

DETERMINAÇÃO DAS PAISAGENS DE FUNDO NAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ

Pâmela Emanuely Cattani¹; Marcelo Renato Lamour¹
pamelacattani@ufpr.br

¹- Laboratório de Oceanografia Geológica, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná
Av. Beira Mar s/n, CP 50.002, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil, CEP 83.255-000

Palavras-chave: estuário, geomorfologia submarina, batimetria.

1. INTRODUÇÃO

A geomorfologia de um estuário é o produto de interações entre os processos naturais (aporte sedimentar e as forçantes hidrodinâmicas), as atividades antrópicas e as respostas sedimentológicas para tais processos (PERILLO & SYVITSKI, 2010). A batimetria é utilizada como parte da análise geomorfológica, pois é um fator importante que afeta a estabilidade das encostas e as taxas de circulação dos fluxos. Mapas batimétricos também podem ser úteis para auxiliar a interpretação dos dados biológicos (JEROSCH *et al.*, 2006), classificação e interpretação dos fundos marinhos. A interpretação dos processos de preenchimento dos ambientes marinhos decorre de uma caracterização geomorfológica preliminar, que considera cada estuário individualmente, pois respondem aos mecanismos de transporte, erosão e deposição de maneiras diferentes. Com isso, este estudo tem como objetivo caracterizar a geomorfologia de fundo das baías de Antonina e Paranaguá, através da integração de parâmetros geomorfológicos (batimetria e declividade).

2. ÁREA DE ESTUDO

O sistema de baías Antonina/Paranaguá está localizado no eixo E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá (Figura 1) com uma área de $\approx 258,4 \text{ km}^2$, um volume de $1,4 \times 10^9 \text{ m}^3$, e uma extensão longitudinal de $\approx 50 \text{ km}$. Este sistema abriga portos públicos e privados nos municípios de Antonina e Paranaguá. A circulação local das massas de água é regida pelas correntes de marés com influência sazonal do aporte fluvial (KNOPPERS *et al.*, 1987), apresentando uma descarga aproximada de $178 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nos períodos chuvosos e de $47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nos períodos secos (MANTOVANELLI, 1999), alcançando uma produção de sedimentos de $\approx 274,2 \text{ ton} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$ (PAULA, 2010). A onda de maré apresenta regime semi-diurno, onde ocorrem diariamente duas preamares e duas baixa-mares, com variações na altura da onda de 2,7 m nos períodos de sizígia e 2,0 m nos de quadratura (MARONE *et al.*, 1997). As correntes de maré subsuperficiais (5 m de profundidade) para Antonina/Paranaguá apresentam correntes de vazante mais intensas do que as de enchente. Defronte ao Porto de Paranaguá a velocidade máxima das correntes de enchente é de $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (direção W-SW) e, de $1,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ nas de vazante (direção E-NE). Na região entre as Ilhas Gererês e do Teixeira, a velocidade máxima das correntes de enchente é de $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (direção N-NW) e na de vazante é $0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (direção S-SE). Enquanto que na Baía de Antonina, as velocidades máximas de enchente são de $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (direção N-NW) e de $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (direção S-SE) na de vazante (MARONE *et al.*, 1997). Segundo Lamour & Soares (2007), as variações no diâmetro médio dos sedimentos de fundo ao longo do eixo E-W do CEP indicam três tipos distintos de ambientes deposicionais. Na área onde ocorre a ação marinha os sedimentos variam de areias finas a médias ($\Phi 1 - 3$)

moderadamente a bem selecionadas. As areias finas a muito finas (Phi 2 – 3) e siltes finos (Phi 7) pobremente selecionados que ocorrem na região central do estuário. Na região de cabeceira do estuário, o diâmetro médio dos grãos varia de siltes a argilas (Phi 5 – 8) ocorrendo principalmente próximos às margens da baía, exceto nas desembocaduras dos rios, onde as areias predominam. O grau de seleção nesta área apresenta um caráter de redução de jusante para montante do estuário (LAMOUR *et al.*, 2004; LAMOUR & SOARES, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de batimetria foram obtidos pela integração das bases digitais das cartas náuticas DHN 1820, 1821 e 1824 (NOERNBERG *et al.*, 1997), com uma modelagem atual realizada para o Plano Local de Maricultura (GONÇALVES *et al.*, 2005). A área de estudo foi dividida em quadrantes (pixels) de 150 m de lado, o que corresponde ao espaçamento médio das malhas amostrais dos dados a serem integrados, em uma análise espacial (batimetria, declividade, granulometria e velocidade das correntes de maré). Para isso foi utilizado o *software* ArcGIS, onde foram efetuadas as interpolações por estrutura de grade triangular (TIN). Os dados batimétricos (TINs) foram convertidos para o formato raster, com pixels de medidas iguais a grade em que a área de estudo foi dividida (150 m), com o posterior cálculo do centróide de cada pixel. Os dados de declividade foram obtidos através da interpolação dos dados de batimetria (raster), onde é calculada a taxa de variação entre cada pixel. As informações georeferenciadas de batimetria e declividade foram analisadas pela análise espacial. Os dados foram agrupados através de junção de tabelas de atributos de cada mapa, assim, cada pixel contendo valores de batimetria e declividade produziu um novo produto formado pela integração destes dados.

4. RESULTADOS

As baías de Antonina e Paranaguá totalizaram 6138 pixels da grade e uma área de $\approx 13,8 \times 10^7$ m², com profundidade média de 4,3 m e máximas de ≈ 20 m, as quais correspondem a apenas 23 pixels e área de $\approx 5,1 \times 10^5$ m² (0,4%; Figura 2). Esta região está localizada próxima a Ilha da Cotonga (Figura 1) dentro dos limites da Baía de Paranaguá, com uma declividade de até 1°. As áreas que apresentaram profundidades menores que 2 m, estão associadas às margens do estuário e as desembocaduras dos rios, totalizando uma área de $\approx 5,7 \times 10^7$ m², correspondente a 2540 pixels (41,4%). Destes, 1678 pixels (27,3%; $\approx 3,7 \times 10^7$ m²) apresentaram declividades menores que 0,1°, sendo assim caracterizadas como áreas de planícies de maré. Os canais foram caracterizados como regiões profundas maiores que 6 m que apresentam margens com declividades maiores que 0,5°. No canal navegável a superfície de fundo normalmente é plana (Figura 2) com maiores variações de declividade nas margens dragadas. No eixo central observam-se profundidades maiores que 7 m equivalentes a 1270 pixels (20,7%; $\approx 2,8 \times 10^7$ m²) com declividades que variam de 0,5° a 2° nas suas margens. A região intermediária as planícies de maré e aos canais apresentam profundidades entre 2 e 6 m que correspondem a 1887 pixels e uma área de $\approx 4,2 \times 10^7$ m² (30,7%), onde a declividade não segue um padrão, podendo variar de 0,1° a 2°. A análise de perfis batimétricos perpendiculares ao eixo E-W permitiu a observação de declividades menores na sua margem N que na margem S. Enquanto que um perfil longitudinal ao eixo E-W apresentou uma declividade de $\approx 1,4^\circ$ da cabeceira do estuário em relação a sua zona de desembocadura.

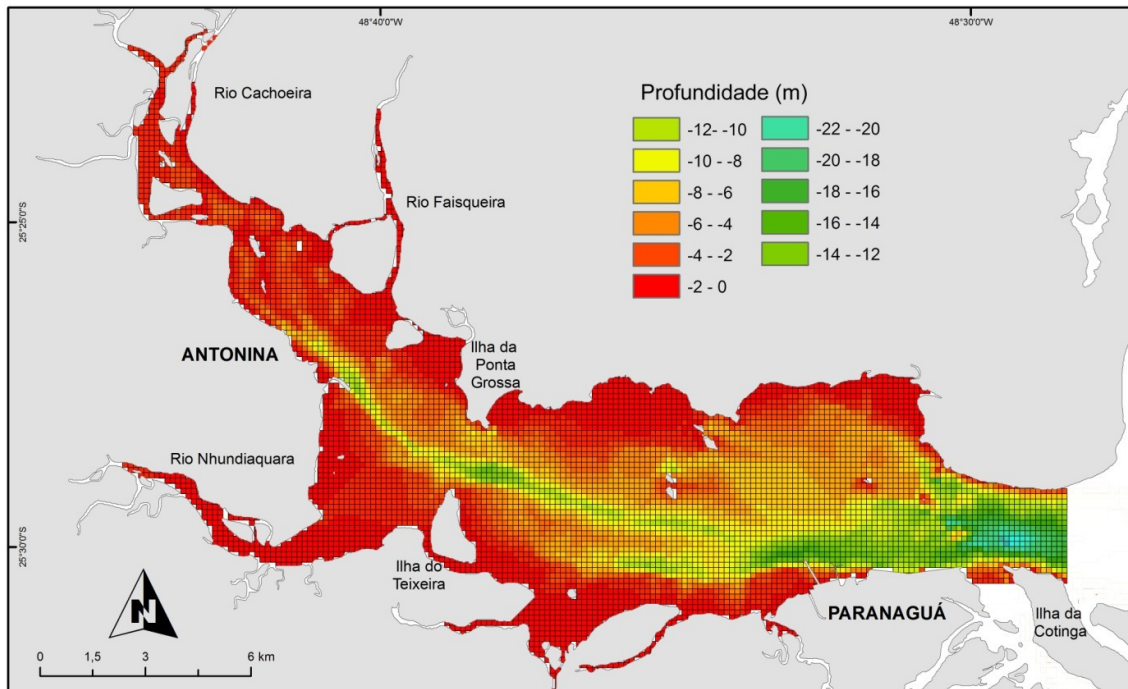


Figura 1. Mapa batimétrico das baías de Antonina e Paranaguá, com a grade de pixels, as maiores profundidades associadas às cores frias e as menores representadas com cores quentes.

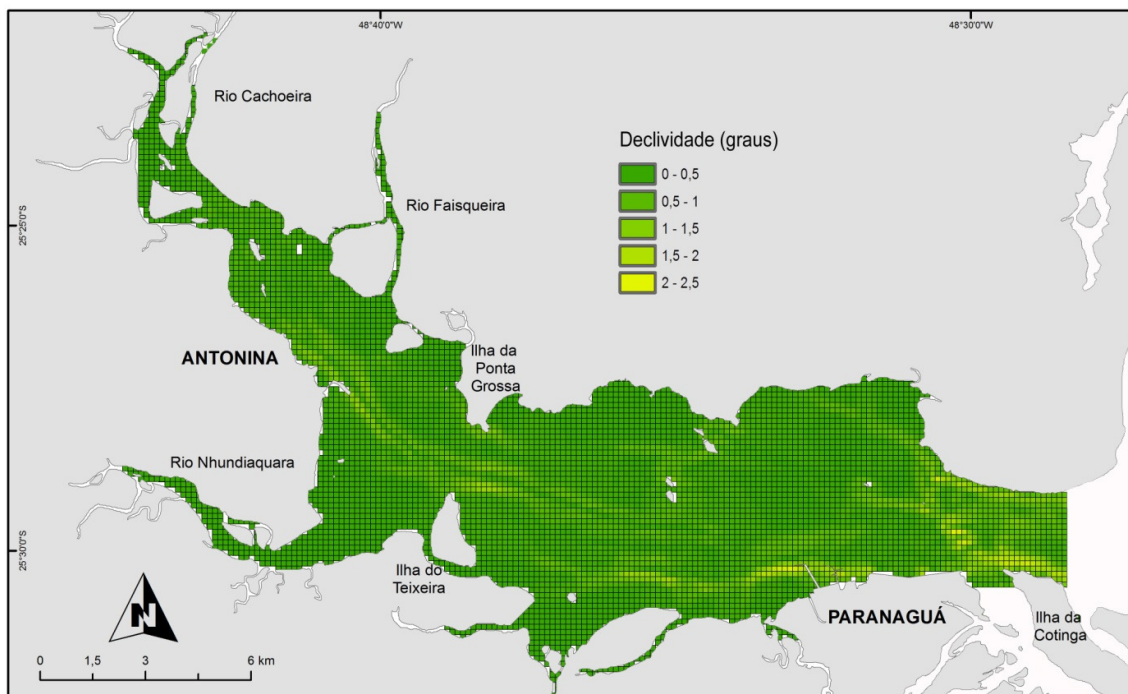


Figura 2. Mapa de declividade de fundo das baías de Antonina e Paranaguá, com maiores declividades associadas às margens de canais, principalmente na porção de Antonina.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

As baixas velocidades de correntes criam condições de deposição de sedimentos em áreas rasas como as planícies de maré (DYER, 1995). Sendo assim, as áreas caracterizadas como planícies de maré para as baías de Antonina e Paranaguá, quando integradas com dados de velocidade de correntes de maré (MARONE *et al.*, 1997) apresentam uma correlação positiva, principalmente para a margem norte da Baía de Paranaguá. Esta região apresenta baixas profundidades com pouca declividade e sedimentos finos, os quais, segundo Perillo (1995), são as áreas mais propícias a agregar sedimentos desta espécie. Entretanto nas regiões de desembocadura dos rios como Nhundiaquara e Cachoeira (Baía de Antonina) este padrão não é seguido, pois apesar de ter baixa declividade e profundidade reduzida, os fluxos atuantes são predominantemente fluviais e os sedimentos são caracterizados como areias grossas a médias (LAMOUR *et al.*, 2004). Por isso, é possível identificar um padrão de preenchimento do estuário dependente da hidrodinâmica local e não só do aporte de sedimentos na cabeceira do estuário. As maiores profundidades estão associadas às áreas com as velocidades de correntes mais intensas, indicando competência do fluxo em carrear sedimentos em ambientes estuarinos (DYER, 1995; UNCLES, 2006). Neste caso, os resultados encontrados de regiões profundas para as baías de Antonina e Paranaguá, estão associados a mudanças na geometria do estuário, áreas onde ocorre um estreitamento das margens em direção ao centro próximo a Ilha da Cotonga e entre as Ilhas do Teixeira e Ponta Grossa, onde o fluxo das correntes de maré é intensificado (MARONE *et al.*, 1997) permitindo o carreamento dos sedimentos. As maiores declividades estão associadas ao canal navegável e as bacias de evolução dos portos, devido às escavações por obras de dragagens onde as margens apresentam uma maior inclinação.

6. AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de estudos no Programa de Pós-graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos-UFPR. A Fundação Araucária como financiadora do projeto Caracterização física do Complexo Estuarino de Paranaguá e análise integrada à informações ecológicas: subsídio para gestão e conservação, e ao Dr. Eduardo Vedor de Paula, pela ajuda com as análises espaciais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DYER, K.R. 1995. Sediment transport processes in estuaries. In: PERILLO, G.M.E. (ed.). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology, n. 53. Elsevier, p. 423-449.
- JEROSCH, K.;SCHLÜTER, M.; PESCH, R. 2006. Spatial analysis of marine categorical information using indicator kriging applied to georeferenced video mosaics of the deep-sea Håkon Mosby Mud Volcano. *Ecological Informatics*. v 1, Is 4, p. 391-406.
- KNOPPERS, B. A.; BRANDINI, F. P; THAMM C. A. 1987. Ecological studies in the bay of Paranaguá II. Some physical and chemical characteristics. *Nerítica*, v.2, p.1-36,
- LAMOUR, M.R.; SOARES, C.R.; CARRILHO, J.C. 2004. Mapas dos parâmetros texturais dos sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá – Pr. *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba, v. 55, p. 77-82.

LAMOUR, M.R.; SOARES, C.R. 2007. Variação das características granulométricas dos sedimentos de fundo do canal navegável aos Portos da Baía de Paranaguá. In: BOLDRINI, E.B; SOARES, C.R; PAULA, E.V. (Org). *Dragagens Portuárias no Brasil: Licenciamento e Monitoramento Ambiental*. Antonina: ADEMADAN/UNIBEM/SEMA/Governo do Estado do Paraná. p 244-252.

MANTOVANELLI, A. 1999. Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. p.152.

MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M.A.; KLINGENFUSS, M.S.; LAUTERT, L.F.C.; PRATA JUNIOR, V.P. 1997. Caracterização física do complexo estuarino de Paranaguá. Pontal do Sul: UFPR. *Relatório consolidado do convênio APPA/CEM*.

GONÇALVES, J. E.; PAULA, E. V.; OLIVEIRA, A. C.; NOCKO, H. R.; REKSIDLER, R. 2005. Modelagem Hidrodinâmica e de Transporte de Sedimentos na Baía de Antonina. Antonina: ADEMADAN. *Relatório Técnico Terminais Portuários Ponta do Felix*. 43 p.

NOERNBERG, M. A.; LAUTERT, L. F. C.; ARAÚJO, A. D.; ODRESKY, L. L. 1997. Base de dados digital do litoral paranaense em sistema de informações geográficas. *Nerítica*, Curitiba, v.11, 191-195.

PAULA, E.V. 2010. Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR uma abordagem geopedológica. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 155.

PERILLO, G.M.E. 1995. Geomorphology and sedimentology of Estuaries: na introduction. In PERILLO, G.M.E (Ed.). *Geomorphology and sedimentology of Estuaries*. The Netherlands: Elsevier Science B.V. p 1-16.

PERILLO, G.M.E & SYVITSKI, J.P.M. 2010. Mechanisms of sediment retention in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v.87, p. 175-176.

UNCLES, R. J., STEPHENS, J.A., LAW, D.J. 2006. Turbidity maximum in the macrotidal, highly turbid Humber Estuary, UK: flocs, fluid mud, stationary suspensions and tidal bores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Amsterdam, v.67, p.30-52,