seletivo de sedimentação ou ressuspensão de partículas. A predominância de partículas orgânicas na coluna d'água (% COP/seston = 10 a 35%) durante processos de ressuspensão é provável, devido ao fato que a superfície do sedimento consiste de uma camada floculante, rica em matéria orgânica, com teores de COP entre 10 a 20% (MACHADO & KNOPPERS, 1988). A semelhança da porcentagem de carbono entre a superfície do sedimento e a coluna d'água impediu, de um certo modo, quantificação da influência do processo de ressuspensão sobre a composição química da matéria em suspensão.

Uma abordagem de estudo para se avaliar o funcionamento de sistemas pelágicos é o acompanhamento da variação temporal da composição química da matéria orgânica, e a relação entre o componente detritico e a matéria viva. Há dois problemas principais neste tipo de abordagem: 1) as diferenças de informações embutidas nas variáveis químicas utilizadas, devido à heterogeneidade e à variação temporal entre as várias frações do material em

suspensão e 2) a delimitação quantitativa entre a matéria detrítica e viva (BANSE, 1977; KNOPPERS, 1981; HARRIS, 1986). Por exemplo, a quantificação do detrito é, geralmente, realizada através de correlações entre as variáveis químicas que descrevem a massa total do COP e NOP, e os que descrevem a matéria viva total tal como ATP ou a fração fitoplanctônica, através da clorofila a (KNOPPERS, 1981; LEMASSON et alii, 1981). Erros nas estimativas ocorrem devido às variações intra- e interespecíficas na relação entre o teor carbônico e o ATP e a clorofila a nos organismos, e devido às variações da diversidade entre organismos auto e heterotróficos (KNOPPERS, 1981).

Uma outra abordagem possível é a comparação do teor detrítico do material em suspensão, através da relação do teor de carbono orgânico da massa total e da matéria viva. A fração total é analisada quimicamente e o teor de carbono orgânico da matéria viva é obtido através da análise microscópica do número de células por volume e a transformação do biovolume calculado para o carbono com fórmulas empíricas. A vantagem deste método é a comparação da massa das frações ao nível do mesmo elemento, e as desvantagens são as diferenças na metodologia de análise (químicos "versus" microscópico), além do tempo necessário para a análise microscópica e para as transformações empíricas. A viabilidade da quantificação da biomassa planctônica pela microscopia e a sua comparação com a massa total da matéria, avaliada por métodos químicos, está relacionada com a complexidade da estrutura da matéria em suspensão. A maior compatibilidade encontra-se em sistemas eutróficos, onde a diversidade de plâncton é baixa e a matéria orgânica em suspensão varia nitidamente em função da produção autotrófica. Este é o caso da lagoa de Guarapina, conforme indicado pelo comportamento dos parâmetros COP (Fig. 4) e carbono do fitoplâncton (Fig. 5), e os resultados de MOREIRA (1988) e MACHADO & KNOPPERS

(1988).

Apresenta-se a seguir o comportamento da composição química da matéria em suspensão, através da relação entre as variáveis COP/seston (Fig. 7), COP/NOP (Fig. 8), COP/clorofila a (Fig. 9), COP/carbono do fitoplâncton (Fig. 10), carbono do fitoplâncton/clorofila a (Fig. 11) e a relação entre os pigmentos carotenóides e clorofila a (Fig. 12). Os dados estatísticos relacionados às correlações lineares entre as variáveis são apresentados na Tab. 2. Nota-se uma discrepância no número de pares de dados entre as Fig. 7 a 12 e a Tab. 2. Um par de dados foi omitidos nos cálculos das correlações lineares. Os dados omitidos nos cálculos são os obtidos na coleta de junho de 1986, que apresenta, em comparação às outras coletadas, razões anômalas entre as variáveis, causado pela brusca queda da biomassa fitoplanctônica e a acumulação de detrito na coluna d'água. Apesar deste processo ser natural, que indica uma fase de modificação, a sua inclusão nos cálculos estatísticos causa uma distorção irreal das correlações lineares entre as variáveis durante o ciclo anual.

Tabela 2 - Dados estatísticos de correlações lineares ($y=a+bx$) entre vários parâmetros que descrevem a matéria em suspensão para os resultados obtidos durante o ciclo anual. Parâmetros = y e x , intercessão com a ordenada $y = "a"$, coeficiente de inclinação = " b ", coeficiente de correlação = " r ", nível de significância = " p ", número de dados pares = " n ".

y	x	a	b	r	p	n
COP	SESTON	18.24	2.79	0.41	-	17
COP	NOP	- 0.37	6.42	0.96	0.05	16
COP	Clor. <u>a</u>	1.46	92.21	0.64	0.05	17
COP	CFP	3.01	1.16	0.80	0.05	16
CFP	Clor. <u>a</u>	- 0.34	59.40	0.88	0.05	21
CAROT	Clor. <u>a</u>	13.05	0.58	0.87	0.05	24

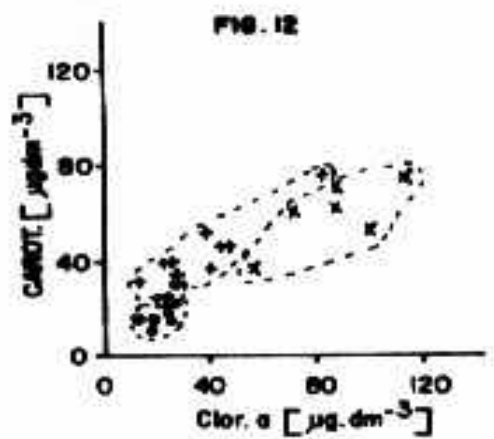
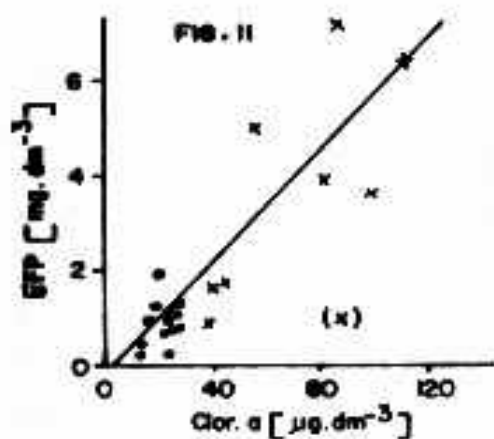
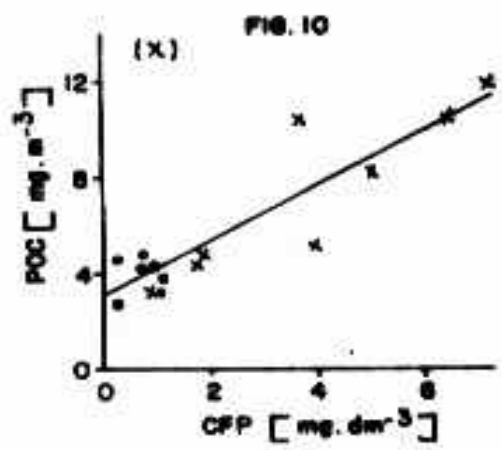
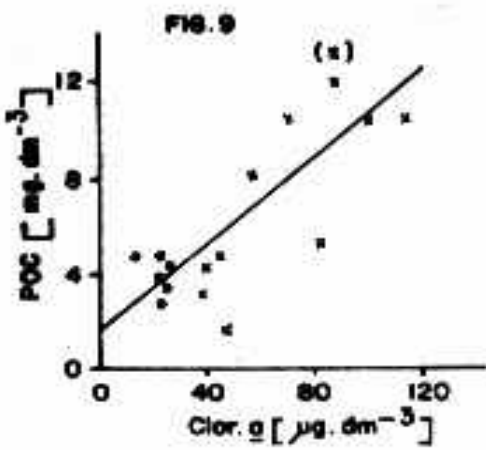
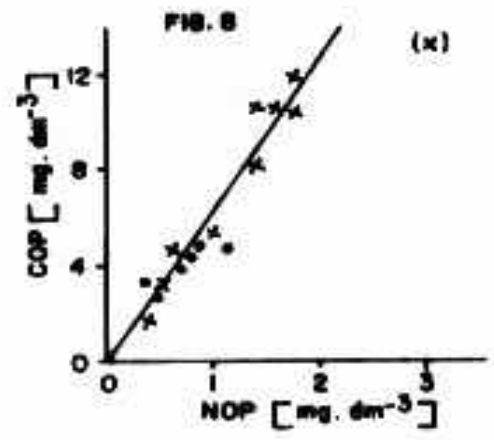
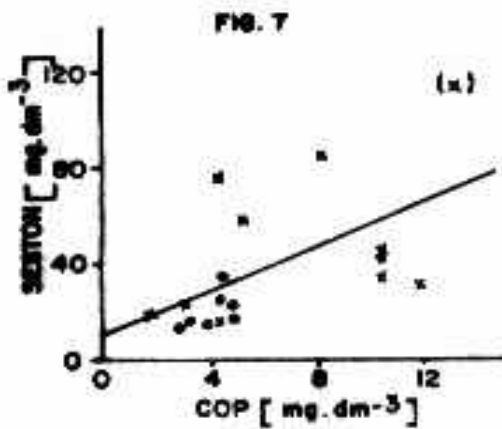


Figura 7 - Relação entre o seston peso seco e o carbono orgânico particulado (COP) na Lagoa de Guarapina.
Figura 8 - Relação entre o carbono e o nitrogênio orgânico particulado (COP e NOP) na Lagoa de Guarapina.
Figura 9 - Relação entre o carbono orgânico particulado (COP) e a clorofila a (clor. a) na Lagoa de Guarapina.
Figura 10 - Relação entre o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono fitoplanctônico (CFP) na Lagoa de Guarapina.
Figura 11 - Relação entre o carbono fitoplanctônico (CFP) e a clorofila a (clor. a) na Lagoa de Guarapina.
Figura 12 - Relação entre o teor total de carotenóides (CAROT.) e a clorofila a (clor. a) na Lagoa de Guarapina. Dinoflagelados (D=+), Diatomáceas (Di=0), e Cianofíceas (Ci=x). Os dados marcados com pontos (.) representam o período de inverno e primavera 1985 e com (x) o verão e o outono 1986.

As figuras e os coeficientes de correlação revelam, com exceção da relação COP/seston, correlações significantes entre todas as variáveis que descrevem a fração orgânica. Isto sugere que o comportamento da fração orgânica em suspensão foi nitidamente determinado pela fração autotrófica durante o ciclo anual.

A razão COP/NOP, que descreve a composição da massa orgânica total, variou em geral entre 4,5:1 e 7,3:1 e a razão COP/clorofila a, que descreve a relação entre a massa total e a biomassa fitoplanctônica, entre 80:1 e 220:1. As razões mais baixas foram detectadas durante o verão devido ao incremento da biomassa fitoplanctônica neste período. Os valores de COP/NOP devem ser considerados como relativamente baixos, e refletem a predominância do fitoplâncton em relação ao detrito.

Situações caracterizadas por valores de COP/NOP abaixo de 6:1, podem ser encontradas em sistemas costeiros temperados durante a primavera, época de florescimento do fitoplâncton. Neste período há predominância do fitoplâncton sobre o detrito, ou então o detrito é de origem fitoplanctônica e é imediatamente colonizado por populações bacterianas (ODUM & HEALD, 1975; KNOPPERS, 1981; NIXON, 1981; KNOPPERS et alii, 1984; SMETACEK et alii, 1987). A relação linear entre os parâmetros que descrevem a biomassa fitoplanctônica (CFP/clorofila a) implica que ambos os indicadores são, até um certo ponto, adequados e comparáveis para a descrição da biomassa e para a avaliação genérica do teor de carbono da fração detritica da matéria em suspensão nesta lagoa. Entretanto, é de conhecimento geral que as variações intra e interespecíficas na razão carbono do fitoplâncton/clorofila a entre, por exemplo cianofíceas, diatomáceas, dinoflagelados, e microflagelados, em sistemas temperados e tropicais, podem, dependendo das populações, variar até um fator de 5:1 (SMETACEK, 1975; KNOPPERS, 1981; ODERBRECHT, 1981; KNOPPERS & OPITZ, 1984; KNOPPERS et alii, 1984). Em geral,

dinoflagelados contêm mais carbono do que clorofila, devido à presença de celulose na parede celular. Neste estudo, a razão carbono do fitoplâncton/clorofila a variou entre 20:1 e 40:1 e demonstrou em alguns casos valores de até 80:1. Uma faixa semelhante foi observada durante o inverno por KNOPPERS et alii (1984) na lagoa da Conceição, Santa Catarina.

Uma distinção melhor entre as populações foi confirmada pela razão entre os pigmentos carotenóides e clorofila a (Fig. 12). A Fig. 12 apresenta os pontos referentes às diversas populações dominantes encontradas durante o ano, tais como as cianofíceas, dinoflagelados e diatomáceas. Os dinoflagelados apresentam razões maiores com uma média de 1,6:1 em comparação às cianofíceas com 0,65:1. Valores semelhantes foram detectados em outros ambientes (SMETACECK, 1975; KNOPPERS, 1981; KNOPPERS et alii, 1984).

Quanto à biomassa heterotrófica, as bactérias e o metazooplâncton não foram avaliados quantitativamente, e o protozooiplâncton restringiu-se ao grupo de ciliados e dinoflagelados heterotróficos. Ao longo do ano a biomassa dos ciliados não ultrapassou 2% da biomassa fitoplanctônica, e uma ocorrência de dinoflagelados heterotróficos (indicado por uma elevada razão entre carbono planctônico e clorofila a pela microscopia), foi observada em novembro de 1985. Quanto à ocorrência do metazooplâncton só há um indício qualitativo, devido ao fato que a contagem do metazooplâncton foi feita com câmaras de sedimentação de 100 ml e microscópio invertido. Este procedimento é inadequado para a quantificação, mas pode fornecer indícios sobre a importância de micro e mesozooplâncton em casos de grandes populações. Uma elevada densidade de organismos zooplanctônicos foi registrada em julho de 1986. A amostra revelou em torno de 1.000 rotíferos por dm^3 , com dimensões variando entre 120 e 170 μm de tamanho. Considerando um fator médio de 0,05 ngC para

zooplâncton na classe de 150 μm (SMETACEK, 1975; ODEBRECHT, 1981), isto resulta numa biomassa ao redor de 50 $\mu\text{gC dm}^3$, sendo um valor baixo em comparação ao fitoplâncton. Apesar disto, a ocorrência dos rotíferos em junho de 1986 sugere que um dos processos responsáveis pela diminuição da população fitoplanctônica nesta época pode ter sido a herbivoria por aqueles organismos.

A avaliação da quantidade média do carbono detritico durante o ano de estudo, pôde ser grosseiramente avaliada através das regressões entre as variáveis COP/carbono do fitoplâncton (Fig. 10) e COP/clorofila a (Fig. 9). A intersecção da linha de regressão com a ordenada, o parâmetro "a" (Tab. 2), indica a quantidade de COP não relacionada à biomassa fitoplanctônica. Os valores da intersecção da relação COP/clorofila a na Tab. 2 indicaram um teor de massa "não fitoplanctônica" de 1,46 mgC/dm^3 . Enquanto a relação entre COP/carbono do fitoplâncton, a intersecção da ordenada determinou um teor detritico anual médio de aproximadamente 3 mgC/dm^3 . As discrepâncias entre as estimativas obtidas entre as razões de COP/clorofila a e COP/carbono do fitoplâncton devem ser atribuídos a uma interferência de feopigmentos na clorofila a, particularmente durante o período onde predomina o detrito sobre o fitoplâncton. O valor obtido pela razão COP/carbono do fitoplâncton parece ser mais real em comparação com a razão COP/clorofila a, conforme a significância dos coeficientes (Tab. 2).

A avaliação direta do teor "detritico" ao longo do ano pode simplesmente ser conduzida subtraindo o teor de carbono fitoplanctônico (CFP) do teor do carbono total (COP). Em geral, o inverno e a primavera caracterizam-se por uma razão COP:CFP de 3:1 enquanto o verão e o outono por uma razão de 0,3:1.

A estabilidade da razão entre a fração viva e morta (0,3:1) durante o inverno e a primavera indica a presença de um equilíbrio entre a produção e

remineralização da matéria orgânica, e confirma qualitativamente os resultados obtidos por MOREIRA (1988) e MACHADO & KNOPPERS (1988). O aumento da temperatura no verão acelera a remineralização da matéria na água e no sedimento, e assim aumenta a disponibilidade de nutrientes para a produção da biomassa fitoplanctônica, resultando em uma predominância da matéria viva sobre a morta.

Apesar disto, há indícios que a mineralização de nutrientes provenientes do detritos na água e no sedimento não seja suficiente para sustentar o incremento do fitoplâncton durante o verão (MOREIRA, 1988; MACHADO & KNOPPERS, 1988). A lagoa de Guarapina apresenta um ciclo anual com variações acentuadas em relação à proliferação da macroalga *Cladophora vagabunda*. Esta alga se prolifera a partir do inverno e desaparece drasticamente durante o verão. Sugere-se que sua decomposição seja um processo importante como fonte de nutrientes disponíveis para sustentar a produção fitoplanctônica. LINS (não publ.), confirmou através de experimentos de decomposição "in situ" e "in vitro", que a mineralização de nutrientes por massa algal se totaliza dentro de duas a três semanas após o seu desaparecimento durante o verão, a época que coincide com a fase do incremento linear do fitoplâncton.

Os resultados de COP, clorofila a, e a composição das espécies fitoplanctônicas são como alguns, dos vários indícios disponíveis para a caracterização do estado trófico do sistema (VOLLENWEIDER, 1968; ESTEVES, 1988). Os teores de COP e clorofila a (Fig. 4 e 5) durante o inverno e a primavera sugerem condições mesotróficas, e os no verão e no outono, condições eutróficas a hipertróficas. Estes resultados foram confirmados por medições da produção primária durante o mesmo período, que oscilou entre 25 a 50 mgC/dm³/hora no inverno (KNOPPERS & MOREIRA, 1988) e na primavera (MOREIRA, 1988) e entre 100 mgC/dm³/hora e 250 mgC/dm³/hora no verão e no outono (MOREIRA, 1988; MACHADO & KNOPPERS, 1988; MOREIRA & KNOPPERS, submetido).

A variação sazonal do estado trófico nesta lagoa implica que estudos sem acompanhamento sazonal podem resultar numa sub ou super estimativa do estado trófico do ambiente.

Pode-se concluir a partir destes resultados, que a quantidade e a estrutura do material em suspensão apresentou uma variação sazonal marcada, refletindo várias fases distintas no funcionamento da lagoa. Ora ocorre predominância de partículas detríticas, ora ocorre predominância do fitoplâncton. O inverno e a primavera se caracterizaram por estabilidade na relação frações detríticas e fitoplanctônicas (3:1). No verão até meado de outono ocorreu incremento da fração fitoplanctônica; a razão entre o detrito e o fitoplâncton inverteu-se para 0,3:1. O período entre meado do outono e o inverno, apresentou uma acumulação de partículas detríticas e senescência da população fitoplanctônica, refletindo assim um período de transição entre a fase fitoplanctônica e a detrítica.

Os baixos valores e a margem de variação da razão C/N (4,5:1 a 7,3:1) indicaram claramente que a maior fração da matéria orgânica detrítica em suspensão é de origem fitoplanctônica. Além disto, os baixos valores C/N encontrados durante a época de predominância de detrito, sugerem que há um processo de enriquecimento de nitrogênio orgânico na matéria em suspensão, devido à provável colonização de partículas por micro organismos heterotróficos.

A determinação da fração "não fitoplanctônica", ou seja, a fração detrítica mais biomassa heterotrófica, através da comparação entre o carbono total e o carbono fitoplanctônico, indicou um resultado mais preciso do que a comparação entre a relação do carbono total e a clorofila a.

Finalmente, pode-se afirmar que na primavera predominaram dinoflagelados; o início do verão por

diatomáceas, e o verão e o outono por um incremento linear de cianofíceas. Todas as populações demonstraram baixa diversidade, com no máximo duas espécies dominando 90% das populações. A análise de biomassa indicou condições mesotróficas no inverno e eutróficas no verão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIÈRE, E.B. Distribuição de pluviosidade ao longo do trecho Niterói-Cabo Frio, RJ. Ci. e Cult., 38(7): 766-67, 1986.

BARNES, R.J.K. Coastal lagoons: the natural history of a neglected habitat. Cambridge Studies in Modern Biology, v.1, 100 p., 1980.

BRANDINI, F.P. Ecological studies in the bay of Paranaguá: Horizontal distribution and seasonal dynamics of the phytoplankton. Bol. Inst. Oceanogr., 33(2): 139-47, 1985.

DAY, J.W.; DAY, R.H.; BARREIRO, M.T.; LEY-LOU, F.; MADDEN, C.J. Primary production of the Laguna de Términos, a tropical, estuary in the Gulf of México. Oceanol. Acta, 5: 269-76, 1982.

DUFOUR, C. Production primaire d'une lagune tropicale (Ébrie, Côte d'IVOIRE), facteurs naturelles et anthropiques. Paris, d'Etat. Univ. Pierre et Marie Currie. 164 p., 1984. (Tese).

ESTEVES, F.A. Fundamentos de limnologia. Interciência/FINEP, 1988. 575 p.

EDLER, L. Recommendations on phytoplankton and chlorophyll.

- W.C., *Baltic Marine Biologists*, 9, 1979. 59 p.
- FORSBERG, B. The fate of planktonic primary production. *Limnol. Oceanogr.*, 30(4): 807-19, 1985.
- HARRIS, G.P. *Phytoplankton Ecology: structure, function, and fluctuation.* Chapman and Hall, 1986. 500 p.
- JELLISON, R. & MELACK, J. Photosynthetic activity of phytoplankton and its relation to environmental factors in hypersaline Mono Lake, California. *Hydrobiologia*, 158: 69-86, 1988.
- KJERFVE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, D.A., ed. *Estuarine variability.* New York, Academic Press, 1986. p. 63-81.
- KJERFVE, B.; KNOPPERS, B.; MOREIRA, P.; TURCQ, B. Hydrological regimes in Guarapina lagoon, a shallow coastal Brazilian lagoon. *Acta. Limnol. Bras.* (no prelo).
- KNOPPERS, B. *Die Charakterisierung particulaer organischer Substanz in Meer mit physikalischen, chemischen, und biologischen methoden.* Kiel, Univ. Kiel, 1981. 167 p.
- KNOPPERS, B. & OPTIZ, S.S. An annual cycle of particulate organic matter in mangrove waters, Laranjeiras Bay, Brazil. *Arg. Biol. e Tecnol.*, 27: 78-92, 1984.
- KNOPPERS, B.; OPITZ, S.S.; SOUZA, M.P.; MINGUEZ, C.F. The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição lagoons, Santa Catarina, Brazil. *Arg. Biol. Tecnol.*, 27: 59-77, 1984.
- KNOPPERS, B. e TURCQ, B. Aspectos hidrológicos da lagoa de

- Guarapina (RJ) em relação a maré durante uma época de alta precipitação. Ci. e Cult., 37: 567. 1985.
- KNOPPERS, B. & MOREIRA, P. The short term effect of physical processes upon nutrients, primary production, and sedimentation in Guarapina lagoon, Brazil. Acta Limnol. Bras., 2: 405-30.
- LEMASSON, L.; PAGES, J.; DUFOUR, P.; CRÉMOUX, J.F. Matière organique particulaire e biomassa dans une lagune tropicale. Rev. Hydrobiol. Trop., 14(3): 191-212, 1981.
- MACHADO, E.C. & KNOPPERS, B. Sediment oxygen consumption in an organic rich sub-tropical lagoons, Brazil. Sci. Tot. Environ., 75: 470-85, 1988.
- MEE, L.D. Coastal lagoons. In: RILEY, J. & SHIRROW, O., ed. Chemical Oceanography. London, Univ. Ed. Academic Press, 1978. p. 441-90.
- MOREIRA, P.F. Ciclo anual de produção primária e nutrientes na lagoa de Guarapina-RJ. Niterói, UFF, 1988. 102 p. (Dissertação).
- MOREIRA, P. e KNOPPERS, B. Um ciclo anual de nutrientes e produção primária na lagoa de Guarapina-RJ. Acta Limnol. Bras. (no prelo).
- NICHOLS, M. & ALLEN, G. Sedimentary processes in coastal lagoons. In: NICHOLS, M. & ALLEN, G., ed. Coastal lagoon research: present and future. Marine Science, 33: 27-80, 1982. (Unesco Techn. Papers).
- NIXON, S. Remineralisation and nutrient cycling in coastal marine e cosystems. In: Etuaries and Nutrientes. New York, Humana Press, 1981. p. 111-38.

- ODEBRECHT, C. Der. Jahresgang des phytoplanktons in Harrington Sound, Bermuda. Kiel, Universidade de Kiel, 1981. 135 p. (Tese).
- ODEBRECHT, C. Hidrografia e matéria em suspensão na lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Atlântica, 9(1), 83-104, 1987.
- ODUM, W.E. & HEALD, E.J. The detritus based food web dan estuarine mangrove community. In: Estuarine research: chemistry, biology, and the estuarine system. v.1. New York, Academic Press, 1975. p. 255-86.
- SMETACEK, V. Die Sukzession des phytoplankton in der westhchen Kieler Bucht. Kiel, Universidade de Kiel, 1975. 152 p. (Tese).
- SMETACEK, V.; BODUNGEN, B.V.; BROECKEL, K.V.; KNOPPERS, B.; MARTENS, P.; PEINERT, R.; POLLEHNE, F.; STEGMANN, P.; ZEITZSCHEK, B. Seasonality of plankton hrowth and sedimentation. In: RUMOHR, E. WALGER, E.; ZEITZSCHEL, B., ed. Seawater Sediment interaction in coastal waters. Berlin, Springer Verlag, 1987. p. 34-56.
- STRATHAMNN, R.R. Estimating the organic content of phytoplankton form plasma or all volume. Limnol. Oceanogr., 12: 411-18, 1987.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A practical handbokk os seawater analysis. 2.ed. Ottawa, Fish. Res. Board. Canada, 1972. 310 p.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; KUTNER, M. Plankton studies in a mangrove environment VIII. Further investigations on primary production, standing stock of phyto and zooplankton and some environmental factors. Int. Rev.

Ges. Hydrobiol., 58(6): 925-40, 1973.

UNESCO. Coastal lagoon Research, present and future. Mar. Sci., 33: 173-89, 1981. (Unesco Techn. Papers).

UTERMOEHL, M. Zur vervolkung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 9: 39, 1958.

VALOUT, D. & FRISONI, G.F. Phytoplanktonic productivity and nutrients in five mediterranean lagoons. Oceanol. Acta, 9(1): 57-63, 1985.

VOLLENWEIDER, R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. Paris, Rep. OECD, 1968. 192 p.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto de Ciências Marinhas, Universidade de Kiel, e ao "Escritório Internacional" da GKSS, Geesthacht, R.F.A., pelo apoio técnico. O Sr. Severino dos Santos nos forneceu a infraestrutura de base do campo e o Departamento de Biologia, Universidade Federal Fluminense concedeu-nos o microscópio invertido para o período das análises. Ao Sr. Reginaldo Machado Filho pela confecção dos desenhos e a Sonia Jean Cordeiro Chactoura Oliveira pela datilografia do manuscrito. Apoio CNPq Proc. nº 40.266684 e FINEP.

ENDEREÇO DOS AUTORES

KNOPPERS, B.A. e MOREIRA, P.F.
Departamento de Geoquímica - Instituto de Química
Universidade Federal Fluminense
Rua Outeiro de São João Batista, s/nº - 5º andar
24210 Niterói - RJ