

## TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE SEDIMENTAR EM ÁREAS ESTUARINAS RASAS RECOBERTAS POR FANERÓGAMAS MARINHAS

Mirella de Oliveira Leis<sup>1</sup> & Marcelo Renato Lamour<sup>1</sup>

[mirellaleis@ufpr.br](mailto:mirellaleis@ufpr.br)

<sup>1</sup>Centro de Estudos do Mar (CEM/UFPR) - Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGeo)

Av. Beira Mar, s/n - Caixa Postal: 50.002 - Pontal do Paraná - PR.

*Palavras-chave:* GSTA, *Halodule wrightii*, Complexo Estuarino de Paranaguá

### 1. INTRODUÇÃO

Os parâmetros estatísticos granulométricos (diâmetro médio, grau de seleção e assimetria) de um depósito sedimentar são dependentes da distribuição granulométrica de sua fonte e dos processos sedimentares que ocorrem ao longo do transporte, como abrasão, transporte seletivo e mistura (McLaren, 1981; Gao & Collins, 1992).

Nesse sentido, os parâmetros estatísticos granulométricos podem ser usados em conjunto na determinação do tipo do ambiente onde os sedimentos foram depositados e, partindo disso, podem ser compreendidos os processos que ocasionaram a deposição (Suguio, 1973). Segundo Yang *et al.* (2008), planícies de maré têm sua distribuição granulométrica determinada não só pela fonte sedimentar e hidrodinâmica, mas também por fatores biológicos que podem modificar processos de progradação/retrogradação. A presença de fanerógamas marinhas promove uma alteração nos padrões de circulação hidrodinâmica ao aumentar a fricção do substrato em relação à coluna de água, controlando os processos de erosão, em oposição a áreas não vegetadas (Fonseca & Fisher, 1986), aumentando a acreção, os teores de finos e de matéria orgânica (Bos *et al.*, 2007, Van Katwijk *et al.*, 2010) e de carbonato biodetrítico (Short, 1999; De Falco *et al.*, 2003).

O entendimento do transporte sedimentar em micro-escala permite um maior controle sobre o ambiente analisado desde que conhecidos os fatores que o modificam e, portanto, garantem maior precisão nos resultados obtidos. Este conhecimento é de suma importância para a aplicação em ambientes costeiros e estuarinos, tendo em vista que os sedimentos podem assorear canais de navegação e transportar poluentes nestas regiões que geralmente apresentam portos e instalações para fins recreativos. Ademais, há um crescente interesse sobre a conservação das pradarias de fanerógamas marinhas, consideradas “engenheiras do ecossistema”, uma vez que proporcionam a estabilização do substrato inconsolidado e a manutenção do balanço sedimentar (Fonseca & Fisher, 1986; Short, 1999; De Falco *et al.*, 2003).

O objetivo deste trabalho foi buscar tendências de transporte de sedimentos em áreas rasas ocupadas por pradarias de fanerógamas marinhas da espécie *Halodule wrightii* e avaliar o controle que exercem sobre a dinâmica sedimentar.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP; Figura 1) apresenta uma área total de 551,8 km<sup>2</sup>, dos quais 24,6 % representam as planícies de maré (Noernberg *et al.*, 2006). O Baixio do Perigo apresenta profundidades em torno de 1 m estendendo-se pelo interior do CEP, com batimetria regular (*obs. pess.*) sujeito a regime de maré semidiurno, com amplitude de até 2 m. A dinâmica estuarina local domina os processos de transporte sedimentar, onde as correntes de maré agem com maior intensidade que os demais agentes. Esta região apresenta sedimentos com diâmetro médio variando entre silte médio e grosso, moderadamente selecionados, e teores de carbonatos contidos superiores a 20 % (Lamour *et al.*, 2004), que foram depositados em um ambiente de baixa energia se comparado aos expostos a ondas. A

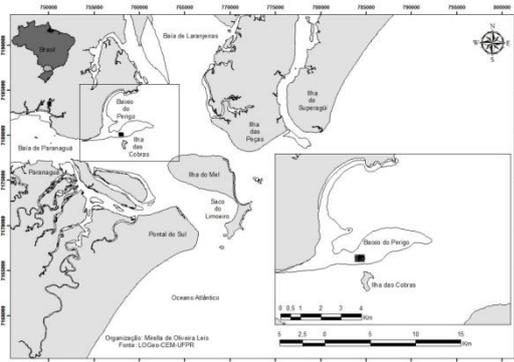


Figura 1 - Mapa do Complexo Estuarino de Paranaguá, com detalhamento do Baixio do Perigo e área de amostragem

região representa um importante papel econômico pela presença do porto de Paranaguá, pela prática de atividades de pesca artesanal e pelo turismo. Suas margens abrigam áreas com ocorrências de manguezais, marismas e remanescentes de floresta Atlântica protegidos por Unidades de Conservação. As fanerógamas marinhas da espécie *Halodule wrightii*, recobrem 10,2 km<sup>2</sup> do setor euhalino do estuário, limitadas a áreas abrigadas e rasas, a profundidades entre 1 e 5 m, que constituem áreas de forrageio e alimentação para a tartaruga verde *Chelonia mydas*, espécie sob ameaça de extinção (IUCN, 2010; Guebert-Bartholo *et al.*, 2011).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

As 2 campanhas amostrais foram realizadas durante os estófos de baixamar das marés de sizígia, ao longo do mês de dezembro de 2009, período em que a *Halodule wrightii* está mais desenvolvida (Oliveira *et al.*, 1997). As amostras de sedimentos de fundo foram coletadas a partir de uma malha amostral regular, constituída por 48 pontos equidistantes em 50 m (Figura 2), as quais foram submetidas posteriormente a análises granulométricas (peneiramento e pipetagem). Acessoriamente, foram quantificados os teores de carbonatos e matéria orgânica contidas nas amostras por ataque químico com HCl e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente. Os dados das análises granulométricas permitiram o cálculo dos parâmetros estatísticos granulométricos ( $\mu$ ,  $\sigma$  e  $S_k$ ) com o auxílio do *software Sysgran 3.0*. Estes resultados foram submetidos à análise de tendência de transporte pelo método GSTA (Gao,

1996; Gao & Collins, 1992), que utiliza-se da comparação conjunta entre os três parâmetros estatísticos granulométricos de dois pontos amostrais vizinhos (definidos pela distância característica) para a geração de um vetor de tendência de transporte, quando identificados os casos 1 ( $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ;  $\mu_2 \geq \mu_1$ ;  $Sk_2 \leq Sk_1$ ) ou 2 ( $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ;  $\mu_2 \leq \mu_1$ ;  $Sk_2 \geq Sk_1$ ). A partir de outra malha amostral, composta por 1891 pontos, foram escolhidos 20 por campanha amostral de forma aleatória, onde foram levantados dados sobre as dimensões dos agregados das fanerógamas marinhas (cálculo da área de cobertura) e a altura média com base na mensuração de filamentos vegetais em quadrantes de 100 m<sup>2</sup> (Figura 2). Os resultados foram integrados em ambiente de geoprocessamento (ArcGIS 9.3), com o uso da técnica de interpolação spline de mínima curvatura, que permitiu a geração de mapas temáticos compreendendo tanto a distribuição dos parâmetros estatísticos granulométricos, que deram origem aos vetores indicativos de tendência de transporte, quanto dos percentuais de carbonatos e matéria orgânica e área recoberta por fanerógamas marinhas, para uma análise integrada.

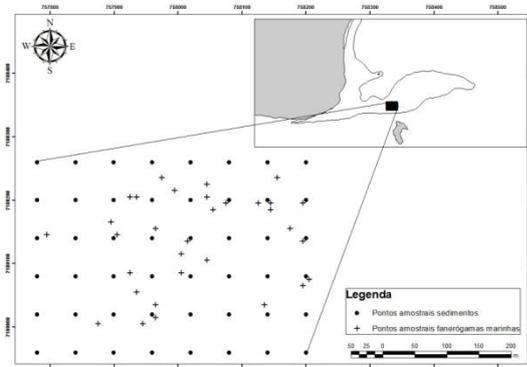


Figura 2 - Detalhamento das malhas amostrais de sedimentos e características das fanerógamas marinhas.

#### 4. RESULTADOS

Os sedimentos do Baixio do Perigo apresentaram predominância de areias finas (Figura 3), de pobremente a muito pobremente selecionadas e assimetria negativa. Os teores de finos (<0,63µm) apresentaram predominância entre 10 e 15%; os carbonatos contidos, inferiores a 10% e matéria orgânica, inferiores a 5%. Os vetores de tendência de transporte mostraram dois padrões distintos (Figura 3). À W, os vetores indicaram uma direção padrão para o quadrante N-NE, enquanto que à E, os vetores apresentaram direções evasivas diversas. As fanerógamas marinhas apresentaram-se distribuídas em um aglomerado a NE da área amostrada (Figura 3), com coberturas que variaram entre 0,1 m<sup>2</sup> e 39 m<sup>2</sup> com alturas médias entre 5,0 e 12,4 cm, resultando em uma altura média de 8,7 cm. As áreas onde foram encontradas fanerógamas marinhas apresentaram predominância de areias médias e finas (Figura 3) e teores de carbonatos entre os 15 e os 25%, que diferiram da tendência geral.

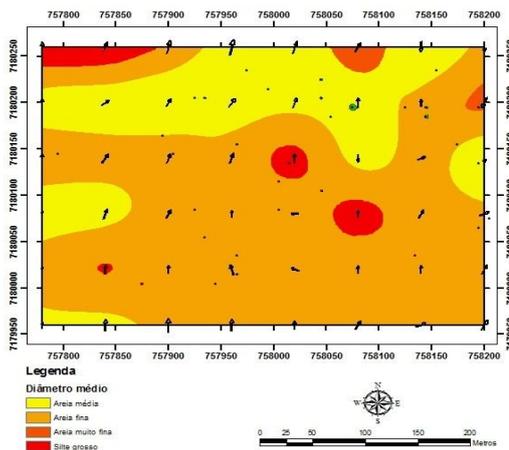


Figura 3 - Diâmetro médio, vetores de tendência de transporte e área recoberta por fanerógamas marinhas.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os padrões distintos apresentados pelos vetores de tendência de transporte (Figura 3) foram associados à presença ou ausência das fanerógamas marinhas e à batimetria. Não foi observada correspondência entre a tendência de transporte nas áreas não vegetadas, com direção definida dos vetores, e áreas vegetadas, onde as direções divergiram. A batimetria da área é regular, entretanto com declives suaves que determinam a emersão da porção vegetada durante maiores intervalos de tempo ao longo do ciclo de maré em relação à não vegetada, permitindo uma ação mais efetiva das correntes de maré na área imersa.

Segundo Fonseca & Fisher (1986), quanto maiores as razões de altura dos filamentos vegetais/profundidade da coluna de água, maior o fator de fricção sobre o fluxo, sendo que mesmo quando a altura das fanerógamas marinhas corresponde a 20 % da coluna de água, o fator de fricção é ao menos o dobro do encontrado para áreas próximas, não vegetadas. A região apresentou profundidades em torno de 1 m e amplitudes de maré de 2 m, o que permite a emersão (estofo da baixamar) de áreas antes submersas (1 m), com valores de profundidade intermediários (< 43,5 cm) que seriam suficientes para gerar efeitos na redução do fluxo, a partir do aumento no fator de fricção causado pela presença das fanerógamas marinhas em áreas rasas. Pode-se inferir que as fanerógamas marinhas associadas à batimetria, uma vez que em áreas mais elevadas ocupam maiores porções em relação à coluna de água e, portanto, desempenham maior influência sobre a redução do fluxo, podem interferir no transporte sedimentar do Baixio do Perigo, agindo como obstáculos naturais, dada a ausência de outros fatores igualmente relevantes que possam ter ocasionado o caráter divergente e distinto dos vetores de tendência de transporte.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bos, A. R., Bouma, T. J., De Kort, G. L. J., & Van Katwijk, M. M., 2007. Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: Sediment accretion and modification – Short Communication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 74, pp. 344 – 348.

Creed, J. C., 1999. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro State, Brazil. *Aquatic Botany*, vol. 65, pp. 47 – 58.

De Falco, G., Molinaroli, E., Baroli, M., & Bellacicco, S., 2003. Grain size and compositional trends of sediments from *Posidonia oceanica* meadows to beach shore, Sardinia, western Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 58, pp. 299 – 309.

Fonseca, M. S. & Fisher, J. S., 1986. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 29, pp. 15 – 22.

Gao, S. & Collins, M., 1992. Net sediment transport pattern inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors”. *Sedimentary Geology*, vol. 80, n. 1-2, pp. 47 – 60.

Gao, S., 1996. A Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways. *Computers & Geosciences*, vol. 22, n. 4, pp. 449 – 452.

Guebert-Bartholo, F. M., Barletta, M., Costa, M. F., Monteiro-Filho, E. M. A., 2011. Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. *Endangered Species Research*, vol. 13, pp. 131 – 143.

Lamour, M. R., Soares, C. R., & Carrilho, J. C., 2004. Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 55, pp. 77 – 82.

McLaren, P., 1981. An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 51, n. 2, pp. 611 – 624.

Noernberg, M. A., Lautert, L. F. C., Araújo, A. D., Marone, E., Angelotti, R., Netto Jr, J. P. B., & Krug, L. A., 2006. Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranaguá Estuarine Complex – Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, vol. 39, pp. 1627 – 1631.

Oliveira, E. C., Corbisier, T. N., de Eston, V. R., & Ambrósio Jr., O., 1997. Phenology of a seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the southeast coast of Brazil. *Aquatic Botany*, vol. 56, n. 1, pp. 25 – 33.

Short, A. D., 1999. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. Editora John Wiley & Sons Ltd., New York. 392 p.

Suguio, K., 1973. Introdução à Sedimentologia. Editora Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 317 p.

Van Katwijk, M. M., Bos, A. R., Hermus, D. C. R., Suykerbuyk, W., 2010. Sediment modification by seagrass beds: Muddification and sandification induced by plant cover and environmental conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, n. 89, pp. 175 – 181.

Yang, S. L., Li, H., Ysebaert, T., Bouma, T. J., Zhang, W. X., Wang, Y. Y., Li, P., Li, M., & Ding, P. X., 2008. Spatial and temporal variations in sediment grain size in tidal wetlands, Yangtze Delta: On the role of physical and biotic controls. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, n. 77, pp. 657 – 671.