

Distribuição de algumas variáveis ambientais e biológicas no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SELCI), outubro de 2001

Barrera-Alba, J.J.¹; Giancesella, S.M.F.; Ricci, F.P.; Harari, J.; Miranda, L.B. de; Moser, G.A.O; Nishihara, L.; Picarelli, S.S.; Saldanha-Corrêa, F.M.P.; Jakovac, A.C.C.; Mello, R.L.

Resumo – O SELCI apresenta duas comunicações com o mar, as barras de Cananéia, na parte sul, e Icapara, na parte norte. Esta recebe uma descarga fluvial mais significativa proveniente do canal do Valo Grande. Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos, durante uma maré de quadratura, no mês de outubro de 2001. O ferro mostrou ser um bom indicador do efeito da descarga de água doce, sendo que a concentração diminuiu para o sul do sistema. As concentrações máximas de material em suspensão (0,89 g/l) foram registradas na região centro-norte do sistema, e as de clorofila na porção centro-sul (20 mg/l).

Palavras-chave – Estuário, relação ferro-água doce, clorofila, material em suspensão.

I. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista da ecologia marinha os sistemas estuarinos são extremamente interessantes, por serem ambientes de transição entre o meio terrestre e o meio marinho. A vulnerabilidade à influência das ações humanas e a complexidade que estes ecossistemas apresentam lhes confere uma alta fragilidade. O aporte de água doce, o transporte de sedimentos em suspensão e nutrientes dissolvidos, seu papel como área de refúgio, alimentação e reprodução para espécies de interesse econômico-pesqueiro, são aspectos que constituem atrativo para o desenvolvimento urbano, social e econômico das regiões estuarinas e litorâneas [1].

O Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SELCI) é um ecossistema altamente complexo, apresentando tanto características de uma região lagunar como de uma região estuarina [2]-[3], ao qual está associado um extenso manguezal, atualmente protegido por legislação, dentro da APA - Área de Proteção Ambiental – de Iguape-Cananéia. Ocupa uma área aproximada de 10 000 ha. na costa sudeste de Brasil, situada a 25° S na costa atlântica da América do Sul, no estado de São Paulo, logo ao sul da linha do Trópico de

Capricórnio, e está sujeito a variações climáticas maiores que sistemas similares localizados entre os trópicos [4]. Apresenta duas comunicações principais com o mar, uma na parte sul, a barra de Cananéia, e outra a na parte norte, a barra de Icapara. Esta última recebe uma descarga fluvial mais significativa, proveniente do canal do Valo Grande, que acentua as diferenças entre as entradas norte e sul. Este canal foi aberto no século XIX encurtando o percurso das embarcações em mais de 30 km, e se transformou gradativamente no caminho preferencial das águas do rio Ribeira de Iguape para o oceano, aumentando os processos erosivos nas margens do Valo Grande e o assoreamento do estuário adjacente. Além disso, a descarga contínua de grande quantidade de água doce no Mar Pequeno provocou uma série de alterações ecológicas no ambiente marinho, como diminuição da salinidade, o citado assoreamento e aumento da turbidez na região adjacente, pela grande quantidade de sedimentos carregados pelas águas do Valo Grande.

O ferro dissolvido é um elemento geralmente associado à presença de água de rios, portanto pode ser de grande utilidade para determinar o efeito das águas continentais em sistemas estuarinos [5]. Outro indicador do aumento do efeito da descarga continental é a presença de material em suspensão na água. Este material diminui a profundidade de penetração e altera a qualidade da luz na coluna de água, podendo condicionar a distribuição dos organismos fitoplantônicos.

II. MATERIAS E MÉTODOS

A. Estratégia de amostragem.

Durante o mês de outubro de 2001, na fase da maré de quadratura, foi realizada uma coleta ao longo do SELCI. A distribuição espacial das estações de amostragem está descrita na Fig. 1. A coleta foi desenvolvida entre os dias 6 e 8 de outubro, começando a mesma pela região norte.

¹ J.J. Barrera-Alba, juanalba@usp.br, S.M.F. Giancesella, soniag@ceres.io.usp.br, F.P. Ricci, J. Harari, L.B. de Miranda, G.A.O. Moser, L. Nishiara, S.S. Picarelli, F.M.P. Saldanha-Corrêa, A.C.C. Jakovac, R.L. Mello, Instituto Oceanográfico, Praça do Oceanográfico, 191. CEP 055080-900. São Paulo, SP. Brasil, Tel +55-11-30916551, Fax +55-11-30916607.

Trabalho recebido em 31 de maio de 2003. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo, através do Projeto No 2000/07162-6, e pela Agência Espanhola de Cooperação Internacional (AECI), através de uma bolsa de doutorado.

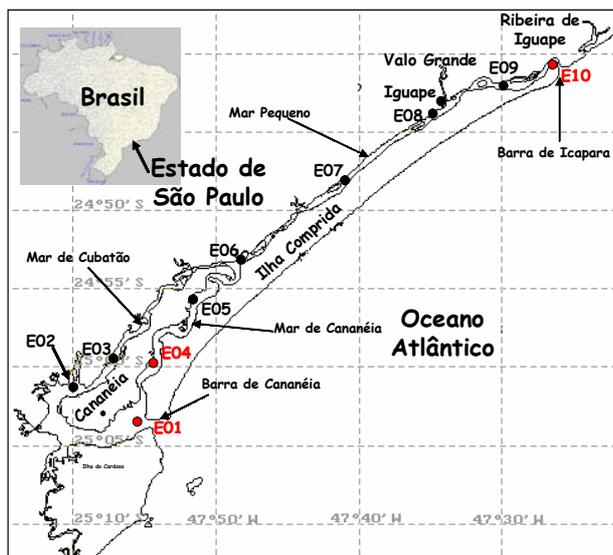


Fig. 1. Área de estudo e disposição das estações de amostragem.

B. Coleta e Análise Laboratorial das amostras.

Os dados de pluviometria e altura de maré foram coletados na Base de Pesquisa Dr João de Paiva Carvalho do IOUSP, em Cananéia e analisados posteriormente no laboratório e representados nos gráficos correspondentes.

Em cada estação foram realizadas diversas medidas: temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e salinidade (p.s.u.) da coluna de água, registradas em perfis contínuos por um CTD (marca SEABIRD, modelo Seacat 19). A transparência da água foi estimada através da determinação da profundidade de extinção da luz utilizando um Disco de Secchi segundo [6]. As concentrações de ferro ($\mu\text{mol l}^{-1}$) dissolvidos, material em suspensão (mg l^{-1}) e clorofila *a* (mgm^{-3}) foram determinadas a partir da coleta de água em diferentes profundidades com garrafas de Van Dorn. A água foi filtrada para a determinação da concentração de clorofila *a* através de filtros GF/F WHATMAN[®] de 0.45 μm de tamanho de poro nominal e 47 mm de diâmetro. Estes filtros foram imediatamente congelados e guardados no escuro até determinação da concentração do pigmento no laboratório segundo o método descrito em [7]. Para a determinação da concentração de ferro dissolvido, amostras do filtrado foram coletadas e conservadas em pH 2 com a adição de H_2SO_4 a 50%. No laboratório, foram analisadas por método espectrofotométrico [8]. Para determinar a concentração de material em suspensão a água foi filtrada através de filtros GF/F WHATMAN[®] de 0.45 μm de tamanho de poro nominal e 47 mm de diâmetro pré-pesados. Estes filtros foram imediatamente congelados e guardados no escuro até determinação da concentração através do método gravimétrico [9].

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Pluviometria e variação da altura de maré.

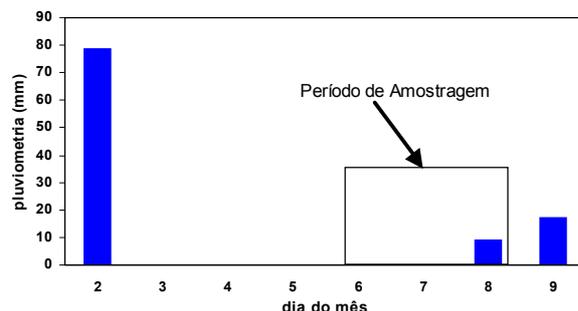


Fig. 2. Dados pluviométricos (mm) durante o período de amostragem.

Durante o período de amostragem não foram registradas precipitações significativas, exceto no último dia de coleta, com um índice pluviométrico de 10 mm (Fig. 2). Não obstante, nos dias anteriores foram registradas precipitações importantes, especialmente no dia 2 de outubro (78 mm). Esta elevada pluviosidade influenciou significativamente a coleta, pois a filtragem das amostras da região centro-norte do sistema foi dificultada pela elevada quantidade de material contido na água.

Na Fig. 3 são apresentados os registros de marés e os períodos de amostragem correspondentes. Verifica-se que as amplitudes máximas de maré variaram entre 90 cm, no primeiro dia, e 50 cm, no último dia de coleta.

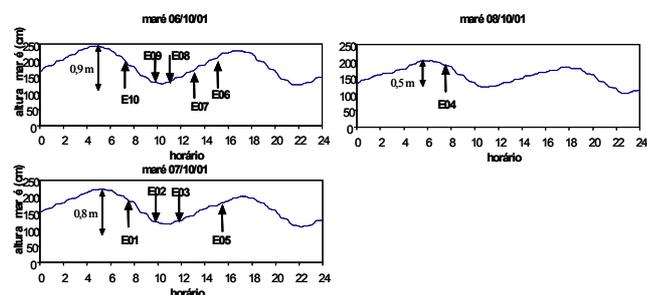


Fig. 3. Registro de maré nos dias de amostragem, de 6 a 9 de outubro de 2001.

B. Variáveis físicas.

Tanto a salinidade como a temperatura foram, em média, superiores na região centro-sul do sistema, indicando a maior influência da descarga de água doce na região norte (Fig. 4 e Tabela II). Como já foi indicado, 4 dias antes da coleta, registraram-se alturas pluviométrica de até 78 mm, aumentando significativamente a vazão através do Valo Grande, proveniente da bacia do Rio Ribeira de Iguape. Este aumento da vazão não é um fato pontual, estendendo-se por vários dias e afetando, certamente, a coleta realizada. Assim, foram registradas salinidades inferiores a 5 entre as estações E06 e E10. Nesta última foram registradas salinidades superiores apenas nas camadas

mais profundas, já que esta é a estação situada na comunicação norte do SELCI com a região costeira adjacente (Fig. 4).

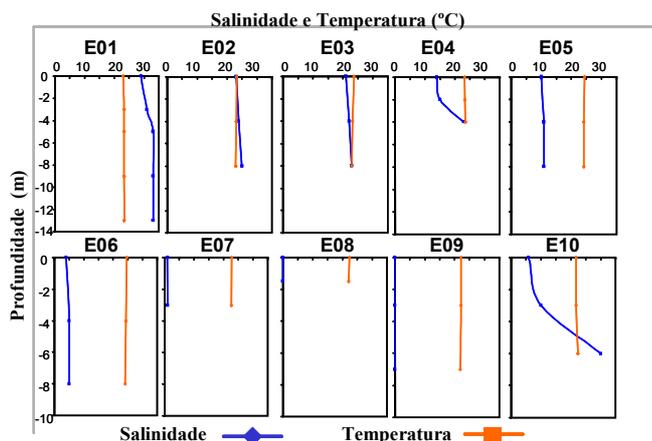


Fig. 4. Salinidade e Temperatura (°C) para as diferentes estações de amostragem. A escala de profundidade das estações E01 a E05 é de 0 – 14 m, sendo que nas estações E06 a E10 esta escala é de 0 – 10 m.

A variação de temperatura foi pequena e, em média, foi 1,3°C superior na região centro-sul, indicando que a água doce procedente dos rios teria uma temperatura inferior à daquela encontrada no interior do estuário.

C. Variáveis químicas e biológicas.

Os resultados de material em suspensão e de concentração de ferro inorgânico dissolvido confirmam novamente a diferenciação entre as regiões centro-sul e centro-norte do sistema (Fig. 5).

As concentrações de material em suspensão (MS) na região sul foram inferiores a 100 mg/l sendo que na região centro-norte foram, em geral, superiores a 200 mg/l, com um máximo de 880 mg/l. Este valor máximo é quase 6 vezes superior ao máximo descrito para a região [10]. Os valores máximos de MS registraram-se entre a desembocadura do Valo Grande (E08) e a estação E06, para o sul, e a partir da E08 até a barra de Icapara (E10), para o norte, onde a salinidade foi inferior a 5 em todas as profundidades. O MS acumula-se próximo à região onde a corrente residual de maré (de fundo) é nula e a velocidade vertical em direção à superfície é máxima, formando a zona de máxima turbidez [10]. No presente trabalho esta zona de máxima turbidez parece distribuir-se ao norte e ao sul da desembocadura do Valo Grande, atingindo uma extensão consideravelmente maior que em outras épocas do ano com menor índice pluviométrico.

A água procedente dos rios geralmente tem altos teores de material em suspensão, principalmente em situações de elevada pluviosidade, como a observada neste mês de outubro. Historicamente [11] o mês de outubro registra um máximo anual secundário quanto à pluviometria. Esta variação quanto à carga de material em suspensão foi refletida na profundidade da camada eufótica, assim esta camada aumentou significativamente da região norte para

o sul, variando entre 0,28 e 5,6 m respectivamente (Tabela I).

TABELA I
VALORES DA PROFUNDIDADE DA CAMADA EUFÓTICA (m)

Estação	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10
Zeus	5	5,6	5	4,2	4,2	1,4	0,28	0,28	0,28	0,28

Quanto à concentração de ferro, na região sul as concentrações foram inferiores a 65 µM, sendo que na região centro-norte foram superiores a 200 µM, com exceção da estação E10. O ferro é um bom indicador da influência continental, por ser um nutriente comumente associado à água dos rios [12]. Entretanto, nas zonas estuarinas, observa-se comumente que estes teores sofrem um decréscimo à medida que as águas doces se misturam às águas marinhas [13]. Assim, o gradiente observado desde as estações próximas à desembocadura do Valo Grande, estações 8 e 9, confirma que o SELCI é um ambiente fortemente influenciado pela carga de água doce do Valo Grande, condicionando a distribuição das propriedades físicas e químicas, podendo afetar também a distribuição da comunidade biológica..

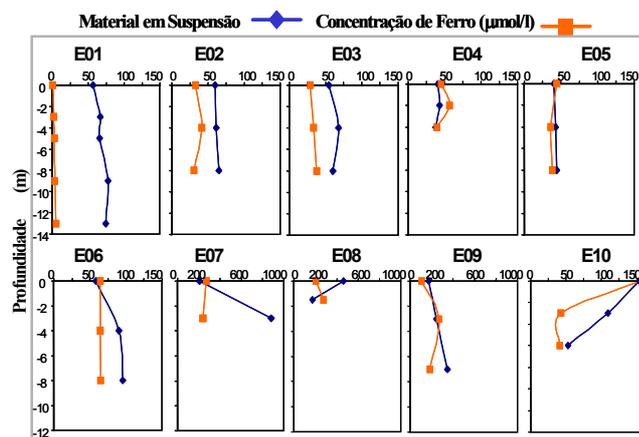


Fig. 5. Distribuição das concentrações de material em suspensão (mg/l) e ferro (µmol/l) nas diferentes estações de amostragem. Nas estações 7, 8 e 9 a escala de concentração varia entre 0 e 1000, sendo que nas demais estações varia entre 0 e 150.

A distribuição da concentração de clorofila *a* indicou que as diferenças ambientais derivadas da elevada entrada de água doce através do Valo Grande podem ter afetado a comunidade biológica, possivelmente devido à maior carga de material em suspensão registrada nas estações da região norte do sistema. Assim, a concentração de clorofila *a* na parte centro-sul do sistema foi em média de 10,68 mg m⁻³, sendo que na parte norte foi de apenas 2,57 mg m⁻³.

As diferentes estações amostradas foram agrupadas em função dos resultados obtidos para as diferentes estações através de uma análise estatística de agrupamento [14]. As estações da região centro-sul, estações E01 a E06, foram incluídas num primeiro grupo, sendo que as estações E07 a E10 foram incluídas num segundo grupo. O resultado desta análise confirmou as diferenças observadas em função das variáveis mostradas no presente estudo. A

estação E06 poderia ser considerada intermediária. Assim, para algumas variáveis poderia ser considerada como pertencente ao grupo 1, sendo que para outras variáveis poderia ser incluída no segundo grupo. Na tabela II foram representados os valores médios e os intervalos de variação dos dois grupos diferenciados pela análise estatística, sendo que para estes cálculos a citada estação foi incluída no grupo 1.

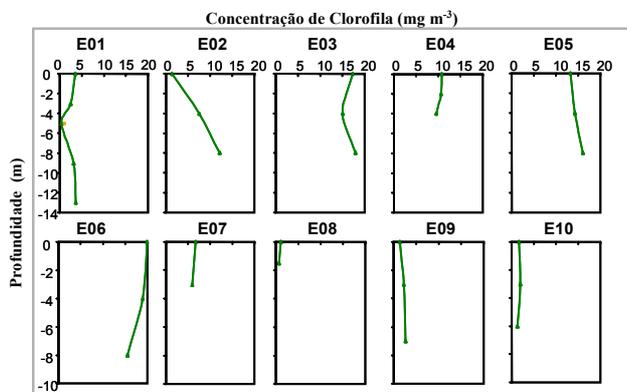


Fig. 6. Distribuição da concentração de clorofila a (mg m^{-3}) das diferentes estações de amostragem.

TABELA II
VALORES MÉDIOS E INTERVALOS DE VARIAÇÃO.

		Centro-Sul	Centro-Norte
Salinidade	Média	19,75	4,8
	Variação	4-33	0-30
Temperatura (°C)	Média	23,55	22,21
	Variação	22,89-24,72	21,79-22,79
Material em suspensão (mg/l)	Média	60,32	281,22
	Variação	38-95	53-881
Clorofila a (mg m^{-3})	Média	10,68	2,57
	Variação	0,41-19,88	0,72-6,71
Ferro ($\mu\text{mol/l}$)	Média	38,78	179,15
	Variação	13,83-64,95	41,19-277,20

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Os resultados obtidos durante a coleta de quadratura no mês de outubro de 2001 confirmaram que existe uma diferença quanto às propriedades físicas e químicas ao longo do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape em decorrência da maior carga de água doce que chega à região norte do sistema através do canal artificial do Valo Grande. A elevada pluviosidade registrada no início do mês de outubro, 4 dias antes da amostragem, foi perceptível nos dados pois o Valo Grande recolhe até 80% da vazão do rio Ribeira de Iguape, principal curso fluvial do Vale do Ribera [11].

O aumento da carga de material em suspensão na coluna de água no interior do estuário desde a região sul até a região norte é derivado desse aumento na descarga fluvial, sendo que valores elevados de material em suspensão foram encontrados até a estação E07, simultaneamente a salinidades inferiores a 5.

A concentração de ferro inorgânico dissolvido diminuiu também da região norte para o sul, com o aumento da salinidade e a diminuição do efeito do Valo Grande, indicando que o ferro pode ser usado como um bom indicador do efeito da carga fluvial.

O aumento significativo da concentração de material em suspensão para a região norte resultou em uma diminuição drástica da profundidade da camada eufótica nesta região do sistema.

O efeito da limitação por luz na coluna de água foi detectado numa diminuição da concentração de clorofila a para a região mais próxima da desembocadura do Valo Grande, indicando uma diminuição também na biomassa fitoplanctônica.

Com a reabertura do canal do Valo Grande foi facilitada a entrada de uma grande quantidade de água doce no sistema, especialmente em épocas de elevada pluviosidade como o verão e o mês de outubro, que historicamente, apresenta-se como o período com a segunda maior pluviosidade anual. Este aumento da descarga fluvial pode ser detectado pelo aumento significativo na carga de material em suspensão e a extensão da sua influência pelas baixas salinidades e as elevadas concentrações de ferro dissolvido. Este aumento de material em suspensão, associado à descarga fluvial, pode causar uma diminuição da densidade da comunidade fitoplanctônica, como foi observado no presente trabalho, e conseqüentemente, numa diminuição na produtividade do sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] L.E Cronin, "The Role of Man in Estuarine Processes", in *Estuaries*, G.H. Lauff, Ed. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science, 1967, pp. 667-689.
- [2] C. Teixeira, *Estudos sobre algumas características do fitoplâncton da região de Cananéia e seu potencial fotossintético*, Tese de doutoramento. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1969, pp. 82.
- [3] J. Tundisi, *Produção primária "standing-crop" e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia*, Tese de doutoramento. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1969, pp. 130.
- [4] Y. Schaeffer-Novelli, G. Cintron-Molero and H. de S.L. Mesquita, "The Cananéia lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil", *Estuaries*, vol. 13, pp. 193-203, 1990.
- [5] J.J. Barrera-Alba, S.M.F. Giancesella, J. Harari, L.B. de Miranda, G.A.O. Moser, L. Nishihara, S.S. Picarelli, F.M.P. Saldanha-Corrêa, A.C.C. Jakovac, F.P. Ricci, R.L. Mello. "Transporte de Ferro e Silicato Dissolvidos nas Entradas do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, Julho de 2001." II Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais, Santos, Brasil, junho 2002.
- [6] POOLE, H.H. & ATKINS, W.R.G. 1929. Photo-eletric measurements of submarine illumination throughout the year. *J.mar. biol. Ass. U.K.*, 16:297-324.
- [7] JEFFREY, S.W. & HUMPHREY, G. F. 1975. New espectrofotometric equations for determining chlorophylls a,b, c and c2 in higher plants, algal and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP)* Bd. 167 S:191-194.

- [8] S.L. Banderner, and P.J. Schaible, "Determination of Iron. A Study of the o-Phenantroline", *Method. Anal. Chem.*, vol. 16, pp. 317-319, 1944.
- [9] APHA (American Public Health Association) 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington, APHA, 1288 p.
- [10] M. Brichta, *Biomassa e Produção Autotrófica Planctônica no Complexo Estuarino-Lagunar Iguape-Cananéia*, Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico: São Paulo, pp. 93, 2000.
- [11] GEOBRAS. 1966. Complexo Valo Grande, Mar Pequeno e Ribeira de Iguape. 448 pp. S.A. Engenharia e Fundações. São Paulo.
- [12] J-P Carmouze, S.G. Galvão, L. Nishiara and H. de S.L. Mesquita, "Modelling chemical changes of tidal waters emerging from a mangrove forest Cananéia, Brazil", *Mangroves and Salt Marshes*, vol 2, pp. 43-49, 1998.
- [13] L. Nishiara, *Contribuição ao Estudo dos Modelos de Remoção do Ferro em Águas Estuarinas*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico: São Paulo, pp. 144, 1989.
- [14] S.M.F. Giancesella, J.J. Barrera-Alba, 2003 Interações entre a comunidade fito e bacterioplanctônica na região estuarino-lagunar de Cananéia e suas implicações no ciclo biogeoquímico da matéria orgânica. Relatório FAPESP, Projeto No 2000/07162-6. 163 pp.