

# Influência do máximo de turbidez estuarina (MTE) sobre a biomassa fitoplanctônica na região de Cananéia.

Sônia M. F. Ganesella, Carolina Di Paolo, Daniela Rimoldi Cunha, Eduardo Cerqueira, Flávia M. P. Saldanha-Corrêa e Jose Juan Barrera-Alba

**Resumo** — A variação de parâmetros abióticos, turbidez, clorofila-a e séston foi avaliada no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, em maré de sizígia, ao longo de dez estações no eixo longitudinal do canal, em outubro de 2002. Uma zona de MTE ( $>100$  mg/l de séston) esteve relacionada ao final da corrida de maré vazante, em região de salinidade relativamente alta ( $> 24$ ), em direção à entrada sul do sistema. As maiores concentrações de Cl-a total e menor porcentagem de clorofila ativa ocorreram nessa zona, correlacionadas com alta turbidez e séston, sugerindo que o MTE retém células senescentes, provavelmente ressuspensas do fundo.

**Palavras-chave** — Clorofila-a, turbidez, séston, zona eufótica, Sistema Estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape.

## I. INTRODUÇÃO

O máximo de turbidez estuarina (MTE) está geralmente associado à região de interface entre a cunha salina e águas de baixa salinidade [1]. O processo de retenção de partículas associado ao MTE é causado fundamentalmente por médias convergentes e/ou fluxos tidais de sedimentos, tendo como resultado uma distribuição de concentração de sedimentos em forma de sino ao longo do canal estuarino [2]. Este processo de retenção pode afetar significativamente a estrutura das populações e a produtividade do plâncton estuarino, em função do tipo de partícula que é retida e das condições físicas e químicas internas ao MTE [3]-[4]. Uma tentativa de identificar a região do MTE na região sul do complexo estuarino de Cananéia foi realizada no presente estudo numa condição de maré de sizígia, quando foram explorados seus efeitos sobre biomassa do fitoplâncton.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas realizaram-se em 08 de outubro de 2003, em maré de sizígia, ao longo de 10 estações localizadas longitudinalmente no Mar de Cananéia e Mar Pequeno até além da região conhecida como “tombo das águas” (Fig. 1). Em todas as estações foram efetuadas perfilagens “in situ” a

A numeração das estações seguiu a ordem de estações de um projeto mais amplo realizado na região, com o acréscimo de pontos intermediários entre as estações originais, daí a origem da identificação com números inteiros e decimais para as estações. No caminho de volta, foram efetuadas coletas novamente nas estações 6.0 e 4.0, apresentadas como 8.0 e 10.0 para finalidade de elaboração dos gráficos. As coletas iniciaram-se às 8h30min, no final da maré vazante. A estação mais interna foi atingida durante a enchente. O percurso de volta foi concluído às 17h40min, no final da estofa de enchente.

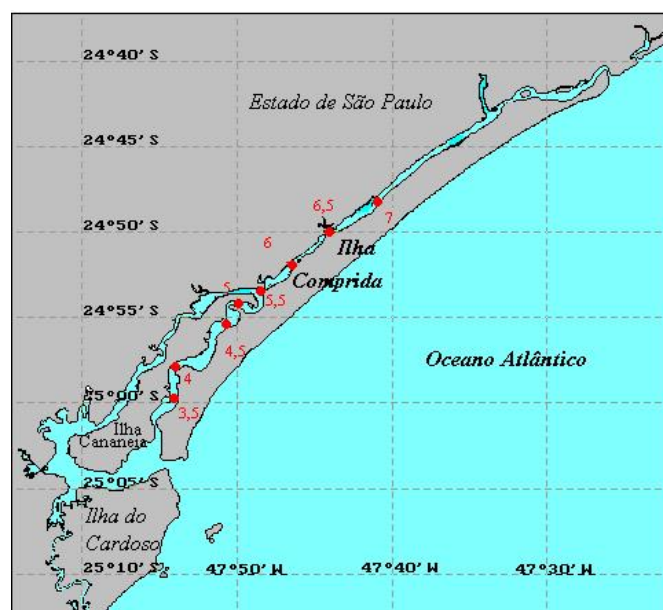


Fig.1- Mapa do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, indicando as estações de coleta realizadas em 8 de outubro de 2002.

cada metro para obtenção de dados de temperatura, salinidade, sigma-t, pH e turbidez, utilizando uma Sonda Multiparâmetros HORIBA. Em algumas estações foram coletadas amostras discretas com garrafas de Van Dorn para avaliação do séston, pigmentos fitoplanctônicos e cor da água (Tabela I).

Para análise dos pigmentos, alíquotas de cerca de 300 ml foram filtradas em filtros GF/F. Os filtros foram mantidos no escuro a  $-20^{\circ}\text{C}$  até o momento da extração em acetona 90% e análise de acordo por espectrofotometria [5] a [7]. A razão de absorbâncias a 480 e 665 nm (razão 480/665)

S. M. F. Ganesella: soniag@ceres.io.usp.br; C. Di Paolo, dipadipaolo@yahoo.com; D. R. Cunha, danirimoldi@ig.com.br; E. Cerqueira, duguaru@uol.com.br; F. M. P. Saldanha-Corrêa, fsalcorr@usp.br e J.J.Barrera-Alba, juanalba@usp.br. Instituto Oceanográfico da USP, Pça do Oceanográfico, 191-Butantã, São Paulo (SP) CEP 05508-900, Tel. +55-11-3091.6551, Fax +55-11-3091.6607. Trabalho recebido em 31/05/03.

foi determinada a partir destes mesmos extratos, sendo utilizada como um indicador do estado nutricional do fitoplâncton [8]. As amostras de água filtrada foram armazenadas ao abrigo da luz e do calor para determinação da cor da água a partir da absorbância em 380 nm. Para análise do sêston total e orgânico, foram filtrados cerca de 300 ml de água em filtros GF/F pré-calcinados e analisados gravimetricamente [9].

TABELA I  
POSICIONAMENTO, HORÁRIO E PROFUNDIDADE LOCAL DAS  
ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM, PROFUNDIDADES DE COLETA DE  
DADOS E INCLINAÇÃO DO CABO DO GUINCHO.

Esta ção	Lat. (S)	Long. (W)	Hora	Prof. Local (m)	Inclina ção do cabo	Perfis "in situ" (m)	Coletas discretas (m)
3.5	25°00.02'	47°55.01'	8:30	12	60°	0 - 10	
4.0	24°59.49'	47°53.85'	9:15	7.9	0°	0 - 7	0, 3, 6
4.5	24°59.49'	47°52.30'	10:35	11.9	0°	0 - 11	
5.0	24°56.15'	47°51.62'	11:15	11.6	0°	0 - 11	0, 5, 10
5.5	24°54.15'	47°50.39'	11:50	13.7	0°	0 - 13	
6.0	24°53.16'	47°47.93'	12:45	8.2	10°	0 - 7	0, 3, 5, 7
6.5	24°50.67'	47°44.49'	13:28	6.7	17°	0 - 6	
7.0	24°48.63'	47°41.07'	14:05	6.7	0°	0 - 6	0, 2, 5, 5
8.0	24°53.17'	47°47.94'	15:40	11.9	0°	0 - 10	0, 5, 10
10	24°59.49'	47°53.85'	17:40	8.5	5°	0 - 8	0, 3, 5, 7

### III. RESULTADOS

#### A. Medidas "in situ"

A temperatura da água esteve alta em todo o trecho estudado, variando de 24,3 a 27,3 °C, apresentando-se homogênea ao longo da coluna nas estações mais externas e ligeiramente estratificada nas estações mais internas (Fig. 2A). A salinidade apresentou um gradiente horizontal decrescente em direção ao interior do estuário (estação 7) onde o valor mínimo de 8 foi registrado. Verticalmente, a salinidade apresentou distribuição homogênea (Fig. 2B). A densidade (Sigma-t) apresentou o mesmo padrão de distribuição da salinidade: verticalmente homogênea e com gradiente decrescente em direção à estação 7 (Fig. 2C).

O pH variou entre 5,8 e 8,5 (Fig. 2D), sendo que os maiores valores ocorreram durante ao final da maré enchente, nas estações mais externas no trajeto de retorno. O período de amostragem da manhã, coincidente com o final da maré vazante foi o que apresentou maiores variações de pH (estações 3,5 a 6).

A turbidez apresentou um padrão similar ao do pH (Fig. 2E), com maiores valores relacionadas ao final da maré vazante, e salinidades mais elevadas. A turbidez mínima foi observada nas estações 5,0 e 5,5, na estofa da vazante, com um ligeiro aumento na estação mais interna, durante a enchente e novamente redução em direção à entrada do estuário durante a estofa da enchente, no percurso de volta.

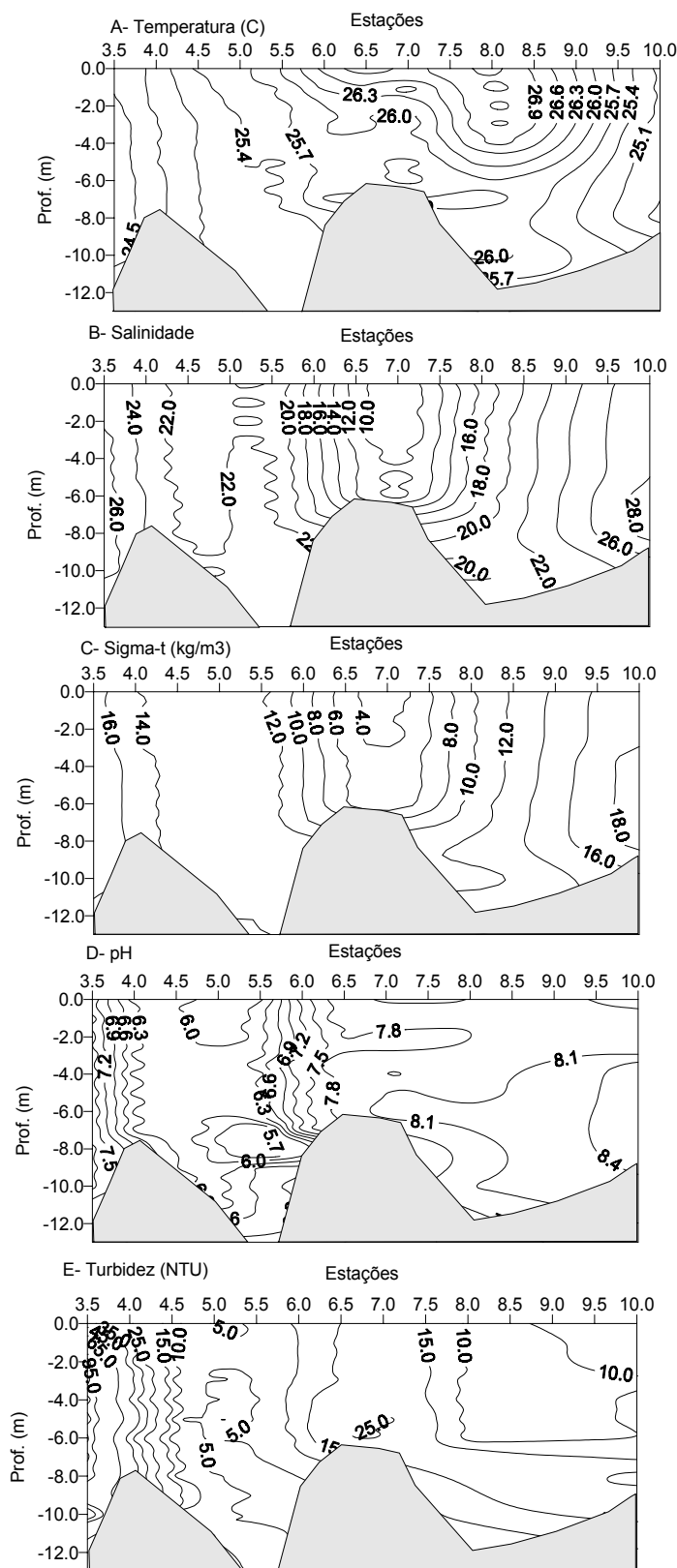


Fig.2- Perfis verticais dos parâmetros amostrados "in situ" com a sonda Horiba no percurso de entrada no estuário de Cananéia (estações 3.5 a 7) e retorno (estações 7 a 10).

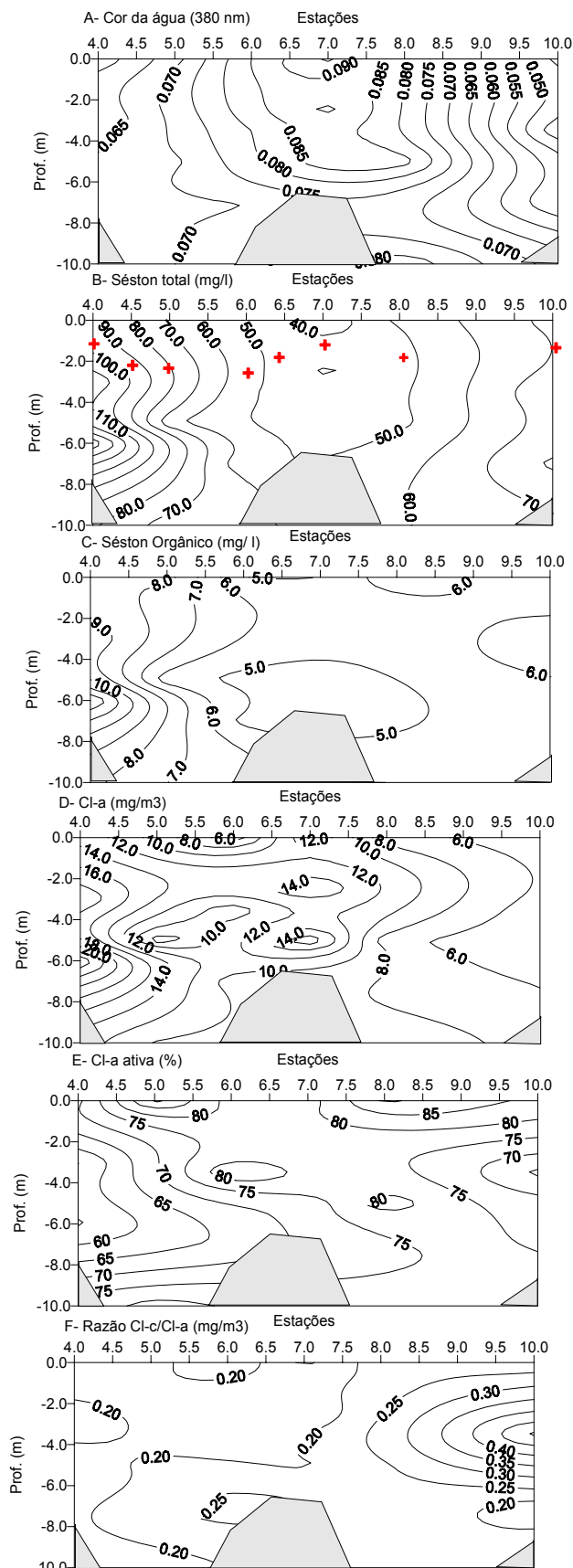


Fig.3 - Perfis verticais dos parâmetros amostrados com coletas discretas no percurso de entrada no estuário de Cananéia (estações 3.5 a 7) e retorno (estações 7 a 10).

#### B. Amostras discretas:

A cor da água é um indicador de rápida visualização para a quantidade relativa de material orgânico dissolvido presente na água. Com relação a este parâmetro, o perfil de distribuição (Fig. 3A) indica claramente uma relação entre as águas menos salinas ou densas e a maior quantidade de material orgânico dissolvido, observados nas porções mais internas do canal. A distribuição vertical foi homogênea, acompanhando o padrão de densidade.

O séston total apresentou padrão inverso à cor da água: menores valores na estação mais interna e maiores valores nas estações externas, especialmente no período da manhã por ocasião do final da maré vazante que ressuspendeu grande quantidade de sedimentos. Como consequência, verificou-se uma redução na transparência da água, detectada pela leitura do disco de Secchi, indicada pelas cruzes na Fig. 3B. Com a estofa de enchente, no final do percurso de volta, observou-se um decréscimo considerável na quantidade de séston nas estações externas. A fração orgânica representou em média 10% do séston total, com valores ligeiramente mais elevados junto ao fundo (Fig. 3C).

A quantidade de clorofila-a (Fig. 3D) encontrada foi alta em todo o canal, variando de 4,64 a 25,91  $\text{mg m}^{-3}$ . Este valor máximo de Cl-a observado coincide com o máximo de séston total e orgânico em região mais profunda da estação 4. Excetuando estes máximos de biomassa os outros valores maiores foram observados no interior do canal, especialmente à meia água e fundo. O efeito da maré enchente, que advecta águas mais salinas e pobres em biomassa, é bem nítido pelo decréscimo dos teores de Cl-a nas estações externas no final do período da tarde. Já a porcentagem de Cl-a ativa apresentou os índices mais baixos (54%), justamente no máximo de biomassa verificado na estação 4 (Fig. 3E). A quantidade de Cl-a ativa aumenta em direção às estações mais internas, conforme se desenvolve o período de estofa, permanecendo por volta dos 70% durante o de final de enchente na estação 10.

A razão 480/665 variou entre 0,82 e 1,38. Tal faixa de variação encontra-se dentro dos limites ótimos para o estado nutricional do fitoplâncton considerando-se a variação taxonômica da comunidade [8] Como no presente estudo não foi feita a avaliação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, este índice torna-se um indicador prático e útil para avaliação das condições nutricionais internas do fitoplâncton.

A razão clorofila-c/clorofila-a (Fig. 3F) reflete a abundância relativa de organismos, tais como diatomáceas e dinoflagelados, na composição da comunidade fitoplanctônica, servindo como um indicador de sua estrutura. Os resultados obtidos indicam um predomínio de algas com clorofila c no final do período amostrado, sob influência de águas da enchente, e uma contribuição mínima deste grupo na região de máxima turbidez.

#### IV. DISCUSSÃO

A estratégia utilizada para as coletas foi tentar cruzar a frente de turbidez, buscando-a nas regiões de baixa salinidade, mais interiores, onde se poderia encontrar uma

cunha salina subjacente. Entretanto, os resultados obtidos indicaram que a frente localizou-se a partir da estação 4.0 em direção à entrada sul do estuário, numa região de grande mistura vertical, na corrida de vazante, logo no início das coletas. Estes resultados são decorrentes das características específicas do sistema, com alto grau de mistura vertical durante a sizígia e profundidade relativamente pequena do ambiente.

A marcante diminuição da salinidade ao longo do canal é característica do sistema estuarino, relacionando-se com o aporte de água doce principalmente do canal do Valo Grande, ao Norte. A forte mistura vertical observada é característica da condição de sizígia, neste ambiente. A leve estratificação térmica vertical notada na estação 7.0 relaciona-se principalmente a um ligeiro aquecimento das águas superficiais internas. A densidade, como é comum em ambientes estuarinos, sofreu pouca influência das variações térmicas verticais, posto que as variações de salinidade horizontais são as principais determinantes da densidade, neste caso.

Os valores de pH próximos a 8 observados sob influência da água mais salgada se devem ao maior tamponamento das águas de origem marinha, enquanto as águas de origem continental apresentam-se mais ácidas principalmente em função dos ácidos húmicos e outros ácidos provenientes da decomposição da matéria orgânica drenados da região do manguezal. A decomposição da matéria orgânica também pode estar ocorrendo no leito do canal, como sugerem os valores mais baixos de pH próximos ao fundo. Além disso, nesta região não há luz suficiente para a realização de fotossíntese, o que contribui para os baixos valores. Os menores valores de pH (4.8 e 4.6) na estação 5.5 provavelmente são do aumento de  $\text{CO}_2$  pela respiração de organismos durante a noite, pois estas águas representam as águas que se encontravam no interior do sistema no período noturno, posto que as amostragens se realizaram no início do período diurno. Os valores baixos do pH e a sua grande variação mostram as típicas condições de um ambiente estuarino [10]. Na região da estação 7.0, o aumento do pH provavelmente é consequência da atividade fotossintética (amostragem por volta das 13:00h), que tende a se estabelecer de modo acentuado em águas com ligeira estabilidade térmica.

A cor da água tem relação direta com os materiais dissolvidos. Pode-se notar sua variação pelas medidas da leitura de disco de Secchi indicadas na Fig 3B. Nas porções mais internas do estuário, a diminuição da zona eufótica ocorreu devido ao aumento do material orgânico dissolvido. Há tendência de que, com maior quantidade de séston, haja também maior quantidade de material dissolvido; porém, essa correlação não é obrigatória, como no caso da estação 7.0, em que as medidas foram realizadas em condições de baixa velocidade de corrente, favoráveis à sedimentação do séston. A água apresentou-se mais escura no interior do canal pela contribuição dos ácidos húmicos do mangue (substância amarela), resultante da decomposição de matéria orgânica pela rede microbiana. Quanto maior a influência de águas marinhas, mais baixos os valores de cor da água.

O MTE é caracterizado rapidamente pelas medidas nefelométricas e foi detectado nas estações 3.5 e 4.0, no final da vazante sob condições de alta velocidade de corrente, verificada pela inclinação de  $60^\circ$  no cabo da sonda de amostragem. A capacidade de retenção do séston pelo MTE foi bem verificada, tanto em relação ao material particulado total como ao orgânico, mas, ao contrário de outros ambientes, a forma de sino do MTE foi alterada neste ambiente para uma frente quase vertical, em decorrência do alto grau de mistura vertical a que o mesmo está submetido durante a sizígia. Esta frente está associada a altas velocidades de corrente. Embora estas medidas não tenham sido realizadas no presente estudo, há fortes indícios a partir das medidas de inclinação do cabo do guincho de coleta (Tabela I).

As quantidades de clorofila-a apresentaram-se muito altas, como é freqüente neste sistema estuarino [11]. Isso é decorrente das características de circulação e da grande quantidade de nutrientes disponíveis. Verifica-se maior concentração de clorofila-a na primeira estação, a cerca de 6m de profundidade, associado ao máximo de séston, indicando a capacidade de retenção do MTE também para este parâmetro, relacionado à ressuspensão de fitoplâncton epibentônico [12] e células fitoplanctônicas senescentes, que apresentam maiores teores de feopigmentos. Esta última hipótese é corroborada pelos mínimos observados de porcentagem de clorofila ativa localizados exatamente sobre esta região. Os estuários apresentam uma área de produtividade máxima próxima à desembocadura, formando um cinturão de produtividade [13]. Nesta área, haveria condições de luz favoráveis com redução da turbidez, além de nutrientes disponíveis, caracterizando uma área ideal para a produção primária. A localização desta região evidentemente é variável entre estuários e ocorre em função das condições tidais e de outras forçantes, tais como vento, tempo de residência etc [14]. As razões mais baixas de  $\text{Cl-c/Cl-a}$  observados no MTE também sugerem que as algas predominantes podem ter origem predominantemente estuarina, onde é possível encontrar alguma contribuição de grupos que apresentam clorofila b, ao contrário das águas sob maior influência marinha, como observado na estação mais próxima da entrada do estuário no final do dia, quando um predomínio de grupos marinhos (diatomáceas e dinoflagelados) é sugerido pelo aumento da razão  $\text{Cl-c/Cl-a}$ .

#### REFERÊNCIAS

- [1] Miranda, L.B.; Castro, B.M.; Kjerfve, B.; Princípios de Oceanografia Física de Estuários, São Paulo, Edusp. 411pp. 2002.
- [2] Jay, D.A. and J.D Musiak. Particle trapping in estuarine tidal flows. J. Geophys. Res. 99:20, 446-461. 1994.
- [3] Simenstad, C.A., C.A. Morgan, J.R. Cordell, and J.A. Baross.. Flux, passive retention, and active residence of zooplankton in Columbia River estuarine turbidity maxima. Pp. 473-482 In :K Dyer and R. Orth (ed.), Changing Particle Fluxes in Estuaries: Implications from Science to

Management, ECSA22ERF Symposium, Olsen & Olsen Press, Friedensborg. 1994

[4] Small, L.F., and S.R. Morgan. Phytoplankton attributes in the turbidity maximum of the Columbia River Estuary, USA. Pp. 465-472 In K. Dyer and R. Orth (ed.), *Changing Particle Fluxes in Estuaries: Implications from Science to Management*, ECSA22ERF Symposium, Olsen & Olsen Press, Friedensborg. 1994.

[5] Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) Bol.* 167, 191-194. 1975.

[6] Lorenzen, C.J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12:343-346. 1977.

[7] Parsons, T.R. & J.D.H. Strickland. Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. res.* Vol 21:152-172. 1973.

[8] Heath, M.R.; K. Richardson & T. Kiorboe. Optical assessment of phytoplankton nutrient depletion. *J. Plank. Res.*, 12 (2): 381-396. 1990.

[9] APHA (American Public Health Association). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16<sup>th</sup> ed. Washington, APHA, 1288pp, 1985.

[10] Tundisi, J.; Teixeira, C.; Matsumura-Tundisi, T.; Kutner, M.B.; Kinoshita, L. Plankton studies in a mangrove environment. IX. Comparative investigations with coastal oligotrophic waters; *Rev. Brasil. Biol.*, 38 (2) :301-320. Rio de Janeiro, RJ.1978.

[11] Brichta, M. Biomassa e produção autotrófica planctônica no Complexo Estuarino-Lagunar Iguape-Cananéia. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 101pp. 2000.

[12] Giancesella, S.M.F.; Saldanha-Corrêa, F.M.P.; Teixeira, C. Tidal effects on nutrients and phytoplankton distribution in Bertioja Channel, São Paulo, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3 (2000) 533-544. 2000.

[13] Pereira-Filho, J.; Schettini, C.A.F.; Rörig, L; Siegle, E. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the Camburiú River Estuary, Brazil; *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53: 249-257. 2001.

[14] Jay, D.A.; W.R. Geyer and D.R. Montgomery. 1999. An ecological perspective on estuarine classification. In press. *Estuarine Science, A Synthetic Approach to Research and Practice*, J.E. Hobbie (ed.), Island Press.