

# VARIAÇÃO TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON NO CANAL ESTUARINO DE SANTOS (SP)

MASUDA, L. S. M.<sup>1\*</sup>; MOSER, G. A. O.<sup>2</sup> & BARRERA-ALBA, J. J.<sup>3</sup>

1 - Instituto de Microbiologia, Laboratório de Biogeoquímica, Universidade Federal do Rio de Janeiro;

2 - Faculdade de Oceanografia, Departamento de Oceanografia Biológica, Universidade Estadual do Rio de Janeiro;

3 - Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

\* Corresponding author: shizuemm@yahoo.com.br

## ABSTRACT

Masuda, L. S. M.; Moser, G. A. O. & Barrera-Alba, J. J. 2011. Temporal variation of phytoplankton in the estuarine channel of Santos (SP). *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 15(1): 79 – 93. ISSN 1808-7035. An increase in abundance of potentially toxic dinoflagellates in the Santos channel, located in a highly urbanized and eutrophic estuarine complex, was reported in the literature. Prediction of such occurrences is essential, but phytoplankton community structure in dynamic estuarine systems are difficult to analyze. In the present work, we attempted to discuss microphytoplanktonic community in relation to physical variables looking for shifts in composition, in time scales of 25 hours. To achieve our goal two surveys were performed on anchored stations during 25 hours (two complete tidal cycles) in the Santos channel, during November 2005 and March/April 2006. Diatom community enhanced in periods of lower current velocity (tide peaks) during dry season, probably due to lower stratification after tidal runs and light availability, while dinoflagellates enhanced after rainfall events, probably due to a higher haline stratification and an increase in dissolved nutrients. The occurrence in high density of *Pseudo-nitzschia "seriata"* and *Prorocentrum minimum* reinforces the necessity of a constant monitoring program in the region.

**Keywords:** *Prorocentrum minimum*, *Pseudo-nitzschia "seriata"*, dissolved nutrients, tides

## INTRODUÇÃO

A distribuição da comunidade fitoplanctônica na coluna de água pode variar devido a processos físicos (ondas, correntes e marés), químicos (nutrientes) e biológicos (herbivoria, competição e migração) (Brunet & Lizon 2003, Thompson et al. 2008). Em um dado ambiente a composição taxonômica do fitoplâncton é uma manifestação das estratégias ecológicas adaptativas das espécies e de seus modos de nutrição (e.g. autotrofia, distintas formas de mixotrofia), função direta de seu ambiente físico e químico (Margalef, 1997). Em estuários, os gradientes de salinidade, assim como as rápidas modificações nas marés, mistura vertical, nutrientes e turbidez condicionam as variações na comunidade fitoplanctônica (Baek et al., 2008). A identificação das condições ambientais capazes de conduzir à dominância de um determinado grupo fitoplanctônico, potencialmente nocivo ou não, é importante para programas de monitoramento, especialmente em áreas costeiras impactadas antropicamente (Mafra-Junior et al., 2006).

Trabalhos realizados no Canal Estuarino de Santos, área do presente estudo, assim como nos canais de São Vicente e Bertioga, demonstraram que as variações na composição fitoplanctônica e na produtividade primária são fortemente influenciadas pelas variações de maré e pela contribuição da descarga de água doce para o sistema (Gianesella et al., 2000; Gianesella-Galvão et al., 2005; Moser et

al., 2005). Schmiegelow et al. (2008) em uma revisão sobre os produtores primários do Sistema Estuarino de Santos, apontam os nanoflagelados como o grupo predominante de organismos nesse sistema. De fato, nos estudos de Moser (2002) e Ancona (2007) a variação espaço-temporal do fitoplâncton em escala nictemeral e sazonal no Canal de Santos é discutida, e a predominância de nanoflagelados é destacada. No primeiro, variações na composição do fitoplâncton foram observadas em relação às marés e estabilidade da coluna de água, com dominância de diatomáceas (*Skeletonema cf. costatum*) em condições de maior estratificação; e nanoflagelados em períodos de maior mistura. Ancona (2007) observa o predomínio de nanoflagelados durante o ano todo, e o aumento na densidade de dinoflagelados nos períodos de menor pluviosidade.

Em uma revisão recente, compilando quase 100 anos (entre 1913 e 2002, e novos dados entre 2004 e 2006) de dados taxonômicos do microfítotoplâncton, em águas costeiras do estado de São Paulo, Villac et al. (2008) apontam o Sistema Estuarino de Santos como uma das regiões mais estudadas, embora seja notável a descontinuidade temporal e espacial no conjunto de dados. Entre todas as espécies do fitoplâncton, as diatomáceas cêntricas e penadas em cadeia, como *Asterionellopsis glacialis*, *Guinardia striata* e espécies de *Pseudo-nitzschia*, são citadas em 51% a 80% dos estudos.

Outro aspecto relevante do Sistema Estuarino de Santos são as contribuições antrópicas que levaram à maior eutrofização, devido à ocupação e uso do solo pela cidade, o pólo industrial de Cubatão e o maior porto da América Latina (Gasparro et al., 2008). A eutrofização pode causar modificações na estrutura e composição da comunidade fitoplanctônica, assim como na rede trófica (Pinckey et al., 2001). Os dados de diversidade fitoplanctônica das regiões costeiras do estado de São Paulo mostram um incremento na riqueza específica de dinoflagelados de 10% da comunidade fitoplanctônica entre 1913 e 2002, para mais de 30% entre 2004 e 2006 (Villac et al., 2008).

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar a composição e a variação da comunidade fitoplanctônica na entrada do Canal Estuarino de Santos, nos períodos de novembro de 2005 e março/abril de 2006; considerando as variações ambientais observadas em ciclos completos de maré, com amostragens horárias.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

O Sistema Estuarino de Santos (23°53'-24°02'S, 46°27'-46°15'W) é composto por 3 canais estuarinos: Santos, São Vicente e Bertioga, interconectados na

porção interna do sistema (Figura 1). O Canal Estuarino de Santos possui 14 km de extensão e profundidade média de 12 metros, com maré semi-diurna variando de 0,5 a 1,5 metros (Harari et al., 2008). A descarga média de água doce varia de 24 m<sup>3</sup>/s a 127 m<sup>3</sup>/s, incluindo as descargas do rio Cubatão e da usina Henry Borden (SONDOTECNICA, 1977), essa última atualmente opera com carga mínima (Gasparro et al., 2008). O clima dessa região é tropical úmido, com índices pluviométricos variando entre 2000 mm e 4500 mm por ano. Sendo os maiores índices no verão, e os menores no inverno (DAEE, 2010).

### Estratégia amostral e análises laboratoriais

Foram realizadas duas campanhas de amostragens de 25 horas cada uma, em uma estação fixa localizada na entrada do canal de Santos (23° 59' S, 46° 18' O) (Figura 1). A primeira campanha foi efetuada em 15 e 16 de novembro de 2005 (a partir daqui denominada como campanha de Novembro/2005); com amostragens iniciando às 12h30min do dia 15 até 12h30min do dia 16 de novembro. A segunda campanha foi realizada em 31 de março a 01 de abril de 2006 (a partir daqui denominada como campanha de Abril/2006), com amostragens iniciadas às 13h30min e terminando às 13h30min do dia seguinte, dessa forma as amostragens foram realizadas em dois ciclos completos de maré.

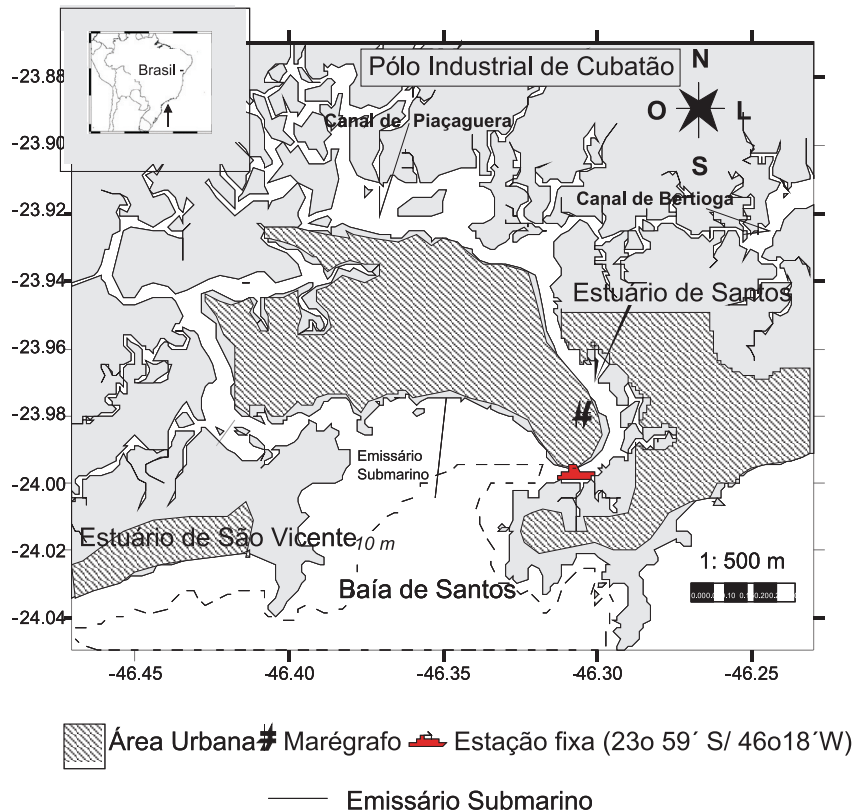


Figura 1 - Complexo estuarino de Santos, posicionamento da estação fixa.

Perfis verticais de salinidade (S), temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD) e porcentagem de saturação do oxigênio (%OD) foram obtidos a cada hora, e a cada metro de profundidade, através do sensor multi-parâmetros (YellowSpring modelo 600LS). Em Novembro/2005 foram realizadas medidas desde a superfície até 5 a 7 m de profundidade, totalizando 183 medições; enquanto em Abril/2006 variou desde a superfície até 5 a 8 m de profundidade, totalizando 166 medições. A maioria das amostragens foram realizadas até 6 m de profundidade.

Para as análises dos nutrientes inorgânicos dissolvidos: silicato (Si), fosfato ( $PO_4$ ), nitrito ( $NO_2$ ) e nitrato ( $NO_3$ ); séston; biomassa (clorofila-a) e composição da comunidade fitoplanctônica, foram coletadas amostras a cada duas horas com garrafas de Van Dorn em duas profundidades (superfície e a 1 metro do fundo).

A concentração de séston ( $mg L^{-1}$ ), dividida em material orgânico em suspensão (MOS) e material inorgânico em suspensão (MIS) foi obtida através da filtração de alíquotas de 250 a 500 ml, imediatamente após a amostragem, em filtros previamente combustioneados e pesados (Millipore AP40, porosidade nominal de 0,7  $\mu m$ ). Esses foram mantidos ao abrigo da luz a  $-20^\circ C$  até o momento da análise pelo método gravimétrico descrito em APHA (1985).

Para a análise da concentração de clorofila-a ( $mg m^{-3}$ ) foram filtradas alíquotas de 500 mL em filtros de fibra de vidro (Millipore AP40, porosidade nominal de 0,7  $\mu m$ ), os filtros foram estocados imediatamente em nitrogênio líquido. Os pigmentos foram extraídos em acetona 90%, e mantidos em freezer a  $-20^\circ C$  por 24 horas. As medidas de clorofila foram realizadas através do método espectrofotométrico tricromático descrito em Jeffrey & Humphrey (1975). O filtrado foi recolhido e estocado a  $-20^\circ C$  em frascos de polietileno, previamente lavados com ácido clorídrico 10% e água destilada, para análises de nitrito, nitrato, fosfato e silicato. As amostras foram analisadas segundo os métodos espectrofotométricos descritos em Aminot & Chaussepied (1983), para os nitrogenados, e Grashoff et al. (1983), para fosfato e silicato.

A composição da comunidade fitoplanctônica foi analisada a partir de alíquotas de 100 mL, preservadas em formaldeído neutralizado (concentração final de 0,4%) e estocadas ao abrigo da luz em temperatura ambiente. Após homogeneização, sub amostras de 10 a 25 mL foram retiradas e dispostas em câmaras de sedimentação (Utermöhl, 1958). Após um mínimo de 12 horas de sedimentação, o fitoplâncton, foi identificado e contado em um microscópio invertido (marca Zeiss, modelo Axiovert) a uma magnificação de 400x. Pelo menos 200 células foram contadas para análise do microfítoplâncton e 400 células para

o nanoplâncton (Lund et al. 1958), e identificadas ao menor nível taxonômico possível (espécie, gênero, família ou ordem) de acordo com os manuais de Cupp (1943), Balech (1988), Tomas (1997) e Tenenbaum et al. (2004). Alguns organismos foram identificados dentro de complexos, devido à sua difícil identificação em microscopia ótica, como: *Pseudo-nitzschia* "seriata" e *Pseudo-nitzschia* "delicatissima" (sensu Hasle 1965), e *Cylindrotheca/Nitzschia*. Foram calculados os índices de diversidade de Shannon (Washington, 1984) e equitabilidade (Magurran, 1988).

A precipitação diária foi obtida a partir dos registros do CEPTEC-INPE para a região (Climanálise, 2005; Climanálise, 2006) foram utilizados registros de 9 dias anteriores às amostragens mais o dia de coleta.

### Tratamento dos dados

Para comparar as variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas entre (i) as campanhas de Novembro/2005 e Abril/2006, (ii) entre as duas profundidades de coleta: superfície e fundo, e (iii) entre as marés enchente e vazante; foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Com o objetivo de extrair as tendências da variabilidade dos dados e reduzir a complexidade das relações existentes entre a comunidade fitoplanctônica e as variáveis ambientais foi aplicada Análise de Componentes Principais (ACP) ao conjunto de dados físicos, químicos e biológicos das campanhas de 2005 e 2006. Esses dados foram previamente normalizados por aplicação de logaritmo [ $\log(x+1)$ ] e padronizados. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 0,05.

## RESULTADOS

De uma forma geral, os resultados do teste de Mann-Whitney mostraram que as duas campanhas foram distintas em relação às variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila-a, composição e estrutura da comunidade) (Tabela 1), por isso a descrição dos resultados da composição e estrutura da comunidade é realizada para cada uma das campanhas separadamente.

### Variáveis ambientais

Na campanha de novembro de 2005 a profundidade local variou de 7 a 11 metros. A coleta de maré enchente foi realizada nos horários de 12h30min às 16h30min e entre 02h30min e 06h30min, como esperado foram observados os maiores valores de salinidade (Figura 2). Nessa campanha a precipitação média foi de 1,3  $mm dia^{-1}$ , enquanto a média de temperatura foi  $20^\circ C$  e de salinidade 31,5, valores relativamente altos e associados à menor precipitação (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores das médias ( $\bar{x}$ ), desvios padrões (DP), máximos (máx.) e mínimos (mín.) das variáveis físicas, químicas e biológicas das campanhas de Novembro/2005 e Abril/2006. Valores do resultado do teste de Mann-Whitney para as variáveis analisadas. Valores médios em destaque (\*) são significativamente maiores (nível de significância  $p < 0.05$ ). MIS = material inorgânico dissolvido e MOS = material orgânico dissolvido. Os valores de densidade do Fitoplâncton total foram calculados sem considerar as densidades de nanoflagelados.

Campanhas Variáveis	Novembro/2005				Abril/2006				Teste Mann-Whitney Valores de p
	$\bar{x}$	$\pm$ DP	máx.	mín.	$\bar{x}$	$\pm$ DP	máx.	mín.	
Precipitação (mm dia <sup>-1</sup> )	1.3	3.1	10.0	0.0	<b>14.6*</b>	22.7	80.0	0.0	<b>0.0404</b>
Temperatura (°C)	24.0	0.3	24.9	23.1	<b>26.3*</b>	0.2	26.8	25.7	<b>&lt; 0.0001</b>
Salinidade	<b>31.5*</b>	0.8	33.3	29.9	29.1	2.5	34.1	24.8	<b>&lt; 0.0001</b>
Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	<b>6.6*</b>	0.5	7.7	5.5	4.6	0.5	6.0	3.5	<b>&lt; 0.0001</b>
% Saturação D.O.	<b>94.0*</b>	6.9	111.2	80.2	64.4	11.4	79.9	39.6	<b>&lt; 0.0001</b>
Secchi (m)	<b>6.1*</b>	1.4	9.5	4.1	4.3	1.3	6.8	2.7	<b>0.0015</b>
MIS (mg L <sup>-1</sup> )	<b>86.5*</b>	47.5	250.0	58.0	59.2	27.7	146.8	11.7	<b>0.0009</b>
MOS (10 <sup>3</sup> mg L <sup>-1</sup> )	1.5	0.1	1.6	1.2	1.4	0.4	2.9	0.8	0.4260
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	0.4	0.2	0.9	0.1	<b>2.6*</b>	0.6	3.4	1.4	<b>&lt; 0.0001</b>
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	1.5	0.9	3.8	0.1	<b>5.2*</b>	2.8	10.6	2.2	<b>&lt; 0.0001</b>
Fosfato (mg L <sup>-1</sup> )	0.1	0.1	0.2	0.0	<b>0.3*</b>	0.1	0.5	0.1	<b>&lt; 0.0001</b>
Silicato (mg L <sup>-1</sup> )	0.6	0.3	1.3	0.2	<b>2.0*</b>	0.4	2.6	1.3	<b>&lt; 0.0001</b>
Clorofila-a (mg m <sup>-3</sup> )	<b>5.3*</b>	1.3	9.7	3.4	4.2	2.4	11.6	0.9	<b>0.0211</b>
Diatomácea cêntrica (10 <sup>5</sup> cel L <sup>-1</sup> )	<b>3,8*</b>	3,8	15,8	0,6	1,2	0,9	3,3	0	<b>0.0004</b>
Diatomácea penada (10 <sup>5</sup> cel L <sup>-1</sup> )	<b>19,5*</b>	13,5	41,3	4	1	0,8	2,4	0	<b>&lt; 0.0001</b>
Dinoflagelados (10 <sup>5</sup> cel L <sup>-1</sup> )	1,2	0,7	2,9	0,3	<b>21*</b>	60,7	288,6	0,2	<b>0.0005</b>
Fitoplâncton total (10 <sup>6</sup> cel L <sup>-1</sup> )	<b>3,4*</b>	1,8	7,4	0,9	2,4	6,0	29,0	0,2	<b>&lt; 0.0001</b>
Nanoflagelado (10 <sup>7</sup> cel L <sup>-1</sup> )	<b>1,3*</b>	0,7	3,5	0,4	0,9	0,5	2,3	0,3	<b>0.0154</b>
Riqueza	18.0	4.3	27.0	8.0	18.4	6.5	29.0	4.0	0.3658
Equitabilidade	0.5	0.1	0.7	0.4	<b>0.8*</b>	0.3	1.0	0.0	<b>&lt; 0.0001</b>
Diversidade	1.6	0.3	2.1	0.9	<b>2.2*</b>	1.0	3.2	0.0	<b>0.0002</b>

Foram observadas as maiores médias das variáveis: OD (6.6 mg L<sup>-1</sup>), %OD (94%), MIS (86,5 mg L<sup>-1</sup>), clorofila-a (5,3 mg m<sup>-3</sup>) e profundidade da zona eufótica (6,1 m) (Tabela 1).

Considerando a profundidade de coleta, superfície e fundo, as variáveis significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) com as maiores médias foram: temperatura e fosfato em superfície; e salinidade junto ao fundo (Figura 3a-c). Com relação à maré foram registrados maiores valores significativamente distintos ( $p < 0,05$ ) de T, S e OD, na maré enchente; e Si, PO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> e NO<sub>3</sub>; na maré vazante (Figura 4a-g). As variáveis Secchi, OD e %OD, MIS, MOS, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Si não apresentaram diferenças significativas com relação à profundidade. E as variáveis MIS e MOS não foram significativamente diferentes nas marés.

Na campanha de Abril/2006 a variação da profundidade na estação amostral foi de 6,6 a 8,3 metros. A maré enchente foi registrada entre 13h30min e 17h30min e entre 01h30min e 05h30min, como esperado, foram observados os maiores valores de salinidade (Figura 2). A precipitação pluviométrica foi maior nessa campanha (14,6 mm dia<sup>-1</sup>), associada aos maiores valores médios de temperatura (26,3°C) e menores de salinidade (29,1) (Tabela 1).

Foram registradas as maiores médias de NO<sub>2</sub> (2,6 mg L<sup>-1</sup>), NO<sub>3</sub> (5,2 mg L<sup>-1</sup>), PO<sub>4</sub> (0,3 mg L<sup>-1</sup>) e Si (2,0 mg L<sup>-1</sup>). Essas foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) daquelas observadas na campanha de Novembro/2005 (Tabela 1).

Considerando a profundidade de coleta foram registrados maiores valores ( $p < 0,05$ ) de T, S, MIS, MOS e clorofila-a nas amostras de fundo; e PO<sub>4</sub> e Si nas amostras de superfície (Figura 5a-g). Quanto à maré, maiores valores ( $p < 0,05$ ) de T e OD foram observados na enchente e NO<sub>2</sub> na vazante (Figura 6a-c). As demais variáveis não foram significativamente diferentes.

### Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica

#### Campanha de Novembro 2005

Foram observadas nessa campanha, as maiores ( $p < 0,05$ ) médias de densidade celular total de organismos (3,4.106  $\pm$  1,8.106 cel L<sup>-1</sup>). Os nanoflagelados, analisados à parte, foram predominantes, com densidade média de 1,3.107  $\pm$  0,7.107 cel L<sup>-1</sup> (Tabela 1). A contribuição relativa deste grupo variou de 65% a 95% da abundância total dos organismos.

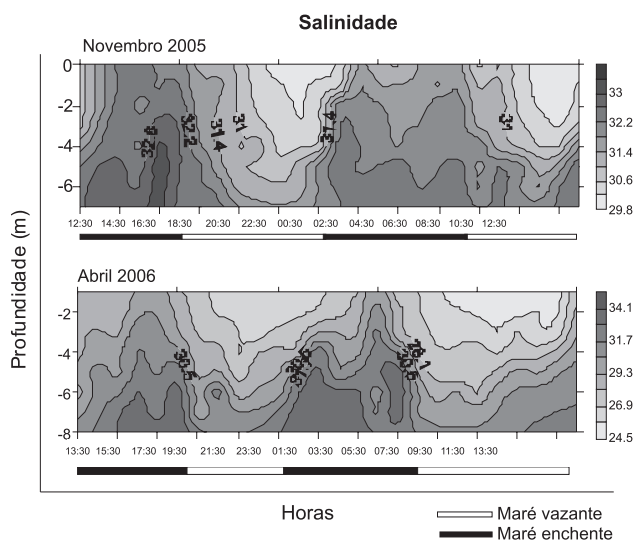


Figura 2 - Variação da salinidade na coluna de água ao longo de 25 horas nas campanhas de Novembro/2005 e Abril/2006.

Dentre os organismos nano- e microfitoplanctônicos identificados, as diatomáceas penadas (Bacillariales) foram dominantes, variando de  $0,4$  a  $4,1 \cdot 10^6$  cel  $L^{-1}$  (contribuição média de 73%), seguida pelas diatomáceas cêntricas (Biddulphiales) variando de  $5,8 \cdot 10^4$  a  $1,6 \cdot 10^6$  cel  $L^{-1}$  (17%) e dinoflagelados (Dinophyceae) variando de  $0,32$  a  $2,9 \cdot 10^5$  cel  $L^{-1}$  (6%). Os outros grupos como coccolitoforídeos (Prymnesiophyceae), cianobactérias (Cyanophyceae), silicoflagelados (Dictyochophyceae) e flagelados maiores que  $20 \mu m$ , juntos, variaram de  $0$  a  $1,6 \cdot 10^6$  cel  $L^{-1}$  contribuindo com uma média de 4% (Figura 7).

De uma forma geral as maiores densidades do fitoplâncton total foram observadas junto ao fundo, principalmente devido às maiores densidades das diatomáceas penadas e dinoflagelados (Figuras 3d,e; Figura 7). Observou-se uma relação direta das penadas, nanoflagelados e, conseqüentemente do fitoplâncton total com a maré, onde as maiores densidades ( $p < 0,05$ ) foram registradas na enchente (Figura 4h,i,j). Em relação à profundidade não foram significativas as diferenças na densidade média de: fitoplâncton total, diatomáceas cêntricas e nanoflagelados. Considerando a maré não foram significativas as diferenças nas densidades de diatomáceas cêntricas e dinoflagelados.

Foram identificados 68 táxons (Tabela 2), sendo *Pseudo-nitzschia "seriata"* dominante na maioria dos horários, representando cerca de 60% do total da abundância relativa dos organismos identificados, seguida dos táxons: *Pseudo-nitzschia "delicatissima"* (9%), *Leptocylindrus minimus* (4%), *Navicula* spp (2,5%), *Trichodesmium* sp. (2%), *Melosira* sp. (2%), *Prorocentrum* spp (2%), *Anabaena* spp (1,8%), *Skeletonema* cf. *costatum* (1%) e *Thalassiosira* cf. *punctigera* (1%).

Como conseqüência dessa alta dominância de *Pseudo-nitzschia "seriata"*, menores valores de diversidade ( $1,55 \pm 0,28$ ) e equitabilidade ( $0,54 \pm 0,09$ ) foram observados nessa campanha (Tabela 1).

### Novembro 2005

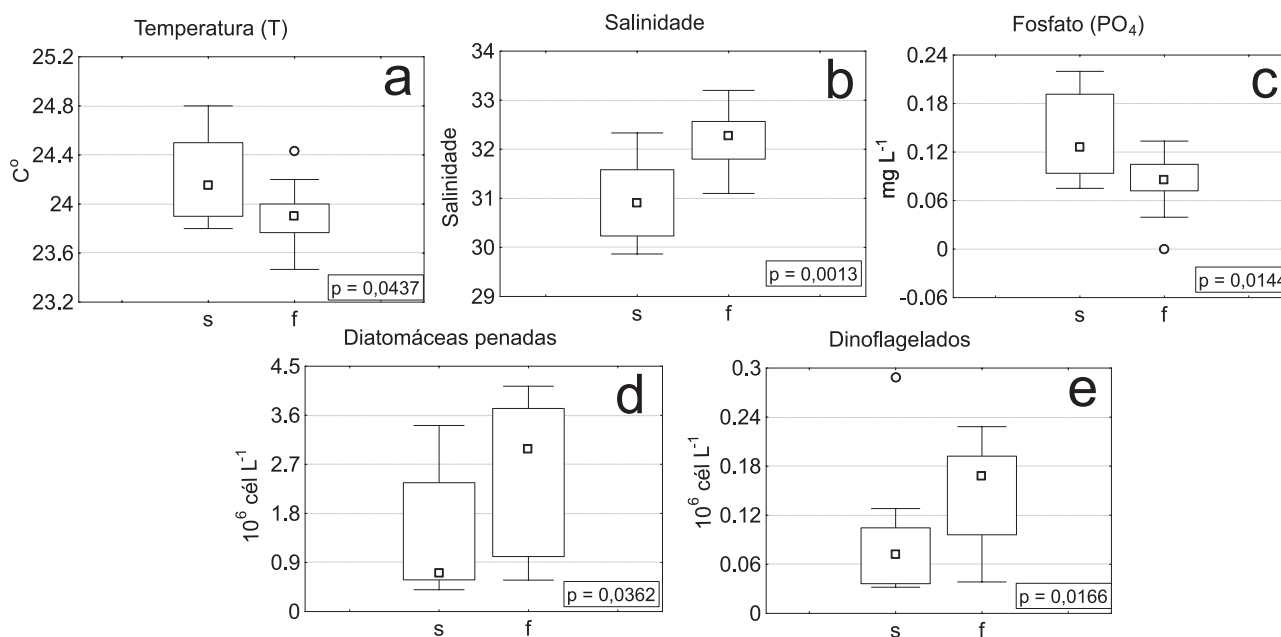


Figura 3 - Comparação das variáveis físicas, químicas e biológicas em amostras de superfície (s) e fundo (f) da campanha de Novembro/2005.

Tabela 2 - Listagem dos organismos fitoplanctônicos identificados em dois ciclos completos de maré, nas campanhas de Novembro/2005 e Abril/2006. Enc. = maré enchente, Vaz. = maré vazante. Sistema de classificação segundo Tomas (1997).

	Novembro/2005					Abril/2006			
	Maré	Enc.	Vaz.	Enc.	Vaz.	Enc.	Vaz.	Enc.	Vaz.
<b>Classe Cyanophyceae</b>									
<b>Ordem Nostocales</b>									
<b>Família Nostocaceae</b>									
<i>Anabaena</i> spp		X	X	X		X	X		X
<b>Ordem Oscillatoriales</b>									
<b>Família Phormidiaceae</b>									
<i>Trichodesmium</i> spp		X					X		
<b>Classe Bacillariophyceae</b>									
<b>Ordem Biddulphiales</b>									
<b>Família Thalassiosiraceae</b>									
<i>Cyclotella</i> spp		X	X	X			X	X	
<i>Cyclotella</i> sp1		X	X			X	X		X
<i>Lauderia</i> sp1			X	X	X				
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i> (Greville) Cleve		X		X		X	X		X
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>punctigera</i> (Castracane) Hasle		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>rotula</i> Meunier		X				X			
<i>Thalassiosira</i> sp1						X			X
<i>Thalassiosira</i> sp2									X
<i>Thalassiosira</i> spp						X			X
<b>Família Melosiraceae</b>									
<i>Melosira</i> spp		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve						X		X	
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville & Arnott) Ralfs							X		
<b>Família Leptocylindraceae</b>									
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran		X	X	X	X	X			X
<b>Família Coscinodiscaceae</b>									
<i>Coscinodiscus</i> spp			X	X	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i> sp1					X	X	X		
<i>Coscinodiscus</i> sp2		X					X		
<b>Família Heliopeltaceae</b>									
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		X	X						X
<b>Família Rhizosoleniaceae</b>									
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle		X							
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo			X	X		X			
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle		X	X	X	X				
<i>Guinardia</i> sp1			X	X	X				
<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>hyalina</i> Ostenfeld in Ostenfeld & Schmidt		X			X				
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey		X	X		X				
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell								X	X
<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>styliformis</i> Brightwell			X	X					
<i>Rhizosolenia</i> sp1		X	X		X				
<b>Família Hemiaulaceae</b>									
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey		X	X			X	X		
<i>Cerataulina</i> sp.						X			
<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg			X						
<i>Eucampia</i> sp.						X			
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville		X			X	X			
<i>Hemiaulus</i> sp.				X					
<b>Família Cymatosiraceae</b>									
<i>Cymatosira lorenziana</i> Grunow									X
<b>Família Chaetocerotaceae</b>									
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder				X					
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow			X						
<i>Chaetoceros</i> spp		X	X			X		X	
<i>Chaetoceros</i> sp1			X			X		X	X
<b>Família Lithodesmiaceae</b>									
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow		X	X	X	X				
<i>Ditylum</i> sp1			X						
<b>Família Eupodiscaceae</b>									
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow		X							
<i>Odontella</i> sp1					X				
<b>Família Anaulaceae</b>									
<i>Anaulus</i> sp.		X					X	X	

**Campanha de Abril 2006**

Os nanoflagelados formaram o grupo predominante com abundância relativa variando de 26 a 97% do total de organismos fitoplanctônicos.

Considerando os grupos taxonômicos identificados, os dinoflagelados foram predominantes devido à dominância de *Prorocentrum minimum* registrada principalmente nos horários: 5h30min superfície, 7h30min fundo, 9h30min superfície e 13h30min fundo,

Tabela 2 - (Cont.)

	Novembro/2005				Abril/2006				
	Maré	Enc.	Vaz.	Enc.	Vaz.	Enc.	Vaz.	Enc.	Vaz.
<b>Classe Bacillariophyceae</b>									
<b>Ordem Bacillariales</b>									
<b>Família Fragilariaceae</b>									
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round		X		X					
<b>Família Thalassionemataceae</b>									
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle			X						
<i>Thalassionema</i> cf. <i>Bacillare</i> (Heinden in Heinden & Kolbe) Kolbe		X					X		
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky			X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassionema</i> sp1						X	X		
<b>Família Naviculaceae</b>									
<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C.Silva		X			X				
<i>Navicula</i> spp		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Navicula</i> sp1.		X	X		X	X	X	X	X
<i>Navicula</i> sp2						X	X	X	X
<i>Navicula</i> sp3								X	
<i>Pleurosigma</i> spp						X	X		X
<b>Família Bacillariaceae</b>									
Complexo <i>Cylindrotheca/Nitzschia</i>					X	X		X	
<i>Fragilariopsis</i> cf. <i>doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims		X	X	X	X	X		X	X
<i>Fragilariopsis</i> sp.							X		
<i>Nitzschia</i> spp			X						
<i>Pseudo-nitzschia</i> "delicatissima"		X	X	X	X		X		
<i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata"		X	X	X	X	X			
cf. <i>Neodenticula</i>			X	X	X	X	X	X	X
<b>Classe Haptophyceae</b>									
<b>Ordem Coccothrales</b>									
não identificados		X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Classe Dictyochophyceae</b>									
<b>Ordem Dictyochales</b>									
<b>Família Dictyochaceae</b>									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg		X	X	X					
<i>Dictyocha</i> sp1			X		X			X	
<b>Classe Zoomastigophora</b>									
<b>Ordem Ebrida</b>									
<b>Família Ebridae</b>									
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann			X	X	X	X			
<b>Classe Dinophyceae</b>									
<b>Ordem Prorocentrales</b>									
<b>Família Prorocentraceae</b>									
<i>Prorocentrum</i> cf. <i>balticum</i> (Lohmann) Loeblich				X		X	X	X	X
<i>Prorocentrum</i> cf. <i>compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge				X				X	X
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt		X							X
<i>Prorocentrum</i> cf. <i>lima</i> (Ehrenberg) Balech		X							X
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg							X	X	
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Prorocentrum</i> cf. <i>scutellum</i> Schröder								X	X
<i>Prorocentrum</i> spp		X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Ordem Gymnodiniales</b>									
<b>Família Gymnodiniaceae</b>									
<i>Akashiwo</i> cf. <i>sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup									X
não identificados		X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Ordem Gonyaulacales</b>									
<b>Família Ceratiaceae</b>									
<i>Ceratium hircus</i> Schröder) F.Gómez, D.Moreira & P. López-García									X
<b>Família Goniommataceae</b>									
<i>Alexandrium</i> cf. <i>fraterculus</i> (Balech) Balech			X				X		
<i>Alexandrium</i> sp.						X	X	X	
<i>Gambierdiscus</i> cf. <i>toxicus</i> Adachi & Fukuyo							X		
<b>Família Gonyaulacaceae</b>									
<i>Gonyaulax</i> sp.						X			
<b>Família Oxytoxaceae</b>									
<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller							X		
<i>Oxytoxum</i> spp			X	X	X	X	X	X	
<b>Família Calciodinellaceae</b>									
<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III		X	X	X				X	X
<b>Família Protoperidiniaceae</b>									
cf. <i>Peridinium</i>		X			X				
<i>Protoperidinium</i> spp		X	X		X	X	X	X	X
<i>Protoperidinium</i> cf. <i>steinii</i> (Jørgensen) Balech			X						

## Novembro 2005

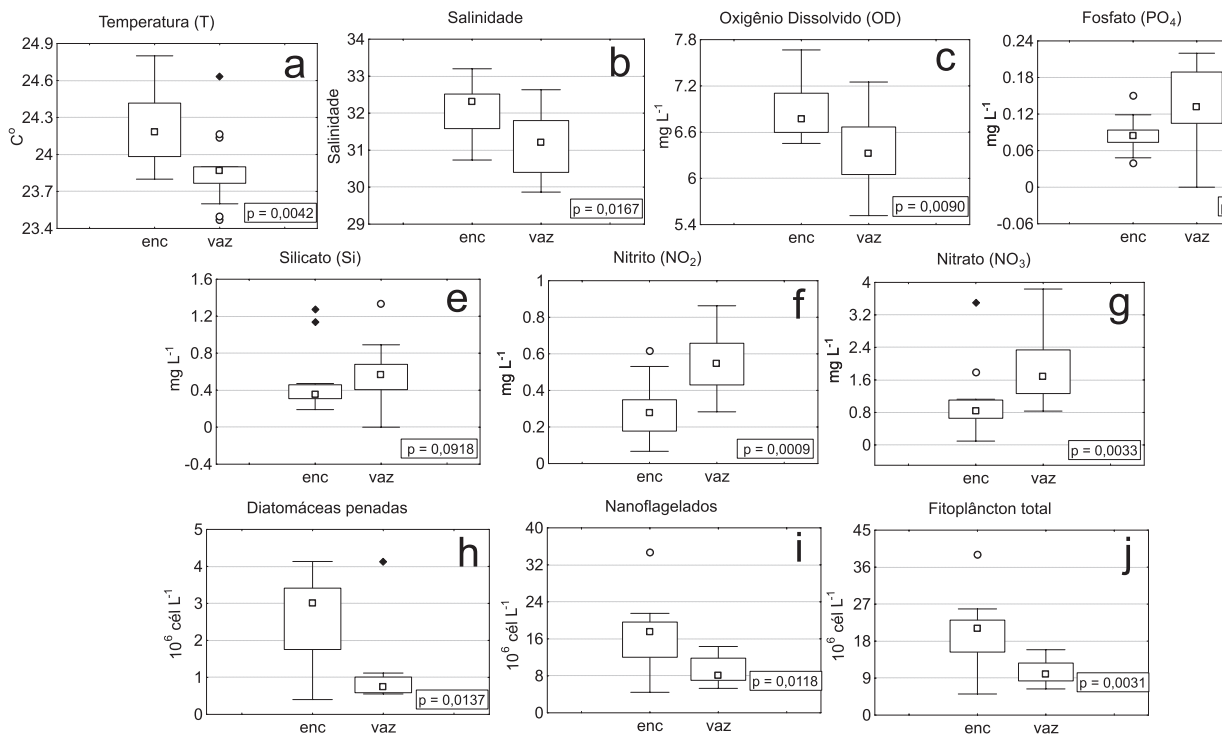


Figura 4 - Comparação das variáveis físicas, químicas e biológicas na maré enchente (enc) e vazante (vaz) da campanha de Novembro/2005.

## Abril 2006

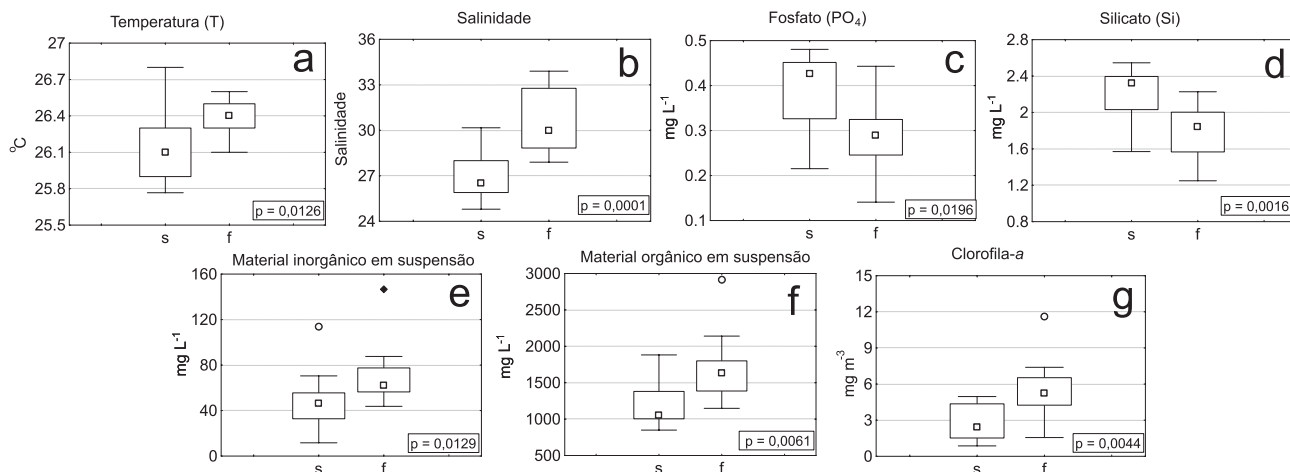


Figura 5 - Comparação das variáveis físicas, químicas e biológicas em superfície (s) e fundo (f) da campanha de Abril/2006.

com densidades de  $4,1 \cdot 10^6$ ;  $2,9 \cdot 10^7$ ,  $1,3 \cdot 10^7$  e  $2,6 \cdot 10^6$  cel L<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores não foram apresentados na Figura 8 para facilitar a visualização da distribuição dos grupos taxonômicos.

A densidade dos dinoflagelados variou de  $2,0 \cdot 10^4$  a  $2,9 \cdot 10^7$  cel L<sup>-1</sup>, contribuindo com uma média relativa de 54%, seguida das diatomáceas penadas variando de 0 a  $2,4 \cdot 10^5$  cel L<sup>-1</sup> (20%), e diatomáceas cêntricas variando de 0 a  $3,7 \cdot 10^5$  cel L<sup>-1</sup> (19%); os ou-

tros grupos como cocolitoforídeos, cianobactérias e silicoflagelados, juntos variaram de 0 a  $2,4 \cdot 10^5$  cel L<sup>-1</sup>, contribuindo com uma média de 8%, o dobro do observado na campanha de Novembro/2005 (Figura 8).

A variação da densidade do fitoplâncton total, nanoflagelados, diatomáceas cêntricas e penadas e dinoflagelados não foi significativamente distinta em relação à profundidade e às marés.



## Abril 2006

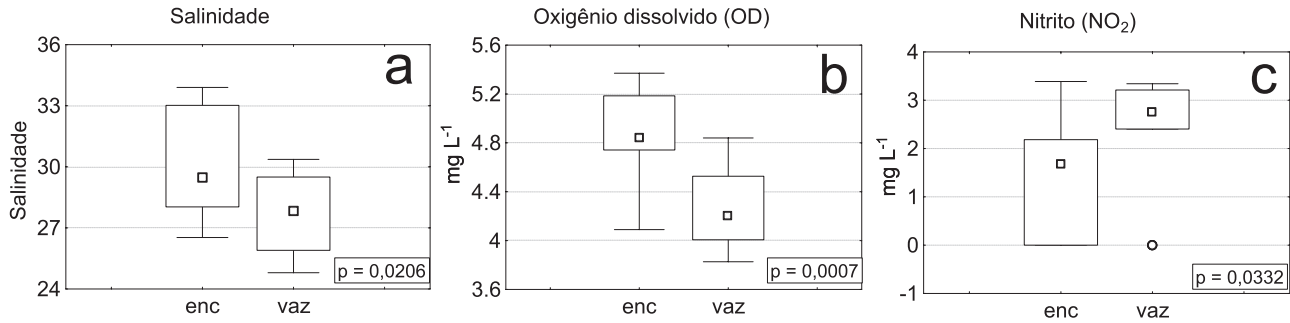


Figura 6 - Comparação das variáveis físicas e químicas na maré enchente (enc) e vazante (vaz) da campanha de Abril/2006.

Foram identificados 66 táxons (Tabela 2) dos quais o dinoflagelado *Prorocentrum minimum* representou 82% da abundância relativa total do fitoplâncton, devido aos eventos de dominância que ocorreram em alguns horários, seguido pelos táxons: *Protoperdinium* spp (3,2%), *Navicula* spp (1,6%), *Prorocentrum* spp (1,5%), *Thalassionema nitzschioides* (1,4%), *Melosira* sp. (0,9%), *Anabaena* sp. (0,9%) e *Skeletonema* cf. *costatum* (0,7%).

A diversidade ( $2.21 \pm 0.95$ ) e equitabilidade ( $0.75 \pm 0.29$ ) foram maiores ( $p < 0,05$ ) nessa campanha, pois a dominância de *P. minimum* ocorreu apenas e alguns horários (destacados acima) da amostragem, enquanto a dominância de *Pseudo-nitzschia "seriata"* ocorreu ao longo de toda campanha de Novembro/2005 (Tabela 1).

### Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais extraiu dois eixos com uma porcentagem acumulada de explicação de 56,5% da variância total dos dados, sendo o eixo 1 responsável por 44,6%, o eixo 2 por 11,9%.

No eixo 1 aparecem em sua porção positiva os vetores: S, OD, MIS, clorofila-a (Cla), NO<sub>2</sub>, diatomáceas cêntricas (cen), penadas (pen) e nanoflagelado (flag) na porção positiva; e, na porção negativa os vetores dos nutrientes e dinoflagelados. Este eixo refletiu a característica eutrófica do ambiente e a importância da variação temporal dos nutrientes, separando a campanha de abril de 2006, que apresentou maiores concentrações de nutrientes e aumento na densidade de dinoflagelados, na porção negativa do eixo, da campanha de novembro de 2005, na porção positiva do eixo (Figura 9).

No eixo 2 os vetores significativos foram: T, Si, MIS, MOS, Cla, cen, dinoflagelados e flag na sua porção positiva, enquanto na porção negativa foram observados o OD e NO<sub>2</sub>. Este eixo caracteriza a influência da profundidade principalmente com relação ao séston (MOS e MIS) e Cla, separando as amostras coletadas próximas ao fundo com maiores concentrações de MIS, MOS e Cla na porção positiva do eixo, das amostras de superfície na porção negativa (Figura 9).

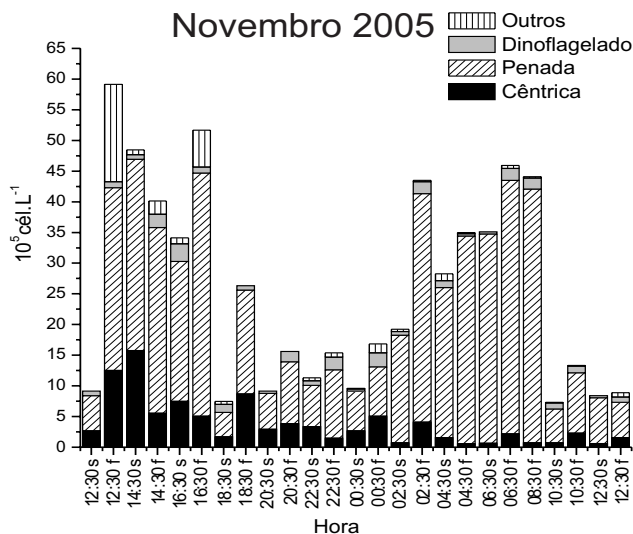


Figura 7 - Densidade ( $10^5 \text{ cél.L}^{-1}$ ) dos principais grupos taxonômicos identificados na campanha Novembro/2005. (s = superfície e f = fundo).

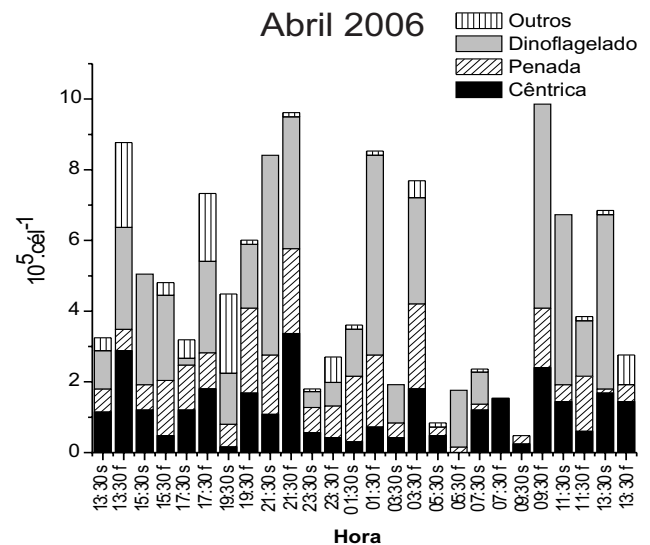


Figura 8 - Densidade ( $10^5 \text{ cél.L}^{-1}$ ) dos principais grupos taxonômicos identificados na campanha Abril/2006. (s = superfície e f = fundo).

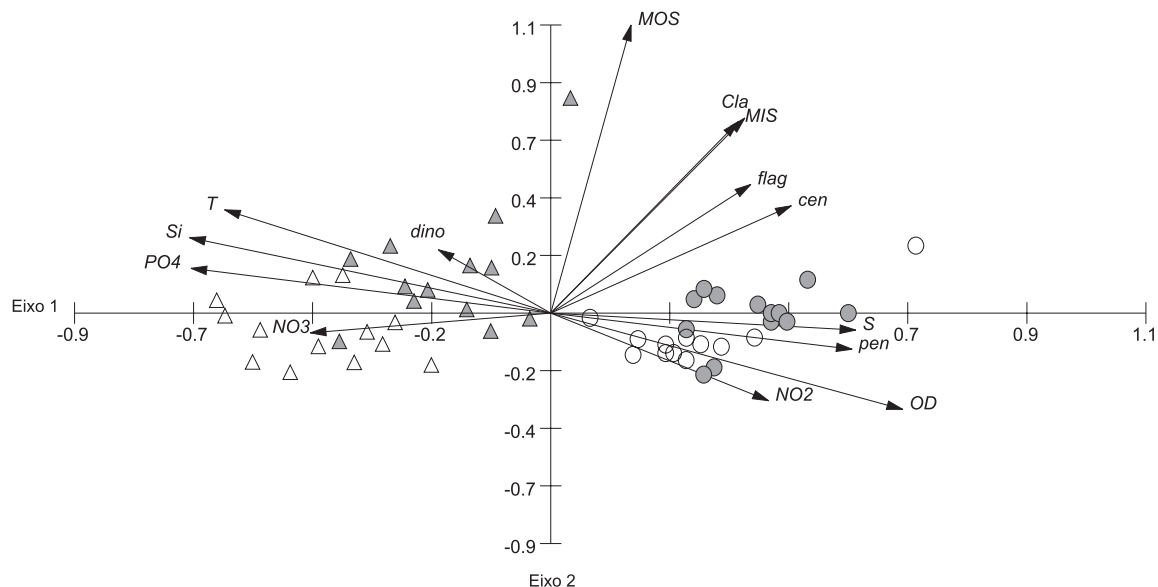


Figura 9 - Distribuição dos pontos amostrais no plano fatorial 1-2 da ACP dos dados físicos, químicos e biológicos. Os autovetores estão representados por setas (T = temperatura; S = salinidade; OD = oxigênio dissolvido; PO4 = fosfato, Si = silicato; MIS = material inorgânico em suspensão; MOS = material orgânico em suspensão; Cla = clorofila-a; NO<sub>2</sub> = nitrito; NO<sub>3</sub> = nitrato; cen = diatomáceas cêntricas; pen = diatomáceas penadas; dino = dinoflagelados e flag = nanoflagelado). Os símbolos representam os pontos amostrais (triângulos = Abril/2006; círculos = Novembro/2005; símbolos brancos = amostras de superfície; e símbolos cinza = amostras próximas ao fundo).

## DISCUSSÃO

Em escala local, como no Canal Estuarino de Santos, fatores bottom-up como temperatura, salinidade, atenuação da luz, concentração de nutrientes, chuvas, descarga fluvial e mistura vertical podem influenciar na composição da comunidade fitoplanctônica (Adolf et al., 2006), uma vez que o plâncton responde rapidamente às flutuações físicas e químicas em curtas escalas temporais, e essa variabilidade imposta por esses fatores permite que muitas espécies coexistam (Scheffer et al., 2003). Dessa forma traçamos, a seguir, um panorama das fatores abióticos e da variação da estrutura e variação na composição da comunidade fitoplanctônica durante as campanhas amostrais no Canal Estuarino de Santos.

A área de estudo não apresenta estação seca bem definida, mas segundo a média pluviométrica mensal registrada pelo DAEE (2010) nos últimos 67 anos (1937 a 2004), os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro são os de maiores médias pluviométricas (400 mm por mês), e os meses de maio, junho, julho e agosto os de menores médias (150 mm por mês). Em novembro os índices pluviométricos para o mês ficam em torno de 250 mm, com média diária de 8,3 mm, enquanto em abril a média é de 10 mm dia<sup>-1</sup>. Na campanha de Novembro/2005 a média diária foi inferior aos valores comumente observado para esse mês, enquanto em Abril/2006 a média di-

ária foi superior. A maior ocorrência de chuva nessa campanha também provocou menor profundidade e variação da zona eufótica, assim como maior variação na salinidade e conseqüentemente maior estratificação halina no sistema, comparado com a campanha de Novembro/2005.

Uma compilação de dados referentes às concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos para a região do Canal Estuarino e Baía de Santos, considerando amostragens realizadas em 1978, 1998, 1999, 2000, 2001, 2004 e 2005 (Gianesella, 1982; Pereira, 1985; Moser et al., 2004; Moser et al., 2005; Aguiar & Braga, 2007; Ancona, 2007), mostrou as elevadas concentrações desses compostos inorgânicos, notadamente de nitrogênio amoniacal (11,9 µM), nitrato (9,3 µM) e fosfato (4,3 µM), com maiores concentrações nos meses mais chuvosos de verão (Moser et al., 2005; Aguiar & Braga, 2007; Ancona, 2007). No presente estudo, como esperado, a concentração de nutrientes inorgânicos foi maior durante a campanha de Abril/2006, correspondente ao final do verão, entretanto, as concentrações foram inferiores às médias descritas nos estudos anteriormente citados. Provavelmente esse aumento ocorreu devido ao maior índice pluviométrico nos dias antecedentes à coleta, dessa forma, ocorre aumento da drenagem continental e conseqüentemente do grau de eutrofização no sistema (Gianesella-Galvão, 1982; Moser et al., 2004; Moser et al., 2005).

O predomínio de nanoflagelados na região costeira de São Paulo é um fato muito comum, como registrado por Aidar-Aragão & Teixeira (1980), Gaeta et al. (1999), Giancesella et al. (2000) e na revisão realizada por Schimiegelow et al. (2008). As densidades observadas por esses autores são semelhantes às que-las obtidas nas duas campanhas amostrais realizadas nesse estudo.

A Análise de Componentes Principais (ACP) evidenciou as diferenças hidrográficas e as respostas da comunidade fitoplanctônica entre as duas campanhas amostrais. Na campanha de Novembro/2005 o aumento da densidade fitoplanctônica e das diatomáceas relacionado, principalmente, com a entrada das águas da Baía de Santos (maior salinidade). Apesar dos maiores valores de salinidades observados nessa campanha, a variação vertical deles foi significativamente diferente, provavelmente devido à circulação estuarina forçada por vento (Geyer, 1997; Harari et al., 2008). Outros autores também observaram a maior abundância relativa de diatomáceas em períodos de maior estratificação, como nos estófos de maré (Moser, 2002; Ancona, 2007). Além disso, a maior estratificação pode favorecer as diatomáceas em um ambiente limitado por luz, uma vez que as mantêm próximas à superfície (Demers et al., 1986). Nessa campanha a dominância de *Pseudo-nitzschia* torna-a responsável pela maior parte da variação da densidade celular. Segundo Villac et al. (2002) um dos principais fatores que controla a abundância e composição desse gênero é a salinidade.

A ocorrência de *Pseudo-nitzschia* "seriata" em regiões estuarinas próximas à área de estudo já foi registrada por outros autores (Giancesella et al., 2000; Moser, 2002; Ancona, 2007). Sua ocorrência também é comum no estado do Rio de Janeiro, com abundância relativa maior que 50%, e em regiões mais ao sul do Brasil, com registro de ocorrência e de florações de espécies comuns ou tóxicas, em regiões estuarinas e costeiras, sempre associadas às variações hidrográficas (Villac & Tenenbaum, 2001, Odebrecht et al., 2001).

Na campanha Abril/2006 a composição fitoplanctônica foi dominada por dinoflagelados, principalmente por *Prorocentrum minimum* na maioria das estações. As maiores densidades celulares dos organismos estão relacionadas com a maré (estófos e corridas de maré), assim como com o aumento da descarga de água doce no sistema e conseqüentemente maior estratificação halina, como observado por outros autores (Hallegraeff, 2003; Heil et al., 2005;). Diversas combinações de fatores ambientais, como altas concentrações de nutrientes, MOS e condições estuarinas podem estimular a floração de *P. minimum* (Witek & Pliński, 2000; Glibert et al., 2001; Heil et al.,

2005). É bastante conhecida a ocorrência de florações de *P. minimum* sob altas temperaturas (Heil et al., 2005), após eventos de maiores fluxos de água doce (Glibert & Magnien, 2004; Thompson et al., 2008), e em regiões costeiras e estuarinas eutrofizadas e estratificadas (Heil et al., 2005, Martínez-López et al., 2008).

A menor concentração de séston e o aumento da contribuição de MOS em períodos chuvosos, como na campanha de Abril/2006, também foi observada durante o projeto CIRSAN (circulação na Baía de Santos) (Ciotti, A. M.- comunicação pessoal). A contribuição estuarina de séston está relacionada ao aumento da pluviosidade local, e, portanto, é mais importante nos meses chuvosos de verão (Moser et al., 2005; DAEE, 2006). O transporte de material particulado é parcialmente dirigido pelos fluxos dos canais estuarinos de Santos e São Vicente. De acordo com Alfredini et al. (2008), em escalas temporais menores, como a do presente estudo, a ressuspensão do sedimento depositado também pode ser uma fonte importante de séston em marés de sizígia ou quando a mistura turbulenta é gerada por ventos mais fortes. Em marés de sizígia, ou em períodos de máxima velocidade da corrente de maré, o aumento da mistura turbulenta causa a ressuspensão de sedimentos de fundo, ricos em material inorgânico, enquanto que a diminuição dessa turbulência, dado ao aumento da estratificação halina, aumenta a contribuição de matéria orgânica, de origem fluvial (Ciotti, A. M.- comunicação pessoal), situação observada na campanha de Abril/2006. Considerando que o aumento na contribuição de MOS para o séston pode levar ao aumento do bacterioplâncton, e, além disso, o aumento da descarga fluvial aumenta a contribuição de ácidos húmicos no sistema, o dinoflagelado *P. minimum*, por suas características de mixotrofia (Heil et al., 2005) e possível utilização direta dos ácidos húmicos como fonte de energia (Carlsson et al., 1999), pode ter sido favorecido nessas condições observadas em Abril/2006.

De fato, os organismos fitoplanctônicos possuem capacidades fisiológicas diferentes, e suas respostas estão relacionadas à quantidade, qualidade e proporção dos nutrientes orgânicos e inorgânicos (Glibert et al., 2001, Thompson et al., 2008). De uma forma geral, o aumento da pluviosidade, do fluxo de água doce, e da estratificação halina no canal de Santos (Moser, 2002; Ancona, 2007), e diminuição do oxigênio dissolvido são potencialmente favoráveis aos dinoflagelados, principalmente pelo modo de nutrição, mixotrófico, observado em vários organismos desse grupo (Margalef, 1978b; Thompson et al., 2008).

Nas duas campanhas foi registrada a dominância de espécies formadoras de florações algais nocivas e/ou potencialmente produtoras de toxinas. A abundância relativa de cerca de 70% de *Pseudo-*

*-nitzschia "seriata"* na campanha de Novembro/2005, acabou influenciando no índice de diversidade, onde os valores ficaram entre 1 e 2. Esses valores de diversidade indicam número reduzido de espécies e dominância acentuada de uma ou duas espécies (Margalef, 1978a). Na campanha de Abril/2006, os valores de diversidade foram no geral entre 2 e 3, com exceção da ocorrência de dominância de *Prorocentrum minimum*, onde a diversidade foi inferior a 1. Esses valores de diversidade indicam a presença de muitas espécies com uma estrutura estável e diversificada, sem que ocorra dominância nítida (Margalef, 1978a). A equitabilidade foi menor na campanha Novembro/2005, reflexo da abundância relativa de *Pseudo-nitzschia*.

Na campanha de Novembro/2005 foi registrada uma variação na densidade de *Pseudo-nitzschia "seriata"* de  $10^5$  a  $10^6$  cel L<sup>-1</sup>; e na campanha de Abril/2006 uma variação de  $10^3$  a  $10^7$  cel L<sup>-1</sup> de *Prorocentrum minimum*. Esses valores de densidade encontrados no presente estudo, principalmente de *Pseudo-nitzschia "seriata"*, são alarmantes, e caso houvesse produção de toxinas, as densidades de organismos observadas seriam suficientes para acumular toxinas em moluscos filtradores (Mafra-Junior et al., 2006). A produção de toxinas ASP por *Pseudo-nitzschia australis*, em densidades semelhantes ao observado para o complexo *Pseudo-nitzschia "seriata"* no presente estudo, causou a morte de pelicanos em Monte Rey (Califórnia) (Buck et al. 1992). Florações toxigênicas de *Pseudo-nitzschia* foram relacionadas ao aumento de matéria orgânica dissolvida no Canal de Santa Bárbara (EUA) (Anderson et al. 2009). Por outro lado a produção de toxina por *Prorocentrum minimum* ainda é discutida pelos autores (Glibert et al., 2001; Heil et al., 2005), entretanto cepas tóxicas (toxinas DSP) dessa espécie foram isoladas no Mediterrâneo francês por Grzebyk et al. (1997) em Heil, (2005). De qualquer maneira, a formação de florações algais que não produzem toxinas, pode causar outros danos, como depleção de oxigênio, mortalidade de organismos aquáticos por prejuízos físicos, ocasionando impactos econômicos, principalmente na pesca e turismo (Hallegraeff, 2003).

Vários autores sugerem que o aumento da eutrofização costeira favorece as florações algais nocivas (Glibert et al., 2001; Hallegraeff, 2003; Heil et al., 2005; Mafra-Junior et al., 2006). Os resultados obtidos mostram a dominância de espécies formadoras de florações algais nocivas nesse ambiente cada vez mais eutrofizado por diferentes fontes antrópicas e influenciado pela drenagem continental. Portanto, torna-se importante um programa de monitoramento com amostragens em pequenas escalas temporais (horárias em ciclos de maré completos) e em escala

sazonal, para entender melhor a dinâmica do fitoplâncton frente às variações ambientais e evitar os possíveis efeitos negativos.

## CONCLUSÕES

Na campanha de Novembro/2005 as diatomáceas penadas formaram o grupo taxonômico dominante, representadas principalmente por *Pseudo-nitzschia "seriata"*, com cerca de 70% do total da abundância relativa fitoplanctônica. Um dos principais fatores responsáveis por essa alta abundância foi a salinidade, que apresentou maiores valores nessa campanha. Além disso, a contribuição dessas diatomáceas aumentou junto ao fundo, nos estofos de maré enchente, sugerindo a influência das águas da Baía de Santos.

Na campanha de Abril/2006, o grupo taxonômico predominante foi dos dinoflagelados, representados principalmente por *Prorocentrum minimum*, com 82% da abundância relativa total do fitoplâncton. A maior abundância dessa espécie está relacionada principalmente à alta concentração de MOS e nutrientes, associada aos maiores índices pluviométricos, maior drenagem continental e maior estratificação halina da coluna de água.

O aumento das diatomáceas nos períodos de estofos de maré na campanha de Novembro/2005 pode estar relacionado à menor velocidade de corrente, após um período de corrida de maré favorecendo a ressuspensão principalmente de diatomáceas penadas. Nesse ambiente estuarino, limitado por luz, a maior estratificação favorece esse grupo mantendo-o próximo à superfície. Por outro lado, na campanha de Abril/2006, o aumento da contribuição de água doce e da temperatura, pode favorecer o desenvolvimento de dinoflagelados.

Nas duas campanhas foram registradas dominâncias de espécies formadoras de florações algais nocivas e/ou potencialmente produtoras de toxinas. Esses resultados indicam a importância de um programa de monitoramento na região.

## REFERÊNCIAS

- Adolf, J.E.; Yeager, C. & Miller, W.D. 2006. Environmental forcing of phytoplankton floral composition, biomass, and primary productivity in Chesapeake Bay, USA. •Estuar. Coast. Shelf Sci. 67: 108-122.
- Aguiar, V.M.C. & Braga, E.S. 2007. Seasonal and tidal variability of phosphorus along a salinity gradient in the heavily polluted estuarine system of Santos/

- São Vicente – São Paulo, Brazil. Mar. Poll. Bull. 54(4): 464-488.
- Aidar-Aragão, E. & Teixeira, C. 1980. Produção primária e concentração de clorofila-a na costa brasileira (lat. 22°31'S – Long. 41°52'W a lat. 28°43'S – Long. 47°57'W). Bolm. Inst. Oceanogr. 29 (2): 9-14.
- Alfredini, P.; Arasaki, E. & Amaral, R.F. 2008. Mean sea-level rise impacts on Santos Bay, Southeastern Brazil – physical modelling study. Environ. Monitor. Assess. 144: 377-387.
- Aminot, A. & Chaussepied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, C.N.E.X.O., 376p.
- Ancona, C.M. 2007. Aspectos da variação espacial e temporal da biomassa e produção fitoplanctônica e parâmetros correlatos no estuário e baía de Santos. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP. 229p.
- Anderson, C.R.; Siegel, D.A.; Kudela, R.M. & Brzezinski, M.A. 2009. Empirical models of toxigenic *Pseudo-nitzschia* blooms: Potential use as a remote detection tool in the Santa Barbara Channel. Harm. Alg. 8: 478-492.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, inc.). 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16ª Edição, Washington, D.C.
- Baek, S.H.; Shimode, S.; Han, M.S. & Kikuchi, T. 2008. Growth of dinoflagellates, *Ceratium furca* and *Ceratium fusus* in Sagami Bay, Japan: The role of nutrients. Harm. Alg. 7: 729-739.
- BALECH, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlantico sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. 1.
- Brunet, C. & Lizon, F. 2003. Tidal and diel periodicities of size fractionated phytoplankton pigment signatures at an onshore station on in the southeastern English Channel. Estuarine Coastal and Shelf Science. 56: 833-843.
- Buck, K.R.; Uttal-Cookel, L.; Pilskaln, C.H.; Roelke, D.L.; Villac, M.C.; Fryxell, G.A.; Cifuentes, L. & Chavez, F.P. 1992. Autecology of the diatom *Pseudonitzschia australis*, a domoic acid producer, from Monterey Bay, California. Mar. Ecol. Prog. Ser., 84: 293-302.
- Carlsson, P.; Granéli, E. & Segatto, A.Z. 1999. Cycling of biologically available nitrogen in riverine humic substances between marine bacteria, a heterotrophic nanoflagellate and a photosynthetic dinoflagellate. Aquat. Microb. Ecol. 18: 23-36.
- CLIMANÁLISE. 2005. Boletim de monitoramento e análise climática. vol. 20, (1), (6), (8) e (12).
- CLIMANÁLISE. 2006. Boletim de monitoramento e análise climática. Ano 3, n 1. (<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/ano3.shtml>).
- CUPP, E. E. 1943. Marine plankton diatom of the West coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 6(1): 238 pp.
- DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica) 2010. ([www.dae.sp.gov.br](http://www.dae.sp.gov.br)).
- Demers, S.; Legendre, L. & Therriault, J.C. 1986. Phytoplankton responses to vertical tidal mixing. In: Bowman, J.; Yentsch, M. & Peterson, W. T. (eds). Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies. Springer, Berlin. 1-40 pp.
- Gaeta, S.A.; Susini, S.M.; Metzler, P.M.; Francos, M.S. & Abe, D.S. 1999. Environmental forcing on biomass and primary productivity of coastal ecosystem in Ubatuba region, southern Brazil. Rev. Bras. Oceanogr. 47(1):11-27.
- Gasparro, M.R.; Sousa, E.C.P.M.; Giordano, F. & Argentino-Santos, R.C. 2008. Occupation history of the Santos estuary. In: Ramiro Neves, R.; Baretta, J. & Mateus, M. (eds.). Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America, IST Press, Lisboa. 603 p.
- Geyer, W.R. 1997. Influence of Wind on Dynamics and Flushing of Shallow Estuaries. Estuar. Coast. Shelf Sci. 44: 713-722.
- Gianesella-Galvão, S.M.F. 1982. Standing-stock and potential production of phytoplankton in the bay of Santos, Brazil. Bolm. Inst. Oceanogr. 31(2): 85- 94.
- Gianesella, S.M.F.; Saldanha-Correa, F.M.P. & Teixeira, C. 2000. Tidal effects on nutrients and phytoplankton distribution in Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. Aquat. Ecos. Health & Manag. 3: 533-544.
- Gianesella-Galvão, S.M.F.; Saldanha-Correa, F.M.P.; Miranda, L.B.; Correa, M.A. & Moser, G. A. O. 2005. Short-term variability and transport of nutrients and chlorophyll-a in Bertioga channel, São Paulo state, Brazil. Braz. J. Oceanogr. 53(3-4):99-114.
- Glibert, P.M.; Magnien, R.; Lomas, M.W.; Alexander, J.; Fan, C.; Haramoto, E.; Trice, M. & Kana T.M. 2001. Harmful Algal Blooms in the Chesapeake and Coastal Bays of Maryland, USA: Comparison of 1997, 1998, and 1999 Events. Estuaries 24(6A): 875–883.
- Glibert, P.M. & Magnien, R.E. 2004. Harmful algal blooms in the Chesapeake Bay, USA: Common species, relationships to nutrient loading, management approaches, successes and challenges. In: Hall, S.; S. Etheridge; D. Anderson; J. Kleindinst; Z. Mingyuan & Z. Yinglin (eds). Harmful Algae Management and Mitigation. 48-55 pp.

- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M. & Kremling, K. 1983. Methods of seawater analysis. 2th Edition. Basel, Verlag Chemie. 419 p.
- Grzebyk, D.; Denardou, A.; Berland, B. & Pouchus, Y.F. 1997. Evidence of a new toxin in the red-tide dinoflagellate *Prorocentrum minimum*. J. Plankton Res. 19: 1111–1124.
- Hallegraeff, G. M. 2003. Harmful Algal Blooms: a global overview. In: Hallegraeff, G.M.; Anderson, D.M. & Cembella, A.D. (eds.). Manual on Harmful Marine Microalgae – Monographs on oceanographic methodology 11. 2th Edition. Paris, UNESCO. 25-50 pp.
- Harari, J.; França, C.A.S. & Camargo, R. 2008. Climatology and Hydrography of Santos Estuary. In: Ramiro N.R.; Baretta, J. & Mateus, M. (eds.) Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America. IST Press, Lisboa. 603 p.
- Hasle, G.R. 1965. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudonitzschia*. Skr. norske Vidensk Akad. I. Mat. Nat. Kl. N.S., 18: 1-45.
- Heil, C.A.; Glibert, P.M. & Fan, C.L. 2005. *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller: a review of a harmful algal bloom species of growing worldwide importance. Harm. Alg. 4: 449–470.
- Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) Bol. 167:191-194.
- Lund, J.W.G.; Kipling, C. & Le Cren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. Hydrobiologia. 2: 143-170.
- Mafra-Junior, L.L.; Fernandes, L.F. & Proença, L.A. De O. 2006. Harmful algae and toxins in Paranaguá Bay, Brazil: bases for monitoring. Braz. J. Oceanogr. 54: 107-121.
- Magurran, A.E. Ecological diversity and its measurements. 1988. Princeton University Press, Princeton. 200 p.
- Margalef, R. 1978 a. Diversity. In: SOURNIA, A (ed). Phytoplankton manual. United Kingdon. UNESCO. 251-260 pp.
- Margalef R. 1978 b. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. Oceanol. Acta. 1: 493 509.
- Margalef, R. 1997. Turbulence and marine life. Marrasé, C.; Saiz, E. & Redondo, J.M. (eds.). Lectures on plankton and turbulence. Sci. Mar. 61 (1): 109-123.
- Martínez-López, A.; Escobedo-Urías, D.C.; Ulloa-Pérez, A.E. & Aguirre, R. 2008. Dynamics of a *Prorocentrum minimum* bloom along the northern coast of Sinaloa, Mexico. Cont. Shelf Res. 8: 1693–1701.
- Moser, G.A.O. 2002. Aspectos da eutrofização no sistema estuarino de Santos: distribuição espaço temporal de biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- Moser, G.A.O.; Sigaud-Kutner, T.C.S.; Cattena, C.O.; Ganesella, S.M.F.; Braga, E.S.; Schinke, K.P. & Aidar, E. 2004. Algal growth potencial as an index of eutrophication degree in coastal areas under sewage disposal influence. Aquat. Ecos. Health & Manag. 7(1): 115-126.
- Moser, G.A.O.; Ganesella, S.M.F.; Barrera-Alba, J.J.; Bergamo, A.L.; Saldanha-Correa, F. M.P.; Miranda, L.B. & Harari, J. 2005. Instantaneous transport of salt, nutrients, suspended matter and chlorophyll-a in the tropical estuarine system of Santos. Braz. J. Oceanogr. 53(3/4):115-127.
- Odebrecht, C.; Ferrario, M.E.; Ciotti, A.M.; Kitzmann, D.; Moreira, M.O.P. & Hinz, F. 2001. The distribution of the diatom *Pseudo-nitzschia* off Southern Brazil and relationships with oceanographic conditions. In: Hallegraeff, G.M.; Blackburn, S.I.; Bolch, C.J. & Lewis, R.J. (eds). Harmful Algal Bloom 2000. Tasmania, Australia. 42-45 pp.
- Pereira, N. 1985. Eutrofização do Sistema Estuarino e das Baías de Santos e São Vicente (Estado de São Paulo, Brasil). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. 157 p.
- Pinckney, J., Paerl, H.; Tester, P. & Richardson, T. 2001. The role of nutrient loading and eutrophication in estuarine ecology. Environ. Health Perspect., 109: 699-706.
- Scheffer, M.; Rinaldi, S.; Huisman, J. & Weissing, F. 2003. Why plankton communities have no equilibrium: solutions to the paradox. Hydrobiologia 491: 9-18.
- Schmiegelow, J.M.M.; Ganesella, S.M.F.; Simonetti, C.; Saldanha-Correa, F.M.P.; Feoli, E.; Santos, J.A.P.; Santos, M.P.; Ribeiro, R.B. & Sampaio, A.F.P. 2008. Primary Producers In Santos Estuarine System. In: Neves, R.; Baretta, J.; Mateus, M. (eds.) Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America. 1th Press, Lisboa. 603p.
- SONDOTECNICA, 1977. Comportamento hidráulico e sedimentológico do estuário santista. Ministério dos Transportes, Empresa de Portos do Brasil S. A., PETROBRAS e Instituto de Pesquisas Hidráulicas- INPH. 343 p.

- Tenenbaum, D.R.; Villac, M.C.; Viana, S.C.; Matos, M.; Hatherly, M.; Lima, I.V. & Menezes, M. 2004. Phytoplankton Atlas, Sepetiba Bay, Brazil. Globallast Monography, Series 16. 132 p.
- Thompson, P.A.; Bonham, P.I. & Swadling, K.M. 2008. Phytoplankton blooms in the Huon Estuary Tasmania: top-down or bottom-up control? *J. Plankton Res.* 30(7): 735-753.
- Tomas C.R. (ed.) Identifying Marine Phytoplankton. 1997. Eds. Academic Press, New York. 858 p.
- Uthermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt.int. Ver. theor. angew. Limnol.* 9:1-38.
- Villac, M.C.; Matos, M.G.; Santos, V.S.; Rodrigues, A.W. & Viana, S.C. Composition and distribution of *Pseudo-nitzschia* from Guanabara Bay, Brazil: The role of salinity, based on field and culture observations. In: Steidinger, K.A.; Landsberg J.H; Tomas C.R. & Vargo G.A. (eds). 2004. *Harm. Alg.* 2002. Florida, USA. 56-61 pp.
- Villac, M.C. & Tenenbaum, D.R. 2001. The coastal *Pseudo-nitzschia* from the state of Rio de Janeiro, Brazil. In: Hallegraeff, G. M.; Blackburn, S.I.; Bolch, C.J. & Lewis R.J. (eds). *Harmful Algal Bloom 2000*. Tasmania, Australia. 34-37 pp.
- Villac, M.C.; Noronha, V.A. de P.C. & Pinto, T.de O. 2008. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.* 8(3): 151-173.
- Washington, H.G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. *Water Res.* 18: 653–694.
- Witek, B. & Plinski, M. 2000. The first recorded bloom of *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller in the coastal zone of the Gulf of Gdansk. *Oceanologia* 42: 29–36.

Submetido: Janeiro/2010  
Revisado: Julho/2010  
Aceito: Novembro/2010