

Caracterização da morfologia de fundo da porção estuarina do canal do Rio Paraíba do Norte por meio do Sonar de Varredura Lateral e do Ecobatímetro

Luciano da Silva Guedes ¹
Venerando Eustáquio Amaro ²
Helenice Vital ²

¹Universidade Federal do Tocantins – UFT
77814-970 – Araguaína – TO, Brasil
lucianoguedes@uft.edu.br

²Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica - PPGG
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
59078-970 - Natal - RN, Brasil
amaro@geologia.ufrn.br
helenice@geologia.ufrn.br

Abstract: This work was carried out in estuarine portion of the Paraíba River watershed that extends north from the municipality of Bayeux until her mouth, in the municipality of Cabedelo, covering an approximate distance of 20 km. This area is bordered by a mangrove vegetation in nearly all its extension and has seven tributaries, four on the left margin (rivers Paroeira, Tiriri, Ribeira and Guide) and three from the right border (rivers Sanhauá, Mandacaru and Tambiri), the which contribute to inflow of surface water of low salinity, which carries material eroded domestic and industrial waste. The main objective of the study was the characterization of the morphology of the channel bottom of the Rio Paraíba do Norte, in the estuarine portion, through the side-scan sonar and echo sounder and the collection of bottom sediments. The bathymetric data were analyzed together with data from the sonograms and background samples, allowing thereby an analogy between depth and background material. In the study area, it was observed that the sites of lower energy, less than two meters, there is a predominance of sandy material from fine to very fine texture, while the places of higher energy predominantly coarse textured sandy material, which may be mixed with finer material (sandy-muddy bottoms). The bathymetric data revealed that, in general, the estuary and relatively shallow, especially in its upper portion, as evidenced by the presence of a large number of subaqueous dunes that are exposed during low tide.

Palavras-chave: estuary, bathymetry, sonography, sediments, estuário, batimetria, sonografia, sedimentos.

1. Introdução

O estudo das regiões estuarinas torna-se cada vez mais importante para a exploração racional dos recursos naturais e para um adequado controle ambiental. Os estuários constituem regiões de alta produtividade biológica e grande concentração de recursos alimentares. Por outro lado, estão entre as regiões mais afetadas por variações naturais e pressões causadas pelo homem, como grandes concentrações populacionais que aceleram a exploração de recursos e contribuem para descarga de poluentes diversos na água, com sérios problemas ao ambiente (Sassi e Watanabe, 1980). A resposta do meio estuarino a esses tipos de intervenções se manifesta sobre a forma de um encadeamento complexo de reações cujos elos entre os processos físicos, químicos e biológicos, são pouco conhecidos.

Diversos estudos sobre o ERPN já foram realizados abordando temáticas variadas. Mabessone e Coutinho (1970) e Assis (1977) abordaram temáticas sedimentológicas em áreas interiores e nas proximidades da foz do rio, no Porto de Cabedelo. Farias (1978) fez trabalhos taxômicos sobre crustáceos. Sassi e Watanabe (1980), Grotta e Luneta (1980), Rosa (1980), Sassi e Melo (1982), Nishida (1987), Sassi (1991), Moura (1992) realizaram trabalhos relacionados ao microfitoplâncton e as condições hidrológicas. Outros autores trabalharam o estuário com ênfase ao estudo sócio-ambiental enfatizando as interferências antrópicas.

Nesse trabalho foi realizada a caracterização da morfologia de fundo do canal do Rio Paraíba do Norte, na sua porção estuarina, por meio do Sonar de Varredura Lateral e Ecobatímetro e da coleta de sedimentos de fundo na sua área de influência. A porção estuarina da bacia do Rio Paraíba do Norte se estende desde o município de Bayeux até a sua foz, no município de Cabedelo, perfazendo uma distância aproximada de 20 km (Figura 01). Esta área é margeada por uma vegetação de mangue praticamente em toda a sua extensão e recebe sete tributários, quatro pela margem esquerda (Rios Paroeira, Tiriri, Ribeira e da Guia) e três pela margem direita (Rios Sanhauá, Tambiá e Mandacaru) e que, de acordo com Sassi e Watanabe (1980), contribuem com aporte de água superficial de baixa salinidade, que carrega materiais erodidos, detritos domésticos e/ou industriais para dentro do estuário.

O Sonar de Varredura Lateral tem sido muito utilizado no mapeamento da morfologia de fundo bem como na identificação dos vários tipos de sedimentos, a partir da intensidade da tonalidade do registro do sonograma. De acordo com Wewetzer *et al.* (1999), por meio da mudança no padrão da resposta do sonograma, pode se inferir tanto uma mudança no tipo de sedimento como no relevo. As várias intensidades de tonalidades do registro do sonograma resultam da força de reflectância do sinal e do ângulo de incidência das ondas acústicas, que dependem da densidade, porosidade e do tamanho dos grãos dos sedimentos presentes no fundo do rio. Em termos gerais, rochas aparecem escuras, seguido por cascalhos, sedimentos de grão fino a lamosos; a areia aparece na tonalidade mais clara.

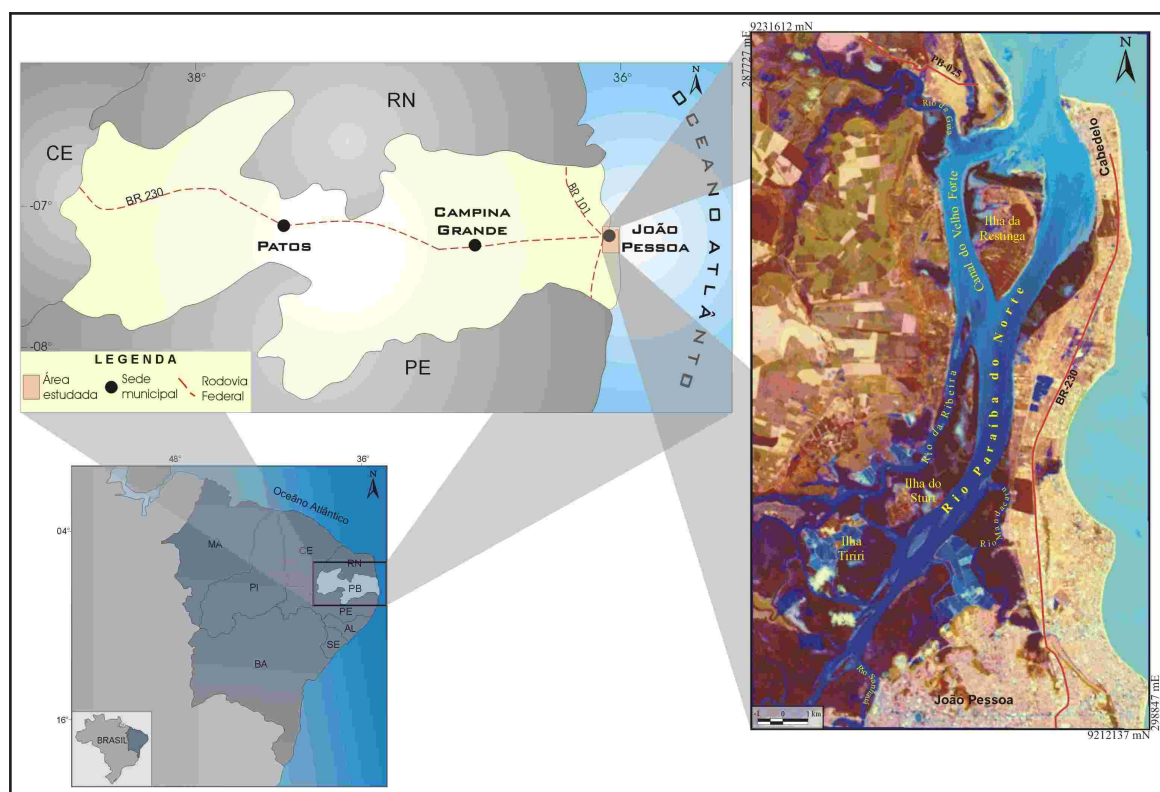


Figura 1 – Mapa de localização do Estuário do Rio Paraíba do Norte.

2. Metodologia de Trabalho

A coleta das informações de batimetria e sonografia do fundo canal do estuário rio Paraíba do Norte foi realizada por uma ecosonda hidrográfica marca Odom, modelo Hydrotac de resolução 0,01m e frequência 200Hz, com porta para Side-Scan Sonar (de varredura lateral 15 e 20m) e receptor GPS da Odom Hydrographic System acoplado ao mesmo, transportados em uma lancha de fibra, com calado de 1,0 m. O gerador utilizado para o funcionamento do Hydrotac foi o ABACUS H65 MH (1 fase e 6,0 Kva). Amostras de sedimentos de fundo

foram coletadas com amostrador pontual do tipo “van-veen”. Tanto o sistema geofísico quanto o amostrador pertencem ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA) do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Primeiramente foi realizado o levantamento batimétrico do canal principal do estuário, sendo realizado o total de 32 perfis batimétricos. Um perfil no sentido longitudinal, de aproximadamente 20 km, da foz do estuário à desembocadura do rio Sanhauá, nas proximidades do município de Bayeux, e 31 perfis transversais, distribuídos ao longo do canal, perfazendo um total de 24 km. Os dados de profundidade foram posteriormente corrigidos, aproximadamente, ao nível da maré mais baixa correspondente aos dias do levantamento.

Em seguida, fez-se o levantamento de dados sonográficos (*Sonar de Varredura Lateral*) em áreas selecionadas do estuário, recobrando uma área de aproximadamente 15,5 km do rio Paraíba do Norte. O desenvolvimento das formas de fundo esta relacionada ao transporte e granulometria dos sedimentos, podendo ocorrer em várias escalas, desde ondulações a dunas e barras. A extensão, tamanho e características das formas de fundo aluviais são produto direto do balanço entre erosão e deposição em diferentes partes do leito. Desta forma a sonografia nos fornece informações sobre a natureza do fundo, como por exemplo, textura, composição e orientação das feições. Os sonogramas obtidos no Rio Paraíba mostram formas de fundo do tipo dunas, segundo a classificação de Ashley (1990) que associados à análise das amostras coletadas permitiram delimitar áreas de fundo arenoso e fundo lamoso.

Paralelo aos trabalhos de batimetria e sonografia foram coletadas vinte amostras de sedimentos de fundo para análise em laboratório. Para efeito de análise foram utilizadas apenas 100 gramas de cada amostra, sendo o restante arquivado para eventual necessidade ou trabalhos posteriores. Em cada fração de 100 gramas foi efetuado o peneiramento úmido na peneira de malha de 0,062 mm e a fração retida secada em estufa a temperatura de 60° C e peneirada a seco. Note que esse método não retém a fração argila (0,062 mm) e silte (<0.062 mm) o que não compromete a qualidade do resultado, pois estes são inferidos pela diferença entre o peso acumulado no ensaio (peneiramento a seco) e o peso total da amostra (100 g).

Utilizou-se a composição 5-2-NDWI combinada em RGB que produziu um maior realce nas áreas submersas, em função do aumento nos contrastes da baixa reflectância da água, o que favoreceu uma melhor definição dos corpos d'água e dos canais de maré que recortam o estuário, servindo também como base para definição do traçado dos perfis batimétrico e sonográfico e dos pontos de coleta de sedimentos de fundo

3. Resultados e Discussão

Uma interpretação preliminar dos dados sonográficos, revelou uma variação na distribuição espacial dos sedimentos de fundo do rio Paraíba do Norte. Esta variação é observada nos registros do sonograma a partir das suaves diferenças de tonalidade. Dessa forma, foram coletadas vinte amostras de material de fundo, nos locais correspondentes as principais diferenças de tonalidades registradas. A partir da classificação textural das amostras, foi possível definir a correlação entre os dados do registro do sonar e o resultado da análise das amostras.

Na área estudada, a análise dos sonogramas e das amostras de fundo revelaram uma marcante ação da drenagem na distribuição dos sedimentos, sendo que, de uma maneira geral, observou-se um predomínio de areias (areia fina a muito fina) ao longo do rio (Figura 2), cuja deposição resultou da ação de correntes bidirecionais controladas pelas marés e vazões fluviais.

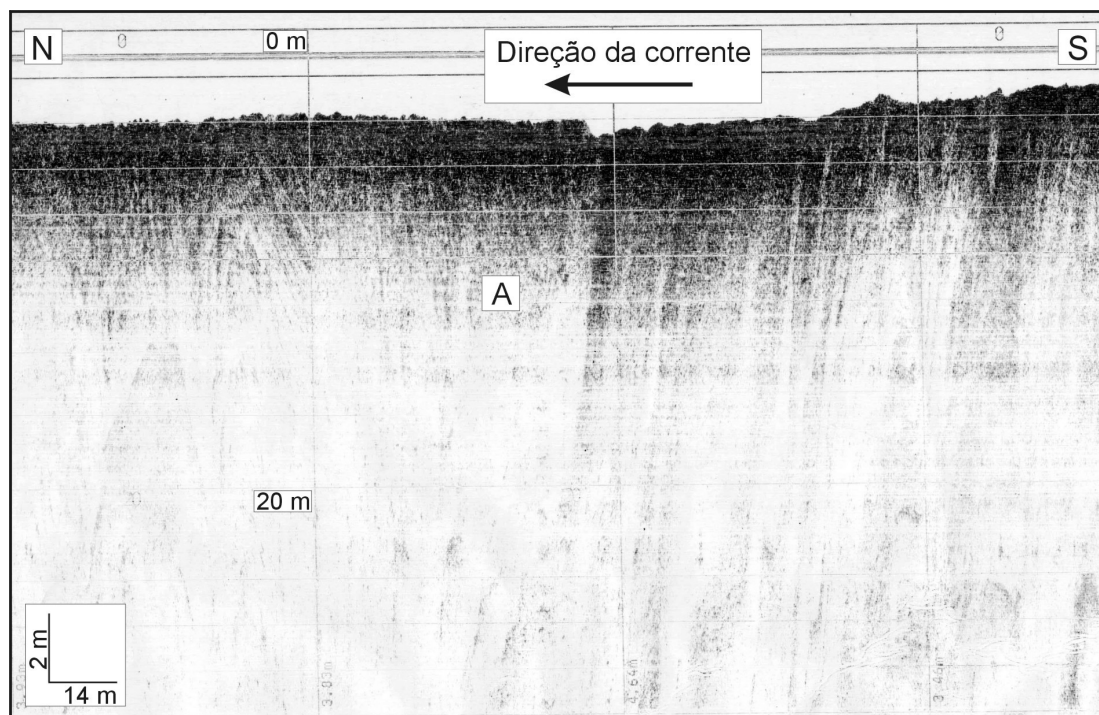


Figura 2 - Sonograma mostrando o tipo de sedimento. A – sedimentos arenosos de textura fina a muito fina.

No canal do Velho Forte (à esquerda da Ilha da Restinga), identificou-se um fundo lamoso, conforme mostra o registro do sonograma (Figura 3). Na desembocadura do Rio Paraíba e a sudeste da Ilha do Stuart, as areias são mais grossas (areias médias a grossas); as principais formas de fundo observadas foram as dunas 2D pequenas a médias, predominando aquelas com largura de 5 m e altura de 0.5 m (Figura 4), características de ambiente dominado por regime de fluxo médio conforme a classificação de Ashley (1990). Sendo assim, a ampla variedade de formas de fundo reflete as várias condições hidrodinâmicas bem como os tipos de sedimentos.

Os dados de profundidade foram obtidos por meio do ecobatímetro em malha apropriada para a elaboração do mapa batimétrico do rio Paraíba do Norte na sua porção estuarina. Para tanto foram realizados perfis longitudinais (Figura 5) e transversais (Figura 6) ao longo de todo o canal. A partir do mapa batimétrico se observou a existência de um canal preferencial, que se estende desde a desembocadura do Rio Sanhauá até as proximidades do Porto de Cabedelo, seguindo a margem direita do leito do Rio Paraíba. Este canal encontra-se obstruído em alguns locais pela presença de dunas subaquosas; as maiores profundidades são observadas nas desembocaduras dos Rios Mandacaru e Tambiá, com 5 metros em média, e nas proximidades do Porto de Cabedelo, alcançando, em alguns pontos 11 m. Neste último, essa profundidade é alcançada devido as constantes dragagens realizadas na desembocadura do Rio Paraíba para tráfego de embarcações de grande porte. Na desembocadura do Rio da Guia foi observado um canal secundário, que pode ser visto na imagem de satélite Landsat 7 ETM+, apresentando profundidades em torno de 8 m.

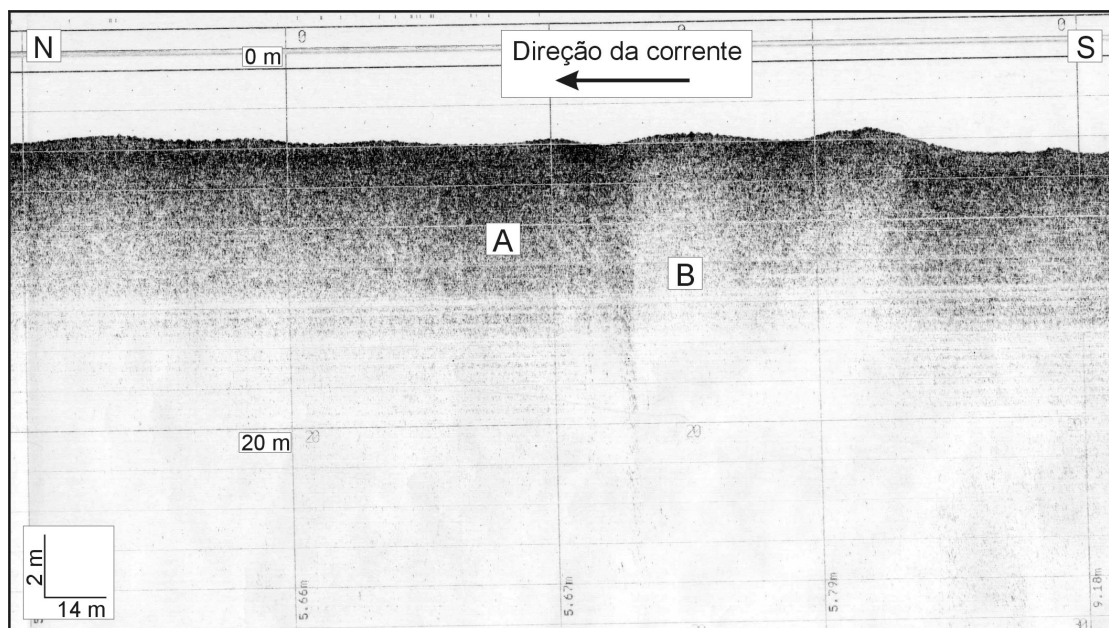


Figura 3 – Sonograma mostrando o tipo de sedimento. Sedimento de textura argilosa (A) passando à areia fina a muito fina (B).

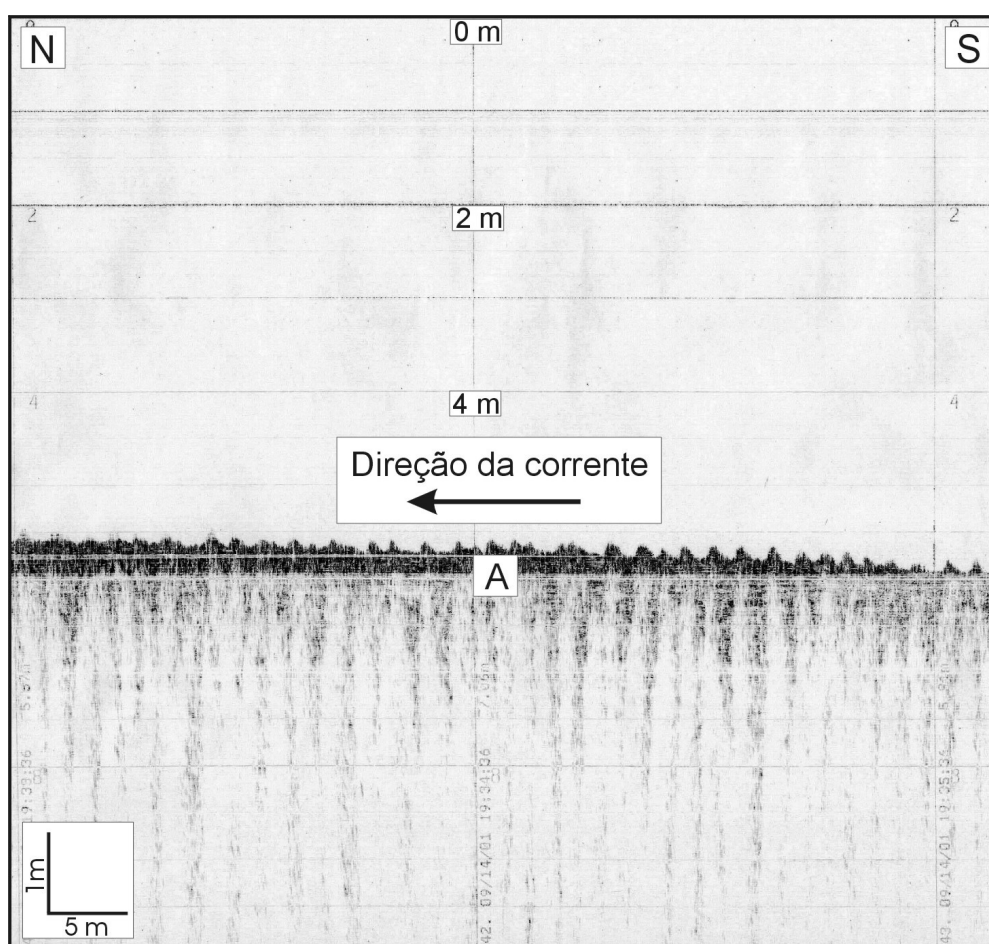


Figura 4 – Sonograma mostrando a morfologia do fundo. A – formas de fundo do tipo duna 2-D pequena a média, cristas retas, levemente assimétricas, indicando direção da corrente para Norte.

Os dados batimétricos foram analisados conjuntamente com os dados dos sonogramas e as amostras de fundo, permitindo, com isso, uma analogia entre profundidade e material de fundo. Wewetzer et al. (1999), em um trabalho realizado no estuário do Rio Tay na Escócia, analisou os dados de sonogramas e de profundidade, onde observou que nem sempre uma mudança brusca na morfologia e no tipo de sedimento é registrada na variação batimétrica. No caso do ERP, observou-se que nos locais de menor energia, inferiores a dois metros, há um predomínio de material arenoso de textura fina a muito fina, enquanto que nos locais de maior energia predomina material arenoso de textura grossa, podendo estar misturado a material mais fino (areno-lamosa).

A batimetria revelou que, de uma maneira geral, o estuário é relativamente raso, principalmente na sua porção superior, evidenciados pela presença de um grande número dunas subaquosas que ficam expostas durante a maré baixa. Estas dunas são evidências de que o estuário está em processo contínuo de assoreamento, podendo vir a comprometer o seu ecossistema.

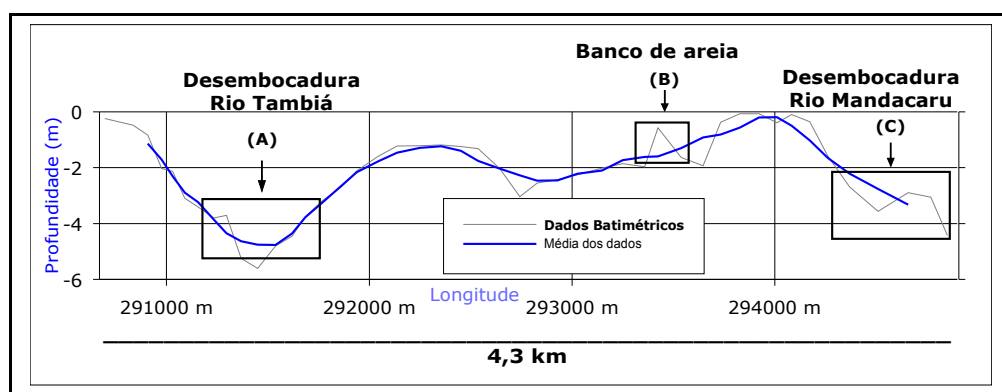


Figura 5 - Perfil longitudinal da porção do Rio Paraíba do Norte entre os Rios Mandacaru e Tambiá (direção N-S), mostrando os pontos de maior profundidade da margem direita do rio principal (exceto a porção do Porto de Cabedelo).

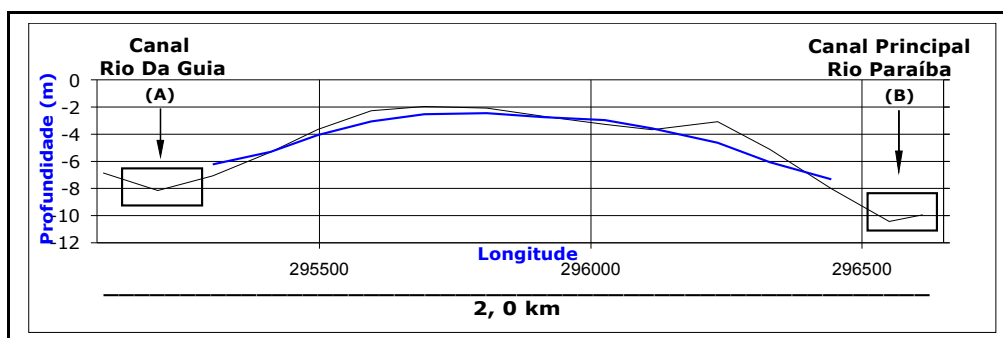


Figura 6 - Perfil transversal do Rio Paraíba do Norte (direção W-L) entre a foz do Rio Da Guia e o Porto de Cabedelo, mostrando o canal principal (a direita) e o canal formado na foz do Rio Da Guia (a esquerda).

4. Conclusões

O sonar de varredura lateral (*side scan sonar*) e o ecobatímetro juntamente com coletas de sedimentos de fundo, possibilitaram uma análise do comportamento da morfologia de fundo do Rio Paraíba do Norte na sua porção estuarina, revelando feições típicas de um canal submetido há um regime de médio fluxo, possibilitando a formação de pequenas dunas e

apresentando profundidades, em média, de 3 m, a exceção de pontos próximos ao Porto de Cabedelo que chegam a 11 m.

A análise dos sedimentos indicou os processos de sedimentação envolvidos em pontos específicos da área, revelando variações espaciais nas condições geológicas ao longo do estuário; estes aspectos propiciam o entendimento da distribuição regional e das características do ambiente sedimentar.

Referências Bibliográficas

Ashley, G. M. 1990. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. **Journal Sedimentary Petrology**, vol. 60, nº 1, 160-172.

Assis, A. D. Geologia do Quaternário da Planície de Lucena-PB. 1997. 86p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1997.

Farias, M. C. Q. Crustáceos Decápodes da Ilha da Restinga. V Simp. Latinoam. Oceanog. Biol. São Paulo, p325. 1978.

Grotta, M. & Luneta, J. E. Ciclo sexual de *Anomalocardia brasiliana* do litoral do Estado da Paraíba. *Rev. Nordestina Biol.* 3(1):5-55. 1980.

Mabessone, J.M. & Coutinho P. N. 1970. **Littoral and shallow marine geology of Northern and Northeastern Brazil**. *Trab.Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, Recife.* 12:212p.

Moura, G. F.. Comportamento diurno e sazonal de parâmetros fitoplancônicos e hidrológicos no Estuário do Rio Paraíba do Norte. 1992. 204p. Dissertação de Mestrado. Paraíba, Brasil. Dept. de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1992.

Nishida, A. K.. Alguns aspectos ecológicos e determinação do índice de condição de *Mytella guyanensis* (Mollusca – Bivalvia) da Ilha da Restinga, Estuário do Rio Paraíba do Norte. 1997. 105p. Dissertação de Mestrado. Paraíba, Brasil. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 1997.

Rosa, R. S. Lista sistemática de peixes marinhos da Paraíba (Brasil). *Rev. Nordestina Biol.* 3(2):205-226.1980.Sassi, R. Phytoplankton and environmental factors in the Paraíba do Norte river estuary, northeastern Brazil: composition, distribution and quantitative remarks. *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.* 39(2):93-115. 1991

Sassi, R. & Melo, G. N. Contribuição ao conhecimento da fauna de protozoários do Estuário do Rio Paraíba do Norte: Tintinoíneos do Rio Mandacaru. *Rev. Noredestina Biol.* 5(2):141-155. 1982.

Sassi, R.;Watanabe, T. **Levantamento das Condições Físicas e Químicas do Estuário do Rio Paraíba do Norte**. Estudos Ecologicos no Estuário do Rio Paraíba do Norte. Paraíba, Brasil. Relatório Técnico Final, 1980. 162p.

Wewetzer, S. F. K., Duck, R. W, McManus, J. Side-scan sonar mapping of bedforms in the middle Tay Estuary, Scotland. **Int. J. Remote Sensing**, vol. 20, nº 3, 511-522. 1999.