

## VARIAÇÃO SAZONAL NO APORTE FLUVIAL E EXPORTAÇÃO DE MATÉRIA EM SUSPENSÃO E SÍLICA DISSOLVIDA PARA A BAÍA DE SEPETIBA, BRAZIL.

Raphael Paiva Rodrigues<sup>1</sup>  
Bastiaan Adriaan Knoppers<sup>2</sup>

**Resumo:** *Plumas costeiras de rios representam um dos estágios finais de transporte de material através da interface continente-mar. Muitos estudos, entretanto, estão focados sobre o comportamento de nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo, por terem contribuição principal de aportes de efluentes domésticos, atividades agrícolas e industriais. Entretanto, o estudo do comportamento da sílica em ambientes costeiros tem sido negligenciado. Este estudo aborda o comportamento do material particulado em suspensão (MPS), sílica dissolvida (SiD) e clorofila a (Cl.a) da principal fonte de material em suspensão e água para a baía de Sepetiba, SE-Brazil. Duas campanhas de amostragem de água superficial foram conduzidas, uma em janeiro de 2003 (condições “úmidas” de verão) e outra em junho de 2003 (condição “seca” de inverno). Em ambas as ocasiões as plumas dispersaram-se em sentido SE para a porção interior da baía. A pluma do evento “úmido” foi mais turva, rica em nutrientes e dispersou-se além das águas mais próximas à costa. A pluma do evento de “seca” proliferou-se mais próximo à costa, sendo mais pobre em MPS e nutrientes. Ambos eventos exibiram um marcado grau de dispersão da pluma, induzido pelo aporte diferencial de materiais das fontes dos rios e processos de ressuspensão de fundo das águas mais próximas à costa. O canal do Rio São Francisco foi a principal fonte de água “doce”, MPS e nutrientes, exceto para amônia ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) derivada dos efluentes do canal do Guandú. A porção mesohalina da zona de mistura estuarina das plumas comportaram-se como uma ligeira fonte para MPS e SiD, devido a processos de ressuspensão de fundo. Concentrações de clorofila a aumentaram nas porções mais externas da pluma, sugerindo que o curto tempo de residência e a turbidez das águas da pluma limitaram a produção primária mais próxima à costa, particularmente durante o período de verão.*

**Palavras-chave:** Matéria particulada em suspensão; Nutrientes e zona de mistura estuarina

### INTRODUÇÃO

Estuários são ecossistemas caracterizados pela troca de água e materiais derivados da terra e o mar, e geralmente sustentam moderadas a altas taxas de produção primária e rendimento pesqueiro (DAY *et al.*, 1989; NICHOLS, 1986). A troca de material é controlada pelo tempo de residência da água e uma variedade de processos físico-químicos e biológicos ao longo da zona de mistura estuarina (Figura 1), os quais modificam a concentração, o caráter e o destino de materiais (BURTON & LISS, 1976; DYER, 1997; KETCHUM, 1951; MORIS, 1985). Materiais oriundos de rio reagem devido à repentina mudança na salinidade, pH, turbidez, respiração e fotossíntese, uma fração dos constituintes particulados e elementos químicos associados são retidos pela acumulação no sedimento e outros desviam para o mar sem reação (Figura 1; SMITH & ATKINSON, 1994; TURNER & MILLWARD, 2002). Estuários exercem assim uma importante função no controle da transferência de matéria na interface continente-mar e também processos na margem oceânica (EKAU & KNOPPERS, 1999; HAY, 1998; ITTEKKOT *et al.*,

<sup>1</sup> Biólogo pela Universidade Católica do Salvador – UCSal, Estudante da Pós-Graduação do Curso de Geoquímica Ambiental da Universidade Federal Fluminense – UFF. E-mail: [rapha\\_rodrigues@hotmail.com](mailto:rapha_rodrigues@hotmail.com). - Autor

<sup>2</sup> Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense – UFF. Co-autor.

2000; KNOPPERS *et al.*, 1999; MANTOURA *et al.*, 1991; MEYBECK, 1993; MEYBECK, 2003; MILLIMAN & SYVITSKI, 1992; RICHTER *et al.*, 2001; VÖRÖSMARTY *et al.*, 1997; WRIGHT & NITTROUER, 1995).

O padrão de mistura de água doce e marinha depende da magnitude e variabilidade temporal do aporte de água doce, da maré e do vento, como também, da configuração geomorfológica do próprio estuário. Ao longo do gradiente estuarino (Figura 1), principalmente na faixa de salinidade entre 0 e 10, ocorrem processos físico-químicos que ocasionam remoção ou adição de material. Estes incluem a adsorção/desorção de íons com partículas em suspensão, a precipitação de compostos, e a floculação e agregação de material orgânico e inorgânico. Geralmente, o trecho oligohalino à mesohalino da zona de mistura é posicionado em área rasa onde também ocorrem processos de ressuspensão e deposição de materiais. Estes processos geralmente ocorrem de modo desproporcional à mistura das massas de águas estuarinas e podem adicionar ou remover matéria inorgânica e orgânica ao longo do gradiente estuarino (DAY *et al.*, 1989; HEAD, 1985).

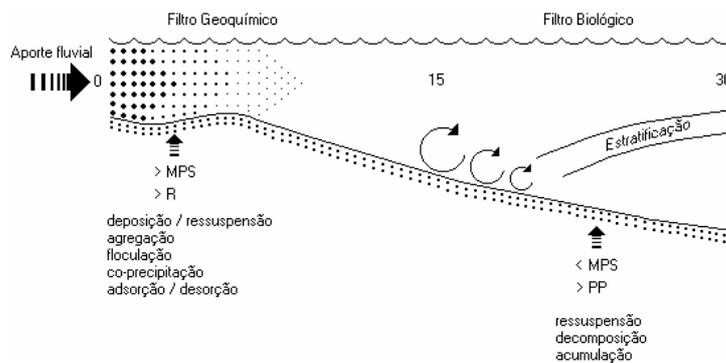


Figura 1. Processos de transformação de matéria biogênica ao longo da zona de mistura estuarina.

Muitas das detalhadas informações sobre processos fundamentais operando em estuários têm sido obtidas em estuários temperados de pequeno a médio portes e os sistemas de dispersão tropical dos grandes rios mundiais (HAY, 1998; MEYBECK, 1993; WRIGHT & NITTROUER, 1995). Pouco é conhecido sobre estuários úmidos tropicais alimentados por rios de médio e pequeno portes, os quais, devido ao seu grande número, imagina-se também contribuir significativamente para o aporte global de água e material para o oceano (MILLIMAN & SYVITSKI, 1992). A sistematização do conhecimento destes sistemas é ainda dificultada em virtude de, em sua maioria, estarem sendo alterados pelas intervenções humanas, em particular, desde a década de 50, devido ao acelerado processo de desenvolvimento. A urbanização, industrialização, desflorestamento, agricultura, mineração e obras de engenharia (*i.e.* represas, irrigação), têm modificado o balanço hidrológico, a carga de materiais e a qualidade da água de sistemas (ITTEKKOT *et al.*, 2000; MEYBECK, 1993; MEYBECK, 2003; RITCHER *et al.*, 2001; VÖRÖSMARTY *et al.*, 1997), incluindo aqueles da costa tropical brasileira (KNOPPERS & KJERFVE, 1999).

Um dos impactos atuais de maior relevância é a eutrofização cultural. A eutrofização cultural é resultante do excessivo aporte de nutrientes de fontes antropogênicas (HAVENS *et al.*, 1996). O crescimento de algas, causado pelo aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo e a diminuição da transparência nos corpos d'água, estão associados a mudanças no índice de diversidade biológica, começando a ocorrer uma sucessão de espécies, que passam a dominar sobre aqueles menos adaptados às águas poluídas. Um dos efeitos da atividade humana que afetam a natureza da eutrofização é a alteração da composição de nutrientes oriundos das bacias

de drenagem. Atividades agrícolas e efluentes domésticos modificam a razão natural entre o nitrogênio e fósforo sendo aportados ao sistema. Outras atividades, tal como o desmatamento e a construção de barragens, também podem alterar a carga de sílica dissolvida e a sua relação ao nitrogênio. Estas mudanças podem modificar a composição da comunidade fitoplanctônica e, assim, o rendimento da produção primária. O comportamento da sílica dissolvida, produto do intemperismo dos minerais silicatos, raramente tem sido tratado em estudos de nutrientes na Interface Continente-Mar.

A Baía de Sepetiba, até então considerada relativamente pobre em termos de fitoplâncton, começa a reagir às pressões impostas pela ocupação de sua bacia hidrográfica, sem adequada infra-estrutura de coleta e tratamento de esgotos sanitários, e pelas atividades desenvolvidas dentro da própria baía (FEEMA, 2000). O presente trabalho buscou analisar o comportamento do material particulado em suspensão (MPS), da sílica dissolvida (SiD) e clorofila *a* ao longo da zona de mistura estuarina (ZME) e a provável influência do processo de ressuspensão em área rasa e de maior deposição da principal fonte fluvial na Baía de Sepetiba, RJ, assim como, inferir sobre o papel da interface continente-mar sobre os processos que controlam o estado trófico da Baía de Sepetiba. Comparam-se dois períodos, um durante época de chuva e outro durante seca.

## MATERIAIS E METODOS

### Área de estudo

A Baía de Sepetiba (Fig. 2 a-b) está localizada na costa leste do Estado do Rio de Janeiro e delimitada pelos paralelos 22°54' e 23°04' Sul e pelos meridianos 43°33' e 44°02' Oeste. A baía possui um espelho de água com média de 427 km<sup>2</sup>, uma profundidade média de 6 m e volume médio de 2.56 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. A Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba possui uma área de 2.711 Km<sup>2</sup> com cotas altimétricas variando de 0 a 1800 m com ponto culminante na Serra do Couto (SEMADS, 2001). Na sua planície costeira, o clima é tropical úmido, do tipo Köppen Awa com uma precipitação média anual de 1400 mm e uma evaporação de 960 mm. O período de precipitação máxima abrange os meses de dezembro a março (verão), e o de precipitação mínima, de junho a agosto (inverno), classificados como Período Úmido (PU) e Período Seco (PS), respectivamente (REZENDE, 1993).

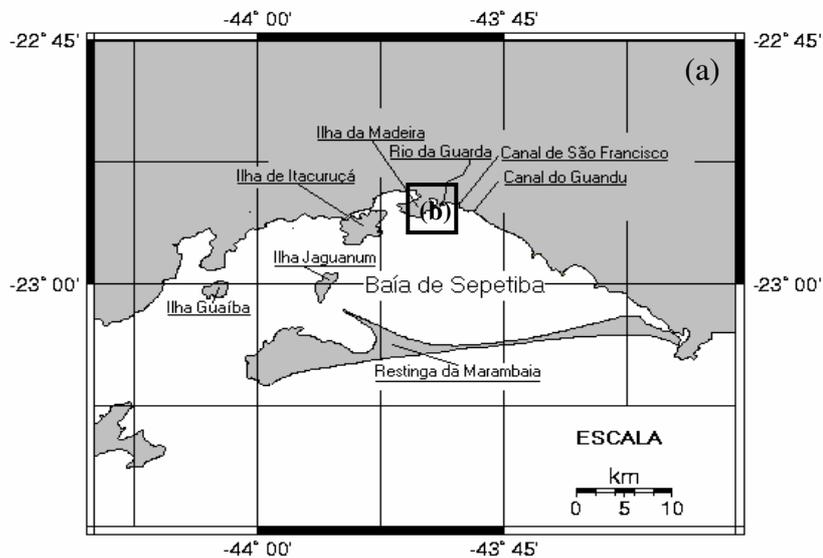


Figura 2. Mapa de localização da baía de Sepetiba (a) e a área de amostragem (b).

A população da bacia de drenagem da Baía de Sepetiba quantifica 1.400.000 habitantes (ANA, 2002). O principal tributário da Baía de Sepetiba é o Rio Guandu, o qual aporta  $6.5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano ou 86 % do fluxo total de água para a baía (Molisani *et al.*, 2006). A principal fração de água origina-se do Rio Paraíba do Sul, sendo revertido para o Rio Guandu e, também, para o uso da região Metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. Cerca de 50 a 80 m<sup>3</sup>/s alcança a planície costeira, onde é liberada para dentro da baía via os dois canais artificiais, São Francisco e Guandu (Figuras 2 e 3). O primeiro corresponde à principal fonte pontual de água “doce”, e também, de vários contaminantes para a baía, enquanto que o último é uma fonte secundária menor de água “doce”, embora altamente afetada por efluentes domésticos (SEMADS, 2001).

A Baía de Sepetiba localiza-se em uma importante região geoeconômica do Brasil, que abrange as cidades do Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Vitória. Num raio de 500 km, concentram-se as maiores atividades sócio-econômicas da população do Estado do Rio de Janeiro, incluindo um dos pólos industriais do Estado. A atividade industrial deste parque é responsável pelo lançamento de várias substâncias potencialmente tóxicas na Baía. Atualmente a Baía de Sepetiba começa a sofrer problemas de eutrofização cultural, especialmente em pequenas enseadas, nas áreas mais próximas à linha da costa e nas áreas de influência das desembocaduras dos rios, afetadas pela poluição orgânica (FEEMA, 2000).

### Amostragem e métodos

O estudo foi realizado durante duas campanhas de amostragem no ano de 2003, uma durante período “úmido” em janeiro e a outra em período “seco” em junho. A primeira campanha de amostragem em janeiro durante o período “úmido” foi caracterizada por uma precipitação mensal de 256 mm, um aporte fluvial do Canal do São Francisco de cerca de 90 m<sup>3</sup>/s e condições de maré enchente, enquanto a campanha de junho foi caracterizada por uma precipitação de 10 mm, um aporte fluvial de cerca de 50 m<sup>3</sup>/s e condições de maré vazante (Figuras 4). As campanhas compreenderam medições In Situ de parâmetros físico-químicos e a coleta de amostras de água superficial ao longo de 3 transectos paralelos à costa, assim como

dentro do Canal de São Francisco (Estações SF, Figs. 2 e 3). O posicionamento das estações de amostragem foi fixado com um GPS, Tipo *Garmin II*.

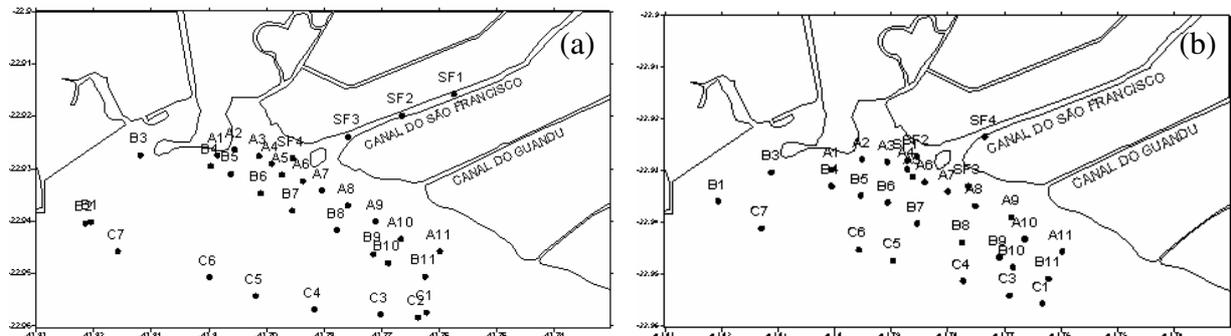


Figura 3 - Mapas de amostragem para os períodos de janeiro (a) e junho (b) de 2003

A salinidade e a temperatura foram medidas com um termo-salinômetro Tipo MC 5, *Electronic Switchgear*, Londres, e a transparência da água com um Disco de Secchi. Amostras de água foram coletadas com uma garrafa Van Dorn da Fa. *Hydrobios-Kiel* e estocadas em garrafas Nalgene pré-lavadas com 0.1 N HCl em gelo no escuro, até posterior processamento no laboratório, em um período máximo de 5 horas após coleta. O material particulado foi retido em filtros Whatmann GF/F, e analisado para seu conteúdo de material particulado em suspensão (MPS) e Clorofila *a* (Cl.a), de acordo a Strickland e Parsons (1972). Concentrações de Cl.a foram calculadas como descrito por Jeffrey e Humphrey (1975). O filtrado foi analisado para nutriente inorgânico dissolvido silicato ( $H_4SiO_4$ -Si ou SiD), de acordo com Grasshoff *et al.* (1983). Todas as leituras foram realizadas em espectrofotometro UV-Vis, HITACHI Tipo 100. A distribuição horizontal dos constituintes foi plotada com o programa SURFER 7.0.

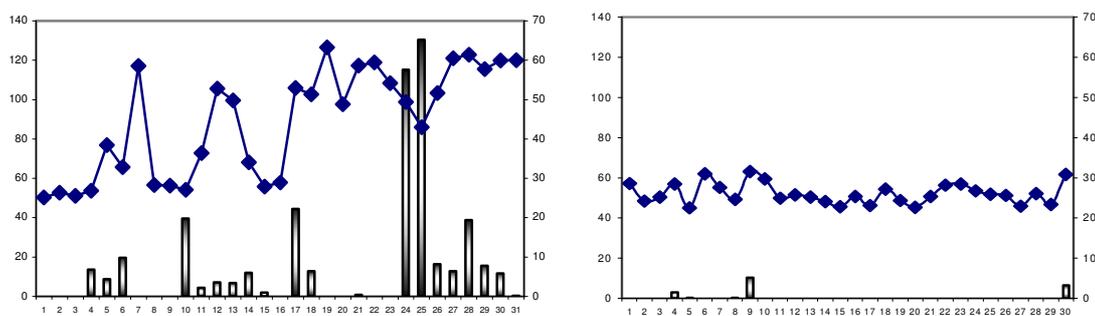


Figura 4. Estimativa da vazão na desembocadura do Canal de São Francisco e da precipitação para os meses de janeiro(a) e junho (b) de 2003. Os dados correspondem à vazão defluente (gráfico em linhas) da UHE de Pereira Passos menos a demanda consultiva das empresas a jusante da UHE Pereira Passos e os da precipitação (gráfico em barras) da estação pluviométrica de Sepetiba (GEO-RIO, 2003).

## RESULTADOS

### Condições físicas e químicas das plumas estuarinas

As plumas costeiras de rios representam um dos estágios finais de transporte de material através da *interface terra-mar*. Muitos estudos, entretanto, voltam-se para o comportamento de plumas fluviais de águas costeiras de médio a grande portes, enquanto plumas de pequeno porte

atuando dentro dos estuários têm sido negligenciadas. Foram conduzidas duas campanhas de amostragem de água superficial, uma em Janeiro 2003 (condições de verão úmido) e a outra em Junho 2003 (condições de inverno seco). Em ambas as ocasiões, as plumas dispersaram-se em área rasa para a porção interior da baía. Entretanto, as plumas diferiram em relação aos seus padrões de dispersão, extensão e magnitude dos gradientes físico-químicos estuarinos. Este padrão foi evidenciado pela distinta condição físico-química das fontes fluviais e marinhas em ambos os eventos (Tabela 1). A pluma do evento “úmido” apresentou-se mais turva, rica em nutrientes e se dispersou além das águas mais próximas à costa, enquanto que a pluma do evento “seco” proliferou-se mais estreitamente à costa, apresentando-se menos turva e mais empobrecida em nutrientes. Ambos os eventos exibiram um marcado grau de direcionamento, induzido pelo aporte diferencial de materiais das fontes fluviais e processos de ressuspensão do fundo das águas rasas próximas à costa.

Parâmetros	Período úmido		Período seco	
	Rio	Mar	Rio	Mar
Q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /s)	90	-	50	-
Maré	-	E	-	V
T (°C)	30	25,9	24,8	23,8
S	0	32,2	0,5	31,7
MPS (mg/l)	32,2/ 27,83	11,35	6,36	7,32
SiD (µM)	42,6/ 22,10	9,05	55,12	15,96
Cl. <i>a</i> (µg/l)	3,56	1,79	4,96	5,64
DIN:PID	51,2/ 65,60	5,41	102,23	31,8
DSi:DIN	1,76/ 0,53	4,64	0,77	2,42

Tabela 1. Condições limítrofes das fontes fluviais e marinhas durante os eventos “úmido” (janeiro) e “seco” (junho) do estudo. Valores duplos da primeira coluna correspondem a medições feitas durante dois dias de amostragem no Canal do Rio São Francisco. Q<sub>r</sub> = vazão fluvial. E = Enchente; V = Vazante.

A pluma em janeiro foi dirigida pelo alto aporte fluvial em condições de maré enchente e em junho, por um baixo aporte fluvial em condições de maré vazante. Concentrações fluviais de material particulado em suspensão (MPS) foi mais do que duas vezes maior durante o evento de janeiro (Figura 5). Ao contrário do esperado, a sílica dissolvida (SiD) foi levemente mais baixa durante o evento de janeiro do que em junho. Outros rios pequenos e moderadamente impactados da costa leste do Estado do Rio de Janeiro, geralmente exibem similares níveis de SiD como neste estudo (Knoppers *et al.*, 1999a).

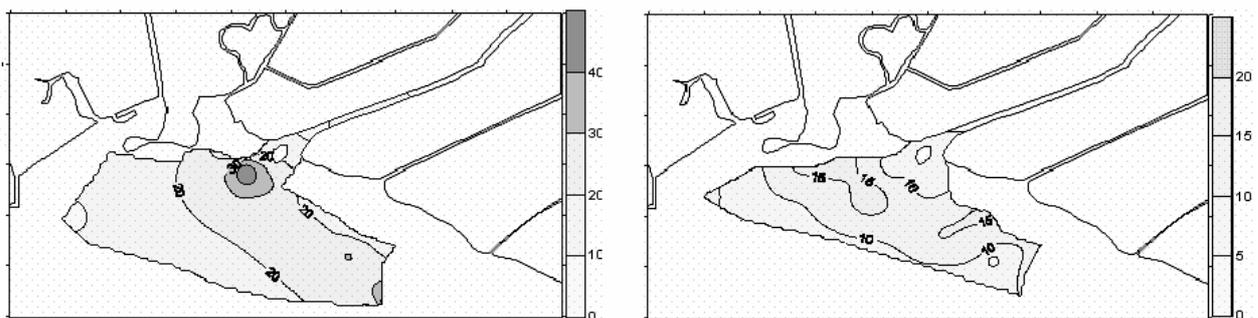


Figura 5. Distribuição horizontal de material particulado em suspensão (MPS) em janeiro (a) e em junho (b) 2003 da pluma dos canais do rio São Francisco e do Guandu, Baía de Sepetiba.

A distribuição da salinidade (Figura 6) claramente demonstrou que a pluma do evento “úmido” (janeiro) foi mais extensa do que durante o evento “seco” (junho). A pluma do evento “úmido” dispersou-se obliquamente à costa em direção SSE, estendendo-se além da isóbata de 5 m e a 3 km da costa. Um estudo da FEEMA (2000) sugeriu que a pluma do canal do rio São Francisco estende-se mais durante período de alto descarte fluvial e correntes negligíveis ao longo da costa. A pluma do período “úmido” também demonstrou uma clara frente de salinidade e foi levemente afetada pelo aporte fluvial da fonte secundária do canal do Rio Guandu. A pluma do evento “seco” proliferou-se 1,5 km ao longo da costa dentro da faixa de isóbata de 2 m e abrigou uma clara frente de salinidade próximo a costa (Figura 6).

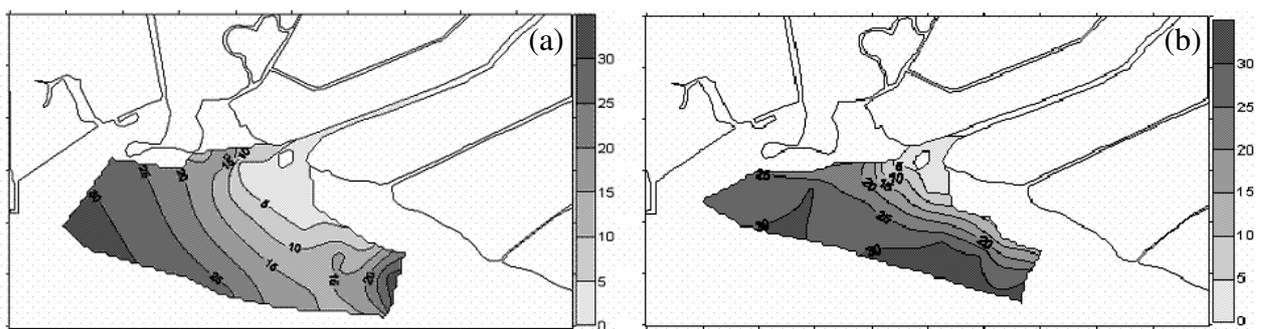


Figura 6. Distribuição horizontal de salinidade em janeiro (a) e em junho (b) 2003 da pluma dos canais do rio São Francisco e do Guandu, Baía de Sepetiba.

### Clorofila *a* como indicador da biomassa fitoplantônica

Quando comparados os padrões de dispersão de MPS e a biomassa fitoplantônica indicada pela clorofila *a* (Figura 7), um padrão de desacoplamento espacial dos parâmetros veio a ser evidente. Concentrações de clorofila *a* aumentaram na porção mais externa da pluma, sugerindo que o curto tempo de residência e limitação da luz devido à turbidez das águas mais próximas à costa e centrais da pluma limitaram a produção primária nestas áreas, particularmente, durante o evento “úmido” em janeiro (Figura 7). De acordo ao índice do estado trófico de Lambou *et al.* (1983), a clorofila *a* na porção mais exterior da pluma indicou condições mesotróficas.

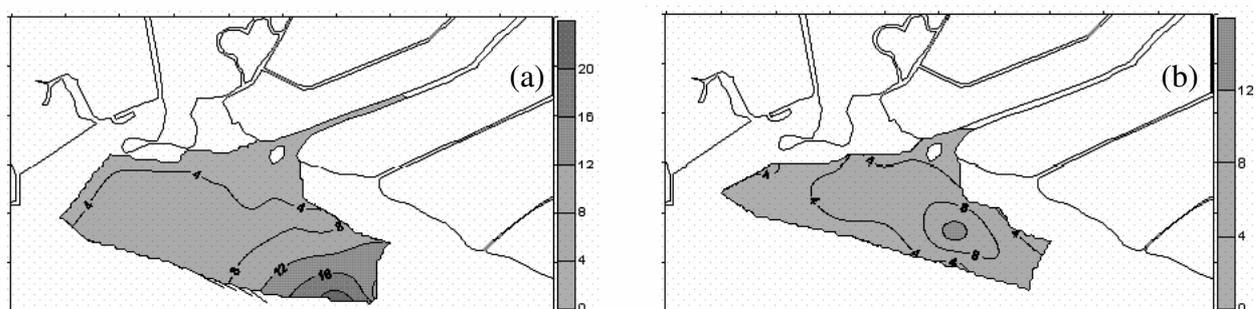


Figura 7. Distribuição horizontal de clorofila *a* em janeiro (a) e em junho (b) 2003 da pluma dos canais do Rio São Francisco e do Guandu, Baía de Sepetiba.

## Contribuição da sílica e relação com o nitrogênio e o fósforo

A sílica dissolvida (SiD) exibiu maiores concentrações em janeiro (faixa de 1.77 a 114.40  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) dentro da seção média da pluma, visto que em junho os maiores níveis (faixa de 0.62 a 93.83  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) foram restritos à foz do rio. Os níveis de SiD no meio da pluma excederam em duas vezes em comparação a aqueles da foz do canal do São Francisco (Figura 8). Por outro lado, o extremo empobrecimento nas concentrações de SiD foram detectados na porção mais externa da pluma e águas da baía durante ambas ocasiões, sugerindo que o consumo pelo fitoplâncton (*p.e.* diatomáceas) devem ter acontecido neste espaço da pluma (Figura 8).

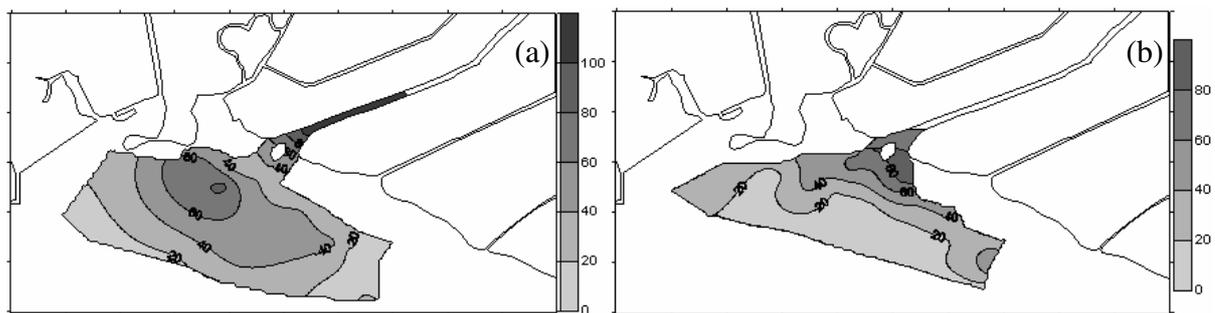


Figura 8. Distribuição horizontal de SiD ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) em janeiro (a) e em junho (b) de 2003 da pluma dos canais do São Francisco e Guandu, Baía de Sepetiba.

## Potencial de limitação da produção primária pelos nutrientes

Para compreender o efeito do aporte de nutrientes na produtividade das regiões estuarinas, é preciso conhecer também a proporção relativa entre os nutrientes. O fitoplâncton assimila nutrientes em proporções relativamente constantes, e essa proporção pode ser avaliada através da razão de Redfield *et al.* (1958), que indica qual dos nutrientes limita a produtividade primária das águas (SiD:NID:PID de 16:16:1, respectivamente).

Em ambientes estuarinos as razões entre os nutrientes modificam com a salinidade. Dentro deste contexto, em muitas plumas oriundas da bacia de drenagem a SiD encontra-se em excesso em relação ao nitrogênio e o fósforo (STEFANSSON e RICHARDS, 1963; VAN BENNEKOM e TIJSSEN, 1978), enquanto que as plumas da bacia de drenagem altamente carregadas com nitrogênio e fósforo produzido por atividades antrópicas, a sílica é o nutriente limitante para as diatomáceas (VAN BENNEKOM *et al.*, 1975).

As razões N:P diminuiram da fonte fluvial para a fonte marinha, mas foram claramente afetadas pelas extremas concentrações de amônia introduzidas pelo canal do Guandu. As razões NID:PID estiveram duas vezes menores em janeiro do que em junho, principalmente devido ao concomitante aumento de amônia e o empobrecimento em ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-} = \text{PID}$ ) durante o evento de junho. Não obstante, as razões NID:PID em toda a pluma e, a alguma extensão, também nas águas da baía, estiveram muito acima da razão Redfield NID:PID de 16:1, considerado como a demanda ideal para a produção primária fitoplanctônica (REDFIELD, 1958). Como corroborado pelas altas razões NID:PID na tabela 1, a fonte fluvial com alta concentração de nitrato e também contaminação de amônia, impôs condições limitadas sobre a produção primária da baía. Por outro lado, as razões SiD:NID apresentaram-se em condições aproximadamente ideais para a produção fitoplanctônica nos dois eventos estudados com uma ligeira limitação para NID na fonte marinha, porém em condições de disponibilidade de luz mais favoráveis.

## CONCLUSÃO

A extensão, forma e concentração dos materiais das plumas de pequeno porte geradas pelos canais dos rios São Francisco e Guandu, diferiram consideravelmente entre os eventos de alto e baixo aporte fluvial. Sob as condições de alto aporte, as plumas exibiram um potencial de fertilização para a porção interior da Baía de Sepetiba do que condições de baixo aporte, as quais aumentaram a retenção de material próximo à costa. As plumas foram afetadas por múltiplas fontes, incluindo aporte fluvial lateral e os sedimentos de fundo. A profundidade rasa aumentou o acoplamento direto da interação água-sedimento. O “bombeamento” da maré e provavelmente também a tensão de cisalhamento do fundo do fluxo do rio, foram responsáveis pela ressuspensão de MPS e liberação de nutrientes dos sedimentos do fundo em área rasa. A pluma exibiu um claro desacoplamento entre as zonas de turbidez e clorofila *a*, mas um direto acoplamento entre a turbidez e a zona de mistura estuarina, não observada em plumas costeiras de média a grande escala.

**AGRADECIMENTOS:** Este trabalho foi apoiado financeiramente pela FAPERJ/CNPJ através do Projeto PRONEX número E-26/171.175/2003 e Instituto do Millenium CNPq projeto Nr. 420050/2005-1. B. Knoppers é membro do CNPq (Proc. Nr. 300772/2004-1). Nós agradecemos a Weber Friederichs Landim de Souza, John Maddock, Renato Carreira, Sambasiva Patchineelan, Emmanoel Silva, Bruno Turcq e Edison Bidone pelas profícuas sugestões. Nós também agradecemos aos diferentes laboratórios do Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense pela cooperação nas análises.

## REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas (2002), Bacias hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho leste. Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos CD-ROM n:4.
- BURTON, J. D. & LISS, P. S. (1976), *Estuarine chemistry*. Academic Press, London.
- DAY JR., J. W., HALL, C. A. S., KEMP, W. M. AND YAÑEZ-ARANCIBIA, A. (1989), *Estuarine ecology*. John Wiley, New York.
- EKAU, W. & KNOPPERS, B. A. (1999), An Introduction to the pelagic system of the northeast and east brazilian shelf. *Archive of Fishery and Marine Research*, v. 47, n. 2, p. 113 – 132.
- DYER, K. R. (1997), *Estuaries: a physical introduction*. John Wiley, London.
- FEEMA. (2000), Avaliação da qualidade da água da bacia da Baía de Sepetiba: outubro 95/ julho 98. Rio de Janeiro: FEEMA, CD-ROM. Relatório do Projeto de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha.
- GRASSHOFF, K., KREMLING, K. & EHRHARDT, M. (1983), *Methods of seawater analysis*. 2<sup>nd</sup> ed. Verlag Chemie, Weinheim.
- HAVENS, K. E., AUMEN, N., THOMAS, R. T., SMITH, V. (1996), Rapid ecological changes in a large subtropical lake undergoing cultural eutrophication. *Ambio*, v. 25, p. 150-155.
- HAY, W. W. (1998), Detrital sediment fluxes from continents to oceans. *Chemical Geology*, v. 145, p. 287-323.

- HEAD, P. C. (1985), *Practical Estuarine Chemistry: a handbook*. Cambridge: Cambridge University Press, 337 p.
- ITTEKKOT, V., HUMBORG, C., SCHÄFER, P. (2000), Hydrological alterations and marine biogeochemistry: A silicate issue? *BioScience*, v. 50, p. 776-782.
- JEFFREY, S. W. AND HUMPHREY, G. F. (1975), New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 + c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen. Bd.*, 167, p. 191-194.
- KNOPPERS, B. & KJERFVE, B. (1999). Coastal lagoons of southeastern Brazil: Physical and biogeochemical characteristics. In-*Estuaries of South America*. eds. G. Perillo, C. Piccolo and P. Quivira. Springer Verlag, Berlin.
- KNOPPERS, B., CARMOUZE, J.P., MOREIRA-TURCQ, P.F. (1999a), Nutrients, metabolism and eutrophication of lagoons along the East Fluminense coast, State of Rio de Janeiro, Brazil. In-*Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems of Rio de Janeiro, Brazil*. eds B. Knoppers, B., Bidone, E.D. e Abrão, J.J. Série Geoquímica Ambiental 6. Programa Geoquímica Ambiental UFF/FINEP, Niterói/Rio de Janeiro, p. 123-154.
- KETCHUM, B. H. (1951), The exchange of fresh and salt waters in tidal estuaries. *Journal of Marine Research*, v. 10, p. 18-38.
- LAMBOU, V. W., TAYLOR, W. D., HERN, S. C. AND WILLIAMS L. R. (1983), Comparisons of trophic state measurements. *Water Research*, 17, p. 1619-1626.
- MANTOURA, R. F. C., MARTIN, J. M., WOLLAST, R. (1991), Ocean margin processes in global change. Chichester: John Wiley, 469 p.
- MEYBECK, M. C. (1993), N, P and S in Rivers: from sources to Global Inputs. In: WOLLAST, R., MACKENZIE, F. T., CHOU, L. (eds.). *Interactions of C, N, P and S Biogeochemical Cycles and Global Change*. London: NATO ASI Series, 163 p.
- MEYBECK, M. (2003), Global analysis of river systems: from earth system controls to Anthropocene controls. *Phil. Trans. Royal Acad. London B*, v. 354, 1440 p.
- MILLIMAN, J. D. & SYVITSKI, J. P. M. (1992), Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *The Journal of Geology*, v. 100, p. 525-544.
- MOLISANI, M. M., KJERFVE, B., SILVA, A. P., LACERDA, L. D. (2006), Water discharge and sediment load to Seperiba Bay from an anthropogenically-altered drainage basin, SE Brazil. *Journal of Hydrology*, 331, p. 425-433.
- MORRIS, A. W. (1985), *Estuarine Chemistry and General Survey Strategy*. In: HEAD, P. C. (ed.). *Practical Estuarine Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press, 337 p.
- REDFIELD, A. C. (1958), The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 46, p. 205-221.
- REZENDE, C. E. (1993), Origem, transporte e destino da matéria orgânica na interface fluvio-marinha, sob diferentes condições de uso do solo e sua relação com o trânsito de poluentes metálicos na Baía de Sepetiba, RJ. Rio de Janeiro, 1993. 193 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Biofísica) - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

- RICHTER, C., BURBRIDGE, P. R., GÄTJE, C., KNOPPERS, B. A., MARTINS, O., NGOILE MAK, O'TOOLE, M.J., RAMACHANDRAN, S., SALOMONS, W., TALUE-MCMANUS, L. (2001), Integrated coastal management in developing countries. In: VON BODUNGEN, B., TURNER, R. K. (eds.). Science and Integrated Coastal Management. Berlin: Dahlem University, p. 285-308
- SEMADS. (2001), Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba. Projeto PLANAGUA SEMADS/GTZ. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha. Rio de Janeiro
- SMITH, S. V. & ATKINSON, M. J. (1994), Mass balance of nutrient fluxes in coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (ed.). Coastal Lagoon Processes. Amsterdam: Elsevier, p. 133-155.
- STEFANSSON, U. & RICHARDS, F. (1963), Processes contributing to the nutrient distributions off the Columbia River and Strait of Jan de Fuca. *Limnology and Oceanography*. v. 8, p. 394-410.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T., A practical handbook of seawater analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, n. 167.
- TURNER, A. & MILLWARD, G. E. (2002), Suspended particles: their role in estuarine biogeochemical cycles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55, p. 857-883.
- VAN BENNEKOM, A. J., GIESKES, W. W. C., TIJSSEN, S. B. (1975), Eutrophication of Dutch coastal waters, Proc. R. Soc. London Ser. B, v. 189, p. 359-374.
- VAN BENNEKOM, A. J. & TIJSSEN, S. B. (1978), Nutrient distribution on and off the Guyana Shelf, related to upwelling and Amazon outflow, FAO Fish. Rep., v. 200, p. 233-253, Suppl.
- VÖRÖSMARTY, C. J., SHARMA, K. P., FEKETE, B. M., COPELAND, A. H., HOLDEN, J., MARBLE, J., LOUGH, J. A. (1997), The storage and aging of continental runoff in large reservoir system of the world. *Ambio*. v. 26, p. 210-219.
- WRIGHT, L. D. & NITTROUER, C. A. (1995), Dispersal of river sediments in coastal seas: six contrasting cases, *Estuaries*, 18, p. 494-508.