



Padrões de reflexão sonográficos associados a depósitos sedimentares biotriticos em um trecho da plataforma continental interna ao largo de Guarapará - ES.

Paulo Henrique Cetto, LAGEMAR – UFF pchetto@iego.uff.br
 Alex Cardoso Bastos, DERN – UFES alex@dern.ufes.br.

Copyright 2006, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal, 21 a 23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Técnico-científica do II SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Quando características dos padrões de reflexão sonográficos, como textura e intensidade de retorno do sinal acústico, foram correlacionadas com a faciologia de amostras do fundo marinho, obtidas em um trecho da plataforma continental interna de Guarapará – ES, foram reconhecidas as seguintes associações: (1) Padrão de alta reflexão com afloramentos rochosos e/ ou bancos correlacionado a fundos compostos basicamente por sedimentos grossos (fácies de seixos, grânulos e areias com cascalho, todos de composição bioclástica); (2) Padrão de alta reflexão homogêneo representando principalmente faciologias de areias bioclásticas/litobioclásticas com cascalho e (3) Padrão de baixa reflexão homogêneo associado a sedimentos com textura mais fina, principalmente a areias médias e areias finas a muito finas bioclásticas. Em segmentos restritos foram registradas formas de fundo; as manchas arenosas (*sand patches*) e os lençóis arenosos com marcas de ondas (*ripple sand sheets*). De maneira geral os resultados revelam que quanto maior a presença da fração grossa no sedimento mais forte é o retorno do sinal acústico.

Introdução

A aplicação de métodos indiretos aliada ao reconhecimento direto da natureza do fundo marinho por métodos convencionais permite caracterizar a distribuição das feições submersas, dos tipos de sedimentos e processos deposicionais envolvidos. Um dos métodos de aquisição indireta é a sonografia de varredura lateral, cujo sistema baseia-se na emissão de um sinal acústico de alta frequência que é refletido pelo fundo marinho e captado pelo equipamento. Simultaneamente ao processo de aquisição o sinal captado é processado e transformado em uma imagem contínua do fundo, semelhante ao que seria uma fotografia “aérea” (Ayres Neto, 2000). O eco do sinal que produz as imagens sonográficas retorna ao equipamento com intensidades distintas de acordo com uma série de fatores (Ayres Neto, 2000, Morang *et al.*, 1996), sendo os principais o tipo e textura do sedimento de fundo, o ângulo de incidência do sinal, a micromorfologia do fundo

marinho, a atenuação das ondas acústicas (Ayres Neto & Baptista Neto, 2004), além do grau de compactação do sedimento (Quaresma *et al.*, 2000).

Baseado nesses princípios o objetivo principal do trabalho foi reconhecer os padrões de reflexão sonográficos de um trecho da plataforma continental interna ao largo da cidade de Guarapará-ES (Fig.1), estabelecendo relações com as características do fundo correspondente obtidas com amostragens diretas.

Segundo dados da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) a batimetria varia entre 20 e 30 m, com as maiores profundidades sendo observadas na região mediana da área (Fig. 1). A região encontra-se sob um domínio de micro marés semidiurnas e sujeita a ventos provenientes principalmente de NE-ENE, porém durante períodos de frentes frias predominam ventos de SE (Albino & Gomes, 2005). A área não sofre influência de descargas fluviais significativas, resultando em águas de baixa turbidez junto à costa. A literatura relata para a plataforma continental sul capixaba a predominância de faciologias carbonáticas, formadas principalmente por biotritos de algas calcárias e briozoários (Milliman, 1975; Carannante *et al.* 1988).

O presente estudo foi desenvolvido dentro dos propósitos do projeto de monitoramento ambiental RAM (Recifes Artificiais Marinhos - Convênio IEMA – UFES) realizado na área de estudo, onde o navio Victory 8B foi naufragado para servir como um recife artificial.

Metodologia

Em uma primeira etapa de campo foi realizada a coleta de sedimentos superficiais com amostrador tipo busca-fundo de *Van-Veen* posicionadas através de GPS (Fig. 2). Em laboratório as amostras foram submetidas à análise granulométrica pelo método de peneiramento à úmido (Tucker, 1988) e quantificação do teor de carbonato de cálcio pelo método de dissolução em HCl. Os parâmetros estatísticos granulométricos foram calculados pelo software GRADISTAT de Blot & Pye (2001) e a escala de diâmetro utilizada foi a de Wentworth (1922). Para a classificação faciológica dos sedimentos foi utilizada a tabela proposta por Dias (1996), que se baseia na granulometria e nos teores de carbonato de cálcio.

Em uma segunda etapa em campo foi realizado o imageamento acústico do fundo marinho. Para isso foi utilizado um sonar de varredura lateral modelo *Edge Tech 4100* com sistema de aquisição digital modelo *560p*

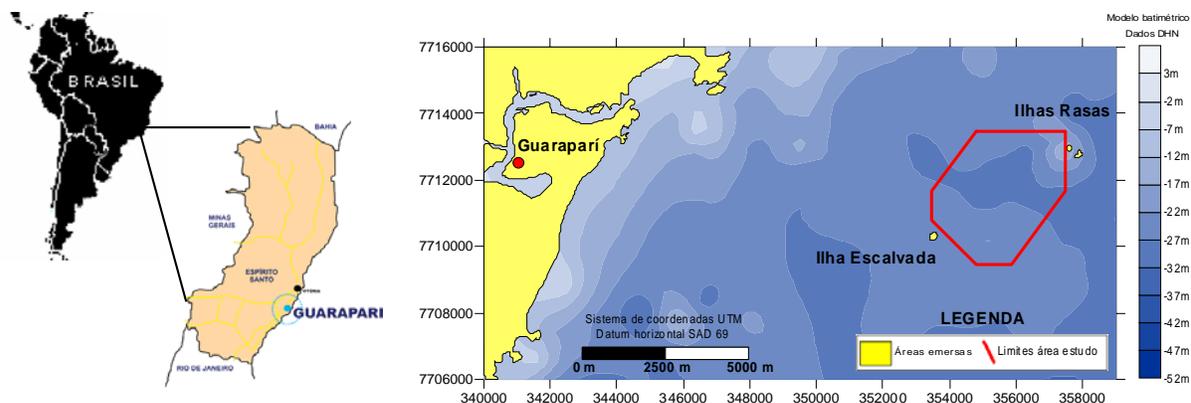


Figura 1. Mapa batimétrico da região costeiro-oceânica do município de Guarapari – ES, mostrando um polígono que delimita a área de estudo, situada entre as Ilhas Escalvada e Rasas. Modelo batimétrico a partir de dados DHN.

acoplado a um DGPS, software de aquisição *Discover* e peixe 272TD (transdutor – sistema *deep tow* que opera em frequências variando de 100 a 500 KHz), o qual foi rebocado a bordo de uma escuna a uma profundidade de cerca de 5m. O levantamento se deu ao longo de transectos que foram planejados de acordo com a distribuição faciológica. Esses foram executados no sistema de rotas de navegação do aparelho de GPS a uma velocidade de navegação de 5 nós. Para todos os perfis a frequência acústica utilizada foi de 100 KHz, sendo empregadas varreduras laterais de 150 e 200 m. A correção de distorção lateral (*slant range*) foi executada simultaneamente ao processo de aquisição. Os registros foram classificados quanto ao padrão de reflexão predominante de acordo com a observação dos aspectos utilizados por Ayres Neto & Aguiar (1993): contrastes de cores (contrastos de impressão), textura (grossa ou fina) e homogeneidade das reflexões mostradas nas imagens. Os padrões sonográficos identificados foram posteriormente comparados às características faciológicas dos sedimentos das estações amostrais contempladas com imageamento acústico.

Resultados

Através da análise dos sonogramas foram definidos os seguintes padrões de reflexão de sonar de varredura lateral:

(1) Padrão de alta reflexão associado a afloramentos rochosos e bancos (Fig. 3A). Caracteriza-se por um alto retorno do sinal acústico, o maior entre os padrões identificados, que se traduz em tonalidades de cinza bem escuras. Difere-se de forma pronunciada dos outros padrões pela presença de faixas escuras de alta refletividade intercaladas por faixas claras de baixa refletividade e de uma textura muito irregular, o que segundo Quaresma et al. (2000) caracteriza registros da presença de afloramentos rochosos. Estes por sua vez podem se mostrar com variados graus de protuberância em relação ao leito marinho, uma vez que são observadas sombras acústicas de variados tamanhos formadas atrás dos afloramentos. Os registros associados a este padrão exibem áreas de fortes

reflexões de textura grossa, que se encontram lado a lado ou superpostas às áreas associadas a afloramentos.

(2) Padrão de alta reflexão associado a bancos (Fig. 3B). Este padrão pode ser caracterizado por altas reflexões, ainda que menos intensas que as observadas no padrão anterior, que se mostram em tons de cinza médios e escuros e com textura grossa. Apresenta-se ainda associado a um fundo com irregularidades (consideradas aqui genericamente como bancos) de diferentes dimensões e espaçamentos ao longo dos registros. Difere-se principalmente do padrão anterior por não apresentar de forma marcante reflexões que designam necessariamente a presença de afloramentos rochosos.

(3) Padrão de alta reflexão homogêneo (Fig. 3C). Caracteriza-se por altas reflexões, com tons de cinza médio a escuro, com textura grossa e homogênea, não sendo observadas rugosidades ou irregularidades no fundo.

(4) Padrão de baixa reflexão homogêneo (Fig. 3D). Este padrão é principalmente caracterizado por um baixo retorno do sinal acústico resultando em tonalidades de cinza claro. Apresenta textura fina e homogênea, não sendo observadas irregularidades ou rugosidades.

(5) Padrão associado a sand patches (manchas de areia) (Fig. 3E). É caracterizado pela intercalação de áreas mais claras (menor retorno acústico) e mais escuras (maior retorno acústico) formando contrastes em diferentes graus e correspondendo a sedimentos distintos. Ambos domínios se mostram homogêneos, contudo as áreas mais escuras, com tonalidades de cinza escuro, mostram uma textura mais grossa que as áreas mais claras.

(6) Padrão associado a rippled sand sheets (marcas de onda) (Fig. 3F). Caracteriza-se por faixas de forte reflexão intercaladas por faixas de baixa reflexão associadas aos flancos côncavos e convexos de ondas de areia sub-aquosas. Este padrão não foi amostrado diretamente.

Tabela 1: Padrões sonográficos e classificação dos sedimentos encontrados em cada ponto amostral contemplado com imageamento acústico por sonar de varredura lateral. C (cascalho), A (areia) e L (lama). Observação: o padrão de reflexão associado a ripple sand sheets (marcas de ondas) (Fig. 3F) não foi amostrado, sendo encontrado no percurso entre as amostras V03 e V08. O padrão de reflexão associado a sand patches (manchas arenosas), além dos locais de coleta das amostras V20 e V23, é encontrado no percurso entre as amostras V20 e V14.

| Padrão | Amostra | Média (Mz) | Facies | C (%) | A (%) | L (%) | CaCO ₃ (%) | |
|---|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------|-----------------------|-----|
| Alta reflexão com Afloramentos rochosos | V 05 | Seixo | Seixos bioclásticos | 95,3 | 3,8 | 0,9 | 100 | |
| | V 08 | | | 85,9 | 12,1 | 2 | 100 | |
| | V 14 | | | 90,1 | 9,1 | 0,8 | 90 | |
| | V 15 | | | 74,1 | 24,7 | 1,2 | 90 | |
| | 3 C | | | 85,2 | 10,7 | 4,1 | 95 | |
| | V 04 | Grânulo | | 83,4 | 6,3 | 10,3 | 95 | |
| | 3 B | | | 64,4 | 21,4 | 14,2 | 95 | |
| | V 03 | | | Areia muito grossa | 47 | 49,6 | 3,4 | 93 |
| | V 06 | | | | 92,9 | 7,1 | 0 | 100 |
| Alta reflexão com bancos | V 07 | Seixo | Seixos bioclásticos | 91 | 8,3 | 0,6 | 100 | |
| | V 25 | | | 76,6 | 21 | 2,5 | 100 | |
| | V 28 | | | 79,5 | 9 | 11,4 | 85 | |
| | V 17 | Grânulo | Grânulos bioclásticos | 50,1 | 47 | 2,9 | 92 | |
| | V 16 | | | 56,1 | 40,3 | 3,6 | 98 | |
| | V 26 | Areia muito grossa | Areia bioclástica com cascalho | 48,8 | 47,8 | 3,4 | 96 | |
| | V 18 | | | 44,2 | 50,8 | 5 | 87 | |
| | 2 C | | | 45,8 | 48 | 6,1 | 94 | |
| | 2 B | | | 50,4 | 40,9 | 8,7 | 90 | |
| | V 27 | | | 43,3 | 48,7 | 8 | 95 | |
| | V 38 | | | 57,3 | 21,6 | 21,1 | 73 | |
| | V 19 | | | Areia grossa | Areia bioclástica com cascalho | 28,9 | 67 | 4,1 |
| | V 31 | 36 | 59,1 | | | 4,9 | 79 | |
| | Alta reflexão homogêneo | V 22 | Areia muito grossa | Areia biolitoclástica com cascalho | 33,2 | 66,1 | 0,6 | 66 |
| V 32 | | 35 | | | 56,8 | 8,3 | 65 | |
| 4 C | | 31,4 | | | 66,9 | 1,7 | 53 | |
| 1 C | | Areia grossa | Areia bioclástica com cascalho | 27,8 | 57,8 | 14,4 | 73 | |
| V 36 | | | | 31,1 | 55,6 | 13,4 | 78 | |
| V 33 | | Areia média | Areia litobioclástica com cascalho | 15,3 | 75,5 | 9,2 | 48 | |
| V 35 | | | | 14,9 | 76,4 | 8,7 | 74 | |
| V 37 | | | | 30,8 | 26,1 | 43,2 | 69 | |
| V 34 | | | | 12,8 | 75,7 | 11,5 | 51 | |
| 1 A | | | | 10,6 | 84,6 | 4,7 | 80 | |
| Baixa reflexão homogêneo | | 2 A | Areia média | Areia média bioclástica | 15,6 | 71,8 | 12,6 | 76 |
| | 4 A | 14,3 | | | 82 | 3,7 | 82 | |
| | 1 B | 8,1 | | | 89,9 | 2 | 64 | |
| | 3 A | 24,3 | | | 58,4 | 17,3 | 80 | |
| | V 24 | Areia fina | Areia bioclástica fina a muito fina | 0,6 | 94,6 | 4,8 | 72 | |
| | V 29 | | | 0,5 | 95,2 | 4,3 | 88 | |
| | V 30 | | | 1,5 | 94,2 | 4,4 | 87 | |
| | V 20 | | | 21,6 | 76,7 | 1,7 | 67 | |
| | V 23 | | | 13,7 | 84,4 | 1,9 | 65 | |

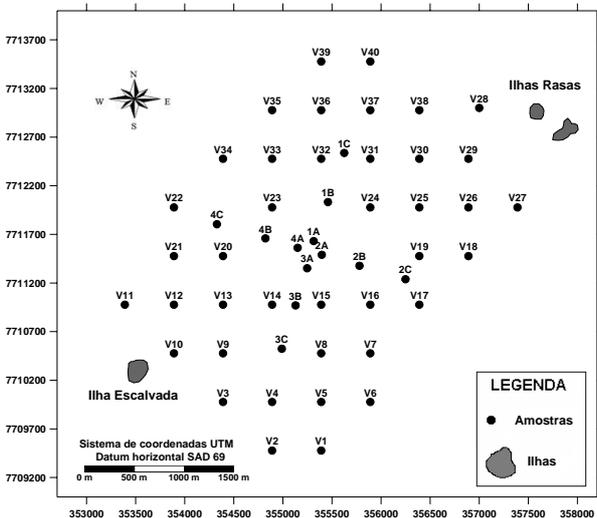


Figura 2: Estações amostrais de coleta de sedimentos.

A classificação das amostras quanto ao padrão de reflexão correspondente e os resultados das análises sedimentológicas são mostrados na tabela 1.

Discussão e Conclusões

O padrão de alta reflexão com afloramentos rochosos e/ou bancos podem ser correlacionados a áreas onde o fundo é composto basicamente por sedimentos grossos (fácies de seixos, grânulos e areias com cascalho, todos de composição bioclástica). As protuberâncias mostradas nos sonogramas referentes a esses padrões podem ser interpretadas como sendo, além de litologias, bancos de acumulação e crescimento de organismos carbonáticos. As amostras de fundo correspondentes são compostas basicamente por rodolitos de algas calcárias bem preservadas e/ou vivas, que apareceram conspicuamente recobertos por incrustações carbonáticas de briozoários ou acompanhados por colônias individuais desses organismos.

Analisando separadamente os registros do padrão de forte reflexão associados a afloramentos rochosos pode-se inferir que esses bancos de crescimento sobrepõem-se às rochas, possivelmente por essas servirem como um substrato consolidado para o crescimento dos organismos. Ainda pode-se dizer que setores desses registros que exibem uma textura grossa e homogênea de forte reflexão, que se encontram posicionadas lateralmente às áreas de afloramentos (faixas de alta reflexão intercaladas por faixas de baixa reflexão) ou em depressões formadas entre esses, sejam principalmente áreas de acúmulo e deposição de sedimentos biodetríticos.

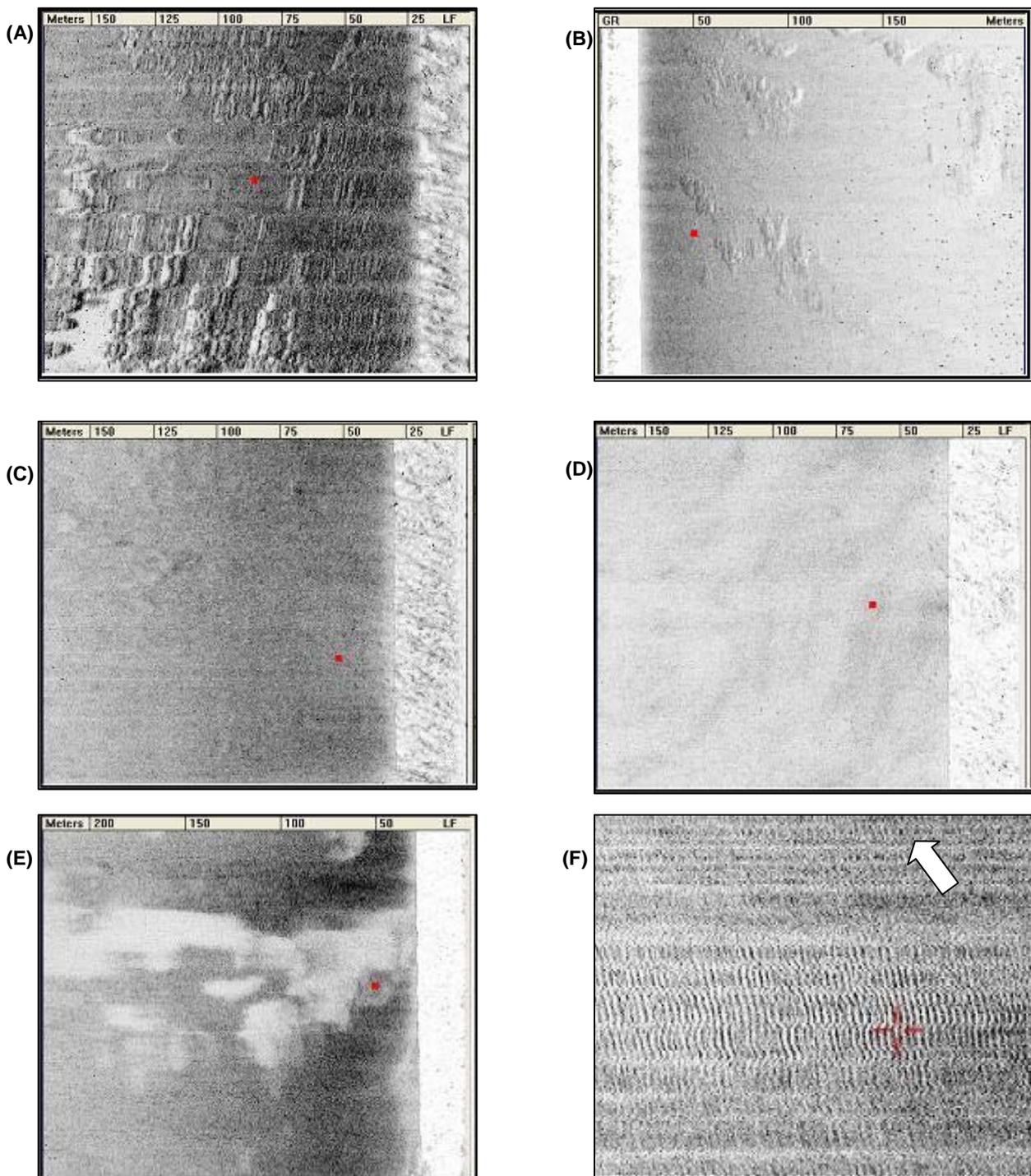


Figura 3 :Exemplos de sonogramas dos padrões de reflexão identificados com representação do local de coleta das amostras correspondentes (ponto vermelho). (A) Padrão de alta reflexão associado a afloramentos rochosos e bancos (amostra V04); (B) Padrão de alta reflexão associado a um fundo irregular com bancos (amostra V 06); (C) Padrão de alta reflexão homogêneo (amostra V 33); (D) Padrão de baixa reflexão homogêneo (amostra V 24); (E) Padrão associado a sand patches (manchas arenosas) (amostra V 20) e (F) sonograma referente ao padrão associado a ripple sand sheets (marcas de ondas arenosas) com seta para o norte obtido no percurso entre as amostras V 03 e V 08 (local não amostrado diretamente); a distância entre cristas varia de 1 a 1,3 m.

Estes têm proveniência das áreas adjacentes onde os organismos produtores carbonáticos crescem com maior frequência. Nos sedimentos desses depósitos a fração grossa é predominante por se encontrarem próximos das áreas fontes.

O padrão de alta reflexão homogêneo esteve associado a sedimentos variando de areia média a areia muito grossa e principalmente à faciologia de areias bioclásticas/litobioclásticas com cascalho.

Já o padrão de baixa reflexão homogêneo relacionou-se a sedimentos com textura mais fina, principalmente às faciologias de areia média e areia fina a muito fina bioclásticas.

A presença de *sand patches* (manchas arenosas) e *ripple sand sheets* (marcas de ondas arenosas) documentadas em alguns sonogramas revelam a atuação da hidrodinâmica local (ondas e correntes) na movimentação e remobilização dos sedimentos. O padrão de *sand patches* foi encontrado no local de coleta de duas amostras; uma composta por areia grossa e outra por areia média. Não é possível estabelecer uma relação razoável direta entre o tipo de fundo e esse padrão devido a pouca quantidade de amostras e por essas formas de fundo serem muito dinâmicas. Essas podem ter sofrido alguma alteração de sua posição (e por consequência das características do sedimento superficial) em decorrência, por exemplo, da entrada de frentes frias, que foram registradas na área algum tempo antes da amostragem. Contudo, pode-se dizer que as áreas mais escuras (com intensidade do retorno acústico mais acentuado e uma textura grossa) se associem a sedimentos mais grossos do que os da área clara, possivelmente compostos por areias finas a muito finas. Já o padrão associado a *ripple sand sheets*, apesar de não ter sido amostrado, muito provavelmente se associe a um fundo composto por areias com cascalhos já que exibe uma intensidade de reflexão similar à observada para o padrão de forte reflexão homogênea.

De maneira geral observa-se que quanto maior a granulometria do sedimento maior é o retorno do sinal acústico, se traduzindo no caso em tonalidades de cinza cada vez mais escuras.

Agradecimentos

Ao projeto de monitoramento ambiental Recifes Artificiais Marinhos (RAM – Victory 8B, Convênio IEMA – DERN/UFES) que forneceu suporte técnico e logístico para a execução desse trabalho. P.H.C agradece a PRPPG/UFES pela concessão de bolsa de iniciação científica durante a vigência da pesquisa.

Referências

- ALBINO, J.; GOMES, R.C. 2005. Modelagem, monitoramento, erosão e ocupação costeira: descrição dos aspectos oceanográficos do litoral do Espírito Santo. Vitória: Instituto do Milênio/Recos, 2005.
- AYRES NETO, A.; AGUIAR, A.C.K.V. 1993. Interpretação de reflexões de *Side Scan Sonar*: uma proposta de nomenclatura e padronização de métodos. In: CONGR. INTER. GEOFÍSICA, 1. Rio de Janeiro, 1993. *Anais...* Rio de Janeiro, p. 399-403.
- AYRES NETO, A. 2000. Uso da sísmica de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. *Brazilian Journal of Geophysics*. Vol. 18 (3), p. 241-256.
- AYRES NETO, A., BAPTISTA NETO, J.A. 2004. Métodos diretos e indiretos de investigação do fundo marinho. In: BAPTISTA NETO, J.A., PONZI, V.R.A., SICHEL, S.E. *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro. Interciência: p.127-152.
- BLOTT, S.J.; PYE, K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics. Package for analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf. Process. Landforms* 26: p. 1237-1248.
- CARANNANTE, G.; ESTEBAN, M.; MILLIMAN, J.D.; SIMONE, L. 1988. Carbonate litofacies as paleolatitude indicators: problems and limitations. *Sedimentary Geology*, 60: 333-346.
- DIAS, G.T.M. 1996. Classificação de sedimentos marinhos proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: CONGR. BRAS. GEOL., 39. *Anais...*, SBG. v. 2, p. 423-426.
- MILLIMAN, J.D. 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil: A synthesis. In: FUCHTBAUER, H.; LISITZYN, A.P.; MILLIMAN, J.D.; SEIBOLD, E. ed. *Contributions to Sedimentology*, Stuttgart, v. 4, p. 151-175.
- MORANG, A.; LARSON, R.; GORMAN, L. 1996. Monitoring the coastal environments; Part III: geophysical and Research Methods. *Journal of Coastal Research*. 13: 1064-1085.
- QUARESMA, V.S.; DIAS, G.T.M.; BAPTISTA NETO, J.A. 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. *Brazilian Journal of Geophysics*. Vol. 18 (2), p. 201-214.
- TUCKER, M.E. 1988. *Techniques in sedimentology*. Blackwell, Oxford. 394p.
- WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for sediments. *Journal Geology* 30: p. 377-392.