

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO A PARTIR DE MEDIÇÕES DE TRANSMISSIVIDADE E NEFELOMETRIA

Tatiana Pinheiro Dadalto^{1a}; Mariana Tramujas Gutierrez^{1b}; Josefa Varela Guerra¹
dadalto.tp@gmail.com

¹- Faculdade de Oceanografia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPG-OCN)

R. São Francisco Xavier, 524 - Maracanã, Rio de Janeiro/RJ 20550-013

^{a-} bolsista de Mestrado FAPERJ; ^{b-} bolsista de Mestrado CAPES

Palavras-chave: material particulado em suspensão, camada nefelóide, transmissividade, nefelometria, turbidez.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos utilizam instrumentos óticos, como transmissômetros e nefelômetros, para determinar a concentração de material particulado em suspensão (MPS). A principal vantagem deste método é possibilitar que seja estimada a concentração de MPS onde essa informação não pode ser obtida através da amostragem direta. Contudo, muitos trabalhos apontam os problemas associados a este método, em geral relacionados à variável composição e granulometria do MPS (Jago et al., 2006; Jago & Bull, 2000; Baker & Lavelle, 1984; Bunt et al., 1999; Hill et al., 2011). Toda essa variabilidade das características do MPS resulta em propriedades óticas diferenciadas e consequente complexidade da resposta do sinal ótico. Alternativas para a calibração do sinal são a medição direta da concentração de MPS através do método gravimétrico, uso de medição da granulometria *in situ* através de equipamentos com laser, determinação da composição do MPS (teor de matéria orgânica, mineralogia, etc.) (McCave et al., 2001). O presente trabalho tem como objetivo: (a) realizar a calibração do sinal do transmissômetro e do nefelômetro para conversão em concentração de MPS usando amostragem direta a partir da filtração de amostras de água; (b) discutir as vantagens e problemas associados ao método; e (c) contribuir para o estudo e compreensão da dinâmica do MPS sobre a plataforma sul do estado do Rio de Janeiro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende a plataforma e talude continentais ao largo do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), que foram amostrados em junho de 2010 durante a realização do projeto Oceano-Rio I (Ministério da Ciência e Tecnologia - MCTI), realizado em cooperação com a Marinha do Brasil (Navio Hidro-oceanográfico Cruzeiro do Sul). Foram levantadas 39 estações, com perfil de CTD SeaBird 19plus (SeaBird Electronics) e sensores acoplados: transmissômetro C-Star (WETLabs) com caminho ótico de 25 cm e 660 nm de comprimento de onda; nefelômetro OBS-3+ (Campbell Scientific); e fluorímetro (WETLabs Eco-FL). Cerca de 2 L de amostras de água foram coletadas em várias profundidades e filtradas através

de filtros de fibra de vidro (Millipore 0,7 μm , 47 mm de diâmetro) utilizando-se bomba à vácuo. Ao fim da filtração, os filtros foram lavados com água destilada para remoção dos sais e congelados. Em laboratório, os filtros foram secos em estufa a aproximadamente 50°C por cerca de 72h e pesados até que se chegasse ao peso constante (pesagem de 24 em 24h). A determinação do teor total de matéria orgânica foi realizada por combustão dos filtros em mufla por 2 horas, primeiro a 350°C e, após pesagem, a 450°C.

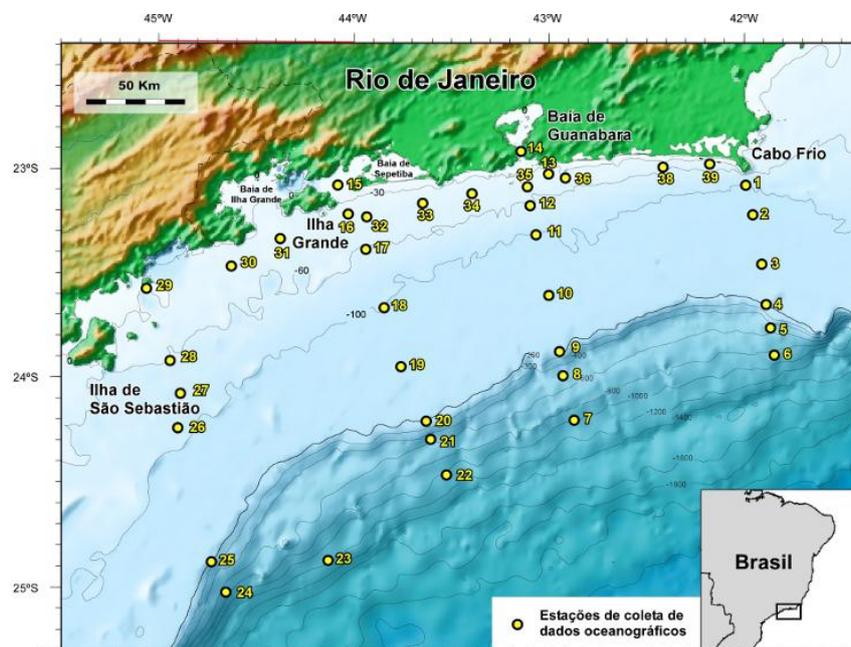


Figura 1: Localização da área de estudo e das estações oceanográficas (Cruzeiro MCT-1).

A calibração do sinal do transmissômetro se deu a partir da regressão exponencial entre a transmissividade e os valores de concentração de MPS dos filtros, enquanto que a regressão do sinal do nefelômetro foi realizada através do ajuste de uma função quadrática (Figuras 2 e 3). Em ambos os casos, as regressões foram aplicadas a dois grupos de estações: (a) estações sobre a plataforma continental (N = 186 amostras) e (b) estações localizadas na quebra da plataforma e no talude (N = 93 amostras). Duas amostras que apresentaram valores espúrios de transmissividade foram excluídas da regressão. A distribuição espacial do sinal de transmissividade, turbidez e das concentrações de MPS obtidas tanto a partir das amostras filtradas como a partir da conversão dos valores de transmissividade e retroflexão ao longo dos transectos amostrados, foi estimada a partir de interpolação pelo método kriging do programa Surfer (Golden Software).

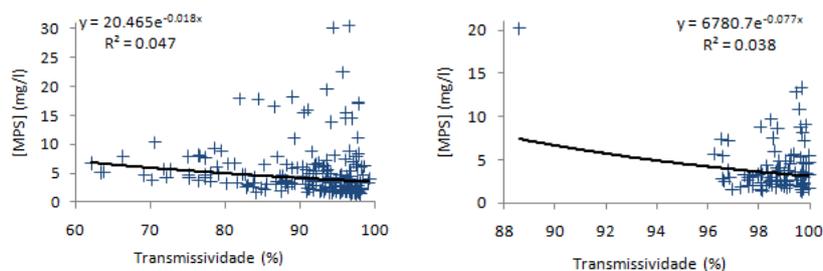


Figura 2: Curvas de calibração do sinal do transmissômetro: grupo das estações rasas (esquerda; N = 186) e estações de quebra de plataforma e talude (direita; N = 93).

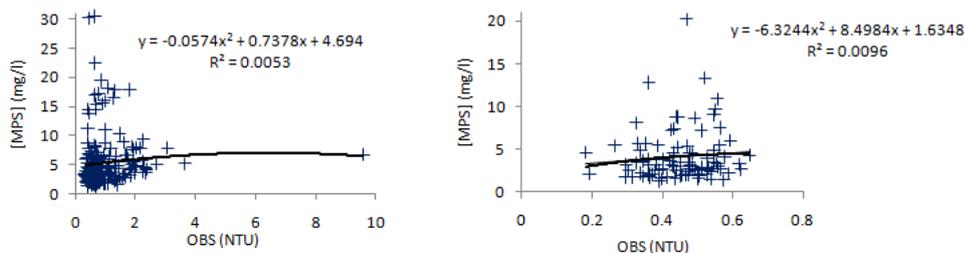


Figura 3: Curvas de calibração do sinal do nefelômetro: grupo das estações rasas (esquerda; N = 186) e estações de quebra de plataforma e talude (direita; N = 93). NTU = unidade nefelométrica de turbidez (*nephelometric turbidity unit*).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho são mostrados os resultados das estações 1 a 6 (Figura 1), chamadas também de Perfil 1 ou Perfil Cabo Frio, limitados a 200m de profundidade. A Figura 4 mostra a interpolação dos valores de concentração de MPS obtidos a partir da filtração das amostras de água; verifica-se a ocorrência de concentrações mais elevadas sobre a plataforma (próximo ao fundo) e em subsuperfície na região sobre a plataforma e nas estações mais afastadas da costa. No perfil de transmissividade (painel superior da Figura 5) observa-se nitidamente uma camada nefelóide de fundo sobre a plataforma e duas intermediárias, a cerca de 80m e 200m de profundidade. As estimativas da concentração de MPS a partir da transmissividade e da turbidez (Figuras 5 e 6, painéis inferiores) reproduzem as camadas nefelóides mostradas a partir do sinal do transmissômetro e nefelômetro, mesmo com os baixos índices de correlação obtidos na calibração do sinal. Contudo, observam-se concentrações problemáticas na estação 2, onde os valores obtidos a partir dos filtros mostram um pico de concentração de MPS (30,2 mg/L) que não é reproduzido nas concentrações estimadas e na estação 3, junto ao fundo, onde a concentração real (1,9 mg/L) é menor do que a estimada (3,9 mg/L estimado a partir do transmissômetro e 4,3 mg/L a partir do nefelômetro). Especialmente no caso da calibração a partir da turbidez, a região das estações mais profundas não é bem representada, pois não são nítidos os limites entre as áreas com maior e menor concentração de MPS.

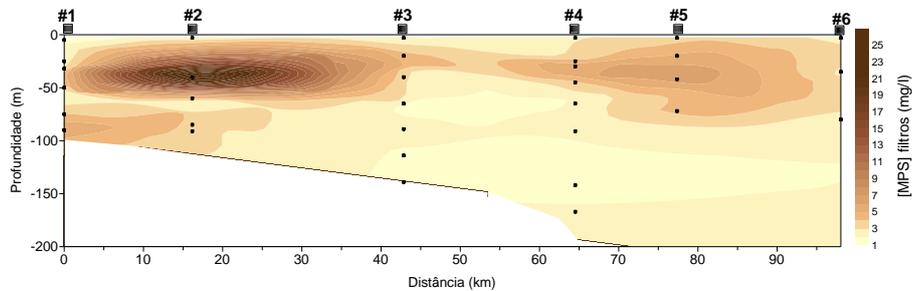


Figura 4: Distribuição da concentração de MPS medido diretamente (filtros) no Perfil 1. Os quadrados pretos no eixo x indicam a localização das estações (1 a 6) e os pontos pequenos, as profundidades de coleta de água.

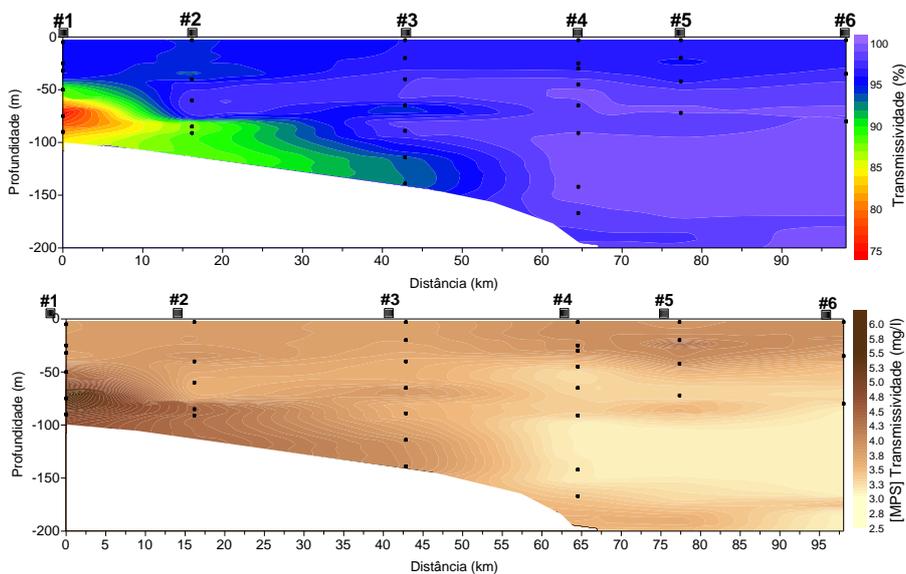


Figura 5: Distribuição da transmissividade (painel superior) e concentração de MPS calibrado a partir da mesma (painel inferior) ao longo do Perfil 1. Ver legenda da Figura 4.

A estação 2 apresenta um pico de [MPS] que não corresponde nem ao sinal de transmissividade nem ao de turbidez; por isto, esta amostra não foi incluída na calibração. A fluorescência é uniforme de 5 a 35m de profundidade (cerca de 1,8mg/m³), de onde passa a diminuir com o aumento da profundidade. Esta não correspondência entre a concentração de MPS medida e o sinal dos equipamentos deve estar relacionada à presença de material planctônico, de tamanho, forma e cor diferentes dos grãos minerais para os quais os equipamentos são calibrados. Como os dados usados na calibração representam uma área extensa é de se esperar uma grande variabilidade da granulometria e composição do MPS, que são fatores complicadores deste método. Os problemas da calibração se refletem nos valores dos coeficientes de correlação das regressões, que são muito baixos em todos os casos apresentados. Uma das razões para que isto ocorra é que a transmissividade atinge valores mínimos de cerca de 60% para o grupo das estações mais rasas e apenas 90% para as estações mais profundas. Isto nos leva a inferir que áreas com maior variabilidade de concentrações de MPS permitiriam uma calibração mais confiável (com coeficiente de correlação maior).

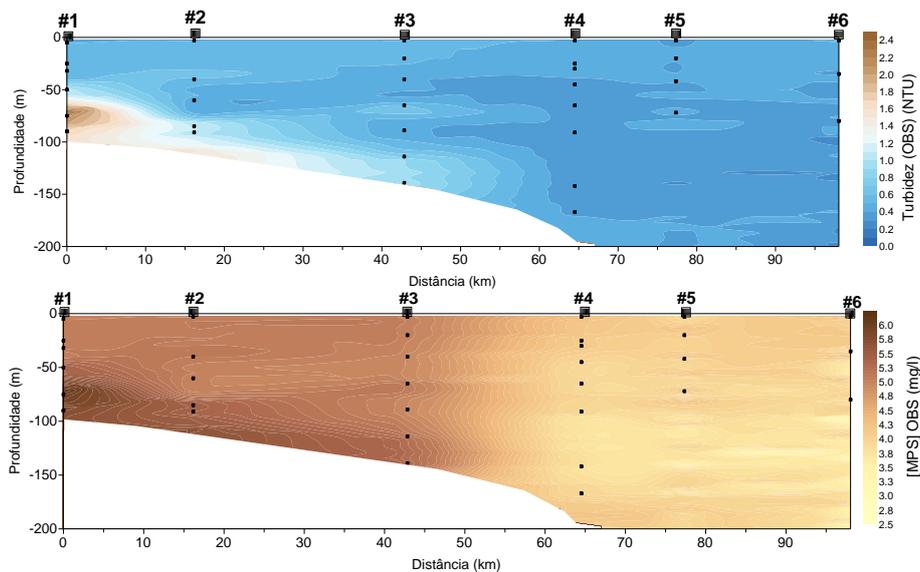


Figura 6: Distribuição da turbidez (painel superior) e concentração de MPS calibrado a partir da mesma (painel inferior) no Perfil 1. Ver legenda da Figura 4.

Apesar dos problemas apresentados, as concentrações de MPS estimadas permitem uma boa visualização de sua distribuição espacial bem como dos processos oceanográficos associados, destacando-se: (a) *a maior concentração de MPS sobre a plataforma continental*. A ação de ondas e correntes sobre a plataforma ressuspende e transporta material do fundo, formando uma nítida **camada nefelóide de fundo** que, aparentemente, se propaga em direção ao talude, formando uma **camada nefelóide intermediária**, sendo que esta deve ter como uma segunda e não menos importante fonte de MPS a produção biológica da superfície; (b) *elevadas concentrações de MPS na superfície*. Localizam-se nas áreas de pico de fluorescência e são diretamente proporcionais ao valor de fluorescência local estando, portanto, associadas à produção primária e à distribuição do fitoplâncton. Podem então ocorrer subsuperficialmente (estações 1 e 2) ou em profundidades maiores (estações 4 a 6), chegando a cerca de 30m de profundidade. Nas estações 4 a 6, o acúmulo de MPS ocorre associado a uma picnoclina mais rasa e bem delimitada, que pode agir como uma forma de trapeamento dinâmico do MPS (Sommerfield et al., 2007) e contribuir para a formação e/ou manutenção de uma **camada nefelóide de superfície**. A posição dos picos de fluorescência varia principalmente devido à dinâmica do fitoplâncton, que acompanha a variação dos horários de amostragem (estação 1 às 4:11h, estação 6 às 17:45h, com o pico de fluorescência de 3,8 mg/m³ na estação 4, às 12:47h); (c) *transferência de material da plataforma para o talude e, possivelmente, para o oceano aberto*, através da formação de uma **camada nefelóide intermediária** originada na quebra da plataforma, conforme processo descrito por Sommerfield et al. (2007).

4. CONCLUSÃO

Os principais problemas da calibração do sinal do transmissômetro e nefelômetros para concentração de MPS parecem estar associados à variação de tamanho e composição do MPS. Fica clara a importância de medições do espectro de tamanho do MPS, o que se pretende em estudos futuros. Espera-se que em áreas onde seja possível a amostragem de um intervalo maior de concentrações de MPS, transmissividade e turbidez a calibração seja mais confiável (maior coeficiente de correlação da regressão). Apesar destes problemas, as calibrações resultantes são satisfatórias para a representação dos padrões de distribuição de MPS, sendo que a calibração a partir da transmissividade se mostrou mais consistente do que a realizada a partir do nefelômetro.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do projeto *Sedimentos finos em estuários e PC: formação e dinâmica de depósitos lamosos* e pela bolsa de mestrado concedida a MTG; ao Ministério da Ciência e Tecnologia e à Marinha do Brasil pela cooperação no projeto Oceano-Rio I (MCT-I); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto *Dinâmica sedimentar e evolução geológica recente da plataforma continental da região compreendida entre a Baía de Ilha Grande e o Cabo de São Tomé (RJ)* (Grupos Emergentes 2008) e pela bolsa de mestrado concedida a TPD. Agradecemos à doutoranda Renata da Costa Maia (Lagemar-UFF) pela confecção da Figura 1.

5. PERMISSÃO

Os dados coletados fazem parte de projetos coordenados pela terceira autora (JVG) e, portanto, é garantido o direito de publicação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- Baker, E. T., & Lavelle, J. W., 1984. The effect of particle size on light attenuation coefficient of natural suspensions. *Journal of Geophysical Research*, vol. 89, pp. 8197-8203.
- Bunt, J. A. C., Larcombe, P., & Jago, C. F., 1999. Quantifying the response of optical backscatter devices and transmissometers to variations in suspended particulate matter. *Continental Shelf Research*, vol. 19, pp. 1199-1220.
- Hill, P. S., Boss, E., Newgard, J. P., Law, B. A., & Milligan, T. G., 2011. Observations of the sensitivity of beam attenuation to particle size in a coastal bottom boundary layer. *Journal of Geophysical Research*, vol. 116, C02023, doi:10.1029/2010JC006539.

- Jago, C. F., & Bull, C. F. J., 2000. Quantification of errors in transmissometer-derived concentration of suspended particulate matter in the coastal zone: implications for flux determination. *Marine Geology*, vol. 169, pp. 273-286.
- Jago, C. F., Jones, S. E., Sykes, P., & Rippeth, T., 2006. Temporal variation of suspended particulate matter and turbulence in a high energy, tide-stirred, coastal area: relative contributions of resuspension and disaggregation. *Continental Shelf Research*, vol. 26, pp. 2019-2028.
- McCave, I. N., Hall, I. R., Antia, A. N., Chou, L., Dehairs, F., Lampitt, R. S., Thomsen, L., van Weering, T. C. E., & Wollast, R., 2001. Distribution, composition and flux of particulate material over the European margin at 47°-50°N. *Deep-Sea Research II*, vol. 48, pp. 3107-3139.
- Sommerfield, C. K., Ogston, A. S., Mullenbach, B., Drake, D. E., Alexander, C. R., Nittrouer, C. A., Borgeld, J. C., Wheatcroft, R. A., & Leithold, E., 2007. Oceanic dispersal and accumulation of river sediment. In: Nittrouer, C. A., Austin, J. A., Field, M. E., Kravitz, J. H., Syvitski, J. P. M., & Wiberg, P. L. (ed.). *Continental Margin Sedimentation: From Sediment Transport to Sequence Stratigraphy. Special Publication 37 of IAS - International Association of Sedimentologists Series*, pp.157-212.