

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

ANÁLISE DE DADOS BATIMÉTRICOS PROVENIENTES DE CRUZEIROS DE PROSPECÇÃO DE RECURSOS VIVOS REALIZADOS ENTRE FORTALEZA (CE) E FLORIANÓPOLIS (SC)

Caroline Vieira Cooke¹, Lauro Saint Pastous Madureira², Gilberto Henrique Griep³

¹ Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Oceanografia
Laboratório de Tecnologia Pesqueira, – CP 474, Campus Carreiros, Rio Grande, RS,
CEP 96203-000, ocecvc@furg.br

² Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Oceanografia,
Laboratório de Tecnologia Pesqueira, doclsm@furg.br

³ Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Geologia, Laboratório
de Oceanografia Geológica, ggriep@log.furg.br

Resumo – O Programa de Avaliação dos Recursos Vivos da ZEE (REVIZEE) gerou um banco de dados batimétricos que constitui um acervo a ser analisado, catalogado e disponibilizado. O trabalho analisa dados obtidos ao longo de cinco cruzeiros que cobriram 6.454 milhas entre Fortaleza (3°43'S e 38°32'W) e Florianópolis (27°35'S e 48°32'W), sobre a plataforma, talude e regiões oceânicas. 67,5% das leituras batimétricas ocorreram até 200 m, 20 % de 200 a 1.000 m, e 12,5% acima de 1.000 m. Registros representativos foram *plotados* sobre base georeferenciada para verificar associações com feições geomorfológicas e posteriormente separados em fundos regulares e irregulares, classificados quanto a sua ocorrência. Fundos irregulares foram subdivididos em *coralíneos*, *pock marks* e *canais e vales*, de acordo com a forma, localização geográfica e profundidade. Não se enquadrando nestes tipos, os registros foram denominados irregulares de plataforma, talude ou oceânicos. Este trabalho integra um projeto de elaboração de um SIG da área entre os bancos do Ceará (1°50'S e 38°18'W) e o Chuí (33°41'S e 48°32'W), contendo informações sobre relevo e tipos de sedimentos de fundo e imagens acústicas de diferentes padrões de assoalho marinho, sendo aplicável em projetos que integrem informações oceanográficas, biológicas, geológicas e ambientais.

Palavras-Chave: REVIZEE; batimetria; eco-sondagem

Abstract – The Living Resources of the EEZ Assessment Program (REVIZEE) generated a bathymetric database to be analyzed and catalogued. This study analyses data collected along five research cruises which covered 6.454 nm from Fortaleza (3°43'S and 38°32'W) to Florianópolis (27°35'S and 48°32'W). The surveys covered the shelf, shelf break and offshore regions. 67,5% of the bathymetric data were shallower than 200 m, 20% between 200 and 1.000 m, and 12,5% deeper than 1.000 m. Bottom echo-records were plotted over a geographic base in order to confirm associations with geomorphologic structures. These echo records were divided in regular and irregular seafloor, and classified as over the continental shelf, slope and offshore domains. Irregular floors were subdivided as coralline, pockmarks and canals and valleys, according to shape, geographic localization and depth. Records not included in one of these echotypes were further classified as irregular over the shelf, slope or oceanic. This work integrates a project which aims to generate a GIS of the area between the Bancos do Ceará (1°50'S and 38°18'W) and Chuí (33°41'S and 48°32'W), containing information about the relief, sediments and acoustic images of different seafloor patterns, to be made available and used by oceanographical, biological, geological and environmental integrated studies.

Keywords: REVIZEE Program; bathymetry ; echo-sounder

1. Introdução

A investigação do fundo submarino da plataforma continental brasileira teve início em meados do século XIX. Em 1972 iniciou-se um extenso programa de pesquisas geológicas executado na plataforma continental brasileira, o Projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira) (Zembruski, 1979). Dados sedimentológicos superficiais e sub-superficiais foram obtidos de diferentes cruzeiros oceanográficos (Operações GEOMAR, Operações GEOCOSTA e Operações desenvolvidas para PETROBRAS.)

O estudo das composições geomorfológica e sedimentológica do fundo oceânico torna-se importante à medida que se conhece mais a respeito de relações entre estes parâmetros e a fauna associada, sendo possível identificar seus habitats preferenciais (Castello et al., 1994; Carvalho, 1997). Além disso, o conhecimento do relevo, tipos de fundo e ocorrência ou não de feições geomorfológicas em uma determinada área são de fundamental importância para setores como engenharia oceânica, órgãos de defesa ambiental e indústria do petróleo.

Existem ainda grandes dificuldades para se obter informações em ambientes oceânicos, decorrentes basicamente da inacessibilidade do meio, por consequência de altos custos. Segundo Tegowski (2004) a metodologia acústica, caracterizada como um método não invasivo, apresenta maior versatilidade e efetividade do que as técnicas geológicas tradicionais de investigação submarina. A identificação de características do fundo marinho utilizando a metodologia acústica é possível, uma vez que as propriedades físicas do fundo influenciam significativamente na sua resposta acústica (Collins et al. 1996).

Uma série de estudos do leito marinho realizados com base na aquisição de dados através de metodologia acústica vem sendo efetuados nos últimos anos (Damuth & Hayes, 1977; Costa & Figueredo, 1996; Neto & Figueiredo, 1996; Reddy & Rao, 1997; Hong & Chen, 2000; Tegowski, 2004; Sumida et al., 2004).

Em 1997, com a quebra do monopólio da PETROBRAS sobre a exploração de petróleo no Brasil e criação da ANP (Agência Nacional do Petróleo), iniciou-se uma nova era na exploração petrolífera brasileira. Órgãos governamentais de defesa ambiental criaram uma série de pré-requisitos ambientais como salvaguarda, para as práticas de prospecção, extração e transporte do petróleo.

De acordo com a Lei Federal 6.938/81 e a Resolução CONAMA 237 empreendimentos de extração, tratamento e transporte de petróleo, são obrigados a dispor de licença ambiental para operarem. Extração de combustível fóssil, portos e terminais de petróleo, oleodutos e gasodutos tidos como atividades modificadoras do meio ambiente estão sujeitas à elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) (Manual de Licenciamento Ambiental, 2004).

Para a realização do EIA/RIMA deve-se levar em consideração os impactos diretos e indiretos da atividade, e fazer um levantamento de todas as características da área, tanto as relacionadas à biota quanto ao ambiente físico (PETROBRAS, 2003).

A disponibilidade de dados, de fácil acesso, sobre os fundos submarinos da costa do Brasil é pequena. Salienta-se ainda que relatórios de impacto muitas vezes careçam de informações geológicas e biológicas, o que gera uma demora acentuada na sua realização.

Para atender as obrigações da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) junto a ONU, o Brasil iniciou em 1987 e 1996, os Programas LEPLAC (Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira) e REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), respectivamente.

O banco de dados de fundo, acusticamente coletados ao longo do Programa REVIZEE, constitui um grande acervo de informações, que precisam ser devidamente analisadas, catalogadas e disponibilizadas. Tais informações podem servir como uma importante ferramenta, proporcionando um levantamento geomorfológico e sedimentar de determinadas áreas, e vir a subsidiar, de forma ágil, futuras tomadas de decisão.

Tendo como área de estudo a plataforma continental, talude e região oceânica compreendidas entre Fortaleza(CE) e a Ilha de Santa Catarina (SC), incluindo as ilhas oceânicas, este estudo objetiva gerar um catálogo georeferenciado das principais feições de fundo marinho, a partir da análise das informações contidas no banco de dados hidroacústicos, do Laboratório de Tecnologia Pesqueira (FURG).

2. Metodologia

Foram analisados dados provenientes de cinco cruzeiros nos quais utilizou-se eco-sonda científica para a coleta de dados. Tais cruzeiros foram realizados entre os anos de 1999 e 2004 e cobriram uma área que se estende desde Fortaleza (CE) à Ilha de Santa Catarina (SC), tendo amostrado sobre a plataforma continental, talude e regiões oceânicas, totalizando 6454 milhas. A figura 1 apresenta o mapa com os perfis prospectados nos cruzeiros.

Os dados foram obtidos através de eco-sondas científicas (SIMRAD EK500 e OSSIAN 1500) que operaram na frequência de 38 kHz, com duração de pulso de 1ms, ao longo de um desenho amostral previamente determinado. As sondas foram devidamente calibradas de acordo com Foote (1982) e MacLennan & Simmonds (1992).

Os dados acústicos foram armazenados em formato de *telegramas* contendo informações batimétricas e de dureza do fundo (*Bottom Surface Backscattering Strength* – BSBS, em decibéis), coletadas ping a ping. Além de outras informações relevantes a parte biológica do estudo.

Os dados foram armazenados, através do software MOVIES + v. 3.1, contendo o georeferenciamento dos pulsos acústicos ao longo dos perfis. Os registros foram também impressos sob a forma de ecogramas.

As informações contidas nos telegramas foram subdivididas em três classes batimétricas: 10 a 200, 200 a 1000 e acima de 1000 m. O percentual de leituras batimétricas realizadas em cada uma das classes foi calculado.

Foi realizada uma análise minuciosa dos arquivos digitais do Movies +, através de interpretação visual para a classificação de registros acústicos, que foram *plotados* sobre uma base georeferenciada para a localização dos mesmos sobre as bacias sedimentares brasileiras além da análise de sua possível associação com feições geomorfológicas.

Os registros foram agrupados em dois grandes grupos, a saber: fundos regulares e irregulares. Caracterizou-se como fundo regular, todo fundo liso, com poucas irregularidades, livre de estruturas como cabeços ou canais. Os fundos irregulares foram caracterizados como sendo fundos com topografia acidentada, incluindo poços e fossas.

Tanto os tipos regulares quanto os irregulares foram classificados quanto a sua ocorrência sobre a plataforma continental, talude ou área oceânica.

Trata-se por plataforma continental as áreas que apresentam configurações mais ou menos planas, suavemente inclinadas mar adentro, com profundidade média de 130 m, variando de menos de 35 a 240 m, estendendo-se a costa até a “zona de quebra”. O talude constitui a porção mais íngreme do piso marinho, desenvolvendo-se, em geral, entre as profundidades de 100-200m e 1300 a 2300m, podendo atingir até 8200 m em áreas onde se estende pelas fossas oceânicas. Áreas além do sopé continental foram denominadas oceânicas, incluindo o piso abissal, elevações ou maciços e montes e cordilheiras submarinas (CHAVES *et al*, 1979).

Define-se ecotipo como padrões de eco-registros que apresentam características morfolologicamente consistentes e com continuidade lateral. Assim, os fundos irregulares foram subdivididos em três ecotipos de fundo particulares, de acordo com a forma, localização geográfica e profundidade local. São eles: *fundos coralíneos*, *pock marks* e *canais e vales*. Quando não se enquadraram em nenhuma destas classes, os registros foram denominados simplesmente fundos irregulares de plataforma, talude ou oceânico.

A figura 1 apresenta o mapa da área de estudo, dividida em quatro sub-áreas para melhor visualização dos perfis e das posições dos registros de fundo selecionados.

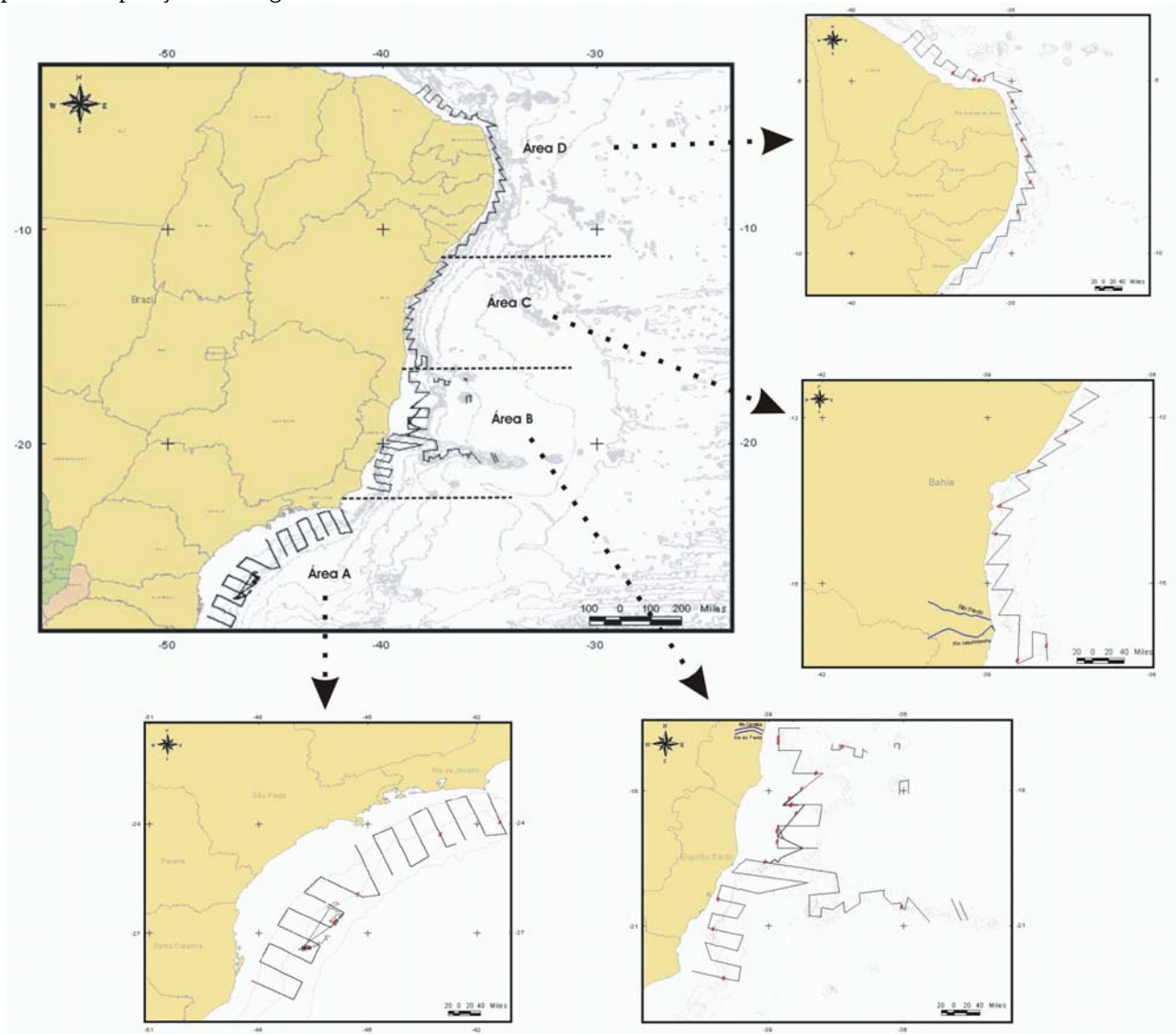


Figura 1: Mapa da área de estudo. As linhas cinzas indicam a derrota percorrida pelas embarcações, e os pontos vermelhos as posições dos registros selecionados.

3. Resultados e Discussão

A análise dos dados batimétricos indica uma concentração de leituras na faixa até 200 m, totalizando 67,5% das leituras. As faixas de 200 a 1000 m e maiores do que 1000 m representam 20 e 12,5%, respectivamente.

Os registros classificados como regulares distribuíram-se ao longo de toda a área de estudo, e foram classificados como de plataforma, talude e oceânico. A figura 2 apresenta eco-registros de fundo regulares de plataforma e talude.

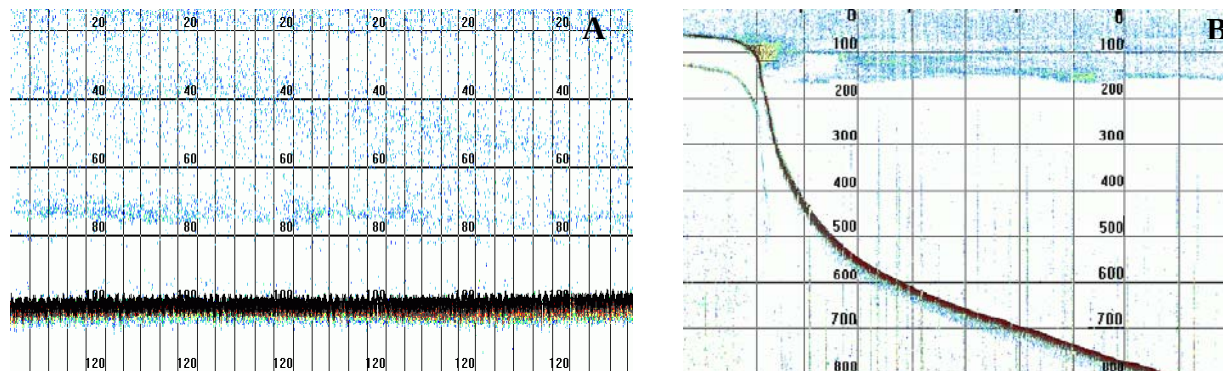


Figura 2: Exemplo de registros de fundos regulares de plataforma (A) e de talude (B)

Os registros irregulares que não se enquadraram nas três classes de ecotipos citadas (*coralíneos*, *pock marks* e *canais e vales*), foram classificados em de plataforma, talude ou oceânicos. A figura 3 apresenta eco-registros de fundo irregulares de plataforma e talude.

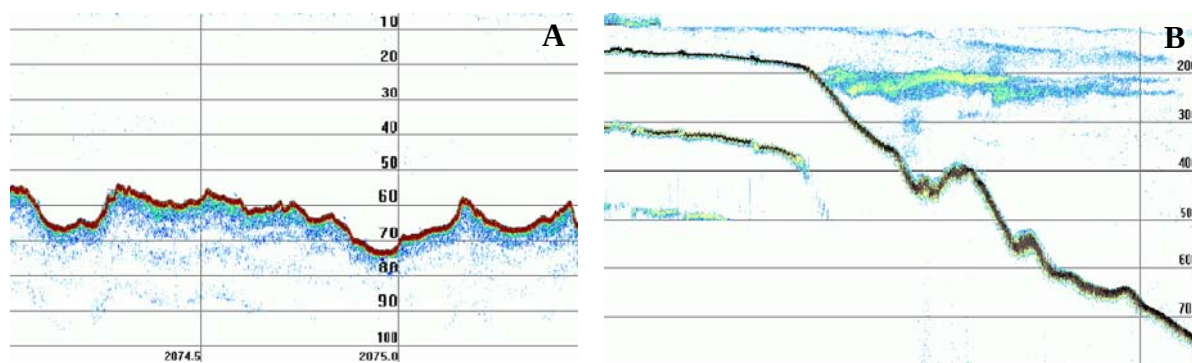


Figura 3: Exemplo de registros de fundos irregulares de plataforma (A), de talude (B).

Os registros de fundo irregulares classificados como coralíneos apresentaram variações marcantes, tanto no que se refere à altura dos “cabeços ou chapeirões”, que se afilam em direção a superfície, quanto na sua base, com larguras de até 100m. Tais estruturas repetem-se consecutivamente, apresentando pouca distancia entre elas. Este tipo de registro foi encontrado em águas rasas (até 50 m de profundidade), altamente concentrados sobre o banco de Abrolhos (área B). A figura 4 apresenta um exemplo de registro do ecotipo coral sobre o banco de Abrolhos (BA).

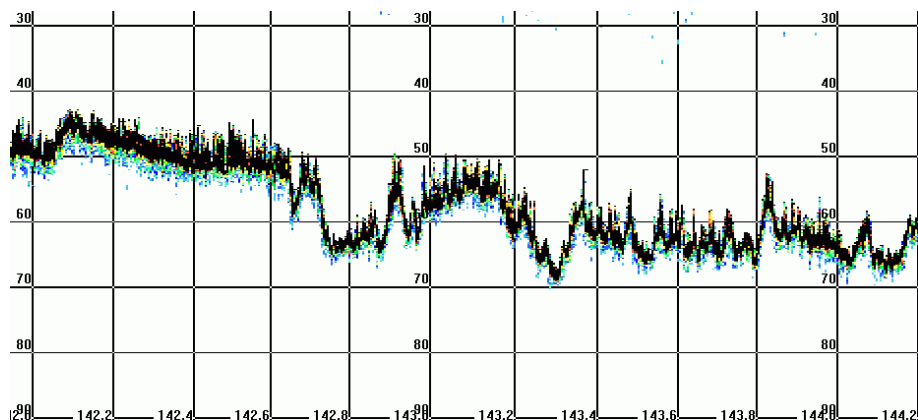


Figura 4: Registro de fundo coralíneo sobre o banco de Abrolhos

O ecotipo coral encontrado sobre o Banco de Abrolhos provavelmente faz parte do arco externo, que segundo Leão (1999), se localiza a cerca de 70 km da costa, a leste do Arquipélago e é formado por chapeirões isolados que não se coalescem lateralmente formando bancos recifais, como ocorre no arco costeiro, que se localiza mais próximo da costa.

Também foram encontrados alguns registros possivelmente coralíneos na plataforma da costa do Rio Grande do Norte, sobre a bacia Potiguar (área D). Palma (1979), afirma que o relevo da plataforma desta área é constituído de superfícies relativamente planas, alternadas com feições irregulares de recifes de algas, com formações bioconstruídas predominando na plataforma externa, embora apareçam também nas partes mais internas.

Registros de corais de profundidade foram encontrados associados ao ecotipo classificado como pockmarks, estes, no entanto, apresentaram o registro bastante diferenciado dos corais de águas rasas.

Os registros de pockmarks foram obtidos sobre a Bacia de Santos, na posição 26°S e 46°W. Um estudo a respeito destes registros foi recentemente publicado por Sumida *et al* (2004), que descreveram os pockmarks como estruturas tipo crateras, de fundos moles de granulometria fina, comumente encontradas ao longo da margem continental, atribuídos a episódicas e catastróficas expulsões de fluidos. Os registros apresentam formas circulares a elípticas e localizam-se em torno dos 700 ms de profundidade (figura 5).

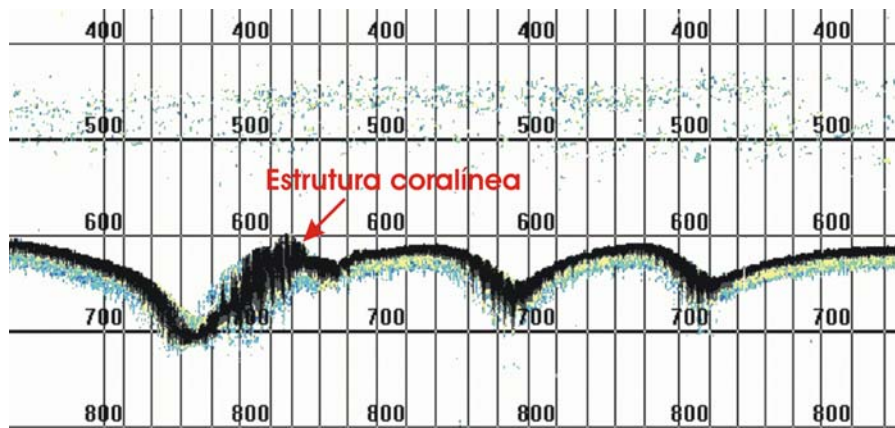


Figura 5: Registro de fundo apresentando pockmarks com estrutura coralínea associada.

Como ecotipo denominado canais ou vales foram selecionados registros que podem representar canyons, ravinas ou canais encontrados na porção submarina. Foram encontrados predominantemente sobre a plataforma, nas áreas ao norte do Espírito Santo (B, C e D).

Vários canais foram registrados no trecho em que a plataforma se estreita entre os Bancos Royal Charlotte e dos Abrolhos. Segundo França (1979), estes canais compõem um padrão de drenagem detritica; a maioria ocorrendo a cerca de 60 m de profundidade, com 30 a 40 km de extensão, não apresentando continuidade, pelo menos marcante, no talude. De acordo com o autor esses canais estariam relacionados ao escoamento pretérito, através dessa superfície, hoje afogada, dos rios Itanhém, Jucuruçu e do Frade (figura 6).

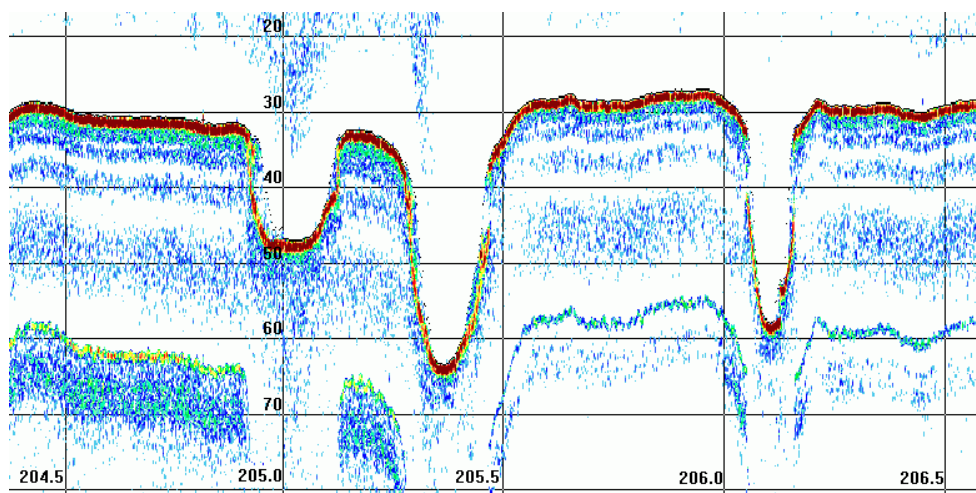


Figura 6: Registro de canais na área entre os Bancos Royal Charlotte e dos Abrolhos.

Este trabalho é parte de um projeto no qual se pretende elaborar um SIG da área compreendida entre os bancos oceânicos do Ceará (CE) e o Chuí (RS), contendo informações sobre o relevo e os tipos de sedimentos de fundo e figuras ilustrativas de diferentes padrões de fundo. Os dados aqui apresentados correspondem a 33% de todo o universo de dados batimétricos coletados pelo Laboratório de Tecnologia Pesqueira (Fundação Universidade Federal do Rio Grande). Os dados restantes serão analisados e catalogados seguindo metodologia semelhante à descrita neste trabalho.

Ao final pretende-se apresentar uma análise quali-quantitativa dos tipos de fundo, por estrato batimétrico e por bacia sedimentar da totalidade dos dados disponíveis. Com a posterior disponibilização deste produto, será possível a realização de pesquisas/consultas, proporcionando agilidade no acesso à informação.

Os cruzeiros utilizados para o presente estudo são partes do programa de levantamento dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (REVIZEE). Limitam-se da bacia do Ceará até bacia de Pelotas, assim, parte substancial dos perfis se localizou sobre blocos de exploração de petróleo, contribuindo para o maior detalhamento geológico de áreas de interesse para indústria do petróleo no Brasil. O trabalho completo apresenta o mapa georeferenciado da costa brasileira com a localização dos perfis sobre as bacias sedimentares e blocos petrolíferos.

5. Conclusão

O presente trabalho apresenta uma substancial coleção de informações geradas a partir da utilização de eco-sondas ao longo de 6.454 milhas náuticas, regularmente dispostas nas regiões sul, sudeste, central e nordeste do Brasil. No total serão analisadas 20.388 milhas náuticas. A alta amostragem acústica permite uma resolução de feições de fundo da ordem de metros, principalmente sobre a plataforma onde o número de pulsos por milha é superior às áreas mais profundas. A identificação destas feições será de utilidade nas áreas biológica, geológica e ambiental, respectivamente gerando a caracterização de substratos disponíveis, detalhando a morfologia do leito oceânico em termos de micro-escala e auxiliando em processos de licenciamento ambiental, além de servir como orientação para instalação de dutos ou instrumentos sobre o leito marinho.

6. Referências

- CARVALHO, L.R. DE. 1997. Caracterização acústica da refletividade da superfície do fundo oceânico entre o Cabo de São Tomé (22°00'S) e o Cabo Santa Marta Grande (28°48').
- CASTELLO, J.P.; YAMAGUTI, N.; CORREA, F.M.; LEDO, B.S. DE. 1994. Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul-sudeste do Brasil. Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas – FUNDESPA. Petróbrás. 427p.
- CHAVES, H.A.F.; ZEMBRUSCKI, S.G.; FRANÇA, A.M.C. 1979. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório final.177p. Projeto REMAC.
- COLLINS, W.; GREGORY, R.; ANDERSON, J. 1996 A Digital Approach to Seabed Classification. Sea Technology, vol 37, nº8.
- DAMUTH, J.E. & HAYES, D.E. 1977. Echo Character of the East Brazilian Continental Margin and its Relationship to Sedimentary Processes. Marine Geology.(73-79). Série Projeto REMAC, Nº 5 (293-315).
- FOOTE, K. J., 1982. Optimizing copper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment. J. Acoust. Soc. Am. 71, 742-747.
- FRANÇA, A.M.C. 1979. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e das bacia oceânica adjacentes. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório final.177p. Projeto REMAC.
- HONG, E. & CHEN, I. 2000. Echo characters and sedimentary processes along a rifting continental margin, northeast of Taiwan. Continental Shelf Research, 20. 599-617.
- LEÃO, Z.M.A.N. 1999. Abrolhos – O Complexo recifal mais extenso do Oceano Atlântico Sul. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 090. Publicado na internet no endereço: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio090.htm>.
- MACLENNAN, D.N. & SIMMONDS, E.J. 1992. Fisheries Acoustic. Chaoman & Hall. Fish and Fisheries Series 5.
- MANUAL DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL. Guia de procedimento passo a passo.2004. FIRJAN, Rio de Janeiro: GMA, 23p.
- PALMA, J.J.C. 1979. Geomorfologia da plataforma continental norte brasileira. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório final.177p. Projeto REMAC.
- PETROBRAS. 2003. Relatório de Impacto Ambiental -RIMA do Sistema de Rebombeio Autônomo e Escoamento do Campos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador Complexo PDET – Trecho Marítimo.85p
- REDDY, D.R & RAO.T.S.1997. Echo characters of the continental margin, western India. Bay of Bengal. Marine Geology, 140. 201-217.
- SUMIDA, P.Y.G.; YOSHINAGA, M.Y.; MADUREIRA, L.A.S.; HOVLAND, M. 2004. Seabed pockmarks associated with deepwater corals off SE. Brazilian continental slope, Santos Basin. Marine Geology, 207. 159-167.
- ZEMBRUSCKI, S.G. 1979. Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas Adjacentes. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Série Projeto REMAC, Nº 7.
- TEGOWSKI, J. 2004. Acoustical classification of the bottom sediments in the southern Baltic Sea. Quaternary International.