

Morfologia de fundo da desembocadura do Estuário do Piraquê-açu e da Plataforma Continental Interna Adjacente, Aracruz – ES

Tarcila Franco, Alex Evaristo da Silva, Kleverton Alencastre do Nascimento, Alex Cardoso Bastos, Valéria da Silva Quaresma.

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract (Font: Arial Bold, 9)

A regional acoustic survey was undertaken along the region near the mouth of the estuary Piraquê-açu. This estuary is an important water resource for communities associated. In order to corroborate the images obtained by the sonar, bathymetric survey was undertaken in this area. The results allowed the visualization of the seabed morphology present in the environment and. The estuary Piraquê-açu presented 2-D medium dunes in the central portion channel where the greater depths and observation the ripples that form the sandy bank located near the outflow the estuary. In the continental shelf adjacent to the mouth were observed breastplates lateritic common in the region associated with ripples scattered throughout the record. Mapping out ways to fund certain environment allows us to establish criteria for the management areas greater instability on the sediment dynamics.

Introdução

Estuários, junto com deltas, formam os ambientes costeiros que marcam a transição do regime fluvial para o regime marinho. Por marcarem esta transição, estes sistemas apresentam uma significativa variação espacial dos seus depósitos e morfologia, como a passagem de ambientes rasos e canalizados para ambientes mais profundos e abertos, variações de salinidade, mudanças no regime sedimentar influenciados pela variação espacial de energia das forçantes (rios, marés e ondas), etc. Logo, a região que compreende a desembocadura de estuários devem apresentar esta complexidade na distribuição de seus depósitos e de sua morfologia (Dalrymple & Choi, 2006).

O sistema estuarino do Piraquê-açu está localizado no município de Aracruz, no estado do Espírito Santo e apesar de inserido em uma área de grande interesse social e econômico o estuário é muito pouco conhecido do ponto de vista científico. Devido a essa falta de informações sobre o estuário pouco se sabe sobre o comportamento sedimentar e morfológico do sistema e sua relação com a plataforma interna adjacente.

O sistema tem forma de “Y” sendo alimentado por duas bacias hidrográficas, a do Piraquê-mirim (braço sul) e a do Piraquê-açu (braço norte) (Fig. 1). O estuário Piraquê-açu, característica de costa retrogradante, é o primeiro sistema estuarino ao sul de uma costa progradante, representada pelo delta do rio Doce.

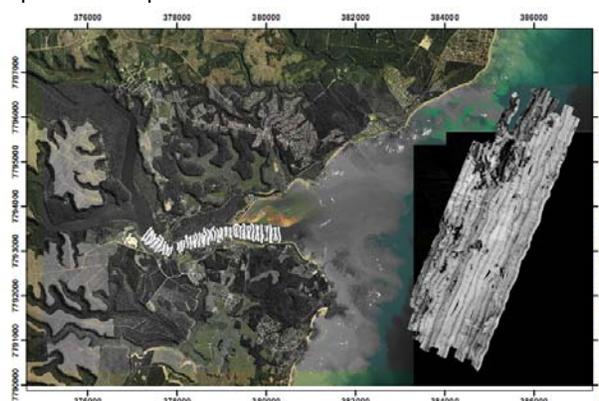


Fig. 1: Área de estudo e localização das linhas de sonar.

O mapeamento desse sistema e de sua plataforma interna adjacente permitirá a identificação da presença de estruturas sedimentares, como, por exemplo, a presença de bancos de areia próximos à linha de costa, dunas subaquosas, entre outras. Esses levantamentos em áreas com movimentação de sedimento do fundo tornam-se particularmente importante, uma vez que estruturas de engenharia como dutos (para o transporte de óleo ou gás) podem ficar expostos e suspensos sobre o fundo gerando áreas de maior pressão e aumentando a vulnerabilidade a acidentes (Langhorn, 1978).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo caracterizar o padrão de reflexão e a morfologia de fundo através da análise conjunta de dados geofísicos de sonar de varredura lateral e batimetria. A análise conjunta dos dados geofísicos permitirá inferir a dinâmica sedimentar, bem como as interações entre estuário e plataforma.

Metodologia

O imageamento foi realizado com um sonar de varredura lateral modelo Edgetech 4100 operando em frequência de 500 kHz na região estuarina e varredura de 100 metros e 100 kHz na plataforma e varredura de 200 metros.

O processamento das imagens foi realizado no software Edgetech e o SonarWizMAP-4 (Chesapeake Technology).

A batimetria foi obtida usando uma Ecosonda GPS Garmin 178C (monofeixe), e posteriormente foi realizada uma análise integrada entre os dados geofísicos.

Cabe ressaltar que a classificação das formas de fundo foi realizada através da proposta de Ashley (1990).

Resultados e Discussão

Segundo Flemming (2000), a diferença na morfologia de formas de fundo observadas em determinado ambiente é devida à influência da profundidade, distribuição da granulometria, disponibilidade de sedimento e efeito da velocidade do escoamento. Uma vez que as características hidrodinâmicas sejam diferentes, as feições resultantes de sua ação também serão.

A batimetria do canal do estuário e da região da plataforma continental adjacente à sua desembocadura (Fig. 2) mostra uma variação da profundidade ao longo do ambiente.

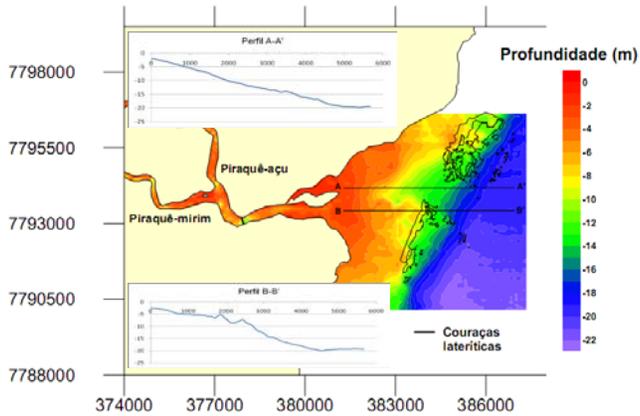


Fig. 2: Batimetria do estuário dos rios Piraquê-açu/Piraquê-mirim e plataforma continental adjacente.

Nota-se que as maiores profundidades do complexo estuarino estão localizadas no canal central próximo a ponte, alcançando profundidades de 13 metros. As regiões de maiores profundidades podem condicionar a formação de vias preferenciais de circulação e promover áreas de maior hidrodinâmica. Já no interior do estuário e na região da desembocadura próximo ao banco arenoso as profundidades são menores, não ultrapassando a cota de 8 metros. Nas regiões próximas a margem a profundidade fica em torno de 5 metros. Nessa profundidade desenvolvem feições tipicamente estuarinas como planícies de maré, não muito desenvolvidas no estuário Piraquê-açu. Ressalta-se que o padrão batimétrico é resultado das interações hidrodinâmicas, sedimentológicas e geológicas naturais do estuário, já que o mesmo possui condições naturais relativamente bem preservadas, tendo em vista a ausência de dragagem e portos.

A plataforma interna adjacente ao estuário Piraquê-açu apresentou profundidades que variam de 5 a 23 metros, sendo um padrão bem difuso composto por relevos positivos, que podem representar material consolidado como couraças lateríticas, e depressões, representadas por canais.

Um padrão batimétrico rugoso é encontrado paralelamente à costa apresentando elevações de mais de 3 metros (perfil B-B'). Também é possível a visualização de um canal entre a região de couraças lateríticas emersas (perfil A-A'). A presença dessas couraças, limitando o desenvolvimento do canal, promove uma feição em forma de funil do canal, sendo o mesmo pouco desenvolvido na região próxima a costa. Essa feição fica evidente quando olhamos as imagens de sonar da plataforma (Fig. 7). Após a cota de 15 metros a batimetria passa a ter uma declividade suave com as linhas batimétricas paralelamente a linha de costa.

A linha de costa orientada SW-NE sofre inflexão na altura do estuário Piraquê-açu. Essa característica em conjunto com o teor de carbonato presente nos sedimentos superficiais pode indicar uma baixa contribuição sedimentar do estuário para a plataforma. (Fig. 3).

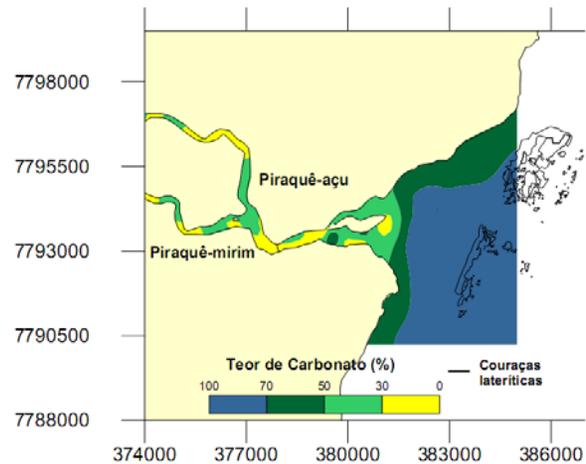


Fig. 3: Mapa de teor de carbonato no estuário Piraquê-açu e na plataforma continental adjacente.

A partir da análise do mosaico sonográfico foram identificadas as formas de fundo e sua localização (Fig. 4).

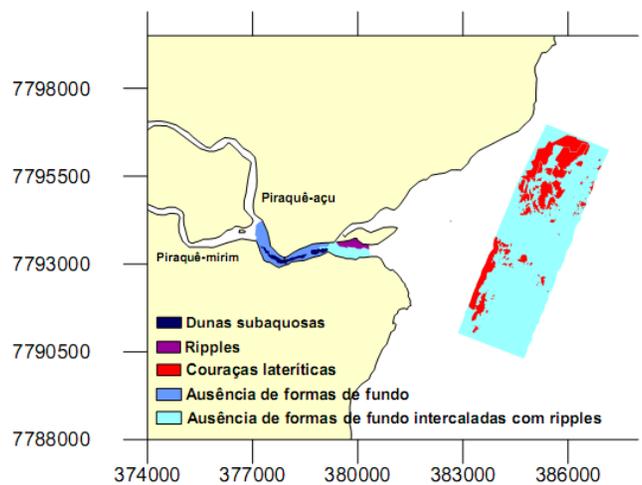
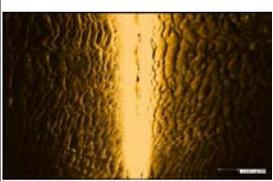
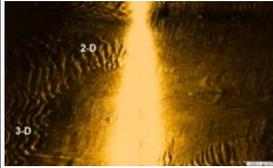
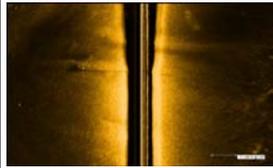
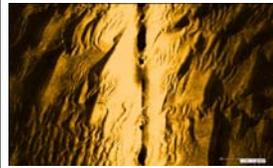
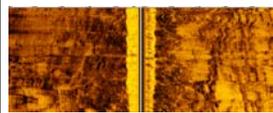


Fig. 4: Tipos de formas de fundo encontrados na região da desembocadura do estuário do Piraquê-açu e na plataforma interna adjacente.

A região foi dividida em 5 regiões distintas de acordo com as características principais das formas de fundo identificadas (Tab. 1):

Tab. 1: Formas de fundo encontradas na desembocadura do Piraquê-açu e na plataforma adjacente.

Ripples	
Ausência de formas de fundo intercaladas com ripples	
Ausência de formas de fundo	
Dunas subaquosas	
Couças lateríticas	

- Ripples

Associadas ao banco arenoso presente na região próxima à desembocadura do estuário, são observadas formas de fundo correspondentes a ripples e dunas 2-D pequenas de até 5 m de comprimento e a

proximadamente 25 cm de altura. As cristas apresentam orientação voltada para desembocadura do estuário.

- Ausência de formas de fundo intercaladas com ripples

Presença de campos de ripples interrompidos por regiões planas com ausência de formas de fundo.

No interior do estuário, as ripples começam a adquirir características de estruturas 3-D, evidenciando uma intensificação das correntes. Cabe ressaltar que as ripples constituem uma estrutura de baixa estocagem de sedimento podendo ser amplamente modificadas ao longo do ciclo de maré.

Estudos sobre altura e comprimento de dunas subaquosas em diversos ambientes no mundo mostram que as dimensões destas formas de fundo geralmente aumentam com o aumento da profundidade (Yalin, 1987; Ashley, 1990; Dalrymple & Rhodes, 1995). Entretanto, o controle da altura da duna pela profundidade é de difícil estudo, devido aos outros parâmetros envolvidos como, granulometria do sedimento e velocidade da corrente. A plataforma continental foi a região onde foram encontradas as maiores profundidades, porém não se observou a presença de dunas subaquosas de grande porte, provavelmente devido a influência das couças lateríticas na circulação local. As únicas estruturas sedimentares presentes na região são ripples dispersas no registro ou entre áreas isoladas pelas couças lateríticas.

- Ausência de formas de fundo

Ladeando o canal principal do estuário é encontrada uma região onde não se observa a formação de formas de fundo, constituindo uma região plana. A ausência de formas de fundo muito provavelmente indica um aumento na velocidade do escoamento de forma a ultrapassar a velocidade de cisalhamento crítica impedindo o assentamento das partículas (transporte em suspensão) (Flemming, 2000).

- Dunas subaquosas

As estruturas sedimentares encontradas no interior do canal estuário são dunas 2-D pequenas de comprimento médio de 4 m e altura de 20 cm, a dunas 2-D médias com comprimento e altura de 9 m e 40 cm, respectivamente. É a região onde ocorrem as estruturas com maiores dimensões, dispostas perpendicularmente à direção do fluxo principal no canal, indicando ser a região onde se encontram as melhores condições de profundidade e correntes para o desenvolvimento de dunas subaquosas.

A análise das direções das cristas das dunas e ripples próximas a estas permitem inferir características do fluxo no momento da amostragem. A maré no período de amostragem estava iniciando a enchente, ou seja, a direção das correntes no estuário começava a se inverter. As dunas 2-D médias mostram uma direção de crista voltada para a desembocadura do estuário no sentido das correntes de vazante, ao passo que as ripples encontradas próximas a elas, já apresentavam uma direção de crista voltada para o interior do estuário, segundo o sentido das correntes de enchente (Fig. 5).

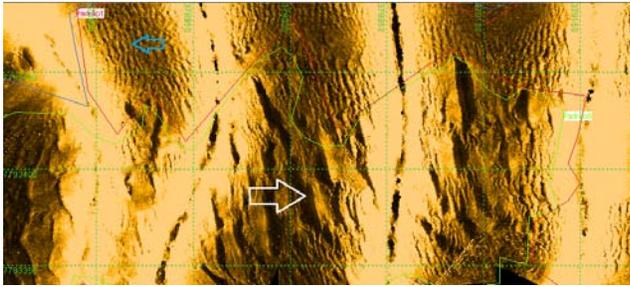


Fig. 5: Direção das cristas de dunas e *ripples* durante a reversão no sentido das correntes enchente e vazante. A seta branca indica a direção das cristas das dunas subaquosas voltadas para a desembocadura do estuário, a seta azul, a direção das cristas de *ripples* voltadas para o interior.

A reversão na simetria de dunas subaquosas é comum em sistemas estuários devido à ação reversa da maré e às variações sazonais do fluxo fluvial (Berné et al., 1993).

- Couraças lateríticas

Nos registros da plataforma continental, os sonogramas mostram um aspecto rugoso normalmente relacionado a presença de rochas ou no caso da região em questão de couraça laterítica (Fig. 6).

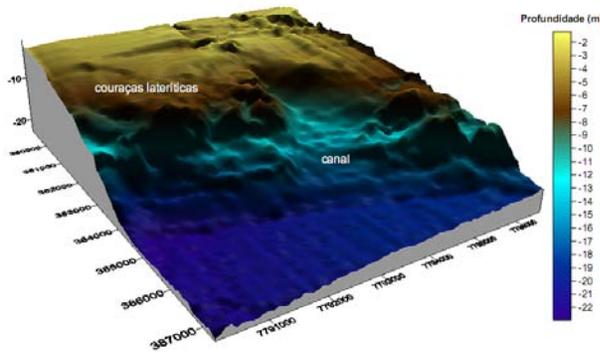


Fig. 6: Mapa batimétrico tridimensional da plataforma adjacente em frente

Através da região das couraças submersas é possível inferir a localização da paleolinha de costa inundada, provavelmente pela última transgressão marinha (Fig. 6). Também fica visível a presença de um canal entre as couraças lateríticas, que indica ser o antigo canal fluvial do rio Piraquê-açu em períodos de regressão marinha, já que a região de ausência de couraças favoreceria a passagem fluxo natural do rio (Fig. 7). As imagens sonográficas evidenciam essa característica.

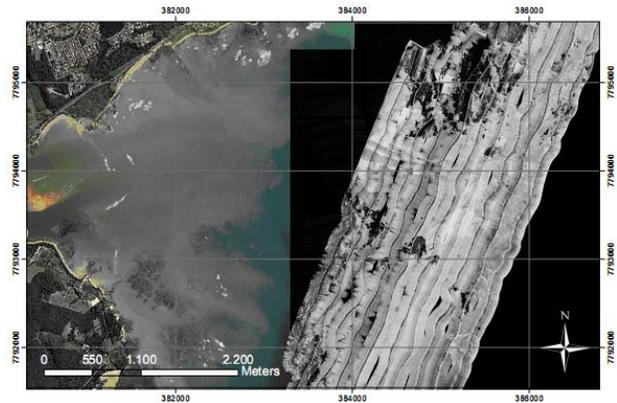


Fig. 7: Sonograma evidenciando as regiões de couraças lateríticas, padrão de alta reflexão, e regiões de ausência de formas de fundo intercaladas com ripples, baixa reflexão.

As couraças lateríticas aprisionam sedimento permitindo que este seja retrabalhado por correntes próximas ao fundo. Em determinadas regiões ocorre a formação de *ripples* e outras formas de fundo de pequeno porte que podem ser visíveis no registro do sonar (Fig. 8).

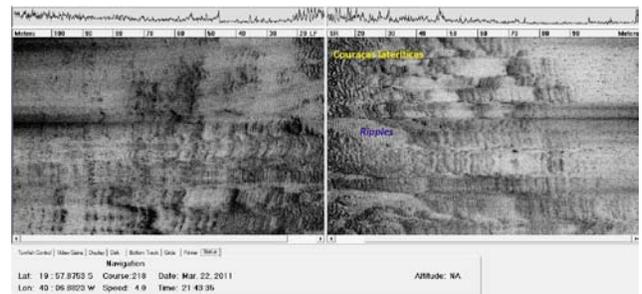


Fig. 8: Ripples associadas a região de couraças lateríticas.

Conclusões

O mapeamento por meio da utilização do sonar de varredura lateral possibilitou a identificação e classificação de cinco áreas distintas no mosaico obtido de acordo com as feições encontradas nos mesmo.

As regiões identificadas para o interior do estuário apresentam dunas subaquosas nas regiões de maior profundidade localizadas no interior do canal estuarino. Próximo à desembocadura, na região correspondente ao banco arenoso presente no local foram identificadas ripples que desapareciam a medida que se aproximava o canal de navegação. A ausência das formas de fundo foi observada nas menores profundidades encontradas na lateral do canal.

Na região da plataforma continental observa-se a ocorrência de couraças lateríticas comuns na área de estudo. Nessa região não se observam dunas subaquosas possivelmente devido a influência das couraças na circulação local. Ocorrem, entretanto, ripples nas proximidades das couraças devido à estocagem de sedimento junto a estas. Ainda na plataforma a batimetria

identificou a presença das lateritas observadas no sonar bem como a feição correspondente a uma antiga saída do canal estuarino.

Referências

ALBINO, J. 1999. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação - ES. Tese Instituto de Geociências/USP.

ASHLEY, G. M. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 60, n. 1, p. 160-172, 1990.

AYRES NETO, A. 2000. Uso da Sísmica de reflexão e da sonografia na exploração mineral submarina. *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 18(3), 2000.

BERNÉ, S.; CASTAING, P.; DREZEN, E. Le; LERICOLAIS, G. Morphology, internal structure, and reversal of asymmetry of large subtidal dunes in the entrance to Gironde estuary (France). *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 63, No. 5, September, 1993. p. 780 – 793.

DALRYMPLE, R. W.; CHOI, K. Morphologic and facies trends through the fluvial-marine transition in tide-dominated depositional systems: A schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. **Earth-Science Reviews** 81: 135-174. 2006.

DALRYMPLE, R. W.; RHODES, R.N. Estuarine dunes and bars. In: PERILLO, G. M. E. (org.). **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**. Developments in Sedimentology. n . 53, Elsevier Science, 1995. p.359-422.

FLEMMING, B.W. The role of grain size, water depth and flow velocity as scaling factors controlling the size of subaqueous dunes. **Marine Sandwaves Dynamics**, Lille, France, 23 & 24 march 2000. p. 55-60.

HULSCHER, S. J. M. H.; VAN DEN BRINK, G. M. Comparison between predicted and observed sand waves and banks in the North Sea. *Journal of Geophysical Research*, v. 106, n.C5, p. 9327-9338, 2001.

LANGHORNE, D. N. **Offshore engineering and navigational problems – The relevance of sandwave research**. Institute of Oceanographic Sciences, 1978.

QUARESMA VS, DIAS GTM & BAPTISTA NETO JA. 2000. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ. *Revista Brasileira de Geofísica*, 18(2): 201–214.

YALIN, M.S. On the formation mechanism of dunes and ripples. **Euromech. Colloq. Proc.**, n. 261, 1987.