

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**AVALIAÇÃO HIDROACÚSTICA DOS
EFEITOS CAUSADOS POR BANCOS
SUBMARINOS E ILHAS SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO E DENSIDADE ACÚSTICA
DE ORGANISMOS PELÁGICOS, NA ZONA
ECONÔMICA EXCLUSIVA DAS REGIÕES
CENTRAL E NORDESTE DO BRASIL**

STEFAN CRUZ WEIGERT

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE

Orientador: Lauro Saint Pastous Madureira

RIO GRANDE
Fevereiro de 2006

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Kiko e Tânia, e minha irmã Ingrid, por tudo. A eles dedico esta dissertação.

Aos grandes amigos que integram a competente equipe de hidroacústica do Laboratório de Tecnologia Pesqueira (FURG), cuja colaboração incondicional foi fundamental para o desenvolvimento desta dissertação:

Neiva Corrêa das Neves, que com sua experiência como secretária, possibilita a tranqüilidade necessária para o desenvolvimento de todos os projetos de pesquisa do laboratório. Além, é claro, de fazer às vezes de “mãe-amiga”, sempre participando dos bons momentos, e segurando a onda nos maus;

Marcelo Peres de Pinho, o competente Engenheiro de Computação, capaz de gerar excelentes produtos gráficos, a partir de uma matriz de dados e uma mirabolante idéia dos Oceanólogos de plantão. O cara resolve, calmamente, os problemas computacionais mais insólitos, sempre baseado na máxima: “reinicializa a máquina...”;

Antônio Carlos Duvoisin, Engenheiro Eletricista responsável pelo bom funcionamento de todo o sistema acústico do N. Oc. Atlântico Sul, cujo trabalho foi, e continua sendo, fundamental para as coletas de dados hidroacústicos com essa embarcação: “desmontar e montar a EK500 e a sonda de rede?! ... prá quando vocês querem??”;

Paula Campos, a mais nova integrante da equipe que, de chegada, já demonstrou estar à altura de integrá-la. Agradeço o importante auxílio na fase final desta dissertação, e desejo boa sorte nas etapas que virão.

Caroline Vieira Cooke, amigona, colega de laboratório, namorada, parceira de festas e viagens, e recente colega de profissão. Academicamente, tive o prazer de acompanhar seu crescimento e amadurecimento como pesquisadora, desde o início do curso de sua graduação em Oceanologia, e é com satisfação que hoje eu a vejo como uma competente Oceanóloga, com potencial para ir muito além. Obrigado por tudo, LOIRINHA EU TE AMO...

Lauro Saint Pastous Madureira, o coordenador e principal responsável pelo ótimo desempenho da equipe (de amigos) acima citada. Agradeço pela sábia orientação, não só durante o período do Mestrado, mas ao longo destes quase cinco anos em que trabalhamos juntos e, em especial, pelo companheirismo e amizade demonstrados.

Ao amigo Cado Habiaga, pelos ensinamentos passados, principalmente, a bordo do N.Oc. Atlântico Sul.

À tripulação do N.Oc. Atlântico Sul, em especial aos amigos Homero, Claiton, Zezinho, Zelito, Matraca, Sulmar, Serginho, Diego e Zé Maria, cujo companheirismo fez com que me sentisse em casa, cada vez em que estive a bordo.

Às equipes que trabalharam embarcadas, na coleta e processamento de dados acústicos, ambientais e biológicos.

Ao amigo Ricardo Geraldi e ao Prof. Kinas, pelas dicas e discussões relacionadas às análises estatísticas.

Aos membros da banca examinadora, Profs. Duda, Zéca e Mafalda, pelas sugestões e críticas para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Programa REVIZEE, pela concessão dos dados utilizados, e a CAPES pela concessão da bolsa de estudo, durante os dois anos do Mestrado.

À gurizada do Cassino (Bala, Leonardo, Gabixa, Gusp, Fernandinho, Thiago, Karen e Richard) e de Porto Alegre (Benfica, Jô, Coyoti, Anne, Peppe, Mari, Mano, Mana, Koringa e Mariscão), pelos churrascos, cervejas geladas, e bons momentos que passamos reunidos.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
RESUMO	XII
SUMMARY	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Área de estudo	1
1.2. Importâncias das feições geomorfológicas de fundo no processo de enriquecimento local	4
1.3. Utilização da metodologia acústica como ferramenta de estudo	7
1.4. Justificativa	8
1.5. Hipótese e Objetivos	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1. Cruzeiros de Pesquisa	10
2.2. Coleta e Processamento de Dados Acústicos	13
2.3. Coleta e Processamento de Dados Ambientais	20
2.4. Coleta e Processamento de Dados Biológicos	22
3. RESULTADOS	28
3.1. Caracterização Ambiental da Área de estudo	28
3.2. Caracterização dos eco-registros detectados pelas sondas	41
1) Camada Oceânica	43
2) Ecotipo Myctophidae	44
3) Camada Oceânica com Myctophidae	46
4) Nuvem de Quebra	47
3.3. Distribuição horizontal da densidade acústica total	50
3.4. Análise estatística dos dados de densidade acústica	63
3.5. Perfis verticais de temperatura	74
4. DISCUSSÃO	91
4.1. Caracterização Ambiental da Área de estudo	91
4.2. Caracterização dos eco-registros detectados pelas sondas	93
4.3. Distribuição dos valores de densidade acústica total e suas interações com o ambiente físico	98
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	103
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Período, dias efetivos de mar e extensão total da varredura acústica, dos cruzeiros realizados nas regiões Central e Nordeste do Brasil. .	10
Tabela 2 – Extensões de varredura acústica, superfícies prospectadas, e o Grau de Cobertura, para os setores considerados na análise.	12
Tabela 3 – Características dos equipamentos e configuração dos parâmetros acústicos, utilizados em cada cruzeiro.	13
Tabela 4 – Limites das camadas de integração, em metros.	16
Tabela 5 – Número de estações oceanográficas de CTD, e de amostragem biológica, em cada um dos setores de interesse.	24
Tabela 6 – Estatística descritiva dos dados de temperatura e salinidade, utilizados para a elaboração dos diagramas T-S, de cada cruzeiro de pesquisa.	28
Tabela 7 – Estatística descritiva dos dados de temperatura e salinidade, utilizados para a elaboração dos diagramas T-S, de cada setor considerado, na costa leste.	30
Tabela 8 – Estatística descritiva dos dados de temperatura e salinidade, utilizados para a elaboração dos diagramas T-S, de cada setor considerado, na região Nordeste.	35
Tabela 9 – Horário, posição geográfica e profundidade local iniciais, profundidade de operação da rede de meia água, e ecotipos amostrados em cada um dos lances representativos, realizados no cruzeiro REVIZEE-NE, por setor considerado.	43
Tabela 10 – Características dos ecotipos apresentados, em termos de profundidades mínimas e máximas dos locais de ocorrência, e da posição dos registros na coluna d'água, e suas respectivas extensões verticais.	50
Tabela 11 – Número de leituras e representatividade dos valores de densidade acústica, nas classes definidas, para os setores das regiões Central e Nordeste, do Brasil.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo, destacando os trechos de prospecção acústica, sobre e nos entornos dos bancos submarinos e ilhas das regiões Central e Nordeste, da ZEE brasileira.	2
Figura 2 – Locais de amostragens ambientais e biológicas nos setores Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, e Cadeia de Abrolhos, na região Central do Brasil.....	25
Figura 3 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Cadeia Vitória Trindade, na região Central do Brasil.	26
Figura 4 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Bancos Oceânicos do Ceará, na região Nordeste do Brasil.	26
Figura 5 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Atol das Rocas, na região Nordeste do Brasil.....	27
Figura 6 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Arquipélago de São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil.	27
Figura 7 – Diagramas T-S elaborados a partir dos dados ambientais coletados nos cruzeiros de pesquisa Bahia 1 (A) e REVIZEE-NE (B)	29
Figura 8 - Diagramas T-S elaborados a partir dos dados ambientais coletados nos setores Bancos Costeiros (A), Cadeia de Abrolhos (B) e Cadeia Vitória Trindade (C), na região Central do Brasil.....	31
Figura 9 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Bancos Costeiros, na região Central do Brasil.	32
Figura 10 - Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Cadeia de Abrolhos, na região Central do Brasil.	33
Figura 11 - Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Cadeia Vitória Trindade, na região Central do Brasil.	33
Figura 12 – Valores médios de profundidade mínima de detecção da ACAS, para os setores da região Central. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança, calculado a partir do desvio padrão em torno das médias, considerando um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).	34

Figura 13 – Diagrama T-S elaborado a partir dos dados ambientais coletados no Banco Aracati (A) e nos Bancos da Cadeia Norte (B), na região Nordeste do Brasil.	36
Figura 14 - Diagrama T-S elaborado a partir dos dados ambientais coletados no Atol das Rocas (A) e em São Pedro e São Paulo (B), na região Nordeste do Brasil.	36
Figura 15 – Diagrama T-S elaborado a partir dos dados ambientais coletados nas regiões oceânicas profundas entre Natal e Fernando de Noronha (A), e Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo (B), na região Nordeste do Brasil.	37
Figura 16 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Banco Aracati, na região Nordeste do Brasil.	38
Figura 17 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Cadeia Norte, na região Nordeste do Brasil.	38
Figura 18 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Atol das Rocas, na região Nordeste do Brasil.	39
Figura 19 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil.	39
Figura 20 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados em região oceânica profunda, durante a navegação entre Natal e Fernando de Noronha, na região Nordeste do Brasil.	40
Figura 21 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados em região oceânica profunda, durante a navegação entre Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil.	40
Figura 22 – Valores médios de profundidade mínima de detecção da ACAS, para os setores da região Nordeste. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança, calculado a partir do desvio padrão em torno das médias, considerando um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).	41

Figura 23 - Ecotipo Camada Oceânica	44
Figura 24 - Ecotipo Myctophidae, aspecto diurno.	45
Figura 25 – Camada densa caracterizada como ecotipo Myctophidae, aspecto diurno.....	45
Figura 26 – Migração vespertina do ecotipo Myctophidae	46
Figura 27 - Ecotipo Camada Oceânica com Myctophidae	47
Figura 28 - Ecotipo Nuvem de Quebra.....	48
Figura 29 – Registros denominados Peixe-porco.	49
Figura 30 – Registros denominados Cardumes de Fundo não identificados... 49	
Figura 31 – Distribuição de densidade acústica nos setores Bancos Costeiros (Royal Charlotte e dos Abrolhos), e Cadeia de Abrolhos (Minerva, Rodger e Hotspur), na região Central do Brasil.	52
Figura 32 – Distribuição de densidade acústica nos setores da Cadeia Vitória Trindade (Bancos Besnard, Eclairer, Vitória, Montague, Jaseur e Davis), na região Central do Brasil.....	52
Figura 33 – Densidade acústica (NASC transformado), em função da região da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados durante o cruzeiro Bahia 1, nos período diurno. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	53
Figura 34 – Distribuição de densidade acústica nos setores dos Bancos Oceânicos do Ceará (Bancos Aracati, Leste, do Meio, Mundaú e Continental), na região nordeste do Brasil.	54
Figura 35 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados sobre os Bancos do CE e durante as navegações entre eles, nos diferentes períodos do dia. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	55
Figura 36 – Distribuição de densidade acústica no setor Atol das Rocas, na região Nordeste do Brasil.....	56
Figura 37 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados imediatamente a oeste e a leste do Atol das Rocas, no período noturno. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste	

de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	57
Figura 38 – Distribuição de densidade acústica no setor Fernando de Noronha, na região Nordeste do Brasil.....	58
Figura 39 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados imediatamente a oeste e a leste do Arquipélago de Fernando de Noronha, no período diurno. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$)......	58
Figura 40 – Distribuição de densidade acústica no setor São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil. A ponta da seta indica a posição exata do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.....	59
Figura 41 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados imediatamente a oeste e a leste do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, nos diferentes períodos do dia. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	60
Figura 42 – Representatividade da densidade acústica, por camada de integração, para os setores Bancos Costeiros (A) e Cadeia de Abrolhos (B), na região Central do Brasil.....	61
Figura 43 – Representatividade da densidade acústica, por camada de integração, para os setores da Cadeia Vitória Trindade (A e B), na região Central do Brasil.....	61
Figura 44 – Representatividade da densidade acústica, por camada de integração, para os setores dos Bancos do Ceará (A) e Ilhas Oceânicas (B), na região Nordeste do Brasil.....	62
Figura 45 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do período do dia, referentes aos dados de densidade acústica total, do cruzeiro REVIZEE-NE. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$)......	63
Figura 46 – Densidade acústica (NASC) transformado, em função do cruzeiro de pesquisa, referente aos dados de densidade acústica total, dos cruzeiros	

Bahia 1 e REVIZEE-NE (dia). As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	64
Figura 47 – Densidade acústica (NASC transformado), em função das diferentes províncias oceanográficas, referente aos dados de densidade acústica total, do cruzeiro Bahia 1. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	65
Figura 48 – Densidade acústica (NASC transformado), em função das diferentes províncias oceanográficas, para os períodos diurno e noturno, referente aos dados de densidade acústica total, do cruzeiro REVIZEE-NE. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	66
Figura 49 – Profundidades médias, mínimas e máximas de Topo das feições geomorfológicas consideradas, para o cruzeiro Bahia 1.....	67
Figura 50 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias, para os setores Abrolhos (A), Royal Charlotte (B), Minerva e Rodger (C) e Hotspur (D). Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	68
Figura 51 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias, para os setores Besnard (A), Vitória (B), Jaseur (C) e Davis (D). Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	69
Figura 52 – Profundidades médias, mínimas e máximas de topo das feições geomorfológicas, para o cruzeiro REVIZEE-NE.....	70
Figura 53 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias,, considerando os períodos do dia, para os setores B. Aracati (A), B. Leste (B), B. do Meio (C) e B. Mundaú (D). Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	72
Figura 54 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias, considerando os períodos do dia, para os setores B. Continental (A), A. das	

Rocas (B), F. de Noronha (C) e São Pedro e São Paulo (D). Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	73
Figura 55 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Royal Charlotte.....	75
Figura 56 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco dos Abrolhos.....	76
Figura 57 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Minerva.....	77
Figura 58 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Rodger.....	78
Figura 59 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Besnard.....	79
Figura 60 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Vitória.....	80
Figura 61 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Jaseur.....	81
Figura 62 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Davis.....	82
Figura 63 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Aracati.....	83
Figura 64 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Leste.....	84
Figura 65 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco do Meio.....	85
Figura 66 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Mundaú.....	86
Figura 67 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Continental.....	87
Figura 68 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o setor Atol das Rocas.....	88
Figura 69 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o setor São Pedro e São Paulo.....	89

Figura 70 – Exemplos de eco-registros obtidos durante as varreduras acústicas no setor Fernando de Noronha. A = topo profundo do Alto Fundo Drina, sem efeito aparente sobre a densidade dos registros biológicos; B = concentração de organismos sobre o topo da feição; e C = concentração de organismos na quebra de plataforma. 90

RESUMO

Montes submarinos são as principais feições topográficas de fundo oceânico. Com uma gama considerável de alturas e profundidades de topo, dispondo de uma variedade de tipos de substratos e *habitats*, constituem importantes ecossistemas para a biota de regiões oceânicas. Ao longo da ZEE das regiões Central e Nordeste registra-se a presença de diversos bancos e ilhas oceânicas, as quais compreendem a área de estudo do presente trabalho. Essas áreas foram prospectadas com metodologia hidroacústica ao longo de dois cruzeiros, executados nas regiões Central e Nordeste do Brasil. Os dados hidroacústicos, ambientais e biológicos provenientes desses dois cruzeiros foram analisados a fim de classificar os eco-registros detectados, estudar possíveis alterações na estrutura termohalina decorrentes da presença de bancos e ilhas, e avaliar a relação entre a presença destas feições e a distribuição e abundâncias de organismos pelágicos. Os eco-registros detectados pela sonda, na região Nordeste do Brasil, nos setores Bancos Oceânicos do Ceará, Atol das Rocas e Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo, foram classificados nos ecotipos Camada Oceânica, Myctophidae, Camada Oceânica com Myctophidae e Nuvem de Quebra. Efeitos da presença dos bancos e ilhas, provocando alterações nas características termohalinas locais, não foram evidenciados a partir dos dados ambientais disponíveis. Não foi observado um padrão claro na distribuição dos valores de densidade acústica nos entornos das feições consideradas no presente estudo, indicando diferenças locais associadas às mesmas. Eventos de migração nictemeral foram frequentemente observados e hidroacusticamente registrados. Essas migrações estabelecem importantes diferenças nos níveis de densidades acústicas durante o dia e a noite. No período noturno as densidades são mais elevadas entre a superfície e os 500 m, limite das prospecções, do que no período diurno. Tais eventos são, provavelmente, de destacada importância ecológica para a região.

Palavras-chave: Efeito Banco, Ecotipos, Hidroacústica, Programa REVIZEE, Zona Econômica Exclusiva das regiões Central e Nordeste do Brasil.

SUMMARY

Seamounts are the main topographical features of the oceanic bottom. With a considerable range of heights and top depths, and a variety of substrata and different habitats, constitute important ecosystems. Along the Exclusive Economic Zone (ZEE) of the Central and Northeast coasts of Brazil several oceanic banks and islands exist and are the geographical area of the present study where two acoustic assessment cruises were carried out. The aims of this study are the classification of the echo records, to evaluate possible alterations in the thermohaline structure due the presence of banks and islands, and the analysis of the relationship between the presence of these features and the distribution and abundance of pelagic organisms. Hydroacoustic, environmental and biological data derived from such cruises were used. The echo records were classified in the Oceanic Layer, Myctophidae, Oceanic Layer with Myctophidae and Cloud of Break echo types. Evidences were not found of the effects of the presence of banks and islands in the local thermohaline structure, with the available data. A clear pattern was not observed in the distribution of the recorded acoustic density around the features, indicating local differences associated to the same ones. Strong and important vertical migration events were frequently observed and recorded. Acoustic densities observed from the surface down to 500 m, maximum assessed depth, were higher during the night compared to daylight hours. Such events are, probably, ecologically very important in the studied area.

Key-words: Bank Effect, Echo types, Exclusive Economical Area of Central and Northeast coast of Brazil, Hydroacoustic, REVIZEE.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais obstáculos ao gerenciamento das atividades efetuadas sobre os ecossistemas marinhos é a carência de uma compreensão adequada da estrutura e dinâmica dos sistemas em questão. Descrever o ecossistema marinho, as partes que o integram, e as relações das mesmas entre si e com o ambiente físico, representa o primeiro passo para seu melhor entendimento e a realização de um gerenciamento adequado de seus recursos. (Laevastu *et al.*, 1996).

Neste contexto, o Programa Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) objetiva fornecer dados técnico-científicos consistentes e atualizados, atendendo os dispositivos da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar – CNUDM - (Freire, 2003; Rossi-Wongtschowski & Cergole, 2003).

A Zona Econômica Exclusiva (ZEE) constitui um novo conceito de espaço marítimo introduzido pela CNUDM, sendo definida como uma área que se estende desde o limite exterior do Mar Territorial, de 12 milhas náuticas de largura, até 200 milhas da costa, no caso do Brasil. De acordo com Freire (2003), a ZEE brasileira foi subdividida em quatro grandes regiões – Norte, Nordeste, Central e Sul – de acordo com suas características oceanográficas, biológicas e tipo de substrato dominante.

1.1. Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho, compreende as feições geomorfológicas, tais como bancos submarinos e ilhas, observadas ao longo das regiões Central e Nordeste da ZEE brasileira (Figura 1).

Na região Central foram analisados dados hidroacústicos, ambientais e biológicos coletados sobre os Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, e as Cadeias de montanhas submarinas de Abrolhos e de Vitória Trindade.

Na região Nordeste foram analisados os dados coletados sobre os Bancos Oceânicos do Ceará, componentes da Cadeia Norte do Brasil, nos entornos do Atol das Rocas e do Arquipélago de Fernando de Noronha, componentes da Cadeia de Fernando de Noronha, e do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

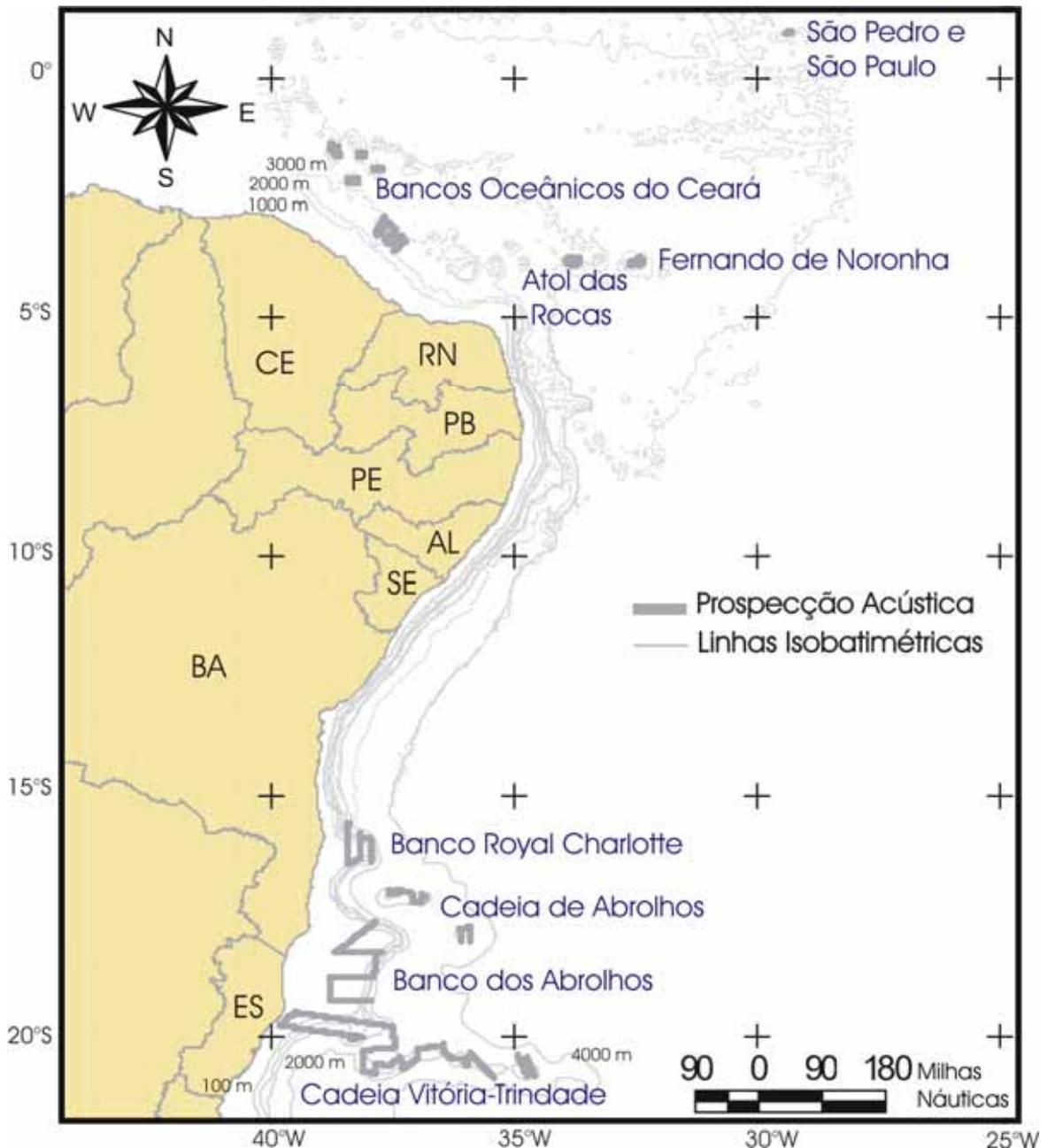


Figura 1 – Área de estudo, destacando os trechos de prospeção acústica, sobre e nos entornos dos bancos submarinos e ilhas das regiões Central e Nordeste, da ZEE brasileira.

O ambiente oceanográfico é dominado pela Corrente Sul Equatorial (CSE), a qual se bifurca na Corrente Norte do Brasil (CNB), que segue rumo as Guianas, e na Corrente do Brasil (CB), na direção sul. Tal bifurcação ocorre quando a CSE encontra a massa continental do território brasileiro, na altura das latitudes 5°S e 10°S (Peterson e Stramma, 1991; Castro e Miranda, 1998; Ekau e Knoppers, 1999; Silveira *et al.*, 2000). As massas d'água predominantes são a Água Equatorial Superficial (AES), também conhecida como Água Tropical (AT), que ocupa a camada superficial até cerca de 200 m de profundidade, e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), imediatamente abaixo da camada de AT, até cerca de 700 m (Silva e Alvarenga, 1996a,b; Nonaka *et al.*, 2000; Travassos *et al.*, 1999; Geber, 2003).

As Cadeias de Abrolhos e de Vitória Trindade, na região Central são compostas por bancos e montes submarinos de origem vulcânica, em geral com topo aplainado, os quais foram recobertos por sedimentos biogênicos. As profundidades dos topos encontram-se, em média, em torno dos 60 m, elevando-se de profundidades superiores a 2000 m (Correa, 1977).

A CB que transporta a AT na direção sul, ao largo da quebra da plataforma continental, é desviada para sudoeste na altura do Banco dos Abrolhos, aproximando-se da plataforma em frente à Vitória (ES). As temperaturas de superfície variam entre 27 e 28°C, no verão, e entre 25 e 26°C, no inverno. Gradientes verticais de temperatura são normalmente menores que 1°C, para cada 50 m de coluna d'água (Brandini *et al.*, 1997; Castro & Miranda, 1998).

A pequena extensão da plataforma continental e a presença de bancos corálicos, rochosos e de algas calcárias, favorecem a presença de espécies típicas de fundos duros e recifais (Base de Dados Tropicais – BDT).

A produtividade biológica pelágica na região Central é relativamente baixa, típica das regiões tropicais. Existem, entretanto, indicações de presenças de núcleos de alta produtividade biológica associados aos bancos e montes submarinos das Cadeias Vitória Trindade e de Abrolhos (Nonaka *et al.*, 2000; Madureira *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2005).

Na região oceânica ao longo da costa Nordeste, existe uma série de bancos oceânicos rasos, pertencentes à Cadeia Norte do Brasil, os quais apresentam topografia irregular, rochosa e estão dispostos adjacentes à base do talude continental. Os bancos são cobertos por algas calcárias associadas com foraminíferos e briozoários. Os sedimentos em profundidades maiores que 70 m são biodetríticos (Becker, 2001). Ocorrem também os grupos do Atol das Rocas e Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo.

Os bancos oceânicos constituem-se em importantes áreas de criação para o ictioplâncton (Mafalda Jr. *et al.*, 1997; Mafalda Jr. *et al.*, 2004c) e ictionêuston (Lessa *et al.*, 1999), e de pesca (Hazin, 1993, Travassos *et al.*, 1999).

Uma termoclina bastante marcada (19/20°C) se faz presente durante todo o ano na região Nordeste, com seu topo situando-se entre 50 e 100 m separando a AT (25°C, inverno e 30°C, verão), da ACAS.

Do ponto de vista biológico a ZEE da região Nordeste pode ser classificada como oligotrófica, com baixos níveis de nutrientes, biomassa fitoplanctônica e zooplanctônica (Becker, 2001; Medeiros *et al.*, 1999; Neumann-Leitão *et al.*, 1999). Esta situação, no entanto, é compensada na zona oceânica, por ressurgências topográficas, causadas por ilhas e montes submarinos (Ekau e Knoppers, 1999; Travassos *et al.*, 1999), que ao provocarem uma ascensão de águas profundas ricas em nutrientes (Hazin *et al.*, 1996), conduzem a uma elevação nos valores de biomassa primária (Mafalda *et al.*, 2004a) e, conseqüentemente, da biomassa de zooplâncton (Mafalda *et al.*, 2004b).

1.2. Importâncias das feições geomorfológicas de fundo no processo de enriquecimento local

Montes submarinos são as principais feições topográficas de fundo oceânico (Smith e Jordan, 1988; Epp e Smoot, 1989).

Com uma gama considerável de alturas (base ao topo da feição) e profundidades de topo (superfície do oceano ao topo da feição), e dispondo de uma variedade de tipos de substratos e habitats, eles constituem importantes

ecossistemas para a biota de regiões oceânicas (Boehlert e Genin, 1987; Calder, 2000).

Milhares de feições deste tipo ocorrem em todo o mundo, e muitas são conhecidas por apresentarem alta produtividade biológica e diversidade faunística (Rogers, 1994; Calder, 2000). De acordo com Butler *et al.* (1993) os montes proporcionam abrigo e alimento, servindo ainda como área-berçário, para uma abundante e diversa fauna de peixes, sendo de reconhecida importância na manutenção de recursos pesqueiros de determinadas regiões.

De acordo com Genin (2004), agregações de zooplâncton, micronecton e peixes são freqüentemente observadas sobre bancos oceânicos, cânions e regiões de quebra de plataforma.

Para a região Nordeste do Brasil, Mafalda Jr. e Souza (2004) observaram que a comunidade ictioplanctônica é dominada por larvas de peixes pelágicos (meso e epipelágicos) e recifais, sendo que as principais áreas de ocorrência foram a Cadeia de Fernando de Noronha, os Bancos Oceânicos do Ceará (Cadeia Norte do Brasil) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, além de regiões de talude próximas à costa.

Dower e Mackas (1996) mencionam que bancos oceânicos frequentemente suportam grandes estoques nectônicos, sendo que esta alta produtividade resulta, em parte, da resposta biológica às interações físicas entre correntes oceânicas e os abruptos perfis topográficos representados por tais feições.

De maneira geral, teorias propostas para responder pelo chamado “efeito banco”, caracterizado pelo aumento da riqueza biológica nos entornos de certas feições geomorfológicas, tratam principalmente da alteração de fluxo de correntes oceânicas, causando elevação de isotermas (colunas de Taylor), podendo haver disponibilização de nutrientes na zona eufótica (Genin e Boehlert, 1985; Dower *et al.*, 1992; Comeau *et al.*, 1995, Dower e Mackas, 1996).

Além disso, são descritas amplificação de correntes de maré (Chapman, 1989; Roden, 1991), geração de vórtices, e outros fenômenos que promovem a

apreensão de organismos e partículas sobre e nos entornos dos bancos (Bakun, 1996; Boehlert e Genin, 1987, Calder, 2000; Pusch *et al.*, 2004), que por sua vez ocasiona a atração de predadores de diferentes ordens da cadeia trófica (Genin, 2004).

Um aspecto a ser considerado é a interação entre a presença de proeminentes feições de fundo e os organismos formadores das camadas de dispersão acústica (SSL - *Sound Scattering Layers*). Estas estruturas são comumente observadas em grande abundância nas regiões de bancos submarinos e talude, comparativamente a regiões oceânicas (Pusch *et al.*, 2004).

As Camadas de Dispersão Acústica são observadas distribuídas pelos oceanos, em escala mundial (Sameoto *et al.*, 1985). Iida *et al.* (1996) descrevem tais camadas como sendo compostas por agregações de organismos zooplânctônicos, tendo estes autores coletado, sobre as camadas de dispersão acústicas, uma composição de copépodes, salpas, eufausiáceos, quetógnatos, gastrópodos e larvas de peixes.

De acordo com Salvanes e Kristoffersen (2001), peixes mesopelágicos também são observados, hidroacusticamente, sob a forma de camadas de dispersão acústica.

Desta forma organismos zooplânctônicos e peixes mesopelágicos constituem-se nos grupos formadores das SSL. Ambos os grupos apresentam marcado comportamento de migração nictemeral, (Mosgovoy e Bekker, 1991; Iida *et al.*, 1996).

Existem evidências de que estes organismos, ao realizarem a migração vertical ascendente, no período noturno, são carregados por correntes advectivas para a região rasa de feições geomorfológicas, como bancos submarinos, tendo seu movimento de decida, ao amanhecer, interceptado pelo topo feição, constituindo-se em uma fonte de energia para a fauna residente (Rogers, 1994). De acordo com Fock *et al.* (2002a), organismos migradores componentes do micronecton são um importante item na dieta de peixes demersais que habitam bancos submarinos.

Desta forma, além do aumento da produtividade local por disponibilização de nutriente na zona eufótica, há o aspecto da apreensão de organismos migrantes, provocada pela topografia local.

Rogers (1994) afirma que, apesar de sua importância, o estudo destas feições é dificultado pelo fato de situarem-se geralmente em regiões remotas e de difícil amostragem, o que resulta em número relativamente menor de trabalhos tratando das mesmas.

1.3. Utilização da metodologia acústica como ferramenta de estudo

Estudos sobre distribuição e abundância de organismos pelágicos podem ser desenvolvidos com base em diversas metodologias, dentre as quais se destaca a metodologia acústica, que corresponde a uma abordagem contínua do ambiente pelágico, permitindo o estudo de organismos marinhos com capacidade de reflexão de energia acústica ou formadores de estruturas biológicas com essas características (Bertrand *et al.*, 1999). As estruturas biológicas capazes de refletir som, em função da diferença de densidade entre sua constituição e o meio, são detectadas ao longo da navegação em toda a coluna de água (MacLennan & Simmonds, 1992).

A metodologia acústica permite prospectar grandes áreas em períodos de tempo relativamente pequenos, obtendo informações contínuas e detalhadas da coluna d'água e do leito oceânico, através da transmissão de ondas sonoras que se propagam verticalmente na água, sendo refletidas por quaisquer obstáculos, biológicos ou não, e posterior recepção, amplificação, armazenagem e processamento destes ecos de retorno (MacLennan e Simmonds, 1992).

O uso do método de eco sondagem para a detecção de peixes foi primeiramente reportado na literatura científica no final da década de 20. No entanto, os trabalhos considerados pioneiros nesta área são os de Sund (1935) e Balls (1946), que utilizaram a técnica em campo, para a detecção de peixes. Rápidos avanços na aplicação de eco-sondas para fins pesqueiros ocorreram

após a II Guerra Mundial (Johannesson e Mitson, 1983; MacLennan e Holliday, 1996).

A aplicação da metodologia hidroacústica na pesquisa pesqueira apresentou desenvolvimento substancial no princípio da década de 70, quando foi introduzida a técnica de eco-integração, permitindo estimativas de densidades de cardumes, diferentemente da técnica de eco-contagem que vinha sendo empregada (Thorne, 1983; MacLennan e Holliday, 1996). A partir de então, a utilização do método para avaliação de estoques e manejo pesqueiro, identificação de espécies e suas características relacionadas à acústica, e estudos comportamentais e de relações tróficas intra-específicas vem sendo amplamente descritos na literatura (Gerlotto e Marchal, 1987; MacLennan e Simmonds, 1992; Gerlotto, 1993; MacLennan e Menz, 1996; Greig, 2000; Caldeira, 2001; Soares, 2002; Paramo *et al.*, 2003; Madureira *et al.* 2004; Madureira e Rossi-Wongtschowski, 2005).

Verificam-se também estudos que tratam dos efeitos da presença de montes, bancos submarinos e ilhas localizados em regiões oceânicas, através de uma abordagem hidroacústica (Macaulay *et al.*, 1984; Barange, 1994; Wiebe *et al.*, 1996, Pershing *et al.*, 2001; Push *et al.*, 2004;

1.4. Justificativa

Considerando a importância da presença de bancos e ilhas, promovendo aumento da produtividade biológica nas áreas associadas a estas feições, e o caráter oligotrófico das regiões oceânicas Central e Nordeste do Brasil, o presente estudo foi proposto no intuito de analisar tal efeito frente aos dados hidroacústicos, ambientais e biológicos adquiridos em cruzeiros de prospecção pelágica. A necessidade de um melhor entendimento dos processos de enriquecimento associados à presença de feições de fundo, em termos ecológicos e comerciais, justificam a análise ora apresentada.

1.5. Hipótese e Objetivos

A presente proposta parte da hipótese de que os bancos submarinos e ilhas produzem alterações na estrutura termohalina local, capazes de afetar a distribuição e abundância de organismos pelágicos, sendo que essas alterações podem ser identificadas a partir de dados hidroacústicos combinados com dados ambientais e biológicos.

Os objetivos do presente trabalho são:

- 1) Identificar e descrever os principais tipos de eco-registros detectados nos Bancos e Ilhas oceânicas estudados, da ZEE da região Nordeste do Brasil;
- 2) Estudar possíveis alterações na estrutura termohalina local, causadas pelas feições geomorfológicas de fundo; e
- 3) Avaliar a relação entre a presença das feições geomorfológicas consideradas, e a distribuição e abundância de organismos pelágicos, a partir dos dados hidroacústicos, ambientais e biológicos disponíveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Cruzeiros de Pesquisa

Foram analisados dados provenientes de dois cruzeiros de prospecção pesqueira pelágica, utilizando metodologia acústica, realizados no âmbito do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE), nas ZEE das regiões Central e Nordeste do Brasil.

O cruzeiro “Bahia 1 Pelágicos” foi realizado na costa Central brasileira, em uma região compreendida entre o Cabo de São Tomé, RJ (22° S) e a Foz do Rio Real, BA (11° S), a bordo do N. Oc. Thalassa, pertencente ao Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER).

Na região Nordeste foi realizado o cruzeiro “Hidroacústica REVIZEE Nordeste”, cobrindo uma área que se estendeu do limite norte do cruzeiro Bahia 1 (Foz do Rio Real), até a região dos Bancos Oceânicos do Ceará, CE (01°25' S), a bordo do N. Oc. Atlântico Sul, da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Os cruzeiros de pesquisa em questão serão doravante nomeados Bahia 1 e REVIZEE-NE (Tabela 1).

Tabela 1 – Período, dias efetivos de mar e extensão total da varredura acústica, dos cruzeiros realizados nas regiões Central e Nordeste do Brasil.

	Bahia 1	REVIZEE-NE
Período	25/05 a 05/07/1999	24/04 a 01/06/2004
Duração (dias de mar)	36	28
Extensão total da varredura (milhas náuticas)	2.434	3.113

Os cruzeiros estenderam-se para regiões oceânicas afastadas da costa devido à presença de importantes feições geomorfológicas de fundo, ao longo da área de estudo, determinando extensos limites longitudinais. Na região

Central foi realizada prospecção acústica ao longo das cadeias de montes submarinos de Abrolhos e Vitória Trindade, e na nordeste avançou até o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, amostrando nas regiões dos Bancos Oceânicos do Ceará, Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha.

Em vista dos objetivos do presente estudo, apenas os dados referentes às varreduras acústicas conduzidas nas proximidades das áreas onde há presença de bancos ou ilhas foram utilizados, excluindo-se da análise as varreduras realizadas na região mais costeira, sobre a plataforma continental e talude, com exceção dos Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, na costa Central.

Sendo assim, foram analisados os dados provenientes das varreduras realizadas nas áreas dos Bancos costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, Bancos Minerva, Rodger e Hotspur (Cadeia dos Abrolhos), e Bancos Besnard, Eclairer, Vitória, Montague, Jaseur e Davis (Cadeia Vitória Trindade), coletados na costa Central do Brasil.

Dos dados coletados durante o cruzeiro na costa Nordeste, foram analisados os provenientes das varreduras nas áreas dos Bancos do Aracati, Leste, do Meio, Mundaú e Continental (Bancos Oceânicos do Ceará), Atol das Rocas e Arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo.

As extensões de varredura acústica, superfícies prospectadas, e o Grau de Cobertura, separadamente para os setores listados acima, são apresentados na Tabela 2.

O Grau de Cobertura da área (d), conforme proposto por MacLennan e Simmonds (1992), relaciona a extensão da varredura acústica com a superfície prospectada, sendo obtido através da equação:

$$d = D / \sqrt{A}$$

onde,

D = extensão da varredura acústica; e

A = superfície prospectada.

Tabela 2 – Extensões de varredura acústica, superfícies prospectadas, e o Grau de Cobertura, para os setores considerados na análise.

Cruzeiro	Setores	D (mn)	A (mn ²)	d
Bahia 1	B. Royal Charlotte	144	1.190	4,2
	B. dos Abrolhos	287	4.646	4,2
	C. de Abrolhos	143	1.185	4,1
	C. Vitória Trindade	675	8.911	7,1
REVIZEE-NE	B. do Ceará	288	1.200	8,3
	Atol das Rocas	140	162	11,0
	Fernando de Noronha	118	123	10,6
	São Pedro e São Paulo	72	19	16,5

De acordo com MacLennan e Simmonds (1992), para um Grau de Cobertura adequado, o valor de “d” não deve ser inferior a quatro. Dessa forma, em todos os setores analisados, a cobertura dos mesmos foi considerada adequada.

Os cruzeiros de pesquisa considerados neste estudo, caracterizaram-se por serem as primeiras avaliações acústicas dos recursos vivos naquelas áreas. Neste sentido, a estratégia amostral foi elaborada visando conhecer a distribuição dos principais grupos faunísticos do ambiente pelágico, respeitando os limites decorrentes do período em que as embarcações e equipes estariam disponíveis para os trabalhos de campo.

O desenho amostral adotado foi adaptativo correspondendo, na maior parte dos setores considerados, a uma navegação do tipo “letra grega”, sendo eventualmente realizado em “zig-zag”, sempre na forma de perfis perpendiculares ao maior gradiente de profundidade. A coleta de dados com objetivo de eco-integração foi efetuada apenas durante o dia no cruzeiro Bahia 1, e ao longo de 24 horas durante o REVIZEE-NE.

Além de dados acústicos foram analisados os dados ambientais (temperatura e salinidade), coletados ao longo dos cruzeiros.

2.2. Coleta e Processamento de Dados Acústicos

Os dados acústicos para o desenvolvimento deste estudo foram obtidos através de eco-sondas científicas digitais, equipadas com eco-integrador, e conectadas a transdutores de casco (Tabela 3).

Anteriormente à cada um dos cruzeiros foram realizadas calibrações das eco-sondas, utilizando-se esfera de carbeto de tungstênio e seguindo a metodologia proposta por Foote (1982) e MacLennan e Simmonds (1992), além de procedimentos padrão recomendados por seus fabricantes.

A velocidade de deslocamento das embarcações durante a varredura acústica foi de 10 nós.

Tabela 3 – Características dos equipamentos e configuração dos parâmetros acústicos, utilizados em cada cruzeiro.

	Bahia 1	REVIZEE-NE
Eco-sonda	OSSIAN 1500	SIMRAD EK 500
Tipo de transdutor	Single Beam	Split Beam
Frequência de operação (kHz)	38	38
Limiar de Energia Acústica, para aquisição (dB)	-65	-80
Duração do pulso acústico (ms)	1,0	1,0
Coeficiente de atenuação (dB/Km)	10	10
Profundidade de operação (m)	0 – 500	0 – 500

Quanto ao tipo, os transdutores diferem pela quantidade de elementos que os compõem, o que confere diferentes características ao feixe acústico originado por cada um deles. Os *single beam* são formados por sete elementos, enquanto os *split beam* são compostos por 88 elementos dispostos em quadrantes, permitindo com isso que a posição de determinado alvo em relação ao centro do feixe seja conhecida (MacLennan e Simmonds, 1992).

Tais aspectos tornam-se relevantes quando objetiva-se estudar Índices de Reflexão Acústica Individual, ou realizar estimativas de abundância numérica ou biomassa de organismos, não sendo o caso do presente estudo.

Originalmente, o objetivo principal dos cruzeiros em questão, correspondeu ao estudo das assembléias nectônicas, e à quantificação de pequenos peixes pelágicos e mesopelágicos. Neste sentido, justifica-se a utilização da frequência de 38 kHz, em função da escala de tamanho das espécies-alvo, e da necessidade de prospectar camadas mais profundas, da ordem de centenas de metros.

A configuração dos parâmetros Limiar de Energia Acústica, Duração do Pulso e Profundidade de Operação levou em consideração a frequência de operação utilizada, no sentido de maximizar a relação sinal/ruído, em termos do objetivo proposto dos cruzeiros.

As informações processadas pelas eco-sondas foram enviadas, via porta serial e *ethernet*, para micromputadores onde foram armazenadas em arquivos individuais para cada perfil. O *software* MOVIES+ v. 3.4b foi utilizado para visualização em tempo real, armazenamento digital e processamento e análise dos dados acústicos. Além de digitalmente armazenadas as informações foram impressas, em tempo real, sob a forma de ecogramas.

Na análise dos dados acústicos, primeiramente, realizou-se a classificação dos eco-registros do cruzeiro REVIZEE-NE. A metodologia utilizada é composta da análise dos ecogramas para a identificação de padrões de eco-traços e classificação em “ecotipos”. Para tanto foram utilizados descritores energéticos, espaciais, temporais e biológicos que correspondem, respectivamente, à densidade acústica, ao posicionamento geográfico e na coluna d’água, hora e data de ocorrência e, sempre que possível, a composição específica.

A eco-integração da energia para obtenção dos valores do Coeficiente de Espalhamento Acústico por Área Náutica (*Nautical Area Scattering Coefficient* - NASC), proporcional à densidade acústica de organismos, foi realizada a partir do *software* MOVIES+ v. 3.4b, através da ferramenta *Echo integration by layers*. O intervalo acústico amostral unitário (*Elementar Sampling Distance Unit* – ESDU) foi de 0,5 mn (meia milha náutica). Verticalmente a coluna d'água foi dividida em 10 camadas, desde os cinco metros de profundidade até o limite máximo de operação das sondas (Tabela 4).

Tanto para a classificação dos eco-registros, quanto para a eco-integração, foi considerado um valor de limiar de energia acústica (*threshold*) de -65 dB, para ambos os cruzeiros. Este parâmetro acústico corresponde aos valores mais baixos de energia retroespalhada, por pulso e volume amostrado, aceitos pelo sistema de processamento de dados brutos para o cômputo dos valores de densidade dos registros. A configuração do limiar de energia acústica estabelece um limite de entrada de sinais, eliminando os sinais mais fracos do que o valor estabelecido para o parâmetro, atribuídos ao ruído de reverberação.

Com isso, foi gerada uma matriz de dados contendo valores de densidade acústica dos organismos detectados pelas eco-sondas, para cada trecho de interesse. Tal matriz é composta por inúmeras “células”, cada uma delas correspondendo a uma área de meia milha náutica, por 50 metros de coluna d'água (0,5 mn de extensão x 50 m de altura). Valores de densidade acústica total da unidade de distância (0,5 mn) foram obtidos pelo somatório dos valores das células correspondentes à unidade de distância em questão.

Tabela 4 – Limites das camadas de integração, em metros.

Camada	Limites (m)	
	Superior	Inferior
1	5	50
2	50	100
3	100	150
4	150	200
5	200	250
6	250	300
7	300	350
8	350	400
9	400	450
10	450	500

Na etapa de validação dos dados acústicos foi realizada uma verificação das matrizes contendo os dados de densidade acústica, visando localizar valores com indicativos de erros de processamento no momento da eco-integração. Esta verificação consiste em observar os valores de densidade acústica, buscando por possíveis incompatibilidades. As fontes de erros identificadas foram:

1) Integração de fundo: integração de energia acústica proveniente do leito oceânico, considerando-a como sendo de origem biológica. Ocorre geralmente em regiões de talude com acentuada declividade de fundo, ou quando de uma variação repentina da profundidade (quebra de plataforma abrupta), gerando uma descontinuidade nos registros acústicos. Tal erro de processamento acarreta valores extremamente altos de densidade acústica, incompatíveis com os registros de origem biológica observados para a célula em questão, sempre na camada de integração onde está inserido o registro do fundo.

2) Falso fundo: reconhecimento de registros densos, de origem biológica (manchas, cardumes ou camadas de dispersão acústica), como sendo o leito. Caracteriza-se pela observação de descontinuidade do registro de fundo, redução repentina dos valores de densidade acústica na camada onde ocorre o adensamento biológico e alocação de valores “zero” de energia acústica para as camadas imediatamente abaixo desta.

As células com valores considerados incompatíveis, ou seja, super ou subestimados relativamente ao observado nos eco-registros, foram independentemente corrigidas, sendo os novos valores de densidade acústica calculados através da ferramenta *Zoom/Capture* do *Movies+*, que fornece o valor da secção transversal de retroespalhamento acústico total (*Aggregate Backscattering Cross-Section* – σ_{ag}). Este parâmetro corresponde ao somatório da energia refletida pelos alvos posicionados na coluna de água, na secção selecionada no ecograma, sendo, expressa em metros quadrados (m^2).

A secção de retroespalhamento acústico de um alvo (*Backscattering Cross-Section* - σ_{bs}) corresponde à superfície efetiva de reflexão de energia acústica do mesmo, considerando um padrão de reflexão esférica, e está relacionado ao Índice de Reflexão Acústica Individual (*Target Strength* - TS).

O TS representa a razão entre a energia que é refletida por um alvo e a quantidade de energia que incide sobre esse alvo (MacLennan e Simmonds, 1992).

Segundo a metodologia de processamento do *software* MOVIES+, para o cálculo da densidade acústica (NASC), em metros quadrados por milha náutica quadrada ($m^2 * mn^{-2}$), aplica-se a equação:

$$NASC = 23.270 * (\sigma_{ag} / ESDU)$$

Onde,

σ_{ag} = secção transversal de retroespalhamento acústico total; e

ESDU = extensão horizontal selecionada, em milhas náuticas.

Para a elaboração dos mapas de densidade, os valores de densidade acústica (NASC – $m^2 \cdot mn^{-2}$), foram separados em classes, para os dois cruzeiros em questão. A representatividade de cada uma das classes foi estimada para o total dos cruzeiros, separadamente. A definição das classes de densidade acústica levou em consideração estas representatividades, no sentido de evidenciar os locais de maior acúmulo de organismos, verificado por valores extremos de NASC, sem desconsiderar as variações de menor ordem deste parâmetro, representadas nas classes iniciais.

Foram gerados mapas temáticos apresentando a distribuição dos valores de densidade acústica total ao longo da área de estudo, através do *software* ARCVIEW v. 3.1.

Para a aplicação de testes estatísticos no sentido de comparar valores de densidade acústica, os dados foram classificados quanto ao local, em relação às feições geomorfológicas, no qual os mesmos foram obtidos. Desta forma os dados foram separados em três diferentes “províncias”, Região Oceânica, Talude e Topo.

Foram classificados como dados de Região Oceânica aqueles coletados sobre profundidades maiores do que 1.500 m e fundo com baixa declividade; de Talude os coletados em profundidades intermediárias com acentuada declividade do fundo; e de Topo os coletados sobre fundo estável, seguindo-se a uma seqüência de dados sobre o talude, após uma redução acentuada da declividade do fundo, em profundidades mínimas de cada perfil.

As profundidades médias, mínimas e máximas do topo das feições foram verificadas, a partir dos dados acústicos referentes à batimetria.

A estratégia amostral adotada durante o cruzeiro Bahia 1 consistiu em realizar as varreduras acústicas apenas nos períodos diurnos. Desta forma, objetivando-se a realização de testes estatísticos comparativos entre os dois cruzeiros, houve a necessidade de separar os dados relativos ao cruzeiro REVIZEE-NE por períodos do dia.

A separação dos períodos do dia foi realizada pelo horário de cada início de ESDU, constante no arquivo de saída da eco-integração do MOVIES+, de acordo com os horários de crepúsculo matutino e vespertino para a área de

estudo, consultados no *Nautical Almanac* (NAUTICAL ALMANAC ON LINE). Os períodos foram definidos como “dia” – nascer ao por-do-sol e “noite” – entre o crepúsculo vespertino e o matutino.

Os valores de densidade acústica total foram padronizados pela média deste parâmetro para cada conjunto de dados. Com este procedimento são eliminados os problemas relacionados à grande variabilidade, natural a esse tipo de dado. O passo seguinte foi determinar a posição de cada valor de densidade acústica padronizado pela média, ou o seu “posto”, relativamente aos demais valores (*rank transformation*). Tal transformação proporciona a normalização e homogeneidade dos dados, permitindo assim a aplicação de testes paramétricos de análise de variância, e é amplamente utilizada para análise de dados que não apresentam distribuição normal (Montgomery, 1990). O teste de análise de variância utilizado neste trabalho foi o ANOVA, fator único ou bi-fatorial, de acordo com o caso.

Foram testado, por este método, valores de densidade acústica total nos diferentes períodos do dia (diurno e noturno), para os dados do cruzeiro REVIZEE-NE, nos diferentes cruzeiros (Bahia 1 e REVIZEE-NE), e nas diferentes províncias oceanográficas (Região Oceânica, Talude e Topo das feições).

Para verificar a importância dos Bancos Oceânicos do Ceará, em termos de acúmulo de organismos em seus entornos foram testados os valores de densidade acústica total, adquiridos durante as prospecções sobre os Bancos e seus entornos, em relação aos dados adquiridos em regiões oceânicas profundas, durante as navegações entre os cinco Bancos. Foram considerados ainda os diferentes períodos do dia. Tal teste foi possível devido ao desenho das navegações, ligando cada um dos bancos, e da área relativamente pequena entre eles, proporcionando um número similar de observações sobre as feições e em região oceânica. Para comparações múltiplas foi utilizado o teste de Tuckey HSD.

No intuito de observar a influência de diferentes profundidades de topo das feições, foram testados, separadamente para cada setor considerado, os valores de densidade acústica total em relação às províncias. Os Bancos

Eclaircur e Montague foram desconsiderados na presente análise, devido a tratar-se de bancos relativamente pequenos, nos quais foi realizado um único perfil sobre cada um, resultando num pequeno número de intervalos amostrais.

Para todos os testes estatísticos foi considerado um nível de significância de 5%. O *software* STATISTICA v. 6.0 foi utilizado para a realização dos testes.

2.3. Coleta e Processamento de Dados Ambientais

Durante os cruzeiros de pesquisa foram realizadas estações oceanográficas (Tabela 5) para coleta de dados ambientais, através do lançamento de sensores de temperatura, salinidade e pressão (CTD). Durante o cruzeiro Bahia 1 foi utilizado um CTD Sea-Bird, modelo SBE 19, e no REVIZEE-NE os dados ambientais foram obtidos através de um CTD FSI, modelo 2" micro CTD. Ambos os equipamentos, previamente calibrados, coletaram dados a uma taxa amostral média de uma leitura por metro, ao longo da coluna d'água, até uma profundidade máxima de cerca de 600 m.

Quando se verificou um adequado alinhamento entre estações oceanográficas, tornando possível o traçado de uma linha reta interligando as mesmas, em determinado setor, perfis verticais de temperatura foram gerados a partir de interpolações processadas com o auxílio de ferramentas do *software* MATLAB 7.0. Os dados batimétricos provenientes das varreduras acústica foram utilizados para a representação do fundo. Figuras informativas da localização geográfica das estações oceanográficas, destacando o alinhamento entre elas, foram anexadas a cada perfil de temperatura. O sentido dos perfis, em relação aos pontos cardinais, são indicados na base dos mesmos.

Os pequenos triângulos colocados sobre os perfis indicam as posições das estações de CTD. As barras que partem destes triângulos informam a profundidade máxima de coleta de dados ambientais, em cada estação oceanográfica.

Completando as informações dos perfis verticais de temperatura, trechos de ecogramas foram selecionados, no sentido de ilustrar os eco-registros detectados sobre o local para o qual foi elaborado o perfil de temperatura. Barras vermelhas sobre os perfis indicam o trecho exato representado pelo ecograma. Quando mais de um ecograma foi selecionado para um mesmo perfil de temperatura, cada barra corresponde a um ecograma, apresentados sequencialmente, da esquerda para a direita.

Para a análise dos dados ambientais provenientes da região Central foram considerados índices termohalinos baseados em estudo conduzido por Costa *et al.* (2005), no qual foi identificada a presença de Água Tropical (temperatura maior do que 20°C, e salinidade maior do que 36) e Água Central do Atlântico Sul (temperatura entre 6 e 20°C, e salinidade entre 34,6 e 36).

Os índices termohalinos propostos por Geber (2003) foram utilizados para a classificação das massas d'água da região Nordeste. De acordo com o autor a Água Tropical apresenta temperatura e salinidade superiores a 18°C e 36, respectivamente, enquanto a Água Central do Atlântico Sul apresenta temperatura e salinidade variando entre 5 e 18°C e 34,4 e 36, respectivamente.

Considerando-se a estabilidade da termoclina na região Nordeste e sua importância em águas oligotróficas (Travassos *et al.*, 1999) estabeleceu-se o seguinte padrão para definir as profundidades que delimitam o alto gradiente térmico nos diferentes setores de trabalho: 1) início da termoclina (ou topo), definida como a profundidade da primeira ocorrência da isoterma de 25 °C; e 2) fim da termoclina (ou base) definida como a profundidade da primeira ocorrência da isoterma de 14 °C.

Foram gerados diagramas T-S (temperatura x salinidade) para cada um dos setores considerados no presente estudo, além de diagramas contendo a totalidade dos dados ambientais por cruzeiro. Para a geração dos diagramas foi utilizado o programa de linguagem para gráficos científicos GRI. Perfis verticais de temperatura e salinidade foram elaborados para cada um dos setores de estudo.

2.4. Coleta e Processamento de Dados Biológicos

Nos dois cruzeiros considerados nesta análise, sempre que registros biológicos expressivos foram detectados pelas sondas, os perfis de varredura acústica foram interrompidos e realizadas operações de pesca com redes de meia água (Tabela 5). Decisões sobre a profundidade e direção das amostragens foram tomadas de acordo com o posicionamento dos registros detectados nas sondas, e direção e intensidade do vento e correntes. Após cada operação de pesca as varreduras acústicas foram retomadas do ponto exato de sua interrupção.

Durante o cruzeiro Bahia 1, para a captura dos espécimes, destinados à amostragem biológica e verificação da composição específica dos registros da sonda, foi utilizada uma rede de arrasto de meia água tipo 70/76, com circunferência de 292 m na boca, comprimento de 191 m e abertura vertical, durante a operação, de 25 m. Para a manutenção da abertura horizontal da rede foram utilizadas portas pelágicas.

As malhas das asas e quadrado apresentam 800 mm entre nós opostos, reduzindo gradualmente até malhas de 20 mm no saco da rede. Foi utilizado um sobre-saco com malhas de 45 mm e um saco interno com malhas de 6 mm entre nós opostos.

As operações de pesca foram monitoradas através do sistema SCANMAR (geometria da rede, abertura horizontal, distância entre as portas e profundidade da tralha superior). A abertura vertical da rede, sua posição em relação ao fundo e a entrada de organismos foram observadas através do transdutor de 49 kHz, da sonda OSSIAN 500 Trawl eye, fixado na tralha superior.

No cruzeiro REVIZEE-NE a rede de arrasto de meia água utilizada foi especialmente desenhada para o NOc. Atlântico Sul, sendo direcionada para a captura de pequenos pelágicos, tais como sardinhas, anchoitas e lulas.

A circunferência da rede é de 268 m na boca, e abertura vertical, durante a operação é de 25 m. Para a manutenção da abertura horizontal da rede foram utilizadas portas pelágicas do tipo Süberkrüb, com 4 m² de superfície (3 m x 1,35 m) e peso aproximado de 380 kg cada uma.

As principais características desta rede são asas e quadrado com malhas de 400 mm entre nós opostos, diminuindo gradativamente para 50 mm no túnel e 20 mm no saco, tendo sido utilizado um saco interno com malhas de 6 mm entre nós opostos.

O desempenho da rede foi monitorado através de uma sonda de rede SIMRAD FR500 “Trawl Eye System”, com transdutor fixado na tralha superior.

Em ambos os cruzeiros considerados, durante as operações de pesca a velocidade da embarcação variou entre 3 e 4 nós, e o tempo de arrasto foi dependente do posicionamento dos alvos e da necessidade de modificações na profundidade de operação da rede ao longo de um mesmo lance. Os dados biológicos dos espécimes capturados durante os lances foram tomados a bordo e posteriormente processados em laboratórios, pelas equipes responsáveis por estas amostragens.

Em todas as situações em que as redes operaram nas profundidades pretendidas, e nas quais as observações dos registros acústicos foram adequadas, os lances foram considerados representativos, sendo classificados a partir da composição de suas capturas e das características dos registros alvo.

Do ponto de vista dos objetivos deste estudo, as informações relativas às amostragens biológicas foram utilizadas no sentido de caracterizar os eco-registros detectados em ecotipos.

Tabela 5 – Número de estações oceanográficas de CTD, e de amostragem biológica, em cada um dos setores de interesse.

Cruzeiro	Setores	CTDs	Lances de pesca
Bahia 1	B. Royal Charlotte	6	4
	B. dos Abrolhos	14	5
	C. de Abrolhos	13	4
	C. Vitória Trindade	28	17
REVIZEE-NE	B. do Ceará	24	3
	Atol das Rocas	4	1
	Fernando de Noronha	-	-
	São Pedro e São Paulo	11	4

Além das apresentadas na Tabela 5, foram realizadas cinco estações de CTD em regiões oceânicas profundas, sendo duas durante a navegação entre Natal e Fernando de Noronha, e três entre os Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo. Diagramas T-S das estações oceanográficas realizadas durante as navegações foram elaborados, permitindo a comparação entre as características ambientais de regiões oceânicas profundas e dos entornos das feições geomorfológicas consideradas neste estudo.

O fato de não terem sido realizadas coletas de dados ambientais e biológicos no setor Fernando de Noronha, é decorrente do objetivo principal do cruzeiro REVIZEE-NE, o qual não previa para este setor avaliações de estoques pelágicos, mas apenas a calibração da eco-sonda e mapeamento batimétrico. Entretanto, por ter sido utilizada a mesma configuração dos parâmetros acústicos dos demais setores do cruzeiro, foi possível a análise dos dados coletados pela eco-sonda, em termos de densidade acústica dos registros biológicos, bem como a caracterização dos ecotipos, analogamente aos demais setores considerados neste estudo.

As figuras 2 a 6 indicam as posições onde foram realizadas as amostragens ambientais e biológicas, em relação à varredura acústica.

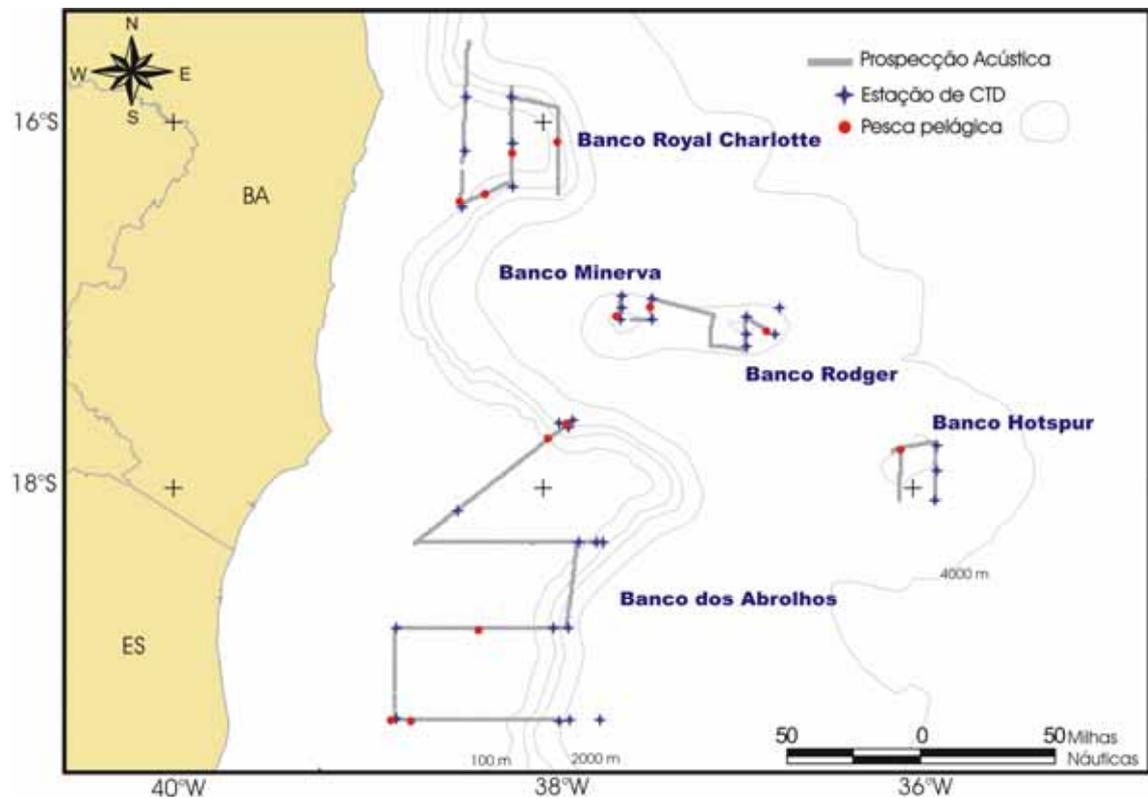


Figura 2 – Locais de amostragens ambientais e biológicas nos setores Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, e Cadeia de Abrolhos, na região Central do Brasil.

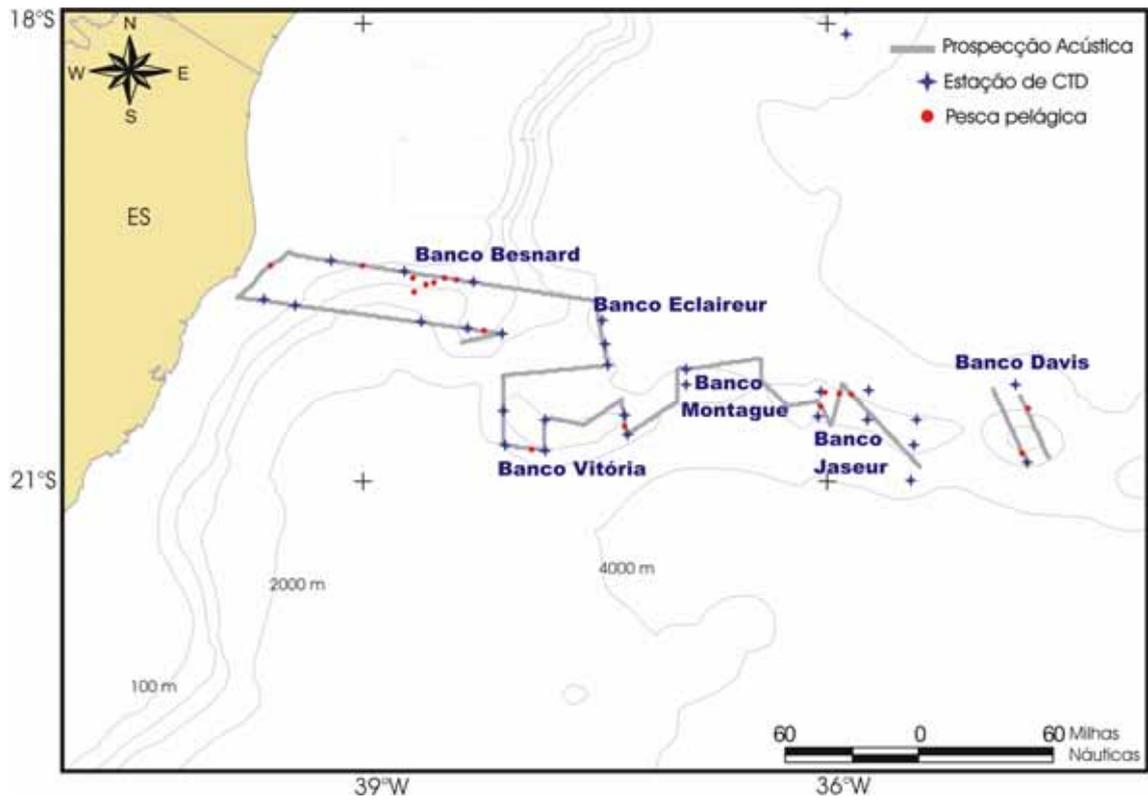


Figura 3 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Cadeia Vitória Trindade, na região Central do Brasil.

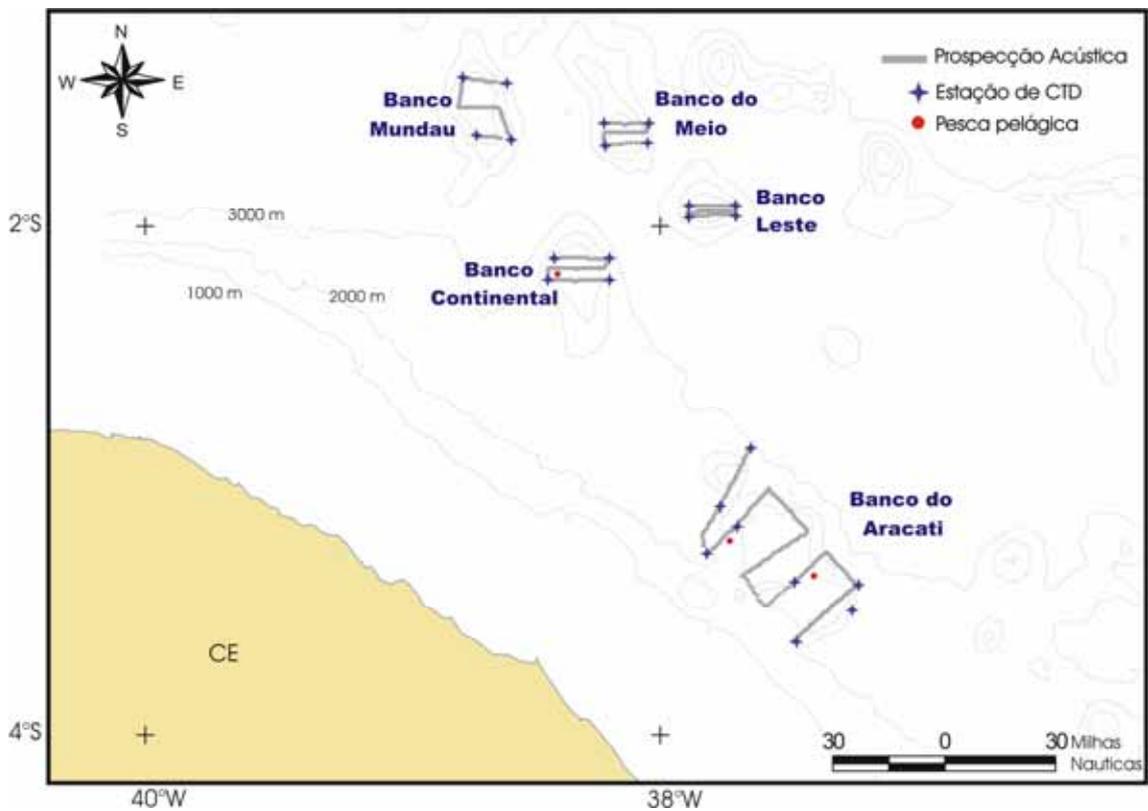


Figura 4 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Bancos Oceânicos do Ceará, na região Nordeste do Brasil.

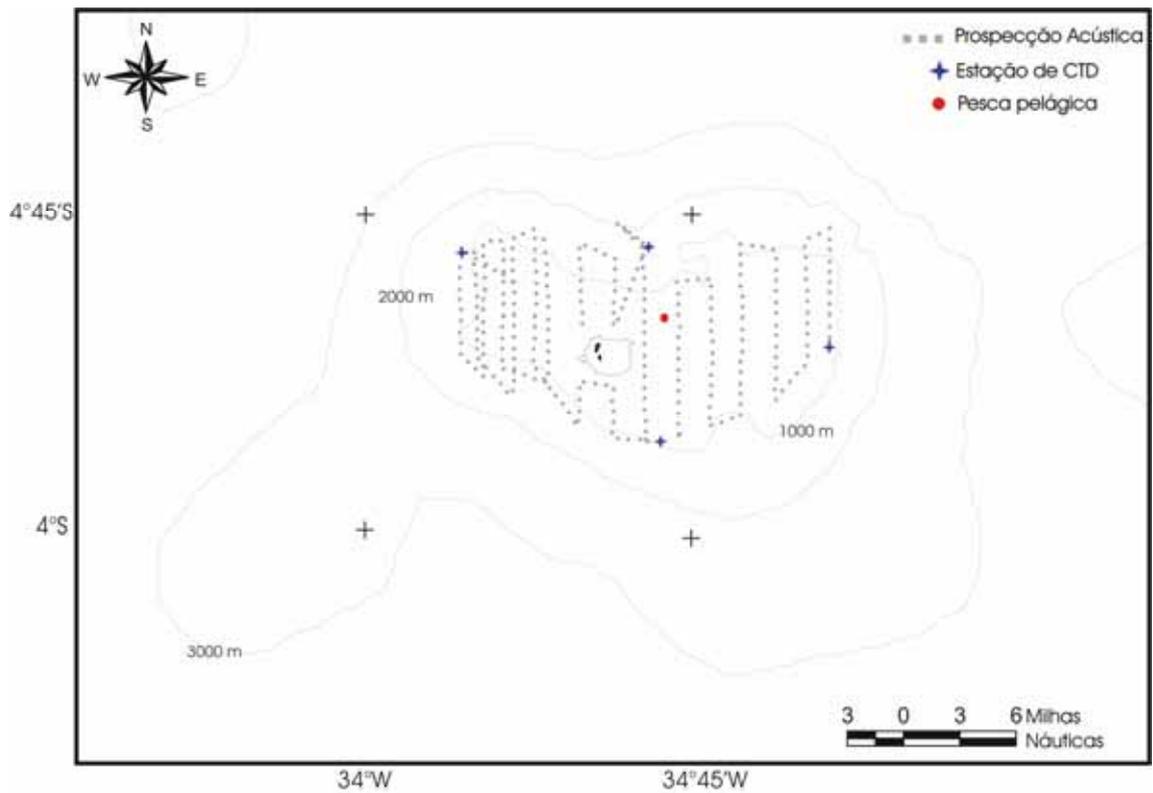


Figura 5 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Atol das Rocas, na região Nordeste do Brasil.

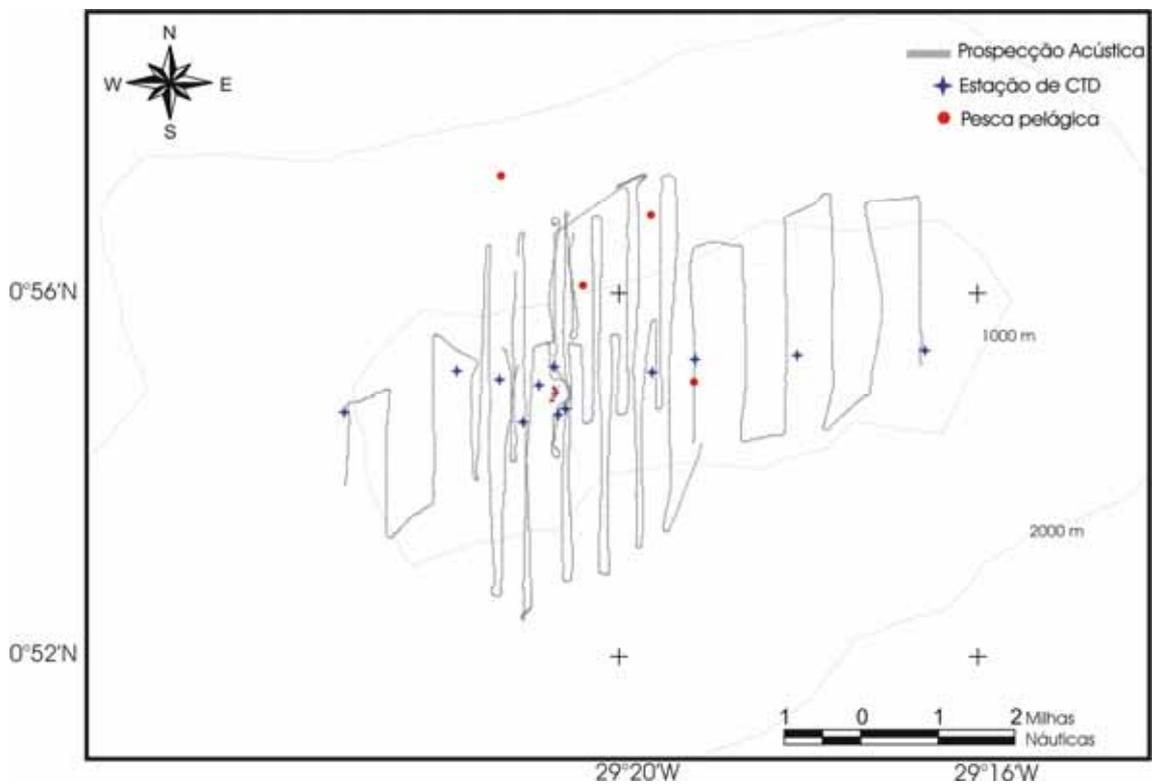


Figura 6 – Locais de amostragens ambientais e biológicas no setor Arquipélago de São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização Ambiental da Área de estudo

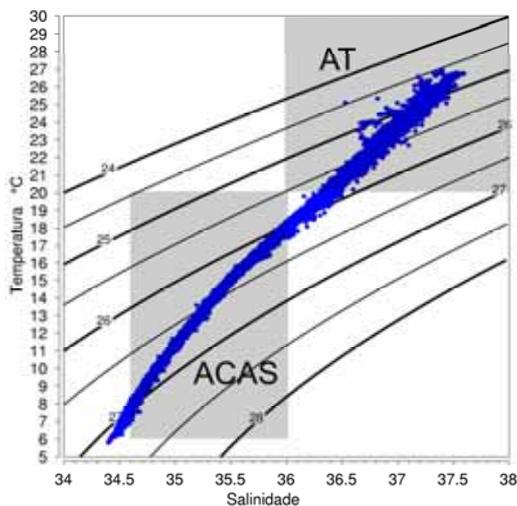
Os dados de temperatura e salinidade coletados durante os cruzeiros de prospeção acústica Bahia 1 e REVIZEE-NE foram analisados em conjunto para cada cruzeiro e por setor, no sentido de descrever as características ambientais da área de estudo. A Tabela 6 apresenta a estatística descritiva dos dados ambientais coletados ao longo de cada cruzeiro de pesquisa.

Tabela 6 – Estatística descritiva dos dados de temperatura e salinidade, utilizados para a elaboração dos diagramas T-S, de cada cruzeiro de pesquisa.

		Nº de observações	média	máximo	mínimo
Bahia 1	Temperatura (°C)	24424	16,11	26,98	5,81
	Salinidade		35,77	37,59	34,40
REVIZEE NE	Temperatura (°C)	17784	13,97	28,66	5,25
	Salinidade		35,37	37,48	34,46

A análise dos diagramas T-S, elaborados a partir da totalidade dos dados ambientais, para cada cruzeiro, indica uma situação mais homogênea em termos de massas d'água para o cruzeiro Bahia 1, em comparação com o REVIZEE-NE. Em ambos os casos foi observada a presença de Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), compreendidas entre a superfície e a profundidade máxima investigada, de aproximadamente 600 m de coluna d'água (Figura 7).

A



B

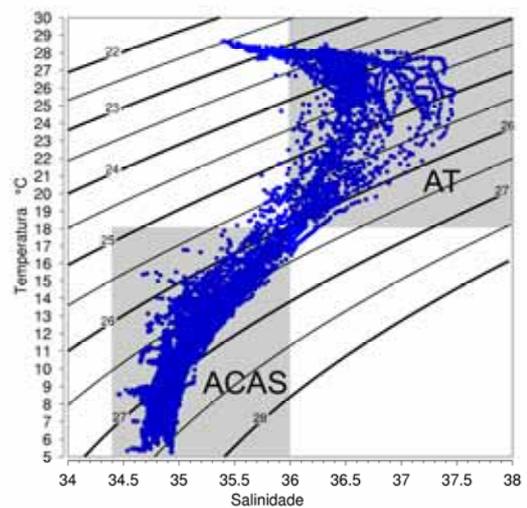


Figura 7 – Diagramas T-S elaborados a partir dos dados ambientais coletados nos cruzeiros de pesquisa Bahia 1 (A) e REVIZEE-NE (B)

Os valores médios, máximos e mínimos das variáveis ambientais entre os setores da região Central, indicaram uma situação homogênea, com pequena variação destes parâmetros (Tabela 7). Por esta razão, os diagramas T-S e os perfis de temperatura e salinidade destes setores foram apresentados agrupados em Bancos Costeiros (Royal Charlotte e dos Abrolhos), Cadeia de Abrolhos (Bancos Hotspur, Minerva e Rodger) e Cadeia Vitória Trindade (Bancos Besnard, Eclairieur, Vitória, Montague, Jaseur e Davis).

De modo geral os diagramas T-S dos diferentes setores da região Central, quando considerados individualmente, foram muito semelhantes entre si, e ao diagrama T-S total para o cruzeiro Bahia 1. Observa-se apenas uma pequena diferença da temperatura máxima do conjunto de dados, sensivelmente mais baixa no grupo Cadeia Vitória Trindade em relação aos outros (Figura 8).

Tabela 7 – Estatística descritiva dos dados de temperatura e salinidade, utilizados para a elaboração dos diagramas T-S, de cada setor considerado, na costa leste.

		Nº de observações	média	máxima	mínima
Royal Charlotte	Temperatura	2474	15,71	26,98	7,10
	Salinidade		35,68	37,40	34,54
Abrolhos	Temperatura	4297	16,30	26,11	7,05
	Salinidade		35,78	37,40	34,52
Hotspur	Temperatura	1255	16,02	26,59	6,32
	Salinidade		35,81	37,53	34,50
Minerva	Temperatura	2442	16,53	26,76	6,85
	Salinidade		35,84	37,59	34,51
Rodger	Temperatura	2442	16,04	26,81	6,14
	Salinidade		35,79	37,54	34,45
Besnard	Temperatura	2421	15,31	25,35	5,81
	Salinidade		35,63	37,25	34,40
Eclairer	Temperatura	1304	15,80	26,06	7,30
	Salinidade		35,73	37,52	34,54
Vitória	Temperatura	1949	16,29	25,21	7,64
	Salinidade		35,80	37,30	34,56
Montague	Temperatura	1201	25,55	7,19	15,42
	Salinidade		35,66	37,36	34,53
Jaseur	Temperatura	3442	16,73	25,55	6,96
	Salinidade		35,87	37,45	34,51
Davis	Temperatura	1199	16,16	25,52	7,25
	Salinidade		35,78	37,40	34,55

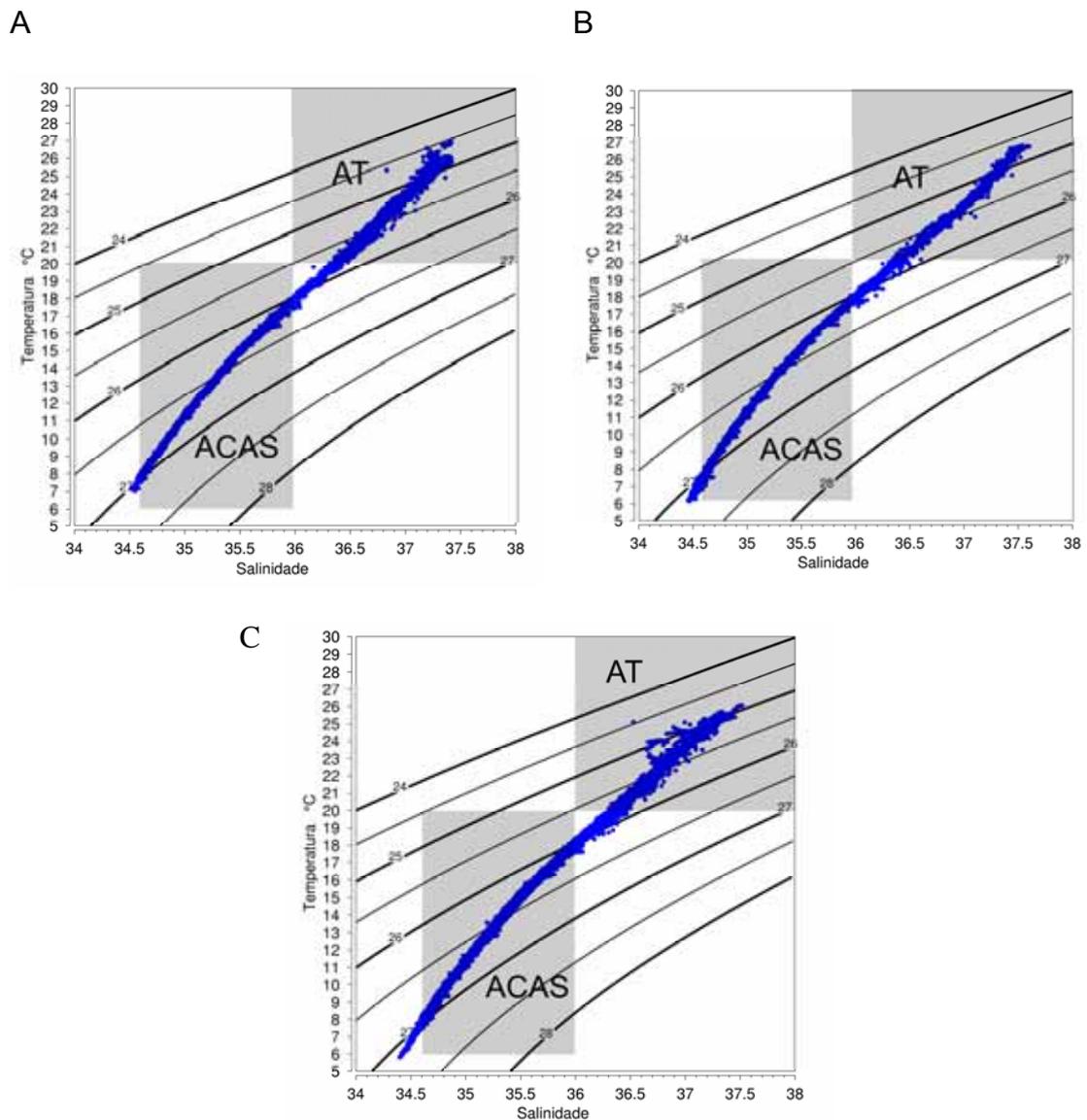


Figura 8 - Diagramas T-S elaborados a partir dos dados ambientais coletados nos setores Bancos Costeiros (A), Cadeia de Abrolhos (B) e Cadeia Vitória Trindade (C), na região Central do Brasil.

A análise da estrutura termohalina dos setores considerados na região Central revela, na superfície, temperaturas variando entre 24 e 26,9°C, e salinidades entre 36 e 37,6 (Figuras 9 a 11), sendo que os valores mínimos de ambos os parâmetros foram observados para o setor Cadeia Vitória Trindade (Figura 11).

O setor Cadeia de Abrolhos foi o que apresentou a maior homogeneidade entre os perfis de temperatura e salinidade (Figura 10), comparado aos outros dois setores. A AT ocupa a camada superior, até profundidades de cerca de 180 m, a partir da qual foi registrada a presença de ACAS.

Na Cadeia Vitória Trindade foi observada a maior heterogeneidade entre os perfis de temperatura e salinidade. Tanto neste setor, quanto nos Bancos Costeiros, foi detectada a presença de ACAS a uma profundidade mínima de 90 m (Figuras 9 e 11).

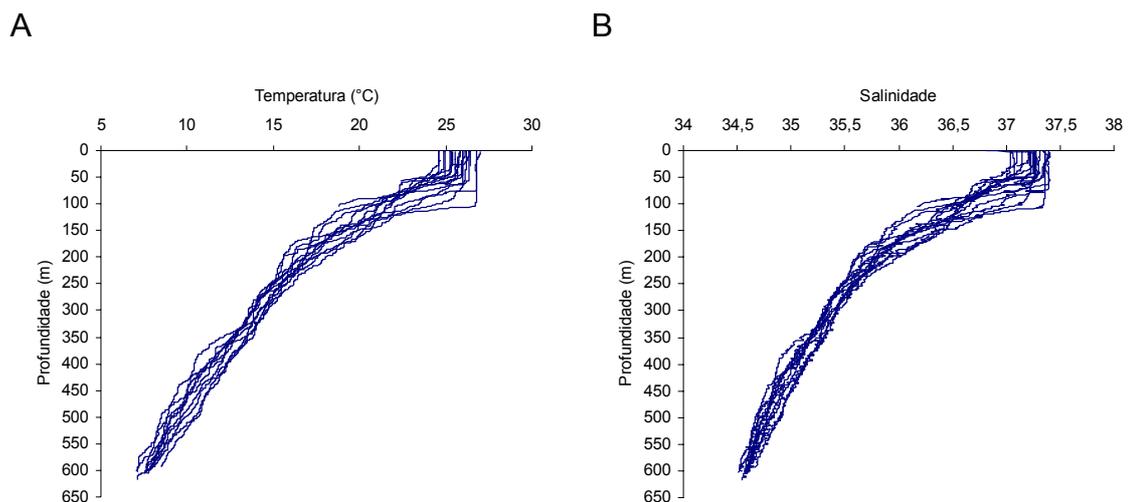


Figura 9 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Bancos Costeiros, na região Central do Brasil.

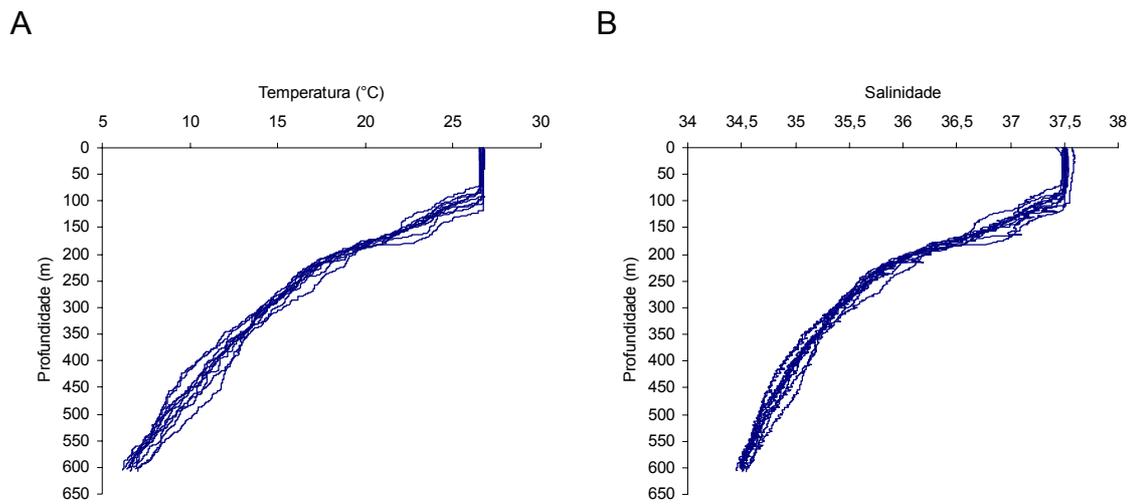


Figura 10 - Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Cadeia de Abrolhos, na região Central do Brasil.

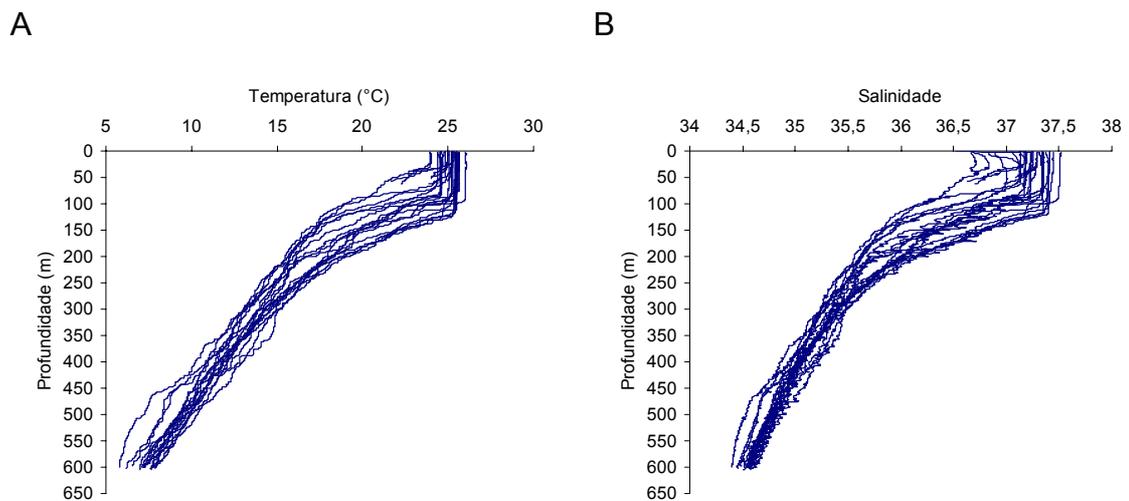


Figura 11 - Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Cadeia Vitória Trindade, na região Central do Brasil.

Em média a ACAS foi detectada em profundidades menores nos setores Bancos Costeiros e Cadeia Vitória Trindade (136 e 147 m, respectivamente), do que na Cadeia de Abrolhos (182 m) (Figura 12).

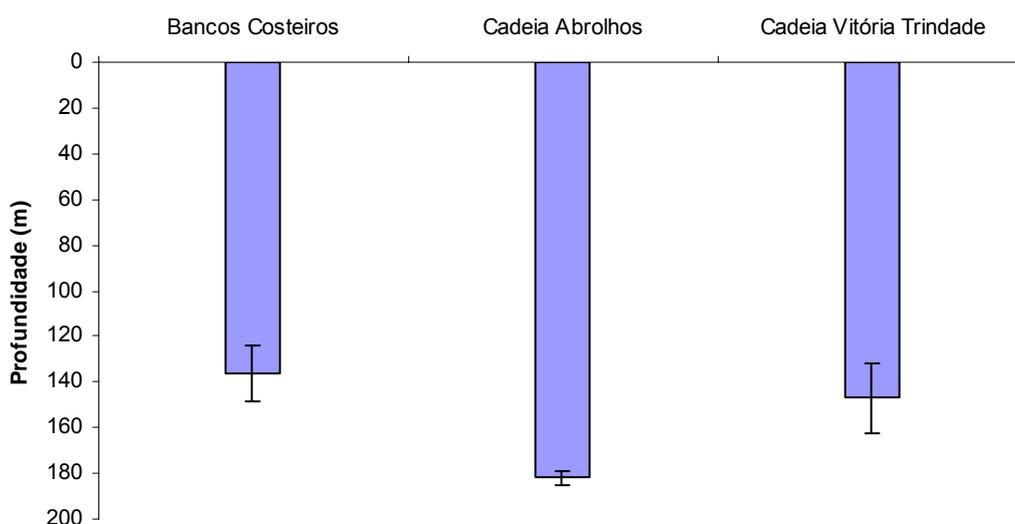


Figura 12 – Valores médios de profundidade mínima de detecção da ACAS, para os setores da região Central. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança, calculado a partir do desvio padrão em torno das médias, considerando um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

A análise dos valores médios, máximos e mínimos das variáveis ambientais entre os setores da região Nordeste, indica uma maior complexidade em termos ambientais, com maior heterogeneidade termohalina, quando comparados à região Central (Tabela 8).

Tabela 8 – Estatística descritiva dos dados de temperatura e salinidade, utilizados para a elaboração dos diagramas T-S, de cada setor considerado, na região Nordeste.

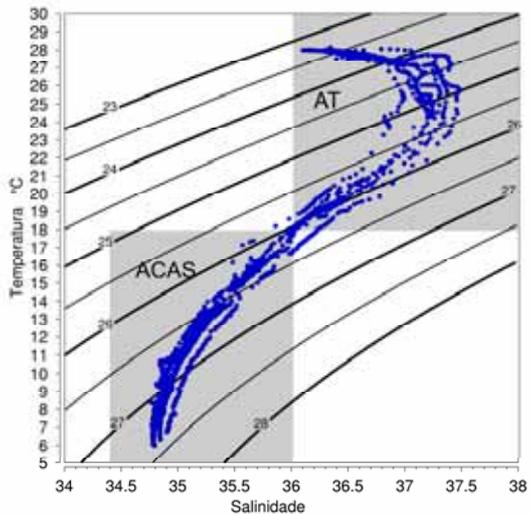
		Nº de observações	média	máximo	mínimo
Banco Aracati	Temperatura	3097	15,25	28,14	5,98
	Salinidade		35,58	37,48	34,76
Banco Leste	Temperatura	1716	13,17	28,29	6,77
	Salinidade		35,30	36,60	34,83
Banco do Meio	Temperatura	1750	12,89	28,07	6,49
	Salinidade		35,33	36,64	34,87
Banco Mundaú	Temperatura	1576	13,59	28,27	7,93
	Salinidade		35,30	36,69	34,78
Banco Continental	Temperatura	1661	13,67	28,04	6,22
	Salinidade		35,36	37,00	34,82
Atol das Rocas	Temperatura	1986	12,76	28,48	5,67
	Salinidade		35,27	36,77	34,72
São Pedro e São Paulo	Temperatura	3353	15,62	28,66	5,25
	Salinidade		35,41	36,91	34,46
Navegação	Temperatura	969	13,41	27,95	5,91
Natal-Noronha	Salinidade		35,39	36,85	34,82
Navegação	Temperatura	1676	12,66	28,49	5,46
Noronha-SPSP	Salinidade		35,19	36,70	34,59

Foi possível identificar um grupo homogêneo, quanto aos parâmetros ambientais, formado pelos Bancos Leste, do Meio, Mundaú e Continental, que diferiu do Banco Aracati em função da salinidade, com valores médios e máximos mais elevados neste último. Por esta razão os dados ambientais dos quatro Bancos foram agrupados, sendo o grupo denominado Bancos da Cadeia Norte.

Quanto aos pares temperatura-salinidade, foi observada semelhança entre os diagramas da Cadeia Norte e do Atol das Rocas, e entre o do Banco Aracati e de São Pedro e São Paulo. No segundo caso, no entanto, foram registados valores mais baixos de salinidade para o setor São Pedro e São

Paulo (Figuras 13 e 14). A Figura 15 apresenta os diagramas T-S das regiões oceânicas.

A



B

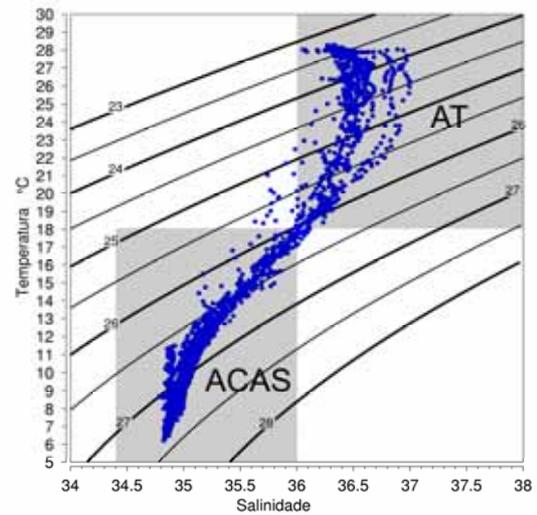
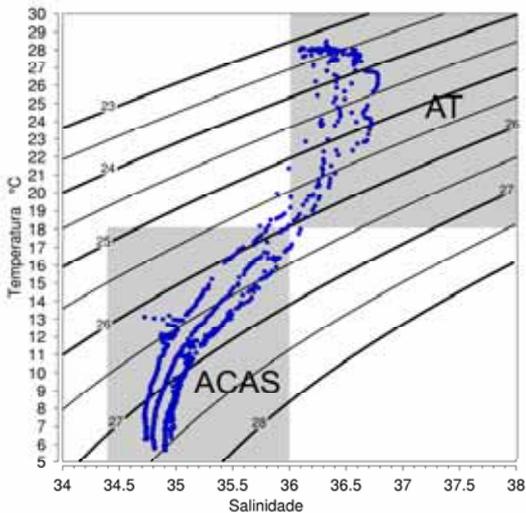


Figura 13 – Diagrama T-S elaborado a partir dos dados ambientais coletados no Banco Aracati (A) e nos Bancos da Cadeia Norte (B), na região Nordeste do Brasil.

A



B

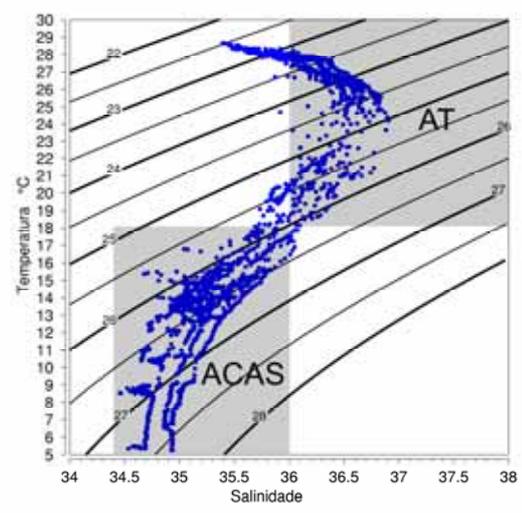
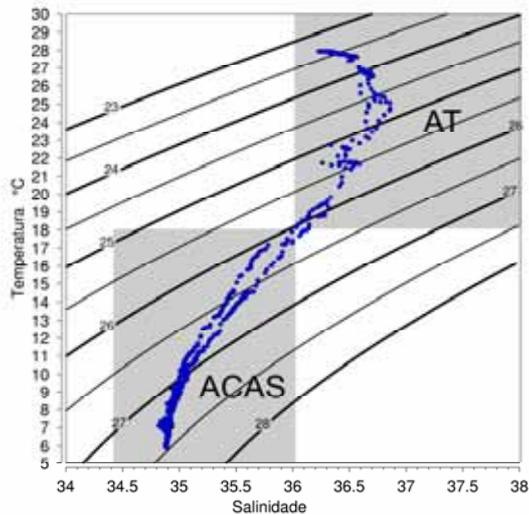


Figura 14 - Diagrama T-S elaborado a partir dos dados ambientais coletados no Atol das Rocas (A) e em São Pedro e São Paulo (B), na região Nordeste do Brasil.

A



B

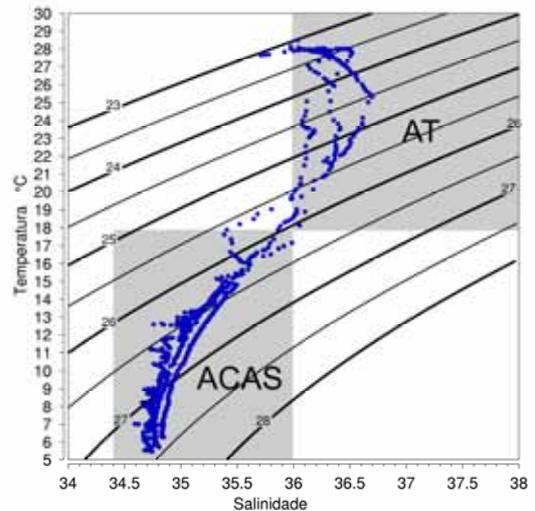


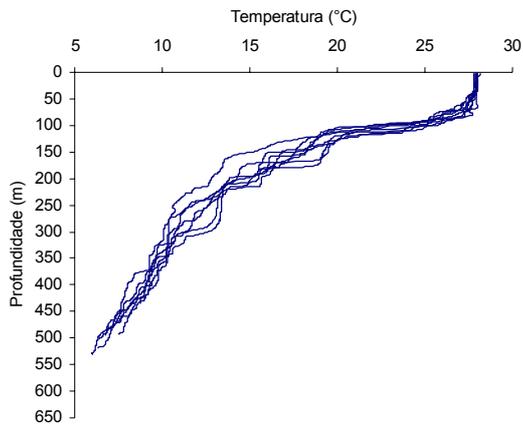
Figura 15 – Diagrama T-S elaborado a partir dos dados ambientais coletados nas regiões oceânicas profundas entre Natal e Fernando de Noronha (A), e Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo (B), na região Nordeste do Brasil.

A análise da estrutura termohalina dos setores considerados na região Nordeste revelou, na superfície, temperaturas variando entre 27,6 e 28,6° C, e salinidades entre 35,4 e 36,6 (Figuras 16 a 19), sendo que os valores mínimos de ambos os parâmetros foram observados para o setor São Pedro e São Paulo (Figura 19).

Os perfis indicam uma situação bastante homogênea em termos das camadas de profundidade ocupadas pelas massas d'água identificadas. De maneira geral a AT esteve restrita aos primeiros 120 m, seguida de ACAS, que ocupou a camada entre o limite inferior da AT e a máxima profundidade amostrada, de 610 m.

De acordo com a análise dos dados, foi observado que os perfis de temperatura e salinidade provenientes dos dados coletados em região oceânica profunda, durante as navegações, não apresentam uma marcada diferença em relação aos setores considerados no presente estudo (Figuras 20 e 21). Esta constatação reforça a idéia de homogeneidade e estabilidade das características ambientais da ZEE do Nordeste do Brasil.

A



B

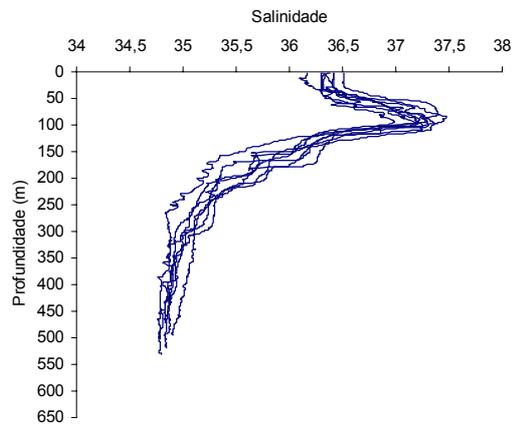
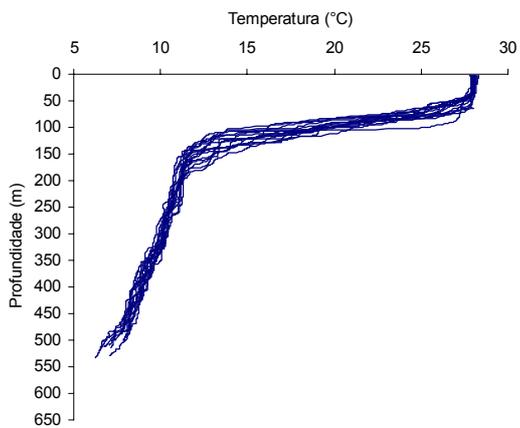


Figura 16 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Banco Aracati, na região Nordeste do Brasil.

A



B

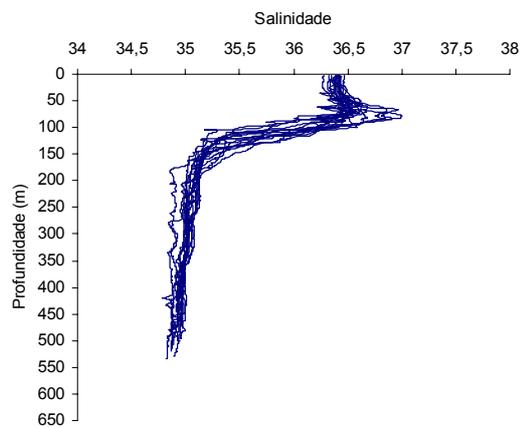


Figura 17 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Cadeia Norte, na região Nordeste do Brasil.

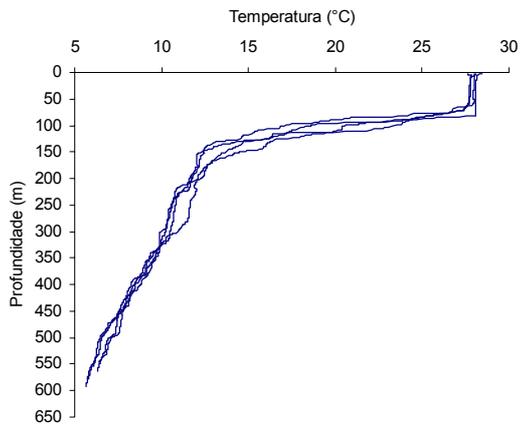
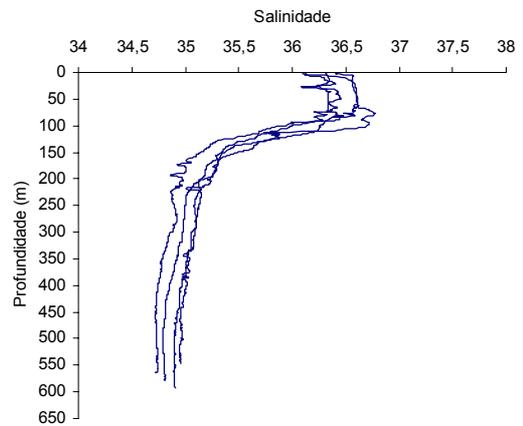
A**B**

Figura 18 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor Atol das Rocas, na região Nordeste do Brasil.

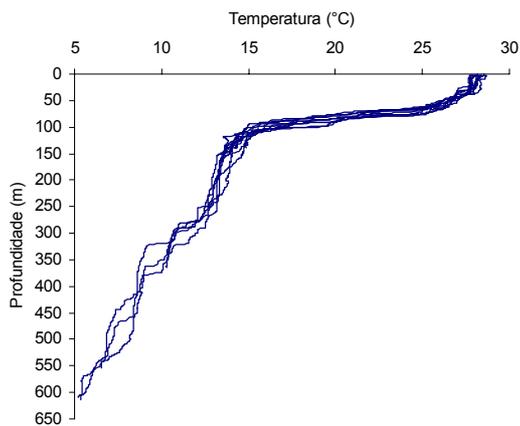
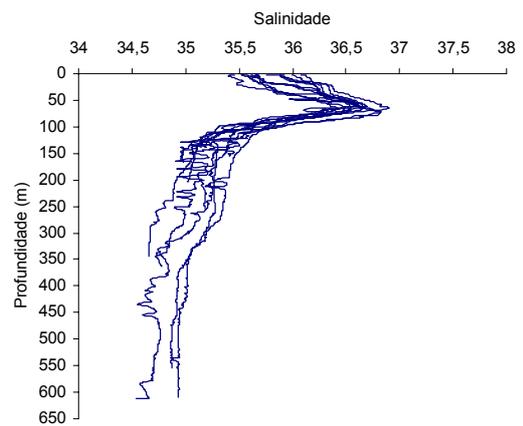
A**B**

Figura 19 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados no setor São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil.

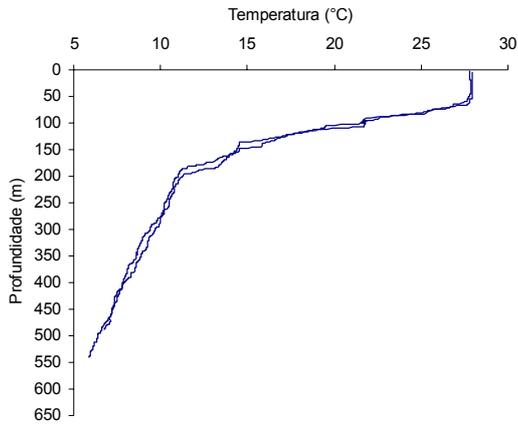
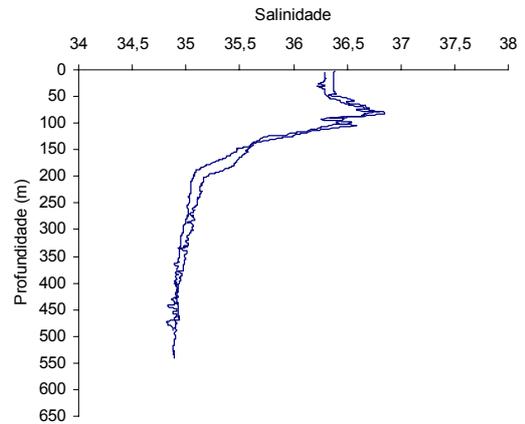
A**B**

Figura 20 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados em região oceânica profunda, durante a navegação entre Natal e Fernando de Noronha, na região Nordeste do Brasil.

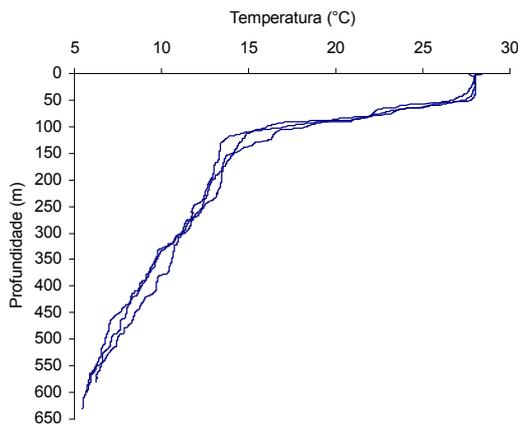
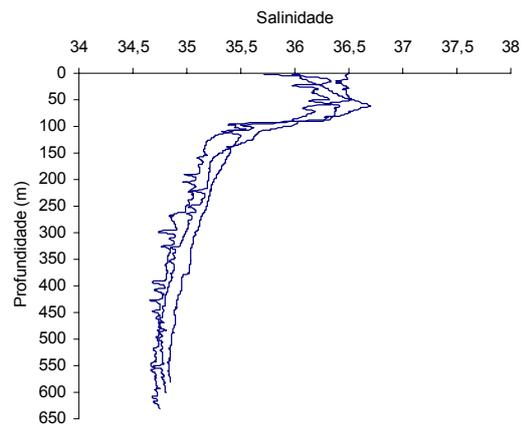
A**B**

Figura 21 – Perfis de temperatura (A) e salinidade (B), elaborados a partir dos dados ambientais coletados em região oceânica profunda, durante a navegação entre Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil.

Em média, a ACAS foi detectada mais superficialmente no setor São Pedro e São Paulo, e mais profunda no setor Banco Aracati. Cabe salientar ainda a menor variação dos valores de profundidade mínima de detecção da ACAS, em torno da média, ocorrida no setor São Pedro e São Paulo (Figura 22).

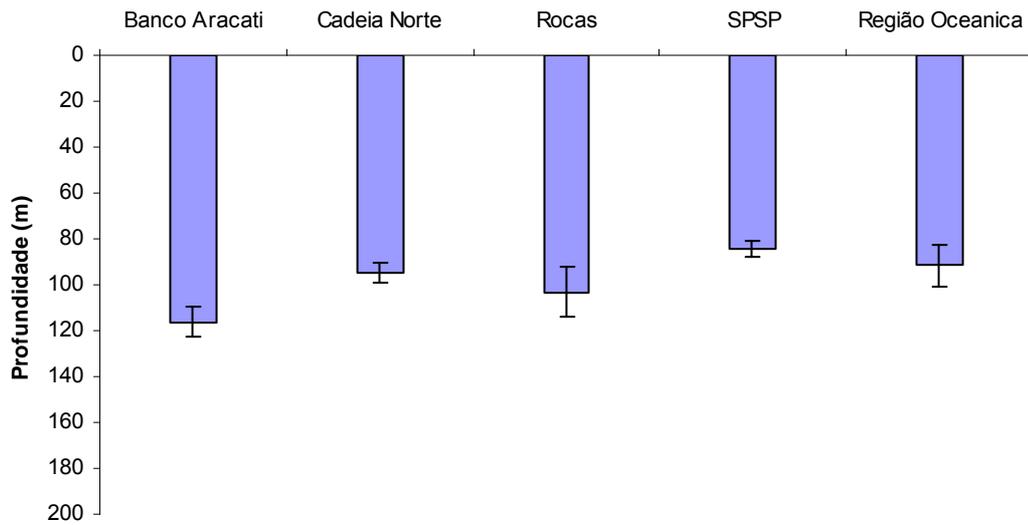


Figura 22 – Valores médios de profundidade mínima de detecção da ACAS, para os setores da região Nordeste. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança, calculado a partir do desvio padrão em torno das médias, considerando um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

3.2. Caracterização dos eco-registros detectados pelas sondas

Para os dados coletados durante o cruzeiro REVIZEE-NE, a classificação dos eco-registros detectados resultou na identificação de quatro padrões, suficientemente consistentes do ponto de vista da repetição das características de seus descritores:

- 1) Camada Oceânica;
- 2) Myctophidae;
- 3) Camada Oceânica com Myctophidae;
- 4) Nuvem de Quebra;

Além dos quatro ecotipos caracterizados, outros dois tipos de registros foram observados, sendo denominados Peixe-porco e Cardumes de Fundo não identificados. No entanto, esses tipos de registros não foram amostrados, em decorrência de sua ocorrência restrita e pouco representativa, baixa densidade acústica, e de dificuldades de amostragem relacionadas ao posicionamento dos registros em relação ao fundo. Sendo assim, não houve argumentos, suficientemente consistentes, que permitissem a caracterização destes tipos de registros, e a classificação dos mesmos como “ecotipos”.

Os registros do tipo Peixe-porco foram observados nos setores Fernando de Noronha e Atol das Rocas, com uma extensão horizontal total de 8,7 e 0,6 mn, respectivamente. Tais registros foram assim denominados analogamente aos resultados de Madureira *et al.* (2004), no cruzeiro Bahia 1.

Os registros do tipo Cardume de fundo foram observados apenas no setor Bancos do Ceará, e detectados ao longo de uma extensão horizontal total de 15,3 mn.

Oito lances de pesca foram considerados representativos dos eco-registros detectados durante o cruzeiro REVIZEE-NE (Tabela 9). Outros quatro lances sem captura não foram considerados, no entanto serviram para evitar novas tentativas sobre determinadas camadas. Considerando-se que o equipamento de amostragem biológica foi utilizado com monitoramento acústico, e que não houve indicativos de operação inadequada de todo o petrecho, então os lances sem capturas foram associados a escape dos organismos pelas malhas, configurando a presença de espécimes de pequeno porte.

Tabela 9 – Horário, posição geográfica e profundidade local iniciais, profundidade de operação da rede de meia água, e ecotipos amostrados em cada um dos lances representativos, realizados no cruzeiro REVIZEE-NE, por setor considerado.

Setor	Horário	Posição Geográfica		Profundidade (m)		
		Latitude	Longitude	Local	Operação	Ecotipo
	14:05	3° 23,52' S	037° 24,81' W	255	110-170	CO
B. do Ceará	01:35	3° 14,61' S	037° 44,54' W	1950	100	M
	04:54	3° 12,70' S	038° 24,48' W	385	80-95	CM
A. das Rocas	21:13	3° 50,40' S	033° 46,07' W	65	55-90	NQ
	16:33	0° 55,02' N	029° 19,16' W	602	40-70	CO
S. Pedro e	20:45	0° 57,39' N	029° 21,20' W	1720	45-75	CM
S. Paulo	17:24	0° 57,00' N	029° 19,64' W	1480	30-60	CM
	21:15	0° 56,17' N	029° 20,44' W	1015	50-75	CM

Obs.: CO = Camada Oceânica; M = Myctophidae; CM = Camada Oceânica com Myctophidae; e NQ = Nuvem de Quebra.

1) Camada Oceânica

Registros do tipo Camada Oceânica foram caracterizados por uma camada homogênea e horizontalmente contínua, que ocupa a porção superior da coluna d'água, estendendo-se da superfície até 280 m, valor que corresponde à máxima extensão vertical registrada (Figura 23).

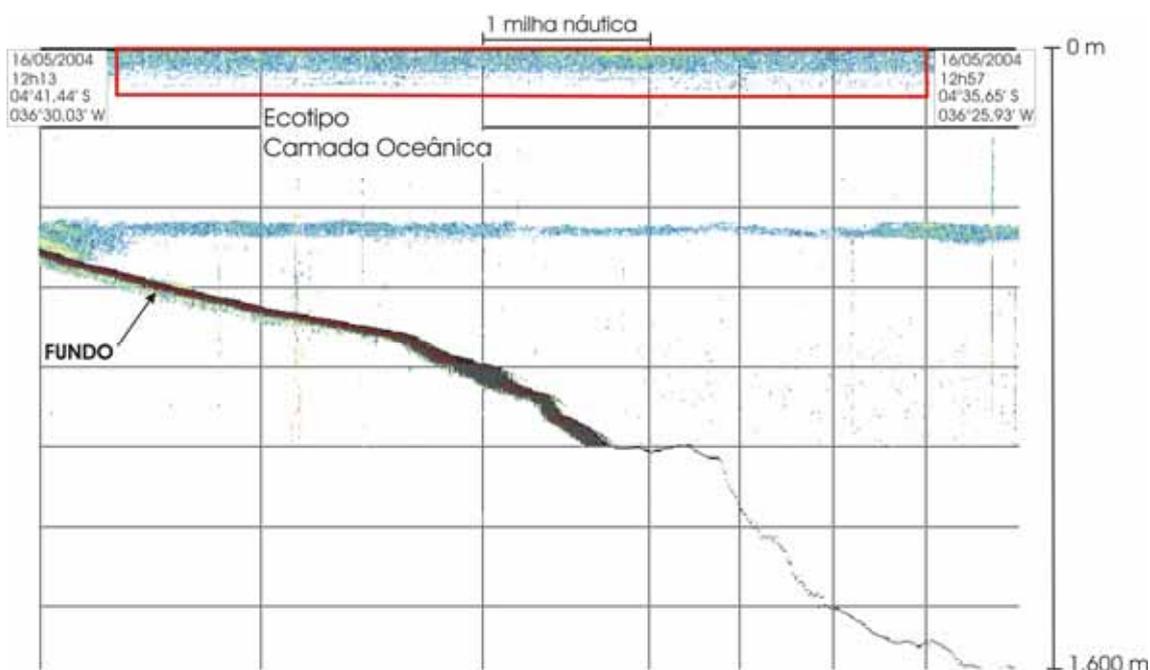


Figura 23 - Ecotipo Camada Oceânica

Camadas Oceânicas foram detectados durante o período diurno, ao longo de toda a prospecção acústica realizada nas regiões de talude e oceânica, num total de 372,2 mn. Lances de pesca dirigidos à amostragem deste tipo de registro indicaram uma elevada composição de diferentes espécies de pequenos peixes pelágicos e mesopelágicos, cefalópodes e crustáceos, além de organismos macrozooplancônicos, tais como: tunicados, heterópodos, pterópodos e sifonóforos.

2) Ecotipo Myctophidae

Foram caracterizados por formarem camadas de dispersão em meia água (em média entre 226 e 658 m) durante o período diurno, apresentando marcado comportamento de migração nictemeral, ascendendo para camadas superiores ao entardecer, quando se mistura às camadas oceânicas, e voltando à meia água no amanhecer.

Os registros do tipo Myctophidae (Figuras 24 e 25) foram detectados ao longo de toda a área de estudo, nas regiões de talude e oceânicas, perfazendo um total de 133,9 mn. Em lance de pesca dirigido à amostragem deste tipo de registro foi capturada uma composição de peixes mesopelágicos, crustáceos e pequenas lulas, com predomínio de peixes da família Myctophidae, ocorrendo

também peixes das famílias Paralepididae, Bothidae, e Larvas Leptocephala. Nas Figuras 8 e 9 são apresentados exemplos do ecotipo Myctophidae, em período diurno.

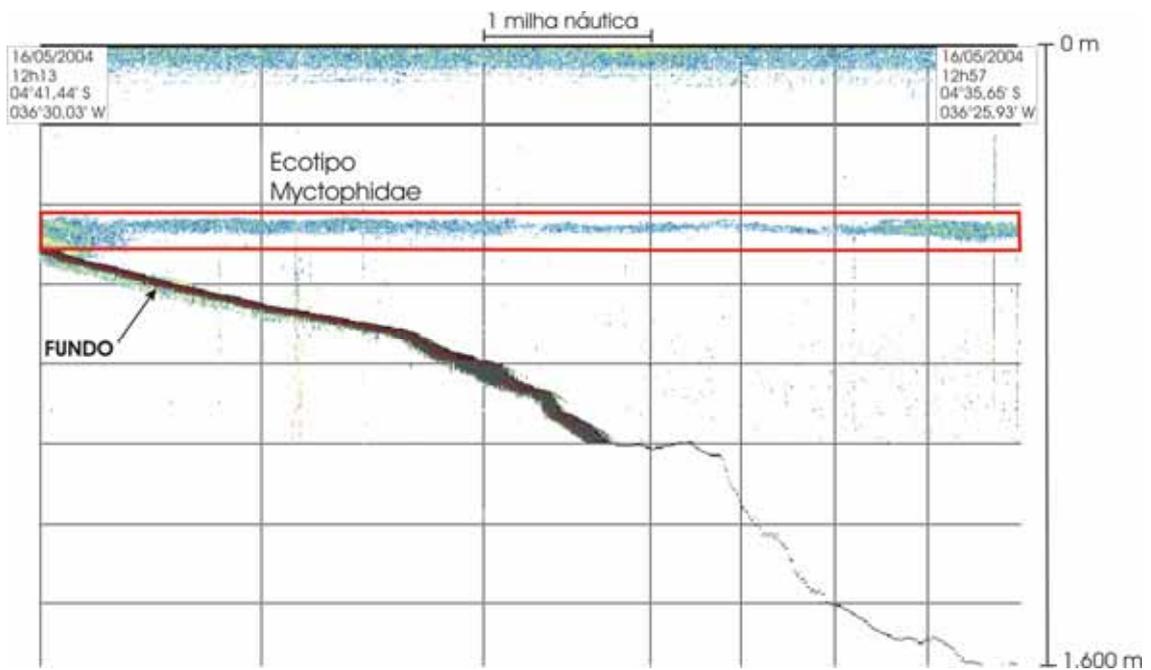


Figura 24 - Ecotipo Myctophidae, aspecto diurno.

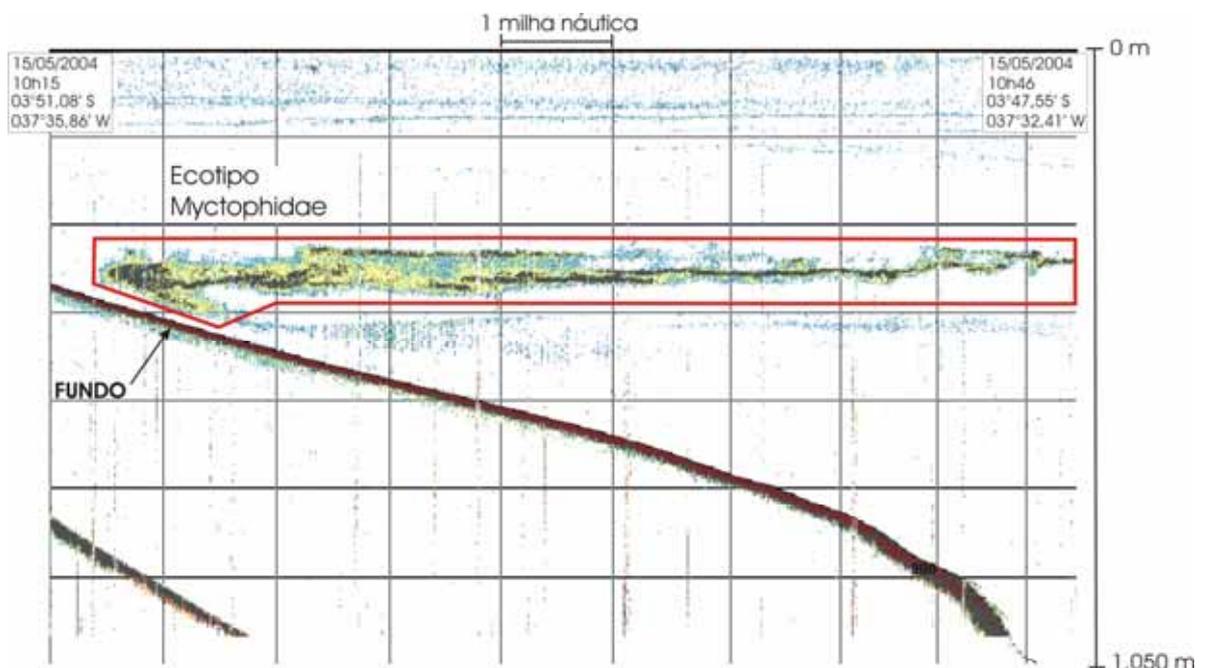


Figura 25 – Camada densa caracterizada como ecotipo Myctophidae, aspecto diurno.

O movimento de migração vertical vespertino iniciado mais cedo foi observado a partir das 16:26 horas. Na ocasião foram analisados horário e profundidade do topo da camada no início e final do registro da migração vespertina, resultando em um deslocamento de 252 m em 46 minutos, indicando um deslocamento médio da ordem de 5,47 metros por minuto (m/min) (Figura 26).

Foram observados também eventos de migração descendente, que ocorreram anteriormente ao amanhecer (migração matutina). O movimento de migração vertical matutino iniciado mais cedo foi observado a partir das 05:00 horas.

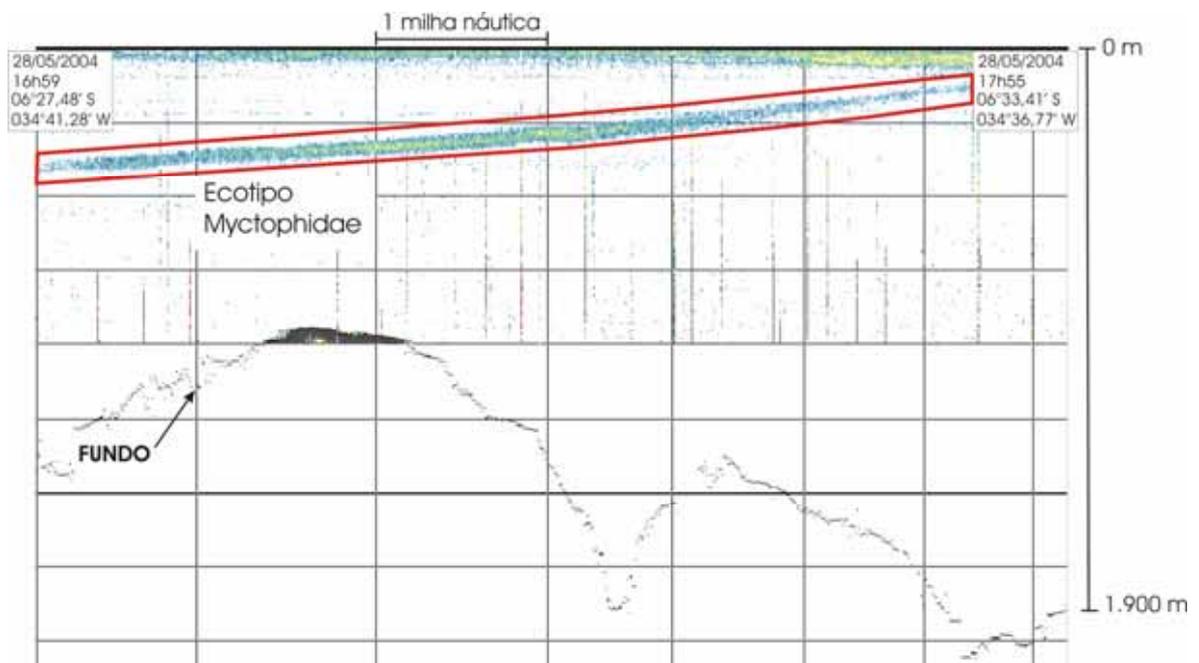


Figura 26 – Migração vespertina do ecotipo Myctophidae

3) Camada Oceânica com Myctophidae

Registros do tipo Camada Oceânica com Myctophidae foram caracterizados por uma camada uniforme e densa, que se estendeu da superfície até um máximo de 250 m. Correspondeu ao principal tipo de registro observado nas regiões de talude e oceânicas, no período noturno, após a migração nictemeral vespertina das camadas de Myctophidae. As camadas de Myctophidae, que migram ascendentemente compõem, principalmente, a base

da camada oceânica tipicamente diurna, incrementando a extensão vertical e densidade da mesma (Figura 27).

Registros deste tipo foram detectados ao longo de toda a área de estudo, nas regiões de talude e oceânicas, perfazendo um total de 193,1 mn.

Lances de pesca direcionados à amostragem do ecotipo Camada Oceânica com Myctophidae, realizados em diferentes estratos batimétricos (na porção superficial e na base da camada) confirmam a sobreposição, no período noturno, dos ecotipos Camada Oceânica e Myctophidae.

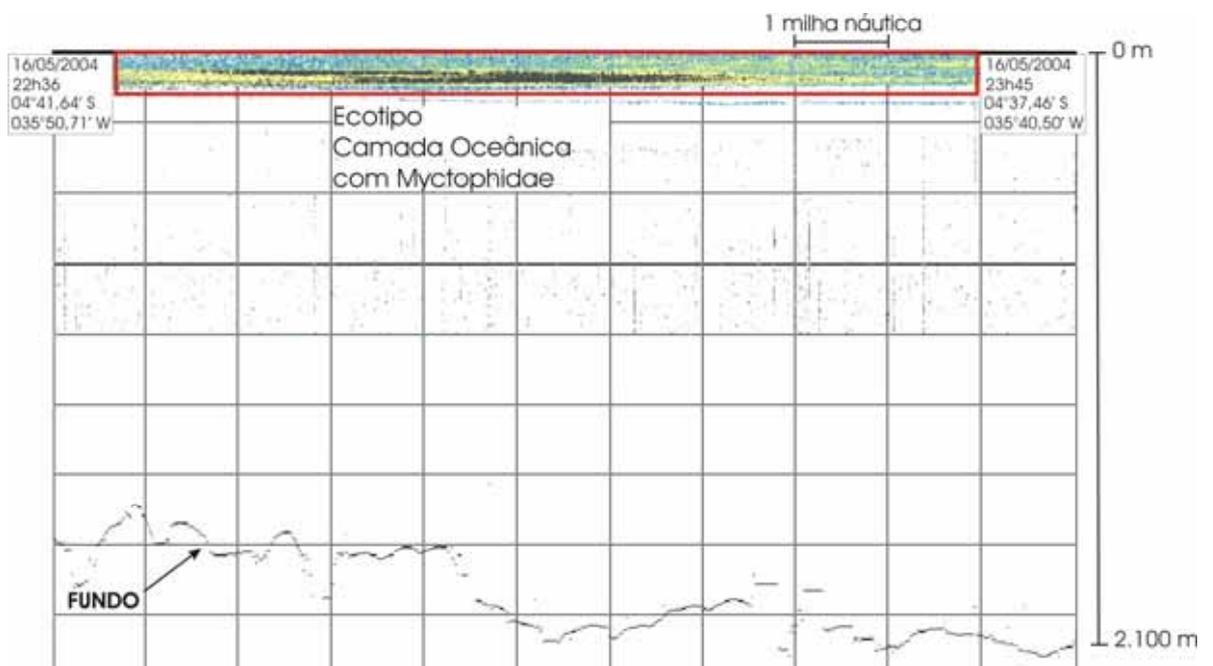


Figura 27 - Ecotipo Camada Oceânica com Myctophidae

4) Nuvem de Quebra

Registros do tipo Nuvem de Quebra foram caracterizados por uma agregação de organismos, na região do talude superior, próximo à quebra da plataforma de topo das feições geomorfológicas, provocando um súbito aumento na densidade acústica (Figura 28).

Estes registros foram detectados ao longo dos setores Bancos do Ceará, Atol das Rocas e Fernando de Noronha, num total de 17,1 mn, em diferentes períodos do dia.

Lances de pesca dirigidos à amostragem deste registro capturaram uma composição de espécies mesopelágicas, com predomínio de peixes da família Myctophidae, além de pelágicas, com predomínio de *Decapterus tabl*.

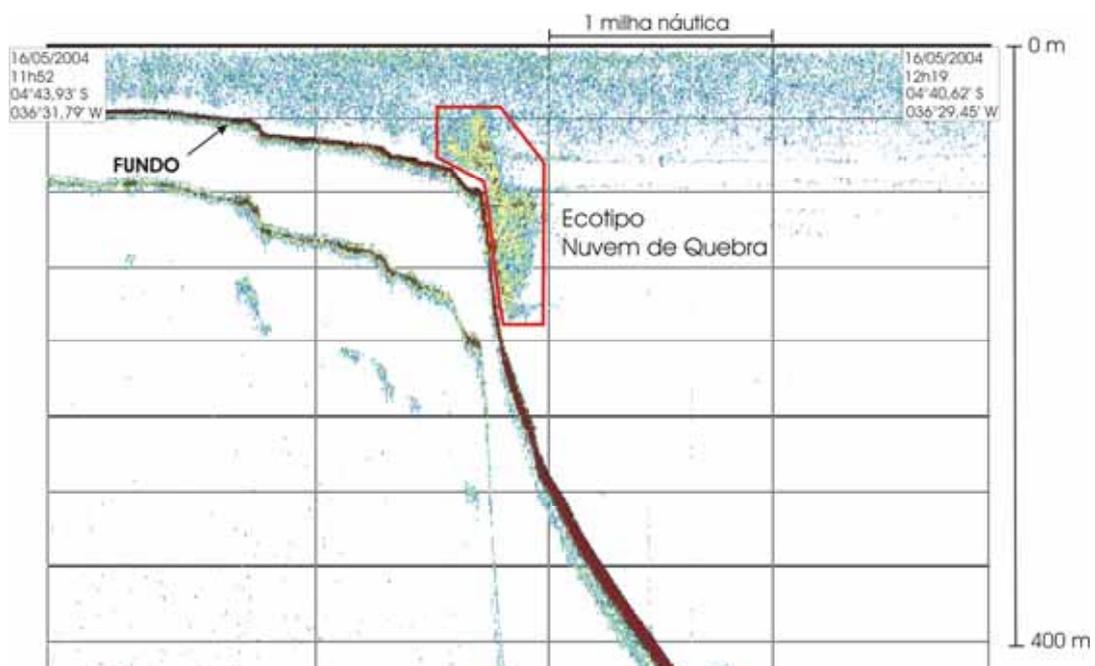


Figura 28 - Ecotipo Nuvem de Quebra.

Em caráter ilustrativo, exemplos de registros dos tipos Peixe-porco (Figura 29) e Cardumes de Fundo não identificados (Figura 30) são apresentados.

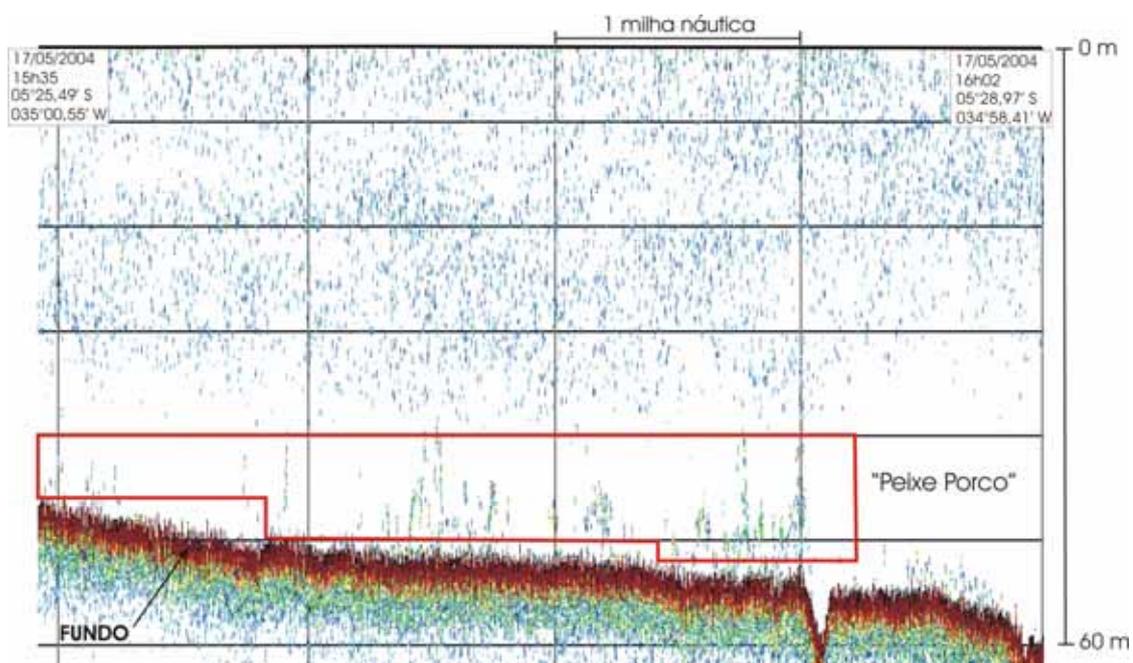


Figura 29 – Registros denominados Peixe-porco.

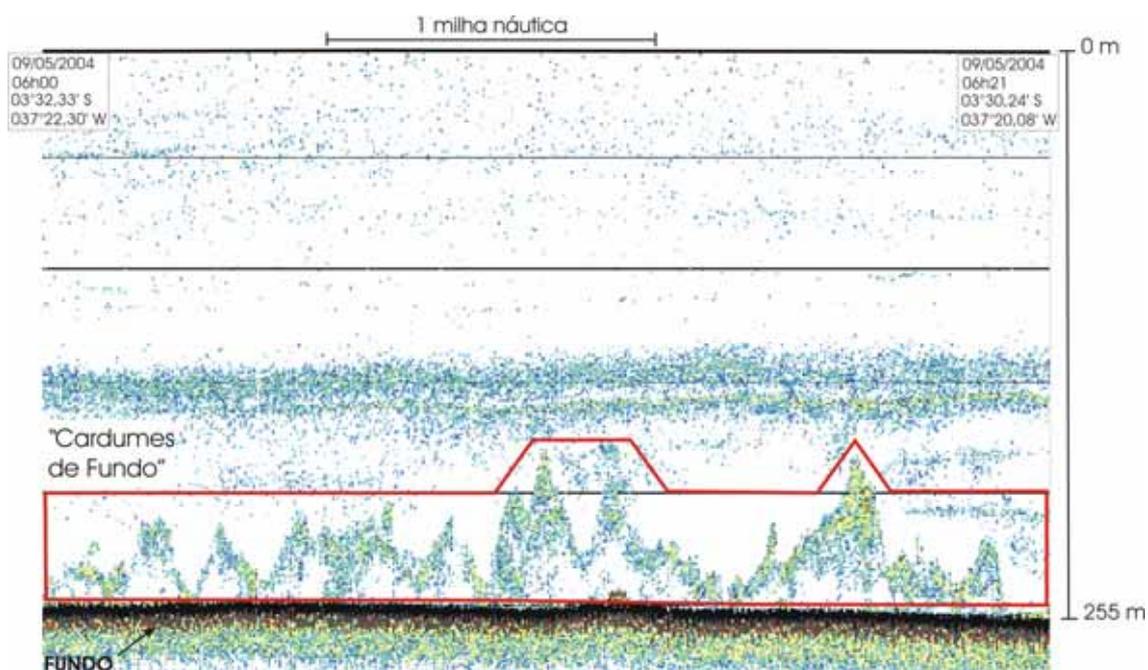


Figura 30 – Registros denominados Cardumes de Fundo não identificados.

Informações relativas às características dos ecotipos identificados são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Características dos ecotipos apresentados, em termos de profundidades mínimas e máximas dos locais de ocorrência, e da posição dos registros na coluna d'água, e suas respectivas extensões verticais.

Setor	Ecotipo	Descritores Espaciais						
		Profundidade local (m)		Profundidade do registro (m)		Extensão vertical do registro (m)		
		mínima	máxima	Mínima	máxima	mínima	média	máxima
Bancos do Ceará	CO	36,6	2000,0	0,0	230,0	30,0	111,4	230,0
	M	614,6	2000,0	200,0	550,0	60,0	130,0	200,0
	CM	28,3	2000,0	0,0	220,0	90,0	140,4	220,0
	NQ	75,0	650,0	74,0	561,0	25,0	76,1	170,0
Atol das Rocas	CO	15,0	1987,5	0,0	175,0	20,0	100,7	175,0
	M	401,4	1580,4	365,0	600,0	100,0	135,6	155,0
	CM	22,8	1951,5	0,0	165,0	25,0	131,7	165,0
	NQ	41,1	691,0	35,0	150,0	30,0	53,2	90,0
Fernando de Noronha	CO	18,5	1458,0	0,0	280,0	10,0	111,9	280,0
	M	281,0	1907,6	230,0	600,0	65,0	151,4	300,0
	CM	26,4	876,3	0,0	118,0	34,2	78,1	118,0
	NQ	59,0	816,6	20,0	120,0	20,0	50,0	85,0
São Pedro e São Paulo	CO	50,0	1547,0	0,0	80,0	60,0	70,0	80,0
	M	350,0	1547,0	300,0	750,0	130,0	347,1	450,0
	CM	71,6	1500,0	0,0	95,0	80,0	89,0	95,0
	NQ	-	-	-	-	-	-	-

Obs: CO = Camada Oceânica, M = Myctophyidae, CM = Camada Oceânica com Myctophidae, NQ = Nuvem de Quebra

3.3. Distribuição horizontal da densidade acústica total

Na região Central foi observada uma maior representatividade das classes de menor valor de densidade acústica, diminuindo gradativamente em direção às classes de maior valor.

Para a região Nordeste as classes compreendidas entre 400 e 1600 $m^2 \cdot mn^{-2}$ representam, em conjunto, 49,9 % dos valores de densidade acústica, indicando a importância das camadas de dispersão acústica profundas, em termos de densidade acústica de organismos, nesta região (Tabela 11).

Tabela 11 – Número de leituras e representatividade dos valores de densidade acústica, nas classes definidas, para os setores das regiões Central e Nordeste, do Brasil.

Cruzeiro	Setor	Unidades amostrais	Classes de densidade acústica (m ² *mn ⁻²)					
			< 100	100-200	200-400	400-800	800-1600	> 1600
Bahia 1	B. Royal Charlotte	288	123	79	60	18	5	3
	B. dos Abrolhos	574	157	153	183	79	2	0
	B. Hotspur	106	99	4	2	1	0	0
	B. Minerva e Rodger	179	149	21	7	2	0	0
	C. Vitória Trindade	1351	1124	105	47	36	26	13
	Total	2498	1652	362	299	136	33	16
	Representatividade (%)	100,0	66,1	14,5	12,0	5,4	1,3	0,6
REVIZEE NE	B. Aracati	269	23	11	35	41	55	104
	B. Leste	71	19	7	18	22	5	0
	B. do Meio	62	5	3	14	24	14	2
	B. Mundaú	81	18	29	18	14	1	1
	B. Continental	91	1	2	6	31	43	8
	S. Pedro e S. Paulo	143	6	9	32	32	54	10
	F. de Noronha	237	21	15	27	105	42	27
	A. da Rocas	280	56	23	41	56	77	27
	Total	1234	149	99	191	325	291	179
	Representatividade (%)	100,0	12,1	8,0	15,5	26,3	23,6	14,5
Total	TOTAL	3732	1801	461	490	461	324	195
	Representatividade (%)	100,0	48,3	12,4	13,1	12,4	8,7	5,2

Foram observados maiores densidades acústicas no setor Bancos Costeiros, em relação à Cadeia de Abrolhos. Valores extremos de densidade acústica ocorrem na região de talude do Banco Royal Charlotte (Figura 31).

As tendências de maiores valores de densidade acústica nas proximidades da região costeira, observadas na Figura 31, foram também verificadas ao longo da Cadeia Vitória Trindade (Figura 32).

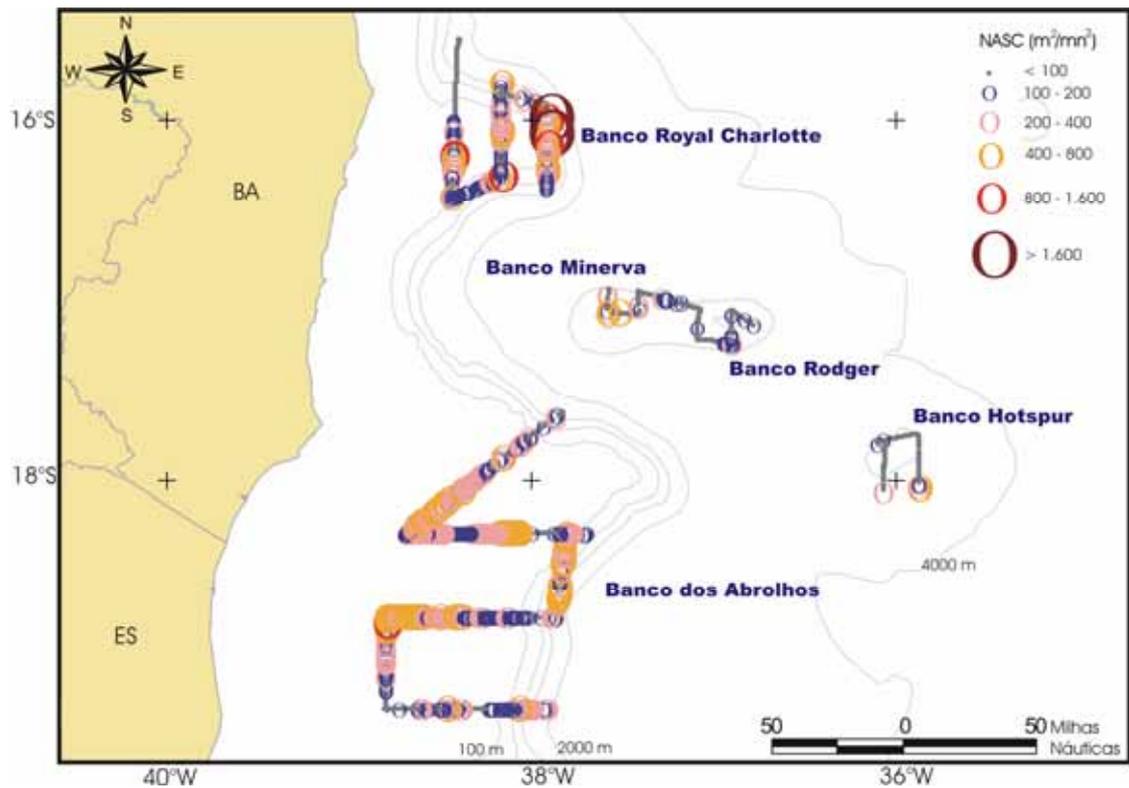


Figura 31 – Distribuição de densidade acústica nos setores Bancos Costeiros (Royal Charlotte e dos Abrolhos), e Cadeia de Abrolhos (Minerva, Rodger e Hotspur), na região Central do Brasil.

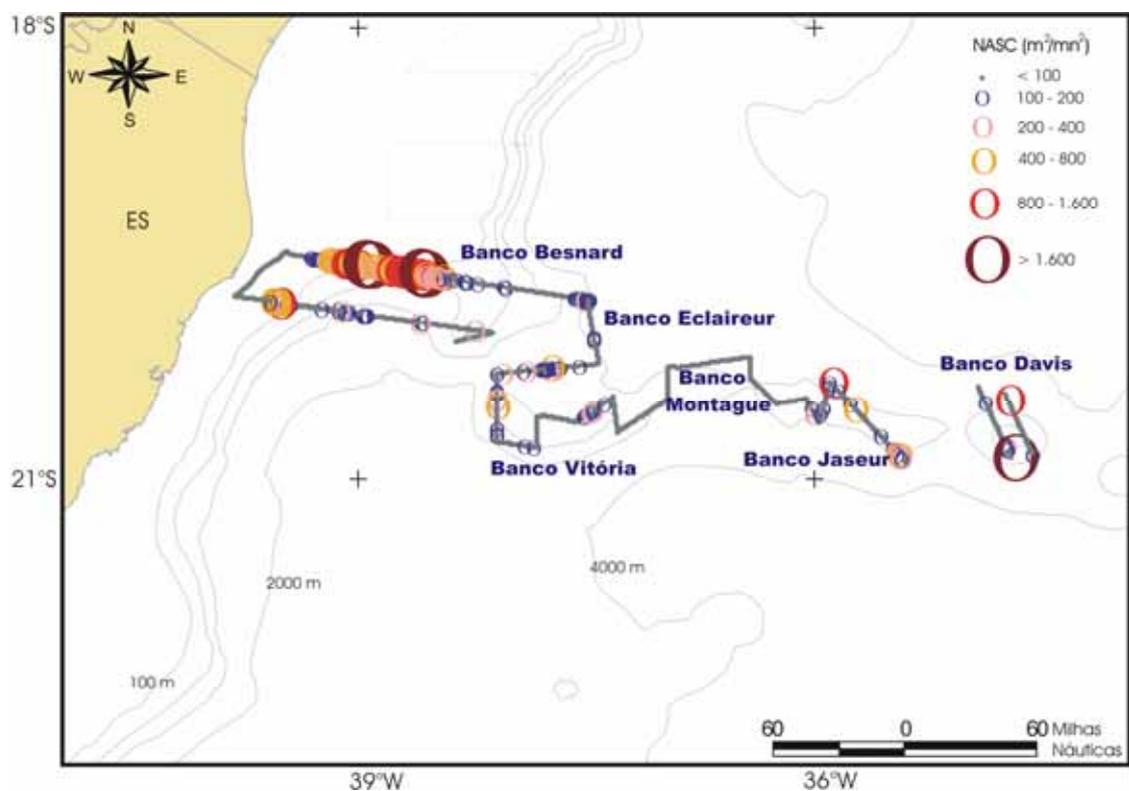


Figura 32 – Distribuição de densidade acústica nos setores da Cadeia Vitória Trindade (Bancos Besnard, Eclairer, Vitória, Montague, Jaseur e Davis), na região Central do Brasil

Foi observada diferença extremamente significativa ($p < 0,001$) entre a região mais próxima à costa, representada pelos Bancos Royal Charlotte, dos Abrolhos e Besnard, e a região oceânica, representada pelos Bancos Minerva, Rodger, Hotspur, Vitória, Jaseur e Davis (Figura 33).

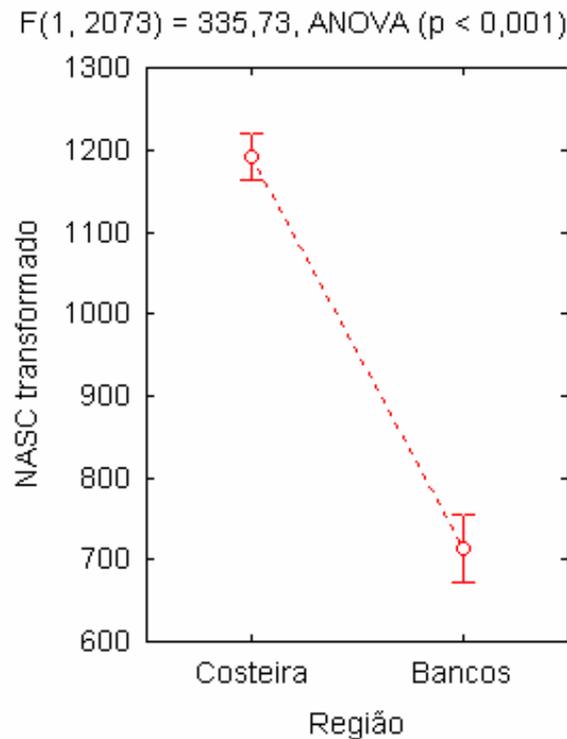


Figura 33 – Densidade acústica (NASC transformado), em função da região da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados durante o cruzeiro Bahia 1, nos período diurno. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Entre os Bancos Oceânicos do Ceará, foram observados valores extremos de densidade acústica em todos os setores. Em termos de densidade acústica de organismos em seus entornos, cabe destacar a importância local do Banco Aracati (Figura 34).

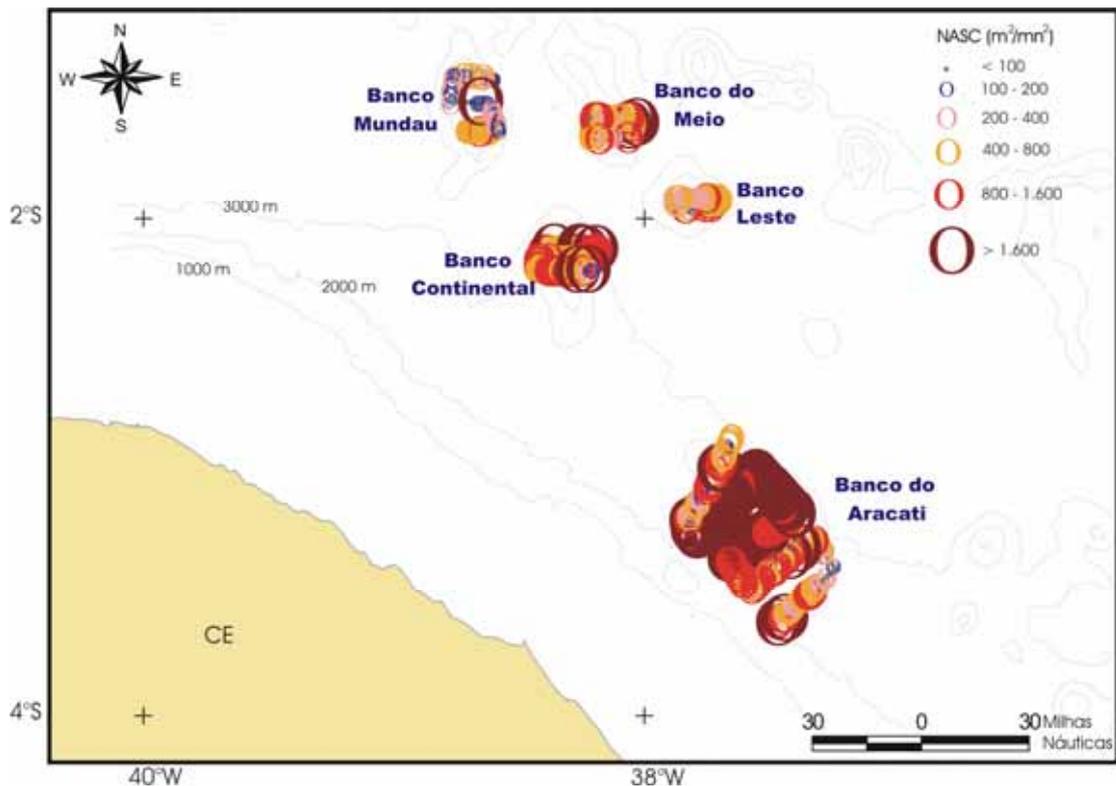


Figura 34 – Distribuição de densidade acústica nos setores dos Bancos Oceânicos do Ceará (Bancos Aracati, Leste, do Meio, Mundaú e Continental), na região nordeste do Brasil.

O resultado da comparação entre os valores de densidade acústica obtidos sobre os bancos e seus entornos e a região oceânica entre eles, indicou não haver diferença significativa ($p > 0,05$), quando considerados os diferentes períodos do dia (Figura 35).

Baseado neste resultado, não foi possível evidenciar efeitos de enriquecimento localizado, causado pelas feições geomorfológicas componentes do grupo de montes submarinos Bancos do Ceará.

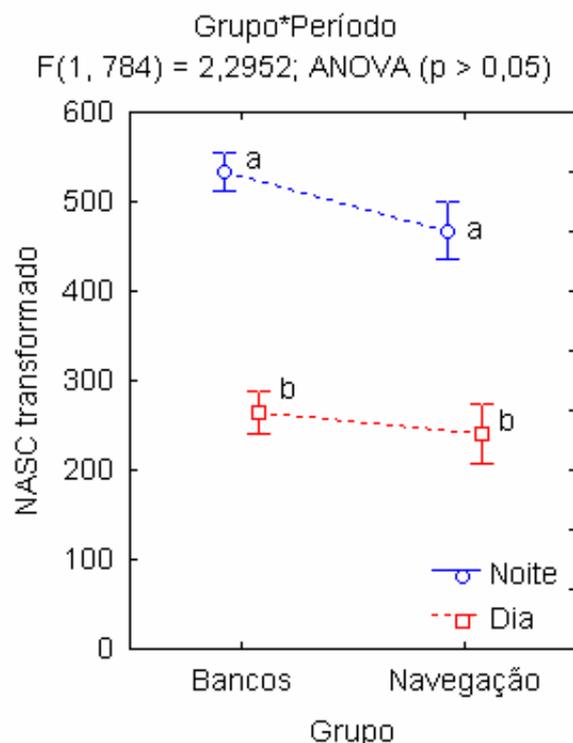


Figura 35 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados sobre os Bancos do CE e durante as navegações entre eles, nos diferentes períodos do dia. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

A Figura 36 indicou uma clara distribuição de valores extremos de densidade acústica, dispostos ao redor do maciço sobre o qual está localizado o Atol das Rocas, sobre a região de talude.

Imediatamente a oeste do Atol foi observada uma área com valores mais elevados de densidade acústica. Este local coincide com a maior proximidade do Atol em relação ao talude, estando compreendido entre as isóbatas de 200 e 1000 m. Uma seqüência de valores máximos de densidade acústica também foi observada ao norte do Atol das Rocas, associada à região de talude.

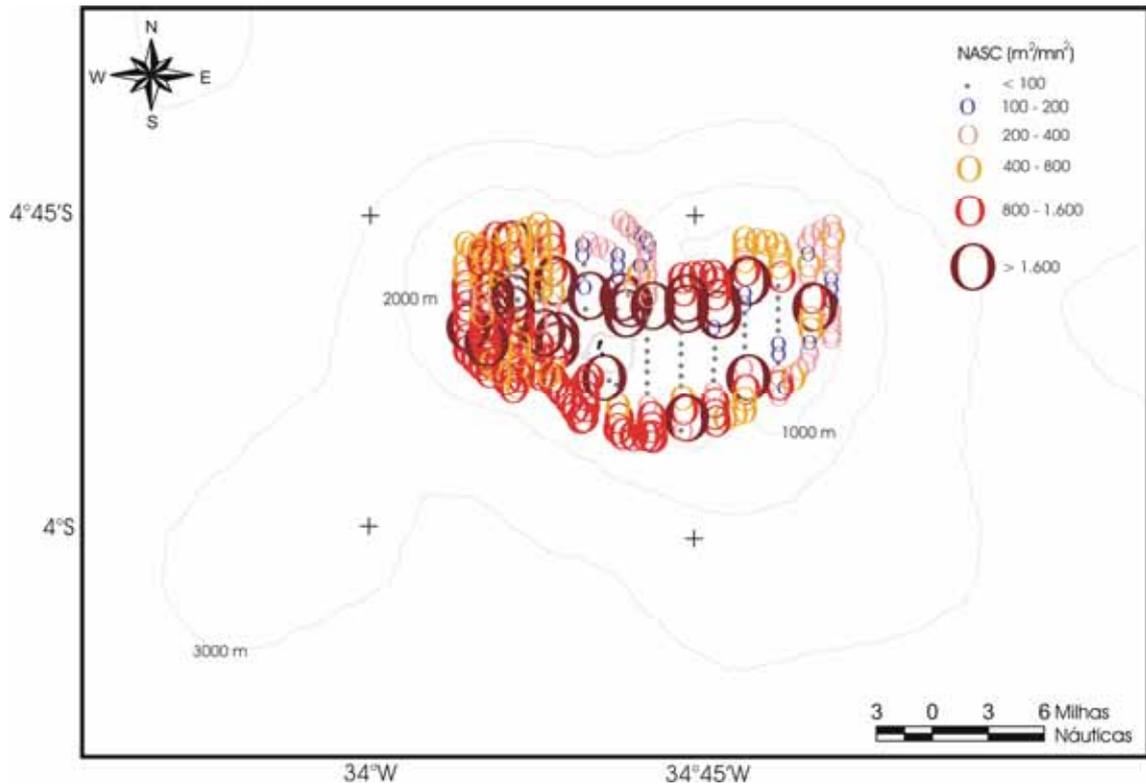


Figura 36 – Distribuição de densidade acústica no setor Atol das Rocas, na região Nordeste do Brasil.

Os dados acústicos a oeste do Atol foram coletados, em sua totalidade, no período noturno, enquanto os a leste foram coletados nos períodos noturno e diurno. Para testar a maior densidade acústica aparente no lado oeste, em relação ao lado leste, foram utilizados apenas os valores obtidos durante o período noturno, em ambos os lados.

O resultado da análise indicou diferença muito significativa ($p < 0,01$), entre os valores médios de densidade acústica total, obtidos nos lados oeste e leste do Atol (Figura 37). Tal resultado confirmou a observação do mapa de distribuição de densidade acústica horizontal, de maiores valores de densidade acústica a oeste do Atol das Rocas.

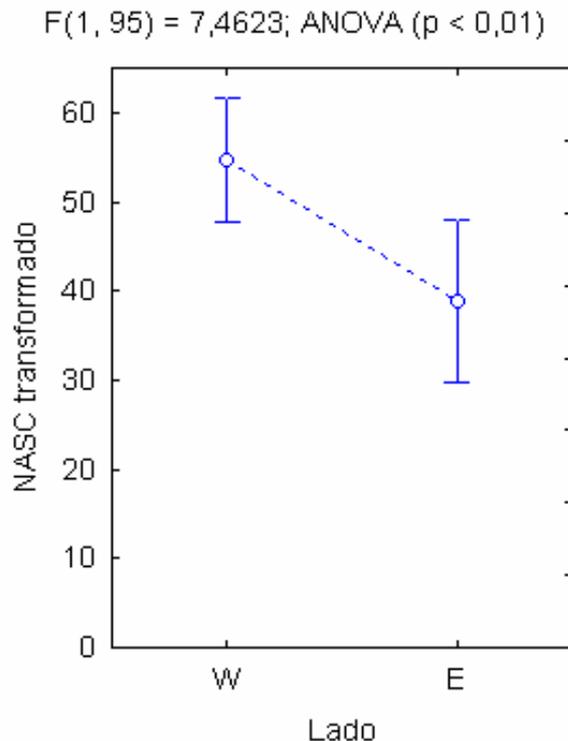


Figura 37 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados imediatamente a oeste e a leste do Atol das Rocas, no período noturno. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Conforme descrito para o setor Atol das Rocas, foi observado em Fernando de Noronha uma distribuição dos valores máximos de densidade acústica, margeando a região de talude do Arquipélago, principalmente ao norte, ao sul e a oeste da Ilha de Fernando de Noronha. Os perfis mais afastados da ilha, no sentido oeste, correspondem ao Alto-Fundo Drina. (Figura 38).

De acordo com a análise estatística, não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores de densidade acústica para os lados oeste e leste, do setor Fernando de Noronha (Figura 39). As varreduras acústicas em ambos os lados do Arquipélago foram realizadas no período diurno.

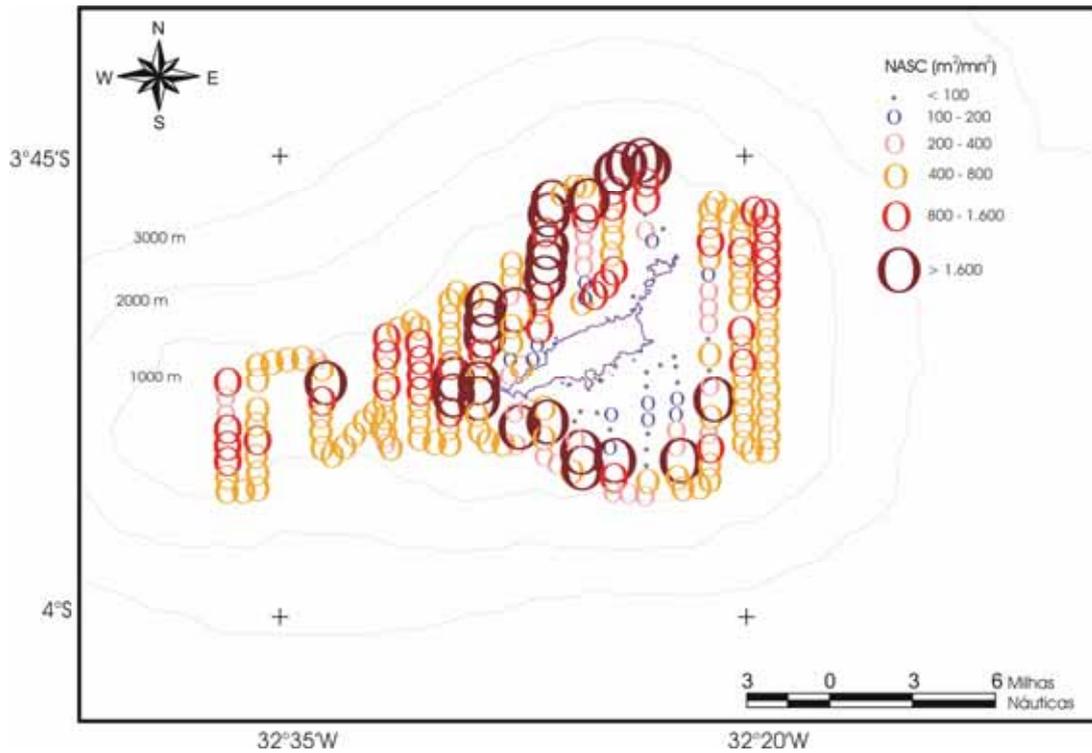


Figura 38 – Distribuição de densidade acústica no setor Fernando de Noronha, na região Nordeste do Brasil.

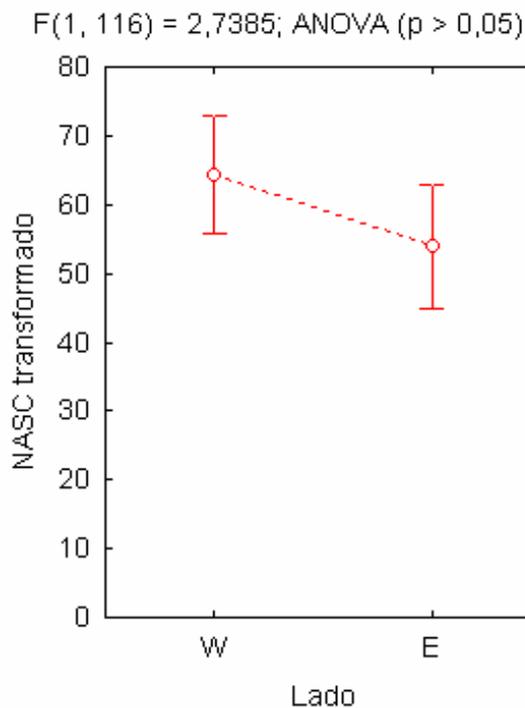


Figura 39 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados imediatamente a oeste e a leste do Arquipélago de Fernando de Noronha, no período diurno. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

De maneira geral, valores máximos de densidade acústica foram observados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Figura 40).

O resultado da análise estatística indicou não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores médios de densidade acústica total, obtidos a oeste e leste do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, quando considerados os diferentes períodos do dia (Figura 41).

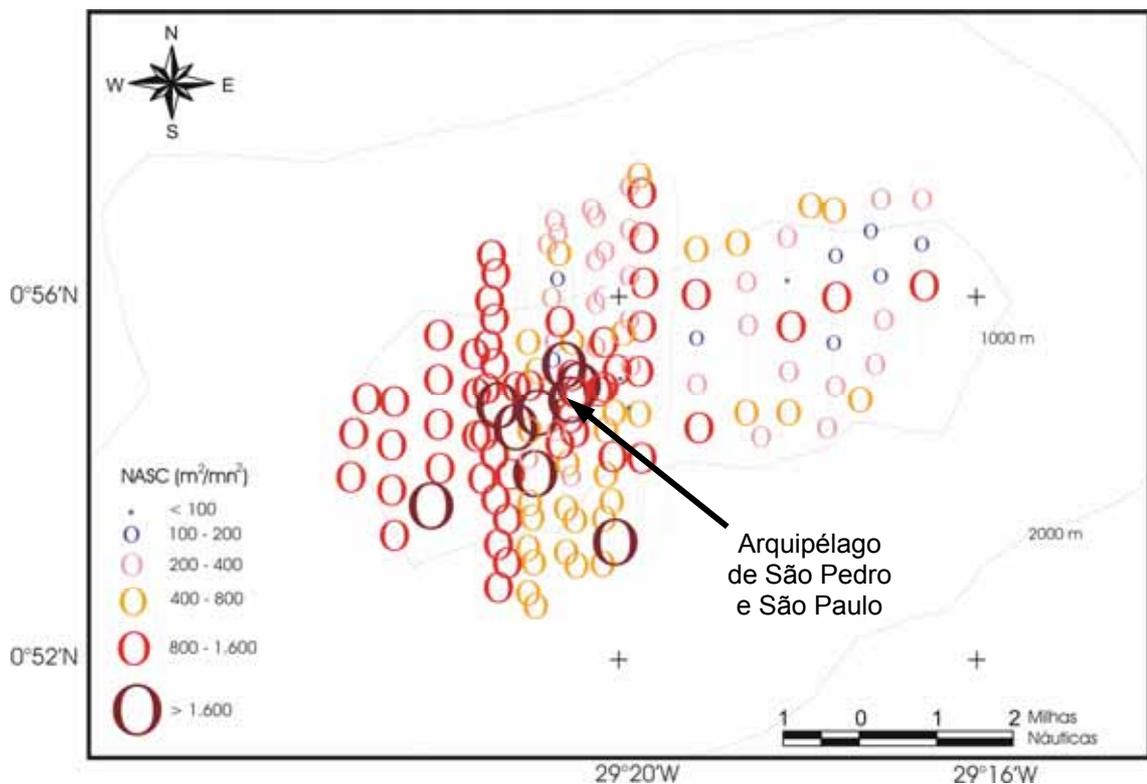


Figura 40 – Distribuição de densidade acústica no setor São Pedro e São Paulo, na região Nordeste do Brasil. A ponta da seta indica a posição exata do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

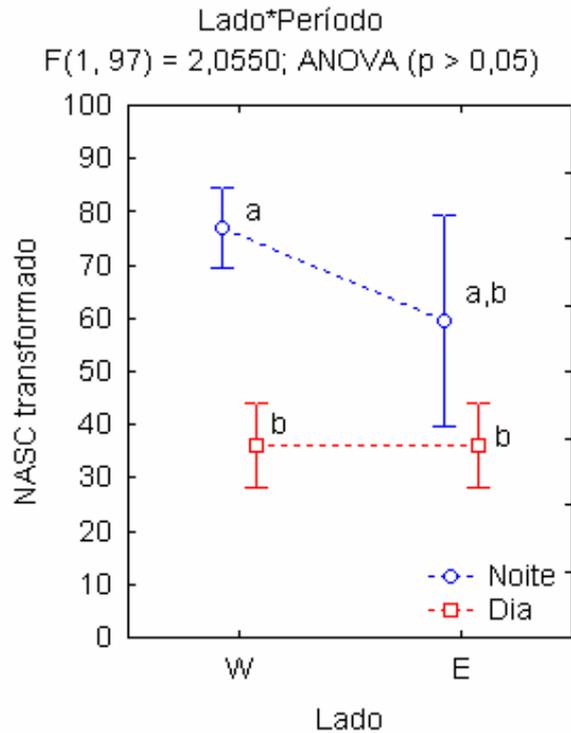


Figura 41 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do local da varredura, referentes aos dados de densidade acústica total, coletados imediatamente a oeste e a leste do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, nos diferentes períodos do dia. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Na região Central, quanto à distribuição dos valores de densidade acústica nas diferentes camadas de integração, foi evidenciada uma maior representatividade nas camadas superficiais, compreendidas entre a superfície e os 150 m de profundidade, com destaque para a primeira camada, que corresponde aos primeiros 50 m de coluna d'água (Figuras 42 e 43).

Nos Bancos Royal Charlotte, Besnard e Vitória foram observados valores de representatividade de densidade acústica que se destacam, em camadas mais profundas do que 150 m.

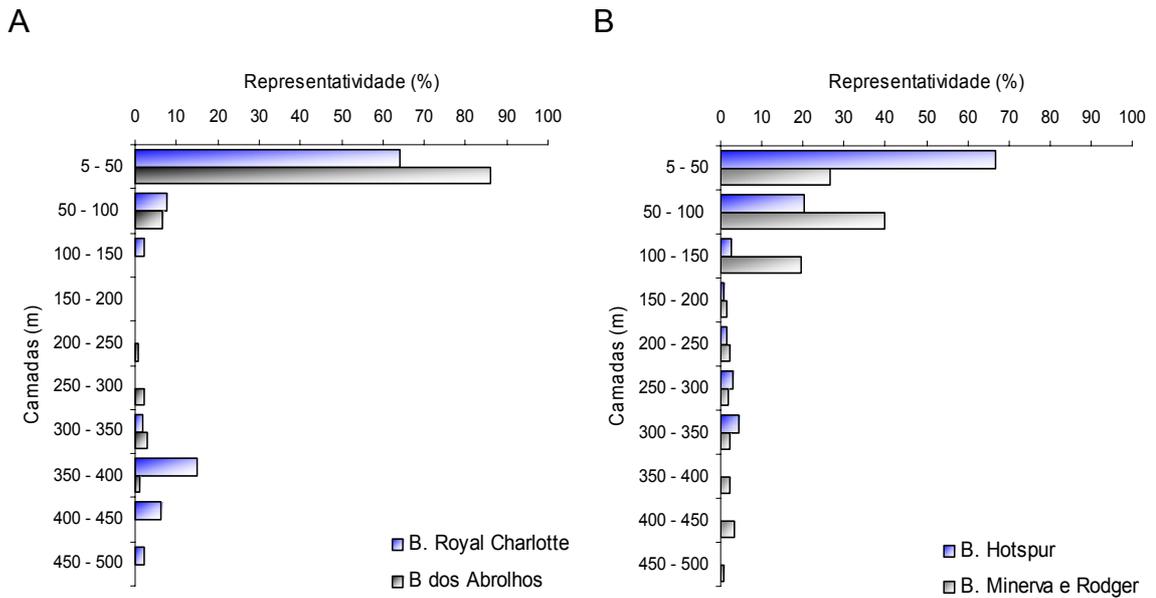


Figura 42 – Representatividade da densidade acústica, por camada de integração, para os setores Bancos Costeiros (A) e Cadeia de Abrolhos (B), na região Central do Brasil.

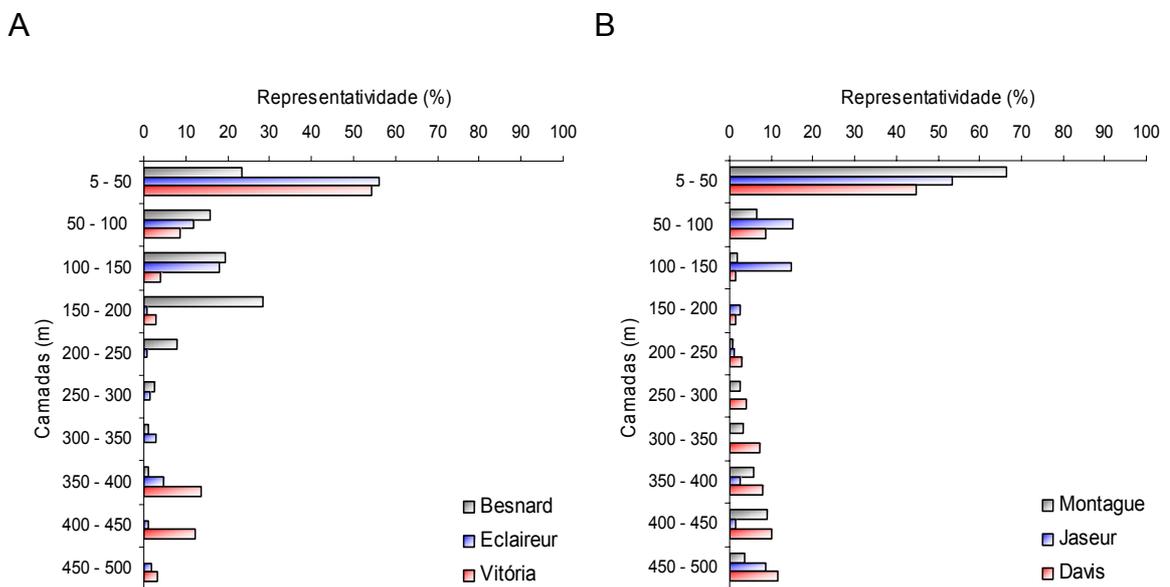


Figura 43 – Representatividade da densidade acústica, por camada de integração, para os setores da Cadeia Vitória Trindade (A e B), na região Central do Brasil.

Também para os setores da região Nordeste, foi observada uma maior representatividade dos valores de densidade acústica nas camadas superiores, compreendidas entre a superfície e os 200 m. No entanto, os resultados indicam haver uma tendência à maior concentração de densidade acústica na segunda camada, compreendida entre 50 e 100 m de profundidade (Figura 44).

Foram observados indícios de relação entre a distribuição dos valores de representatividade e as médias de profundidade mínima de ocorrência da ACAS para os setores da região Nordeste.

Os altos valores de representatividade de densidade acústica, observados nas camadas cinco (200 – 250 m) e dez (450 – 500 m), no setor São Pedro e São Paulo, foram relacionados à presença de densas camadas de dispersão acústica, no local.

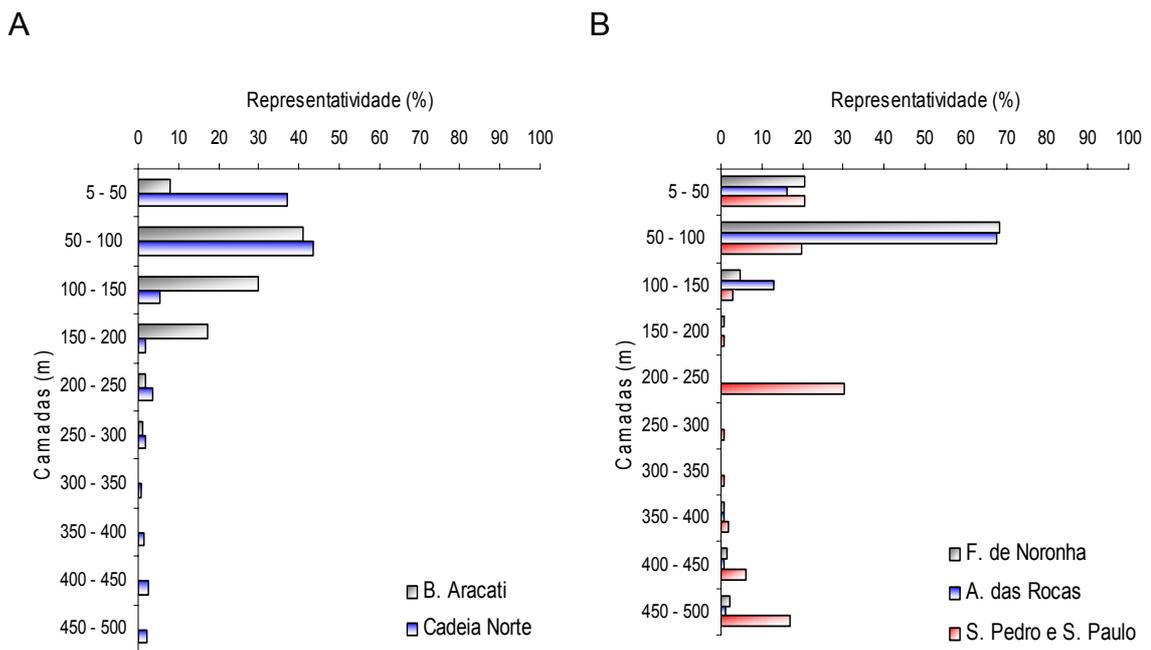


Figura 44 – Representatividade da densidade acústica, por camada de integração, para os setores dos Bancos do Ceará (A) e Ilhas Oceânicas (B), na região Nordeste do Brasil.

3.4. Análise estatística dos dados de densidade acústica

Em virtude da observação dos eventos de migração nictemeral matutina e vespertina, e do efeito causado por estes deslocamentos verticais de organismos, sobre o aspecto dos eco-registros, e as distribuições horizontais de densidade acústica, primeiramente foram testados os valores de densidade acústica total, classificados em períodos diurno e noturno. Tal análise teve por objetivo observar possíveis diferenças das médias do parâmetro acústico, em relação ao período do dia.

O resultado da comparação dos valores médios de densidade acústica para os diferentes períodos do dia, indica diferença extremamente significativa ($p < 0,001$) entre dia e noite. No período noturno o valor médio de densidade acústica total foi maior do que no diurno (Figura 45).

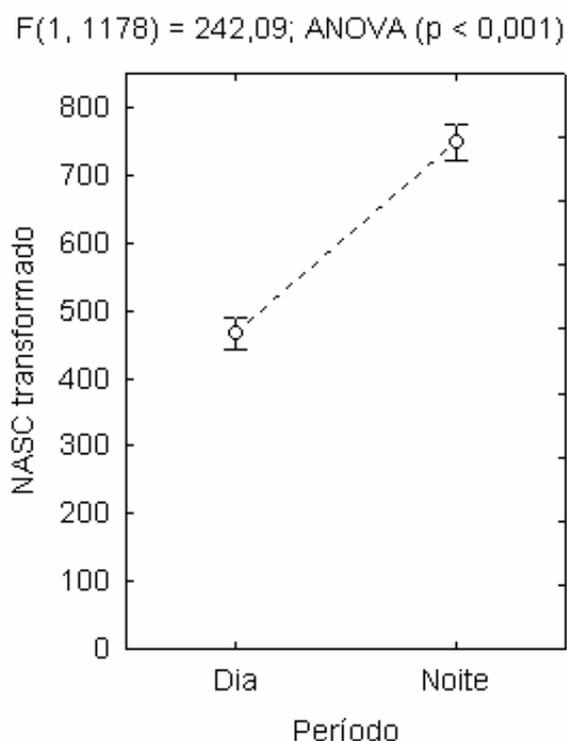


Figura 45 – Densidade acústica (NASC transformado), em função do período do dia, referentes aos dados de densidade acústica total, do cruzeiro REVIZEE-NE. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Em função da diferença observada entre os períodos, e no intuito de testar os valores de densidade acústica total entre os dois cruzeiros, os dados acústicos provenientes do cruzeiro REVIZEE-NE, obtidos durante as varreduras acústicas realizadas no período diurno, foram comparados com os dados acústicos do cruzeiro Bahia 1.

O resultado da comparação dos valores médios de densidade acústica para os diferentes cruzeiros, indica diferença extremamente significativa ($p < 0,001$) entre o Bahia 1 e o REVIZEE-NE. No cruzeiro REVIZEE-NE o valor médio de densidade acústica total foi maior do que no Bahia 1 (Figura 46).

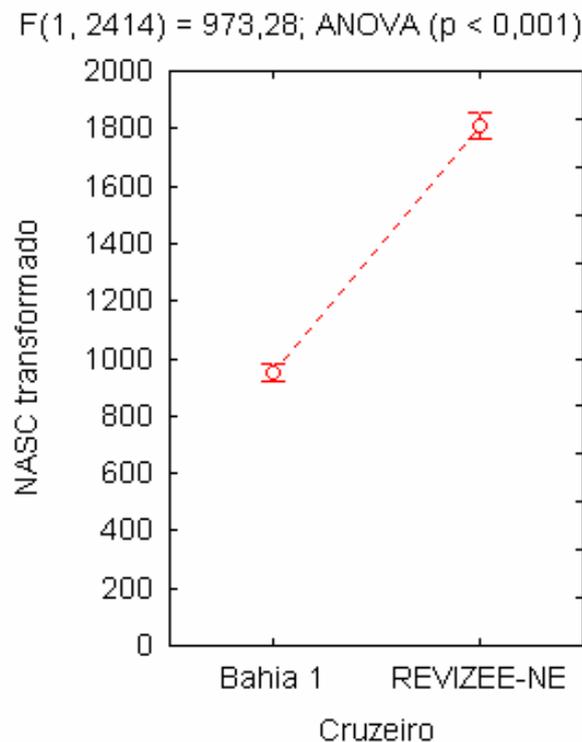


Figura 46 – Densidade acústica (NASC) transformado, em função do cruzeiro de pesquisa, referente aos dados de densidade acústica total, dos cruzeiros Bahia 1 e REVIZEE-NE (dia). As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Em relação à distribuição dos valores de densidade acústica entre as províncias oceanográficas, para o cruzeiro Bahia 1 foi observada a formação de dois grupos, com diferença extremamente significativa entre si ($p < 0,001$). Um primeiro grupo, formado pelas províncias Região Oceânica e Talude,

apresentou valor médio de densidade acústica menor, comparado a um segundo grupo, formado pela província Topo (Figura 47).

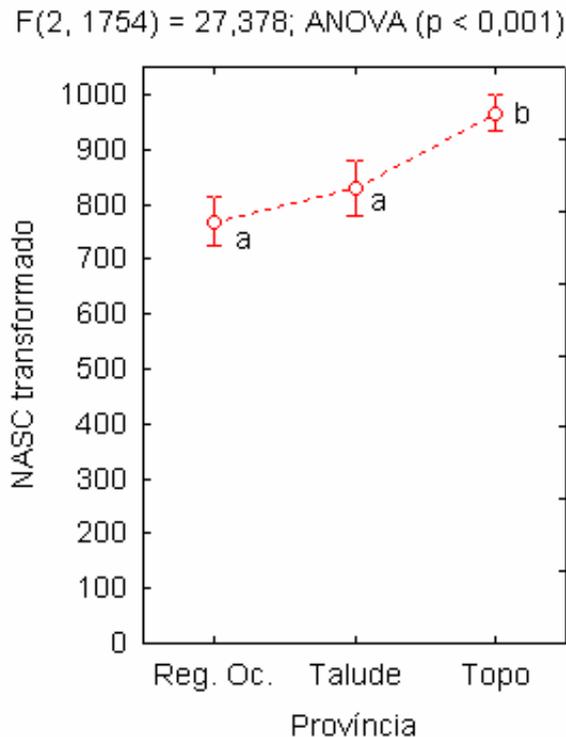


Figura 47 – Densidade acústica (NASC transformado), em função das diferentes províncias oceanográficas, referente aos dados de densidade acústica total, do cruzeiro Bahia 1. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

A distribuição dos valores de densidade acústica entre as províncias oceanográficas, considerando-se os períodos do dia, para o cruzeiro REVIZEE-NE, no período noturno foi observada a formação de dois grupos, com diferenças extremamente significativas entre si ($p < 0,001$), sendo o primeiro formado pelas províncias Região Oceânica e Talude, com valores médios de densidade acústica total mais altos, em relação ao grupo representado pela província Topo (Figura 48).

Para o período diurno também foi observada a formação de dois grupos com diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Neste caso, no entanto, o grupo Região Oceânica apresenta valor médio de densidade acústica total mais baixo, em relação ao grupo Talude e Topo.

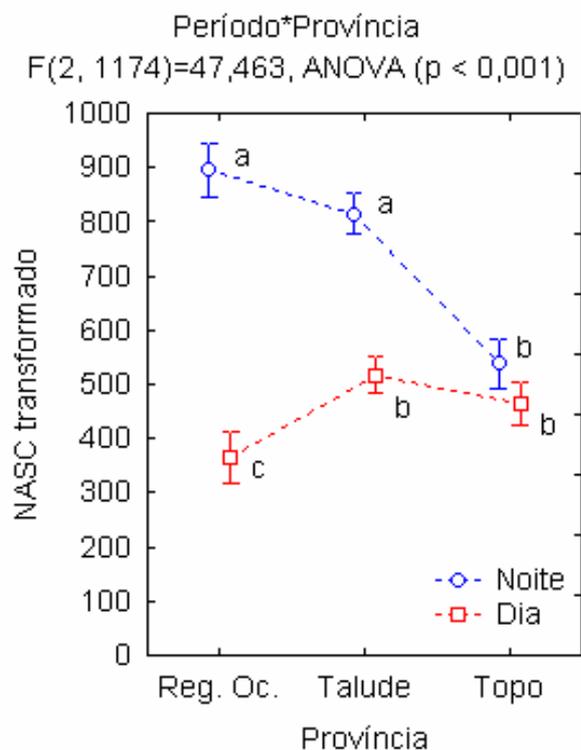


Figura 48 – Densidade acústica (NASC transformado), em função das diferentes províncias oceanográficas, para os períodos diurno e noturno, referente aos dados de densidade acústica total, do cruzeiro REVIZEE-NE. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Na ZEE da região Central do Brasil, as profundidades mínimas de topo das feições geomorfológicas, variaram entre o mínimo de 25 m, verificada no Banco Besnard, e o máximo de 50 m, nos Bancos Oceânicos Hotspur, Vitória, Jaseur e Davis. No grupo dos Bancos Costeiros foram observadas profundidades médias de topo menores, em relação aos bancos oceânicos, tanto da Cadeia de Abrolhos quanto da Vitória Trindade. As profundidades máximas de topo, observadas para os Bancos Oceânicos foram constantes, de 60 m. Também não foram observadas variações na profundidade mínima de topo, para os Bancos Hotspur, Vitória, Jaseur e Davis. O conjunto Minerva e Rodger e o Banco Besnard apresentam topos chegando até mais próximo da superfície (Figura 49).

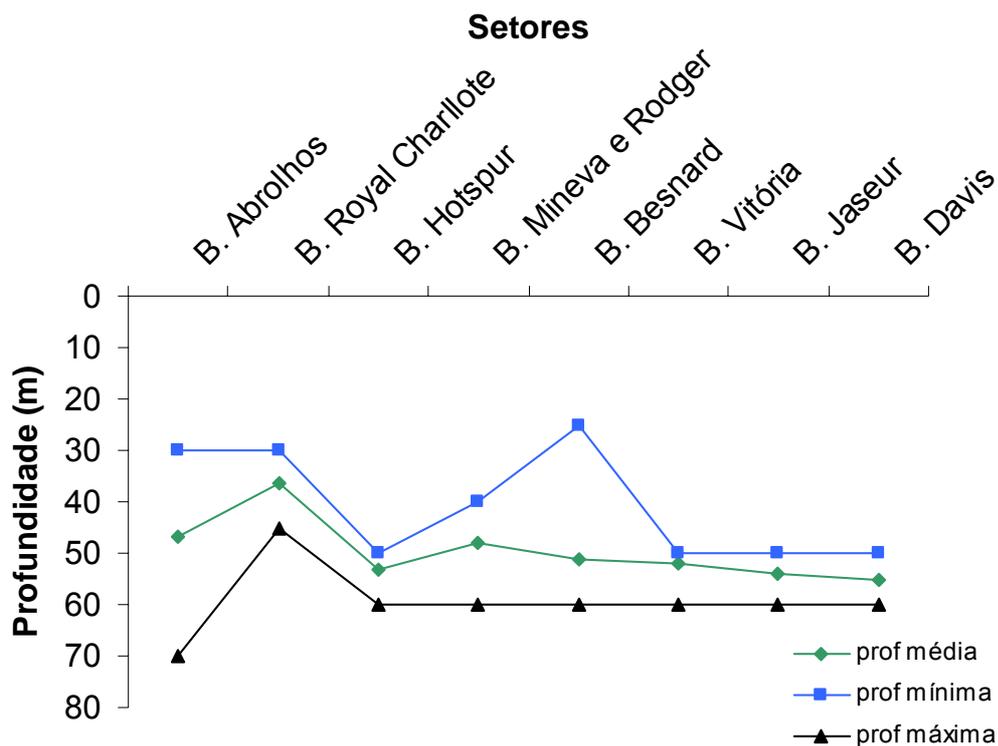
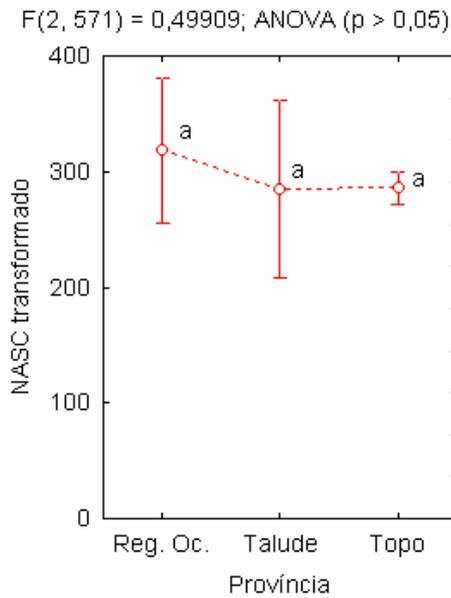


Figura 49 – Profundidades médias, mínimas e máximas de Topo das feições geomorfológicas consideradas, para o cruzeiro Bahia 1.

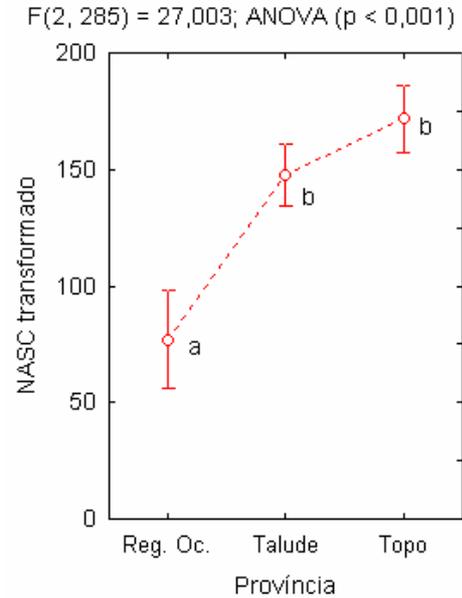
A análise da distribuição dos valores médios de densidade acústica em relação às províncias oceanográficas indicou que, nos Bancos Costeiros dos Abrolhos e Royal Charlotte, ou não houve diferença entre as províncias, ou o Topo apresentou valor médio de densidade acústica mais elevado do que as demais províncias (Figura 50).

Na medida em que ocorre um deslocamento em direção a regiões mais oceânicas, foi observada uma inversão nessa tendência, à exceção dos Bancos Hotspur e Davis, que apresentam topos com valores de densidade respectivamente maior e igual aos seus taludes. Nestes dois setores, no entanto, não houve coleta de dados acústicos sobre região oceânica, impossibilitando a análise neste sentido (Figuras 50 e 51).

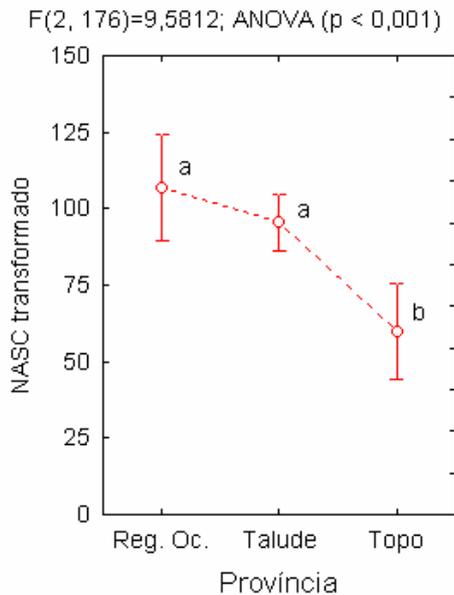
A



B



C



D

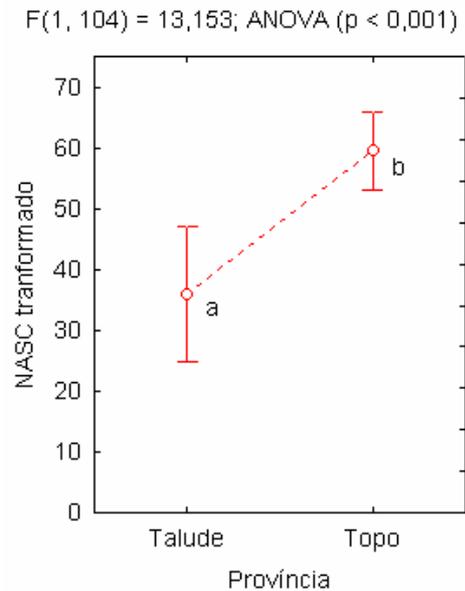
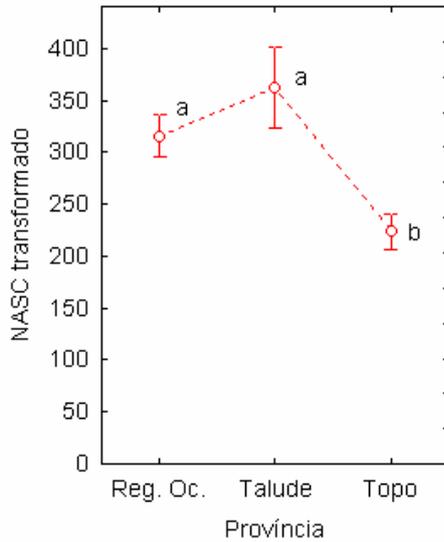


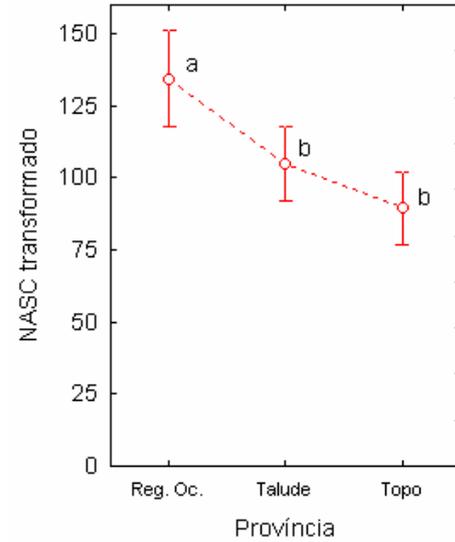
Figura 50 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias, para os setores Abrolhos (A), Royal Charlotte (B), Minerva e Rodger (C) e Hotspur (D). Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

A

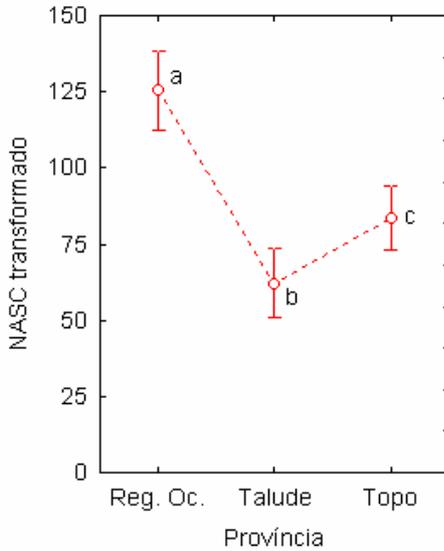
F(2, 542) = 34,631; ANOVA (p < 0,001)

**B**

F(2, 207) = 8,9355; ANOVA (p < 0,001)

**C**

F(2, 170) = 26,604; ANOVA (p < 0,001)

**D**

F(1, 115) = 0,68431; ANOVA (p > 0,05)

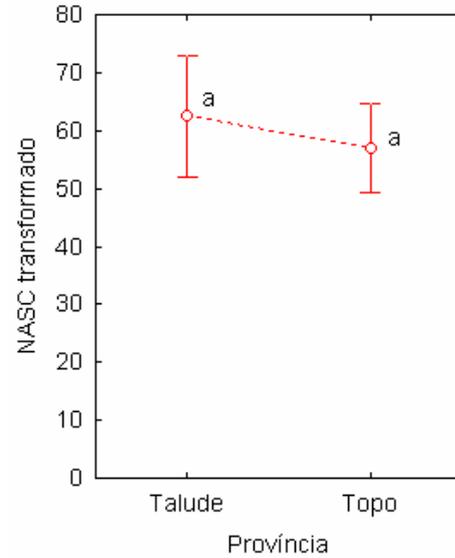


Figura 51 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias, para os setores Besnard (A), Vitória (B), Jaseur (C) e Davis (D). Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas (p < 0,05) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

As profundidades mínimas de topo das feições geomorfológicas, variaram entre o mínimo de 15 m, verificada no Atol das Rocas, e o máximo de 250 m, no Banco Aracati. Em termos de profundidades média, mínima e máxima de topo, o Banco Aracati apresentou considerável diferença em relação aos demais Bancos Oceânicos do Ceará, analisados neste estudo. As maiores variações entre profundidades mínimas e máximas de topo, foram observadas nos setores Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo, e Atol das Rocas, respectivamente (Figura 52).

As diferenças entre profundidades mínima e máxima, observadas para os Bancos Mundaú e Continental, indicam a presença de plataformas intermediárias entre o sopé do talude e o topo propriamente dito.

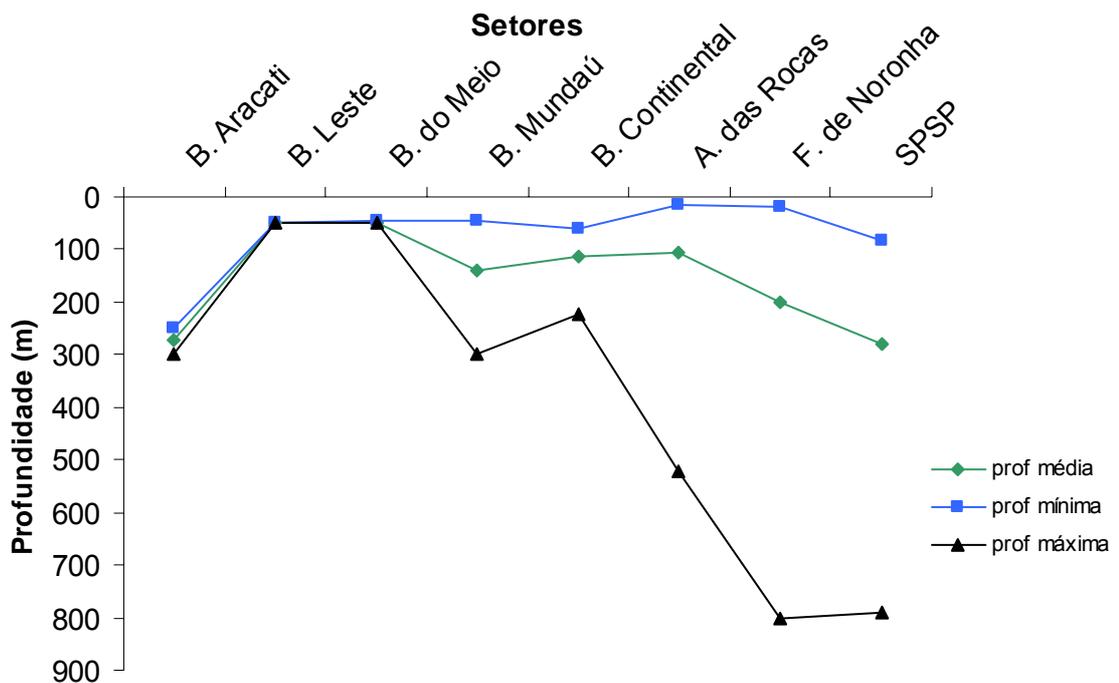


Figura 52 – Profundidades médias, mínimas e máximas de topo das feições geomorfológicas, para o cruzeiro REVIZEE-NE.

Para os dados acústicos do cruzeiro REVIZEE-NE, além de testar valores de densidade acústica total, em relação às províncias oceanográficas, foram considerados também os períodos do dia, quando verificada a varredura acústica em diferentes períodos, nos entornos de uma mesma feição.

Nos setores Bancos Aracati, Leste e Mundaú não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) da distribuição de densidade acústica entre as diferentes províncias. Ocorrem sim, para cada um dos setores, diferenças relacionadas ao período do dia, com valores médios de densidade acústica mais altos no período noturno.

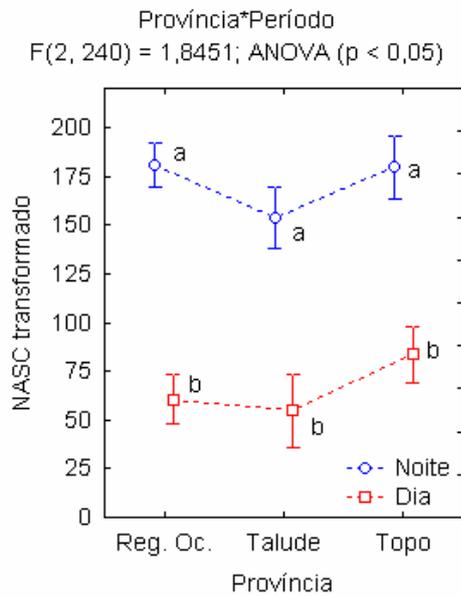
No Banco do Meio, no qual ocorreu coleta de dados acústicos apenas no período noturno, foi observada diferença extremamente significativa ($p < 0,001$) entre as províncias Região Oceânica e Talude, em relação ao Topo, sendo que nas primeiras foram observados valores médios de densidade acústica mais altos (Figura 53)

No Banco Continental foi observado indicativo de concentração de organismos sobre o topo da feição no período diurno, e aparente dispersão para a região de talude à noite, representando uma tendência atípica.

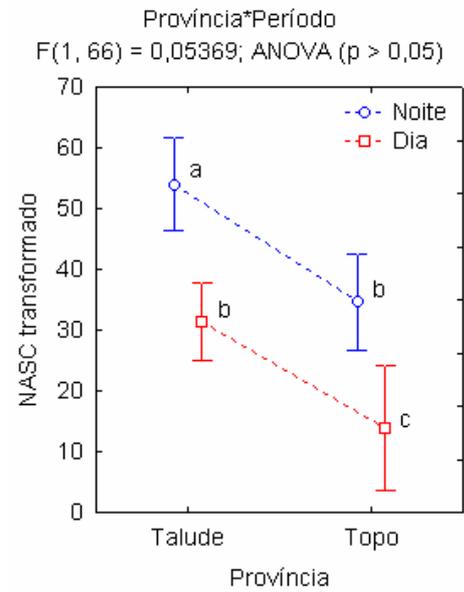
A análise dos testes estatísticos para os setores Atol das Rocas e Fernando de Noronha confirmam a associação entre valores mais elevados de densidade acústica e a região de talude das feições.

No setor Atol das Rocas observou-se o efeito típico associado aos eventos de migração nictemeral, com incremento considerável da densidade acústica, no período noturno, sobre as províncias Região Oceânica e Talude, com influência não significativa sobre o Topo (Figura 54).

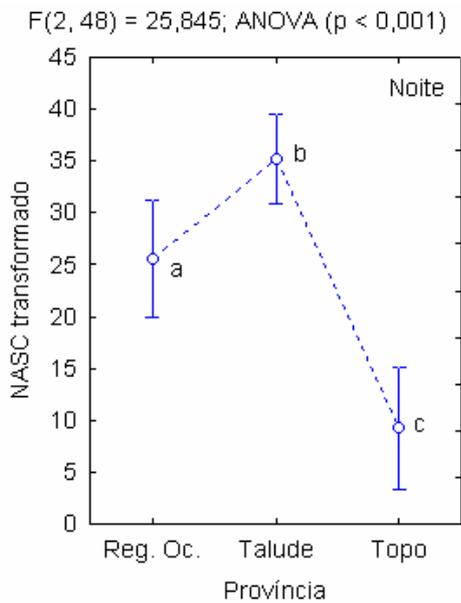
A



B



C



D

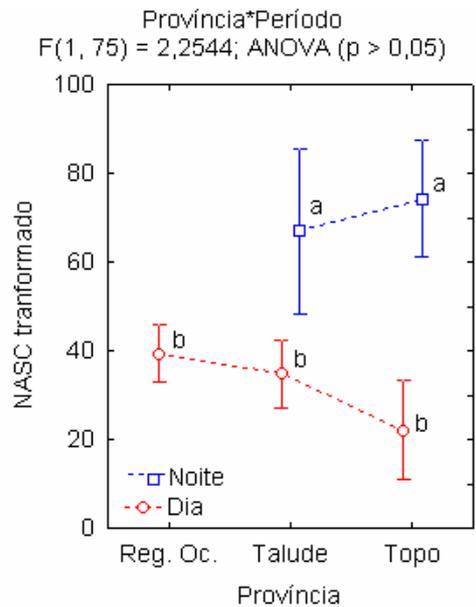
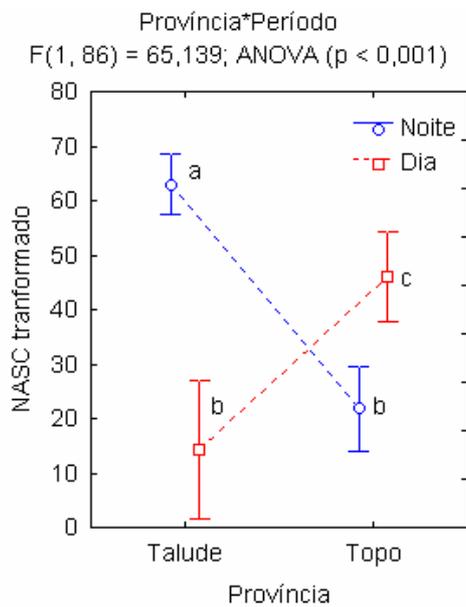
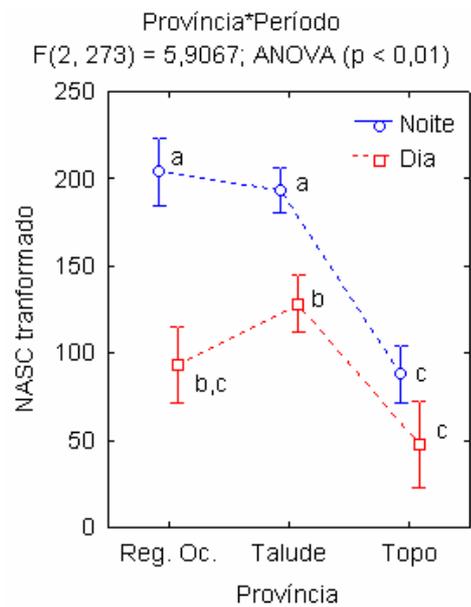


Figura 53 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias,, considerando os períodos do dia, para os setores B. Aracati (A), B. Leste (B), B. do Meio (C) e B. Mundaú (D). Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas (p < 0,05) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

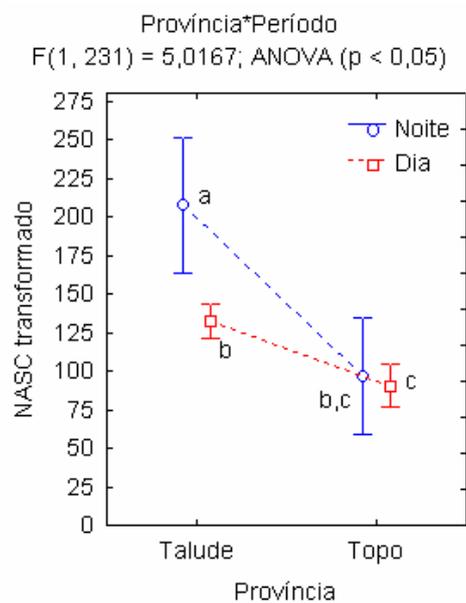
A



B



C



D

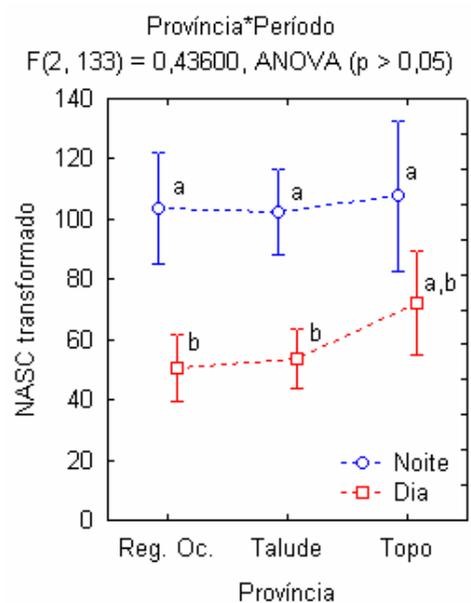


Figura 54 – Densidade acústica média, em relação às diferentes províncias, considerando os períodos do dia, para os setores B. Continental (A), A. das Rocas (B), F. de Noronha (C) e São Pedro e São Paulo (D). Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas (p < 0,05) pelo teste de Tuckey. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

3.5. Perfis verticais de temperatura

Na escala cromática utilizada para a representação das isotermas, o topo das camadas amarelas pode ser associado à zona de transição entre as massas de Água Tropical (AT), nas camadas superiores, e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), nas camadas inferiores.

A análise dos perfis de temperatura dos Bancos localizados mais próximos à região costeira (Bancos Royal Charlotte, dos Abrolhos e Besnard), na costa Central, indica a presença da camada de mistura entre AT e ACAS posicionada mais superficialmente (100 – 120 m), quando comparados aos Bancos mais oceânicos (Bancos Minerva, Rodger, Hotspur, Vitória, Jaseur e Davis) (Figuras 55 a 62).

Elevações das isotermas correspondentes às camadas mais superficiais (isotermas de 24 – 26° C) foram observadas para todos os setores da costa Central, exceto para o Banco Davis, indicando associação com a aproximação da quebra da plataforma de topo das feições.

Observa-se a presença de água mais fria (23°C), mais próxima à superfície, no setor Banco Besnard (Figura 59).

Para os perfis verticais de temperatura da costa nordeste, foi observada a presença de uma termoclina bastante evidente, indicada pela proximidade entre as isotermas, quando comparados aos setores da costa leste (Figuras 63 a 69).

Apesar de os topos das feições Banco Leste, do Meio, Mundaú e Continental, e do Atol das Rocas, estarem inseridos na camada correspondente à termoclina, não foi observado um efeito evidente de elevação de isotermas em relação às quebras de plataforma de topo das mesmas.

Na Figura 70 é apresentada, a nível de ilustração, uma representação de registros acústicos para o setor Fernando de Noronha, o qual não conta com perfil de temperatura devido a não realização de estações oceanográficas.

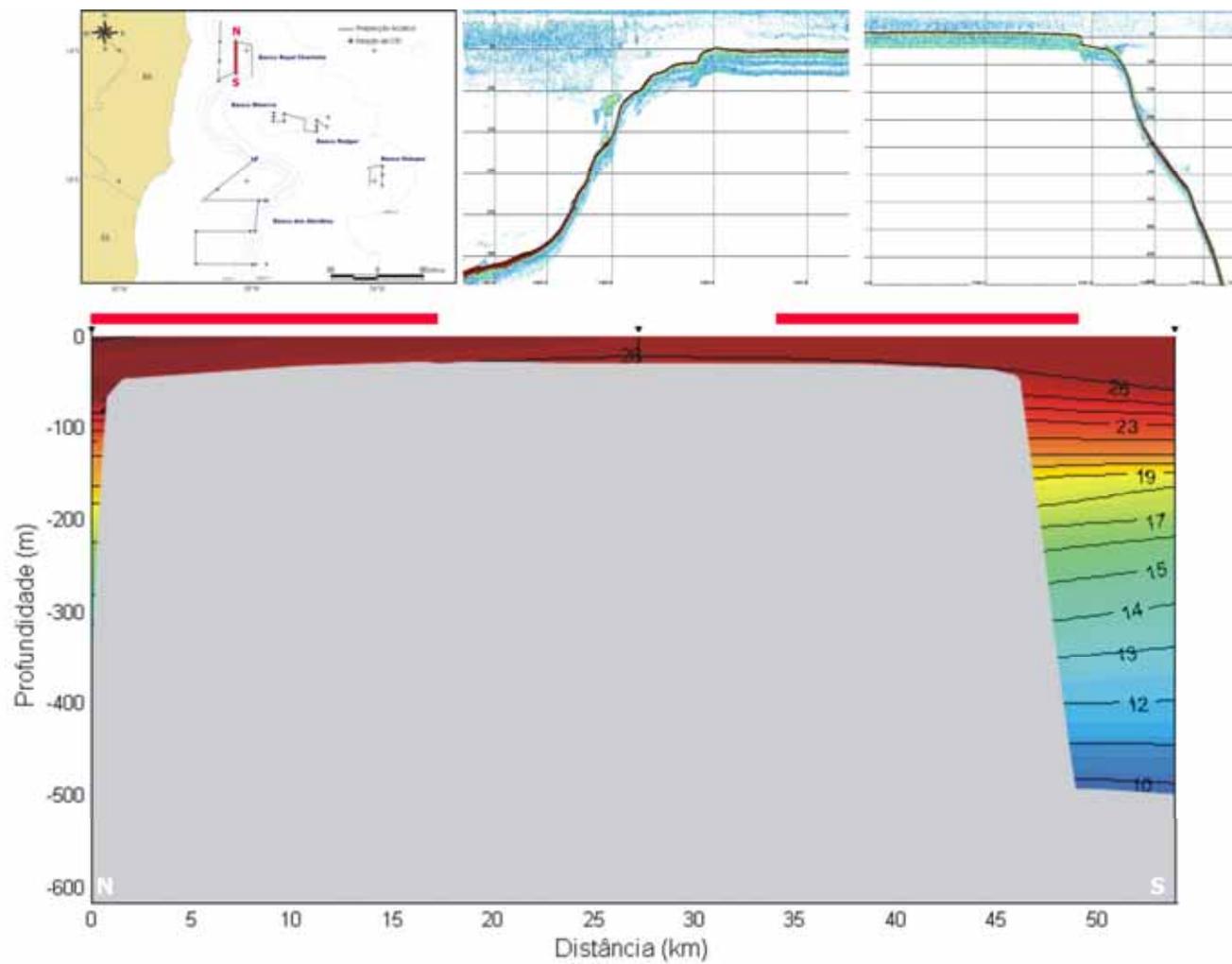


Figura 55 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Royal Charlotte.

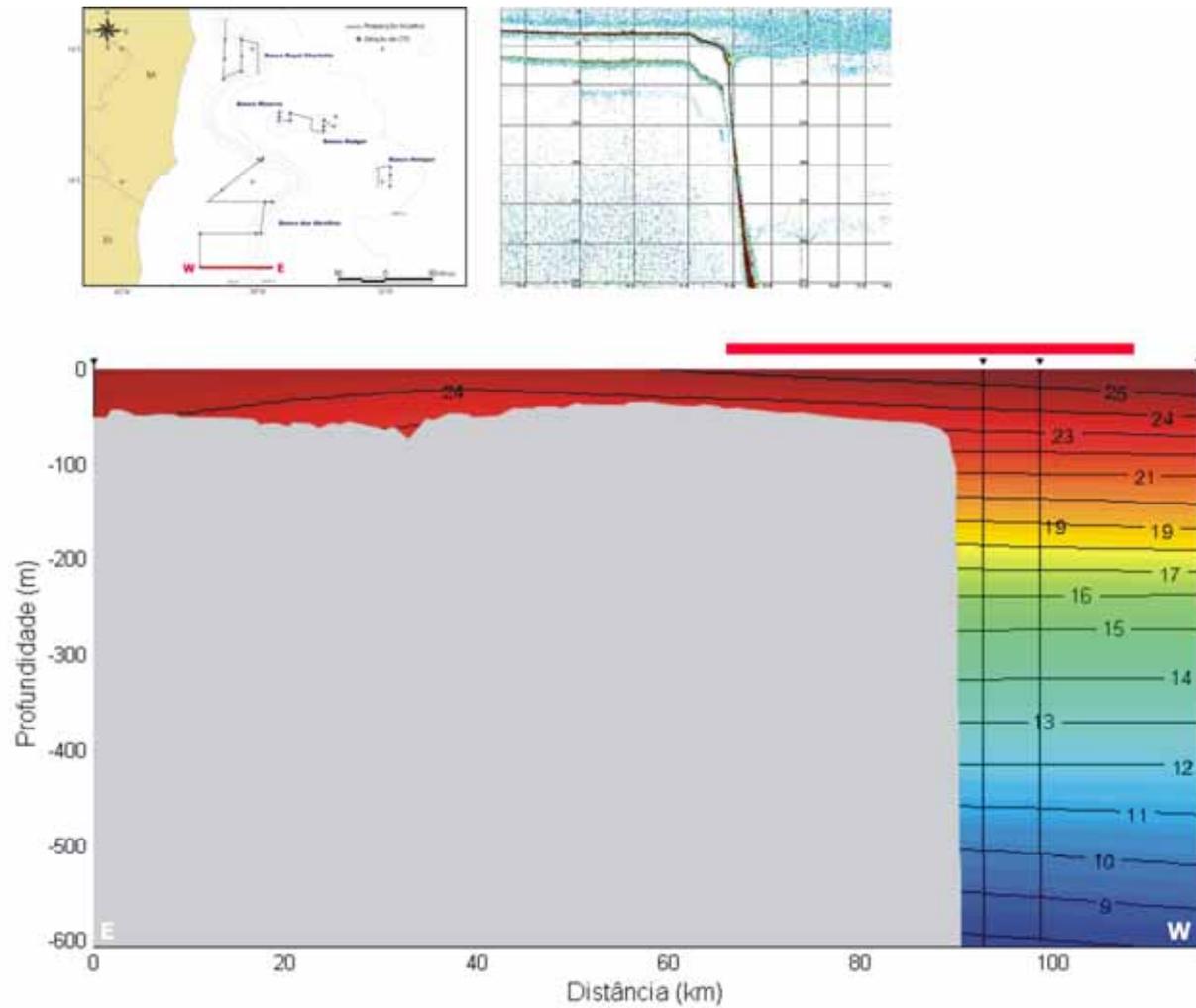


Figura 56 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco dos Abrolhos.

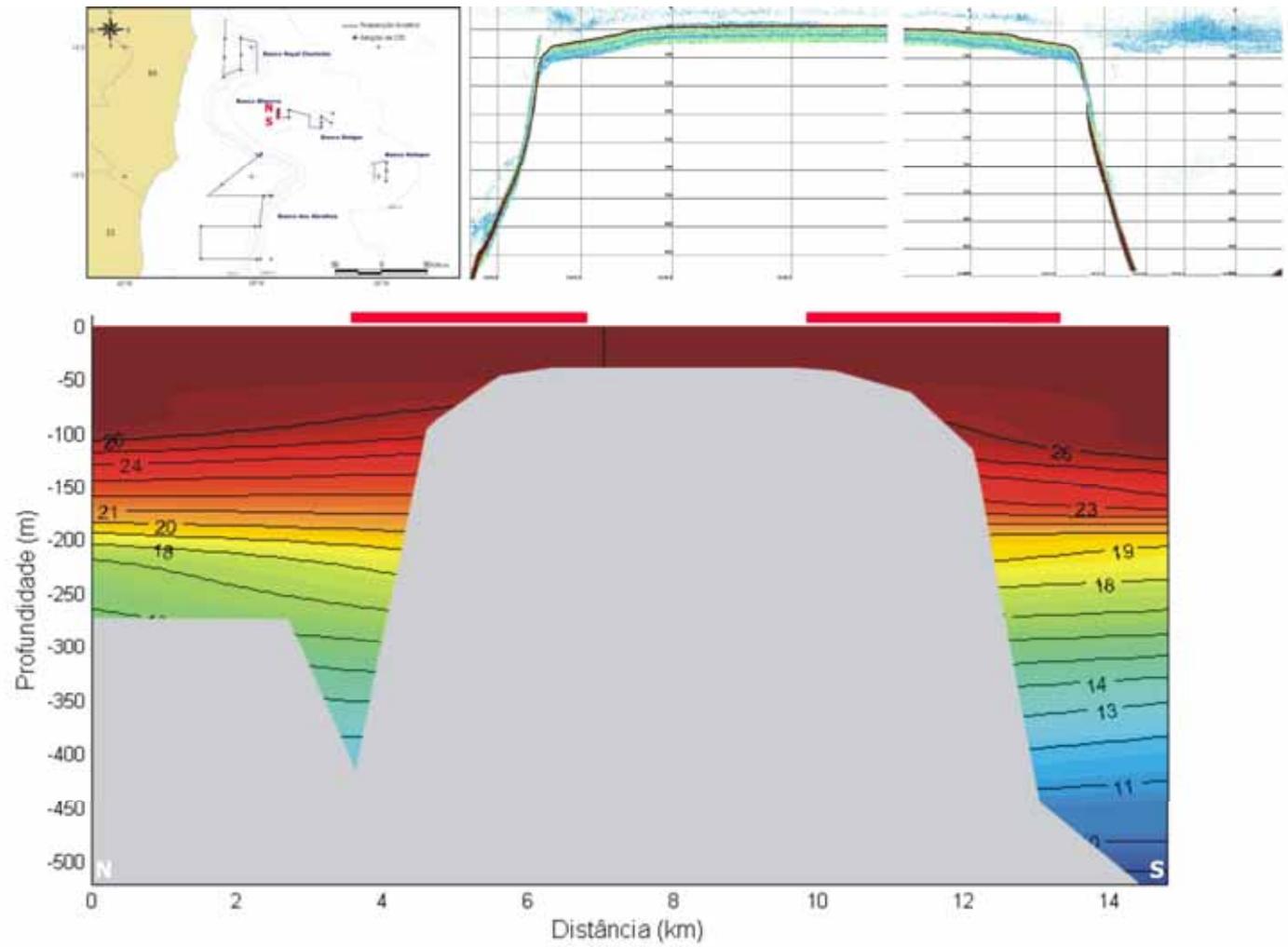


Figura 57 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Minerva.

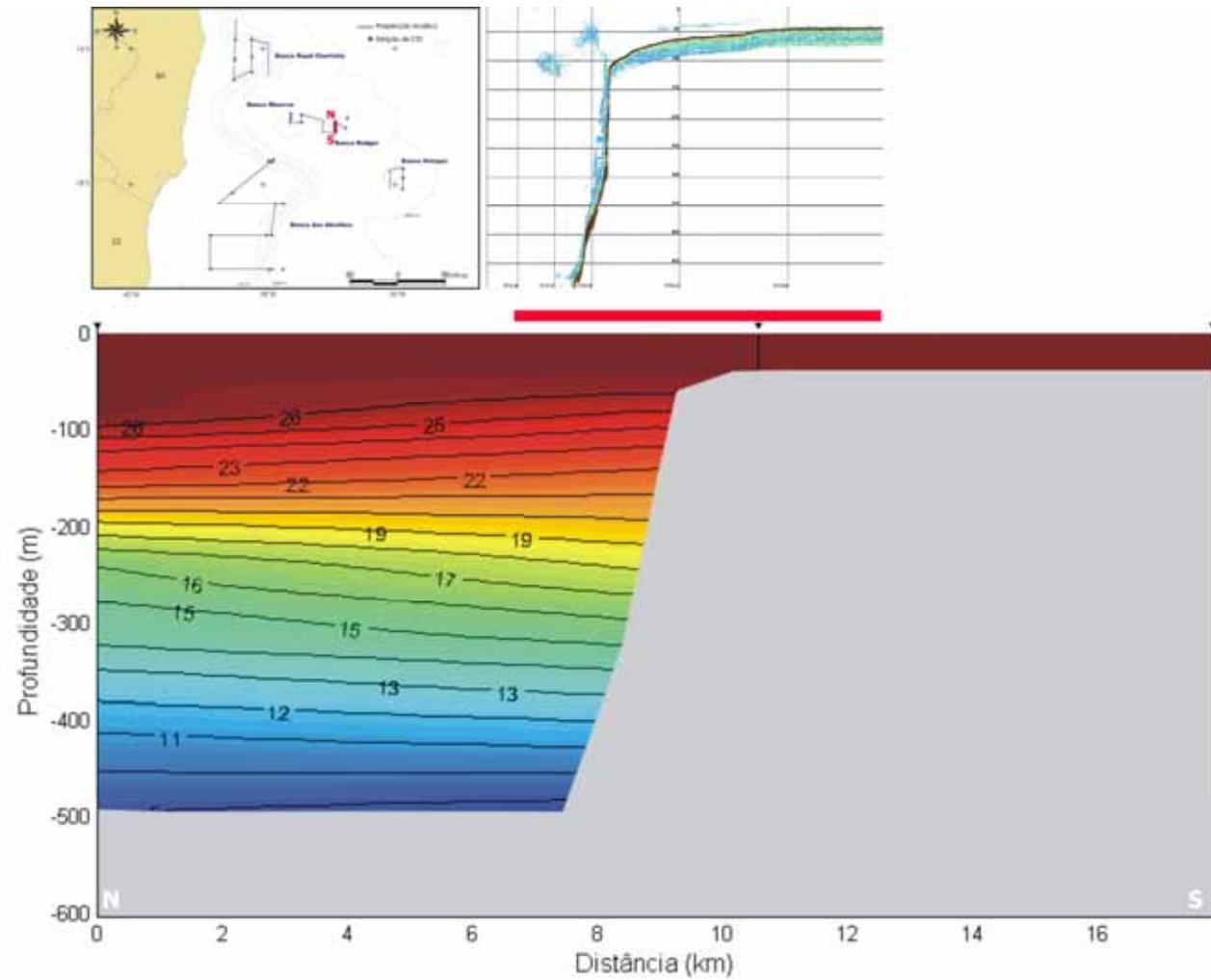


Figura 58 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Rodger.

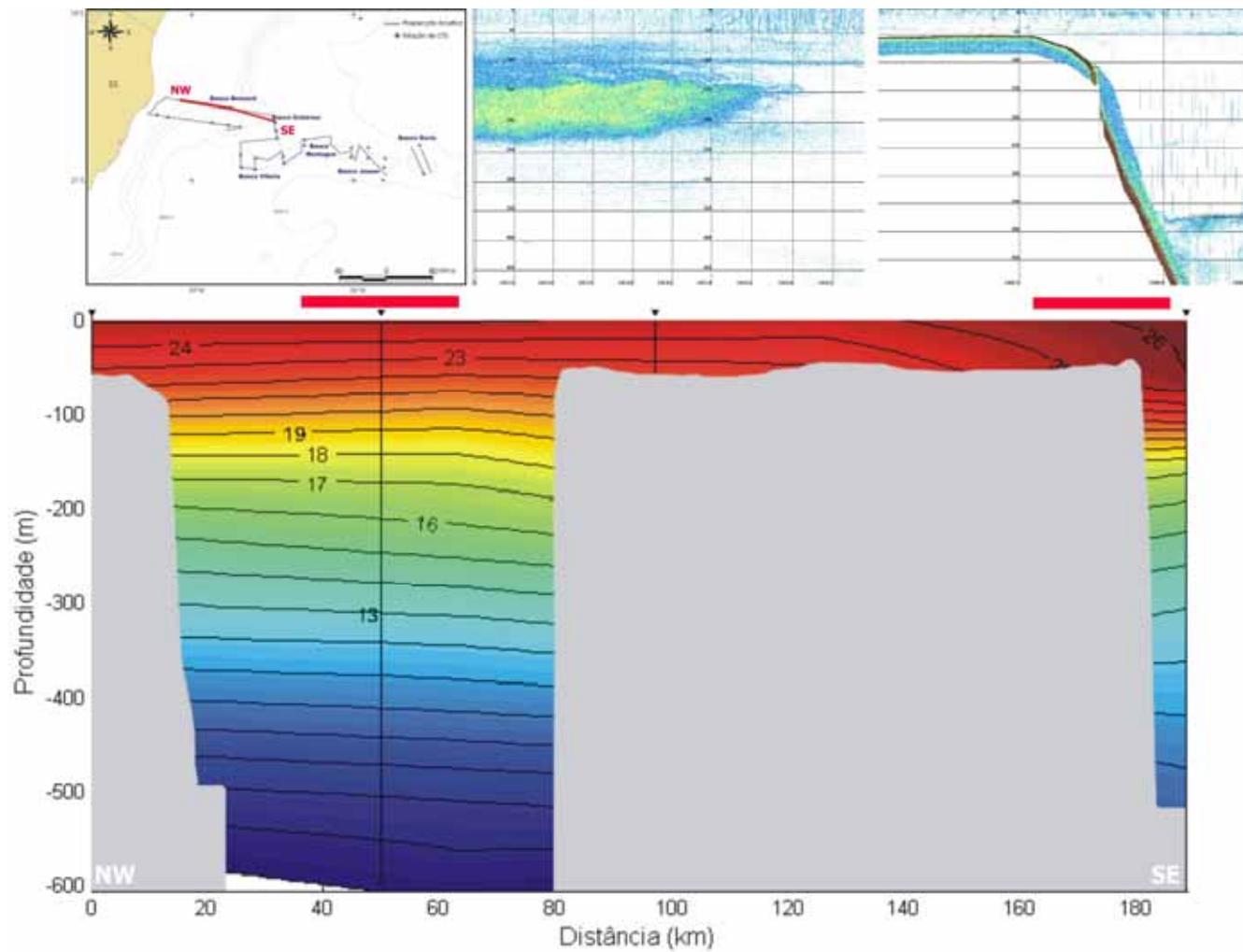


Figura 59 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Besnard.

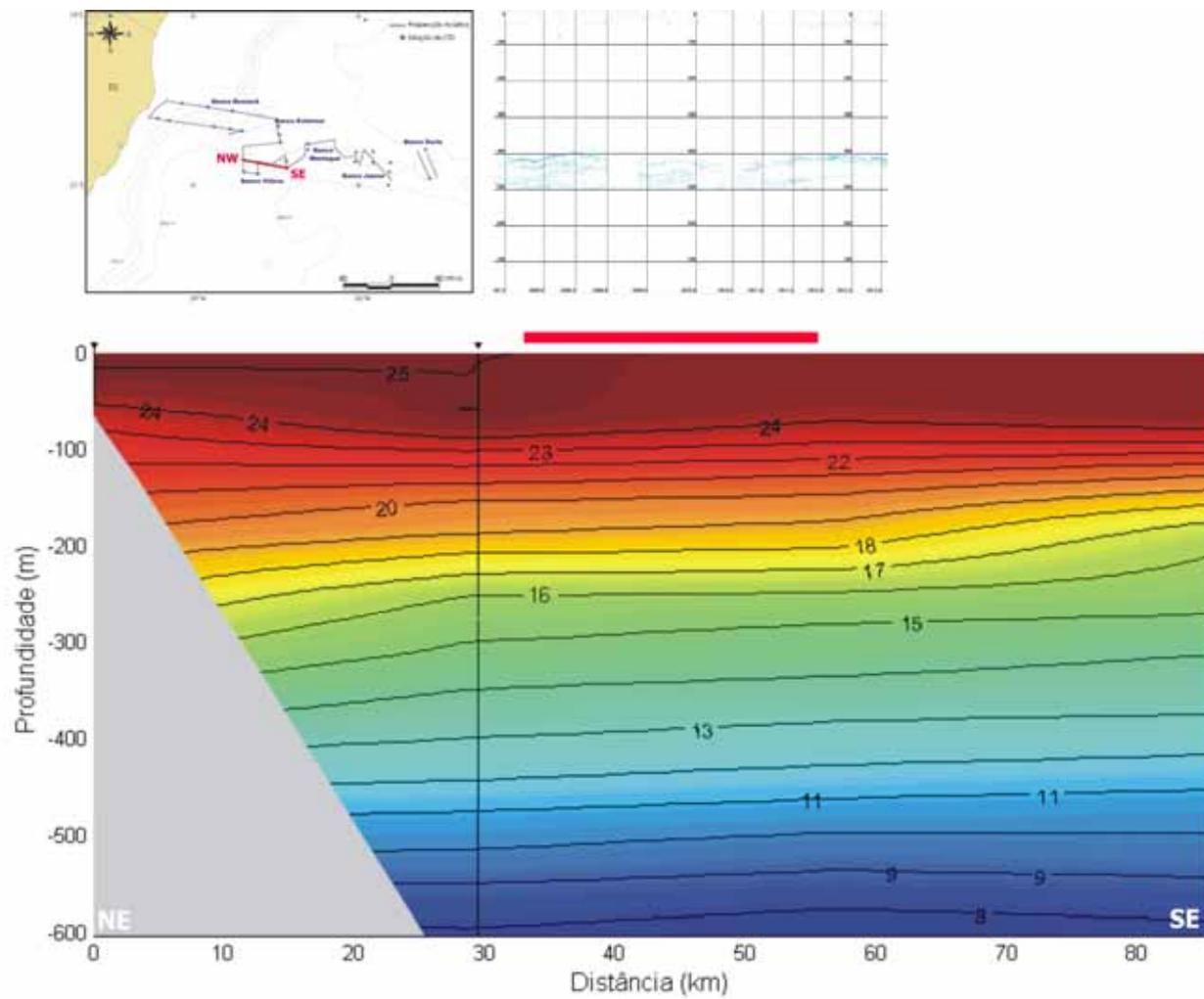


Figura 60 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Vitória.

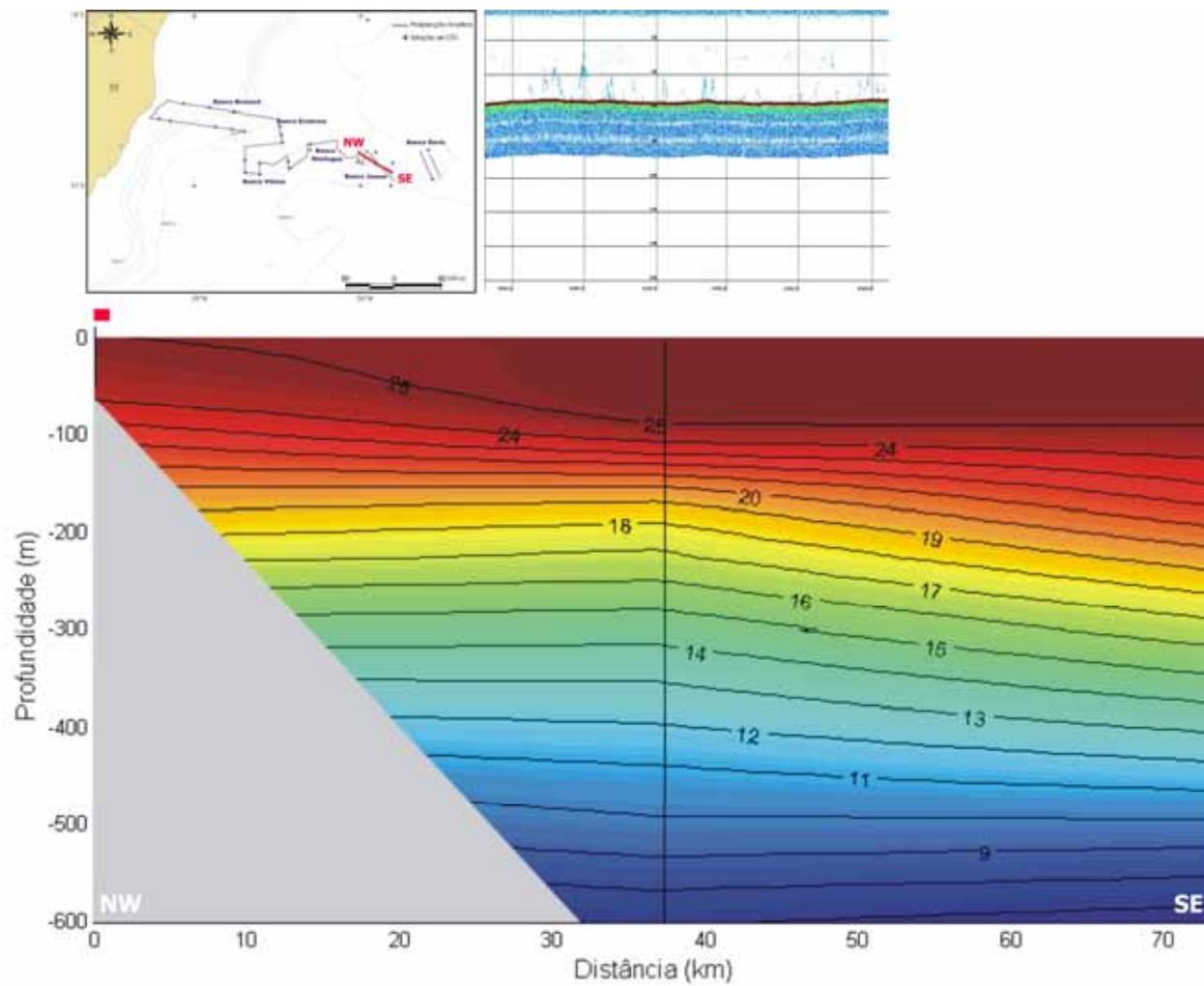


Figura 61 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Jaseur.

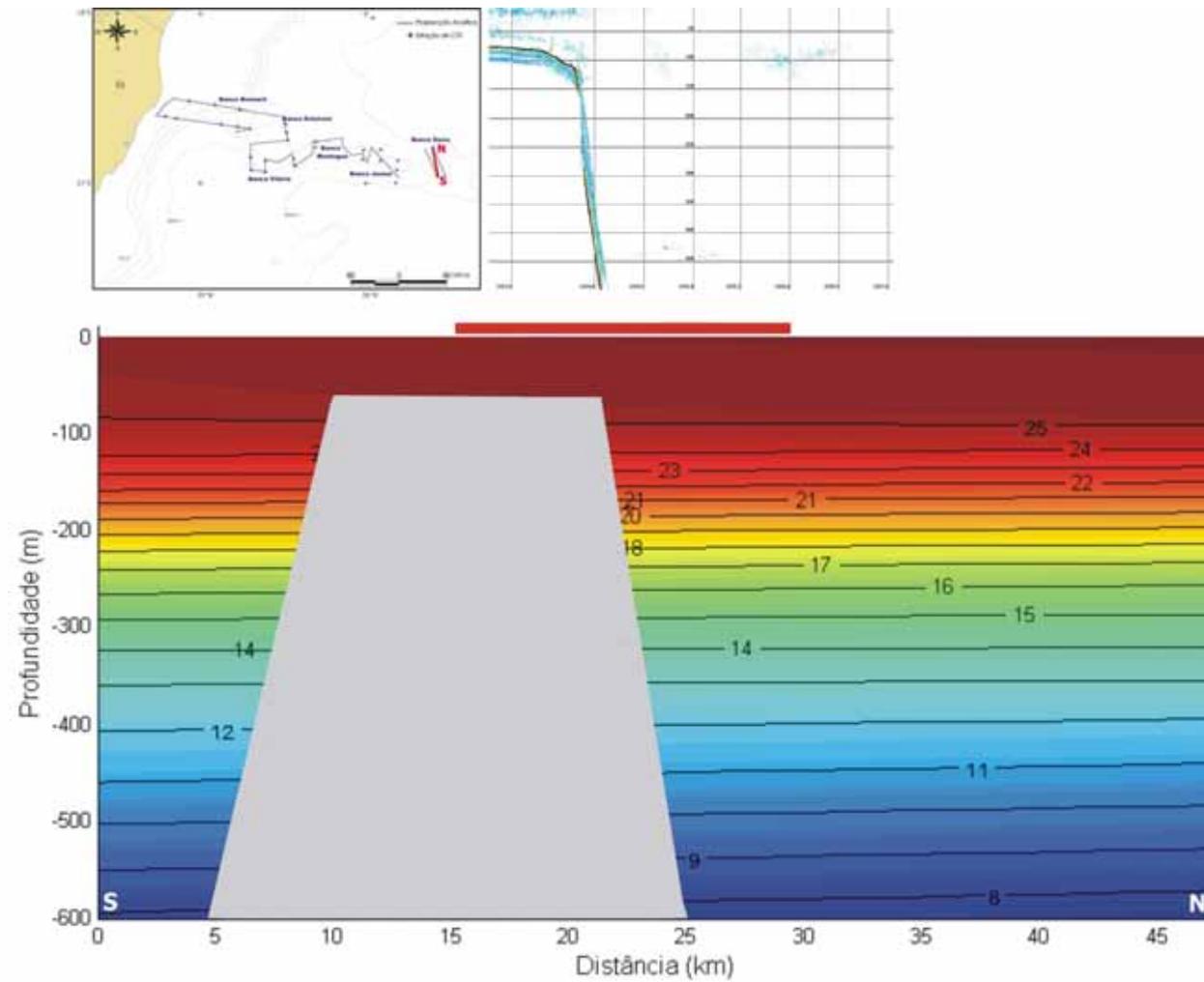


Figura 62 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Davis.

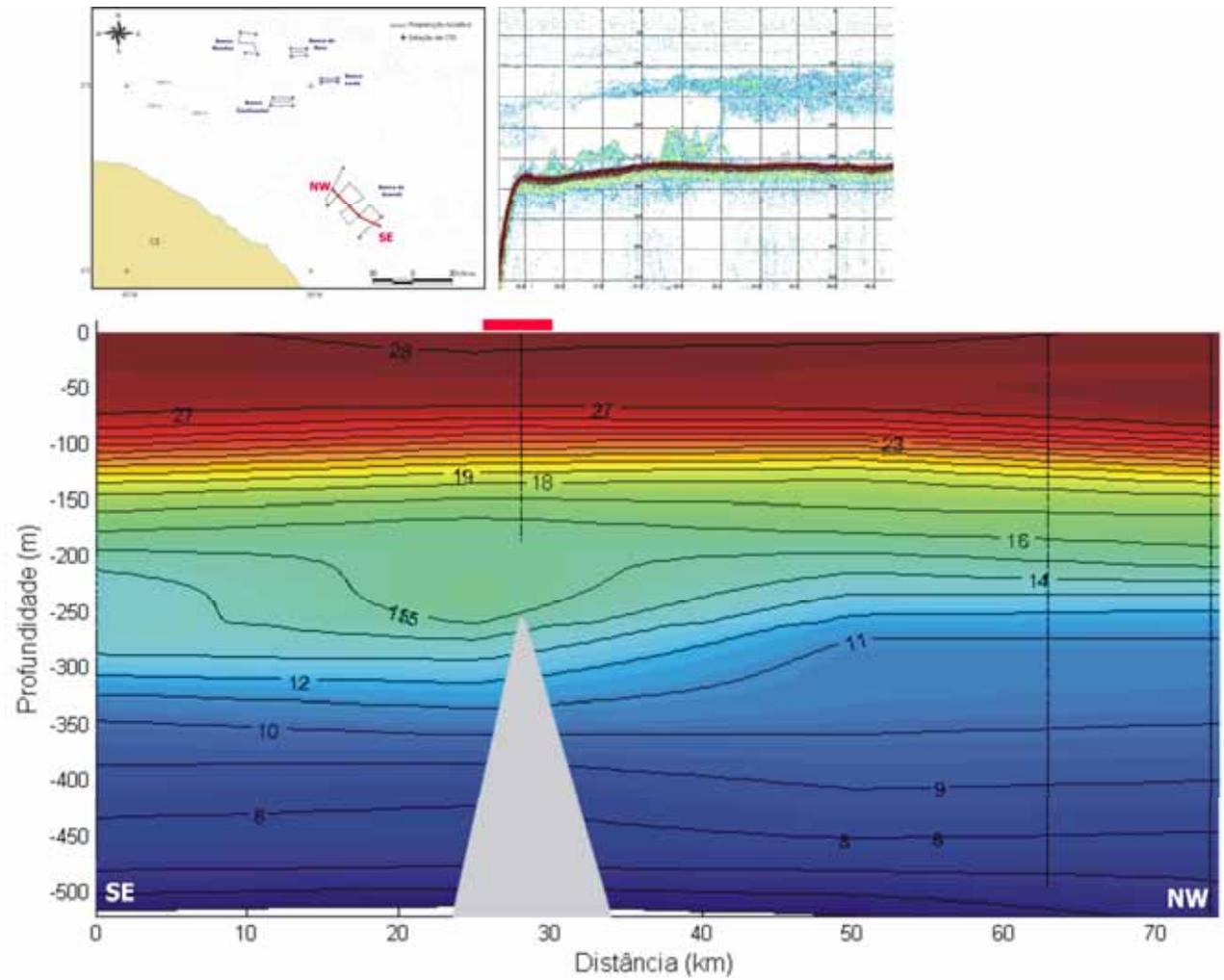


Figura 63 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Aracati.

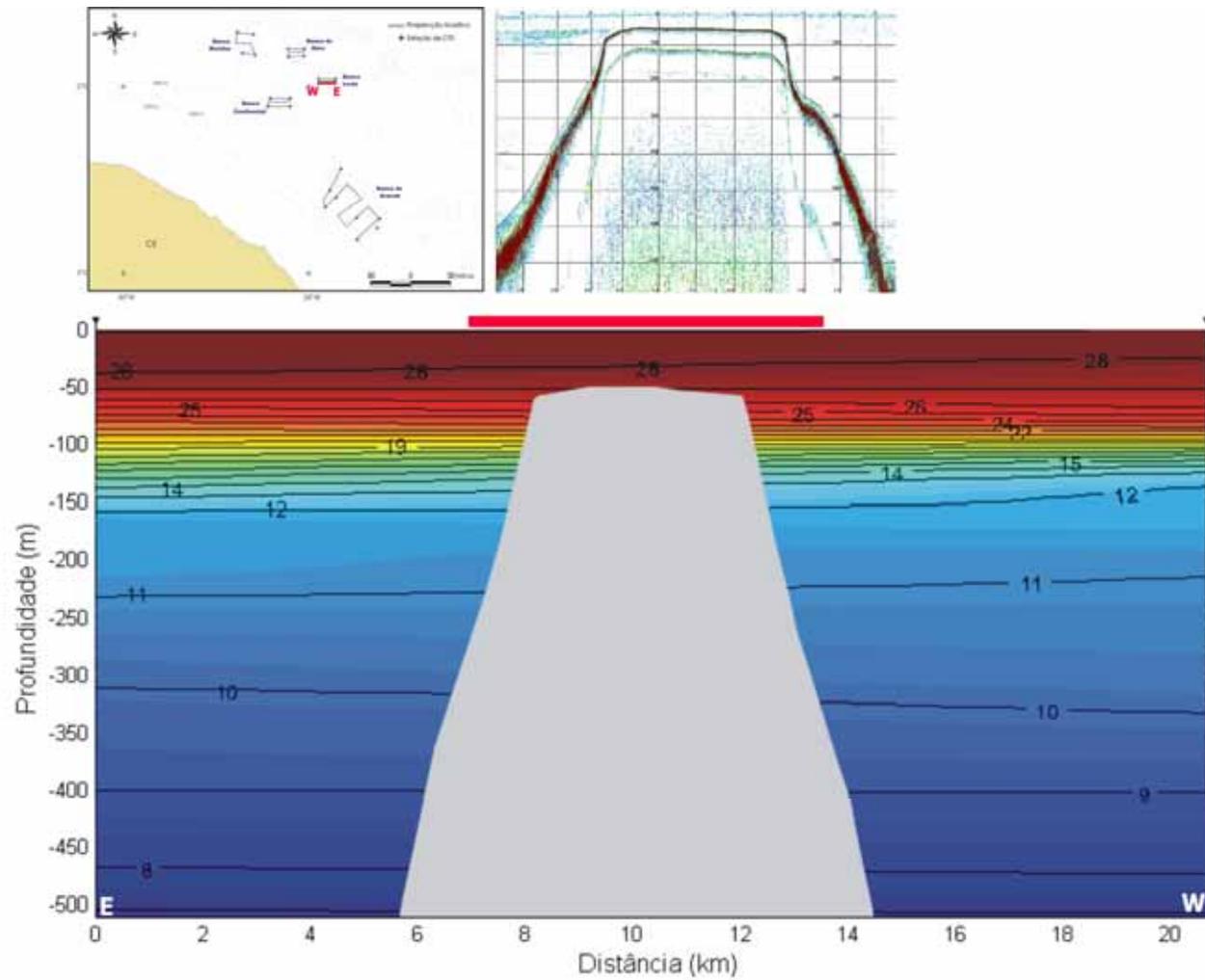


Figura 64 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Leste.

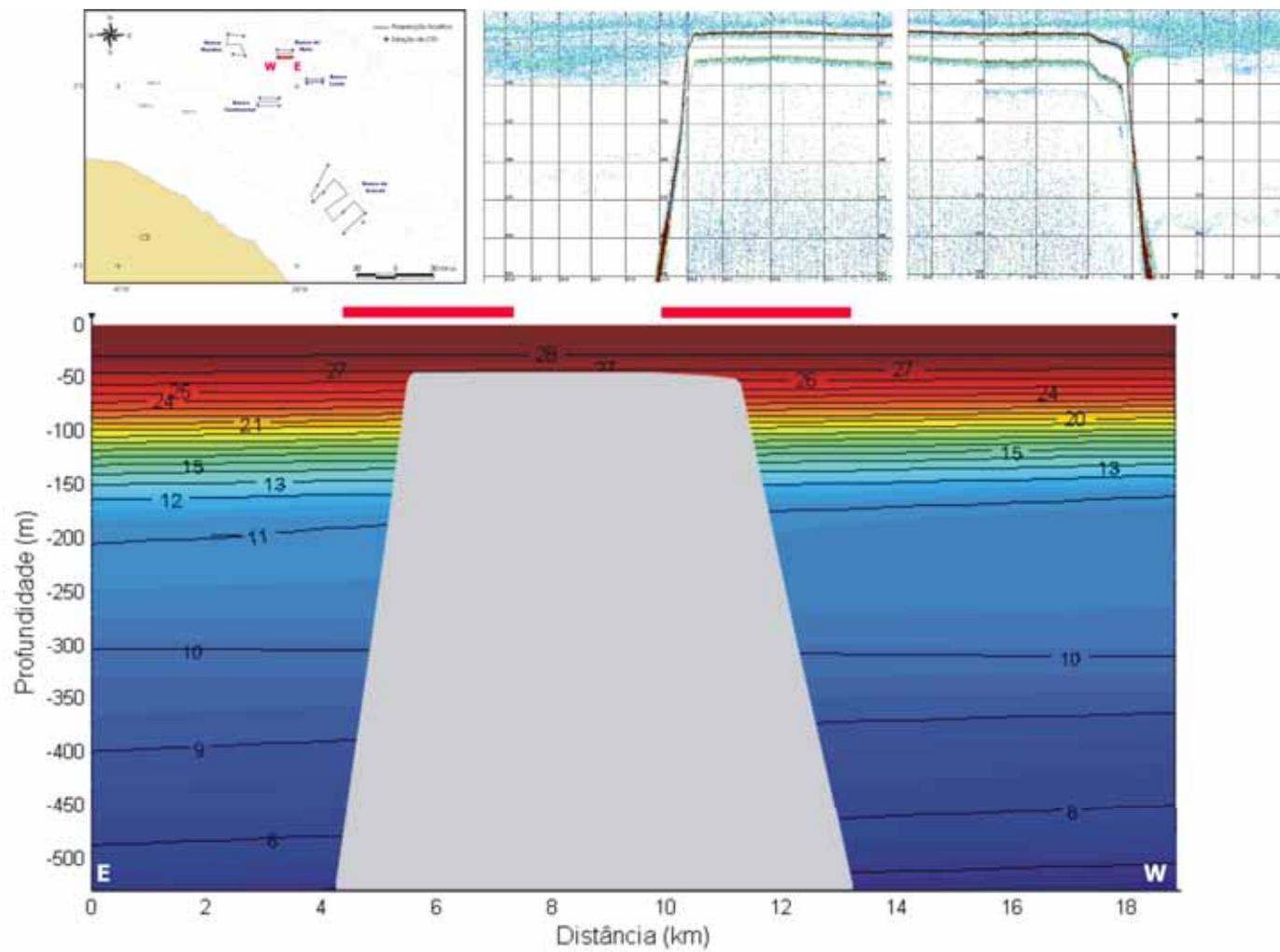


Figura 65 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco do Meio.

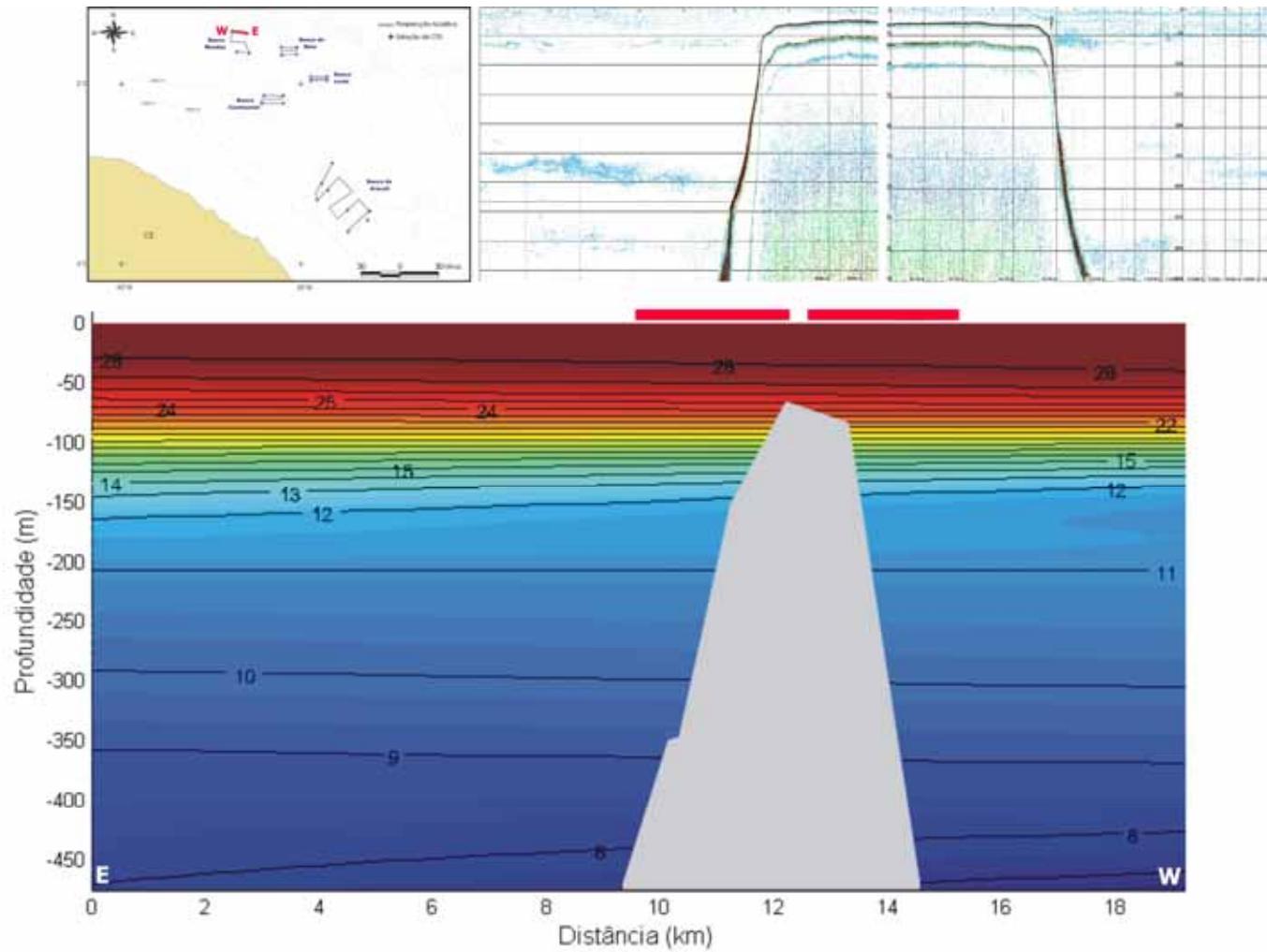


Figura 66 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Mundaú.

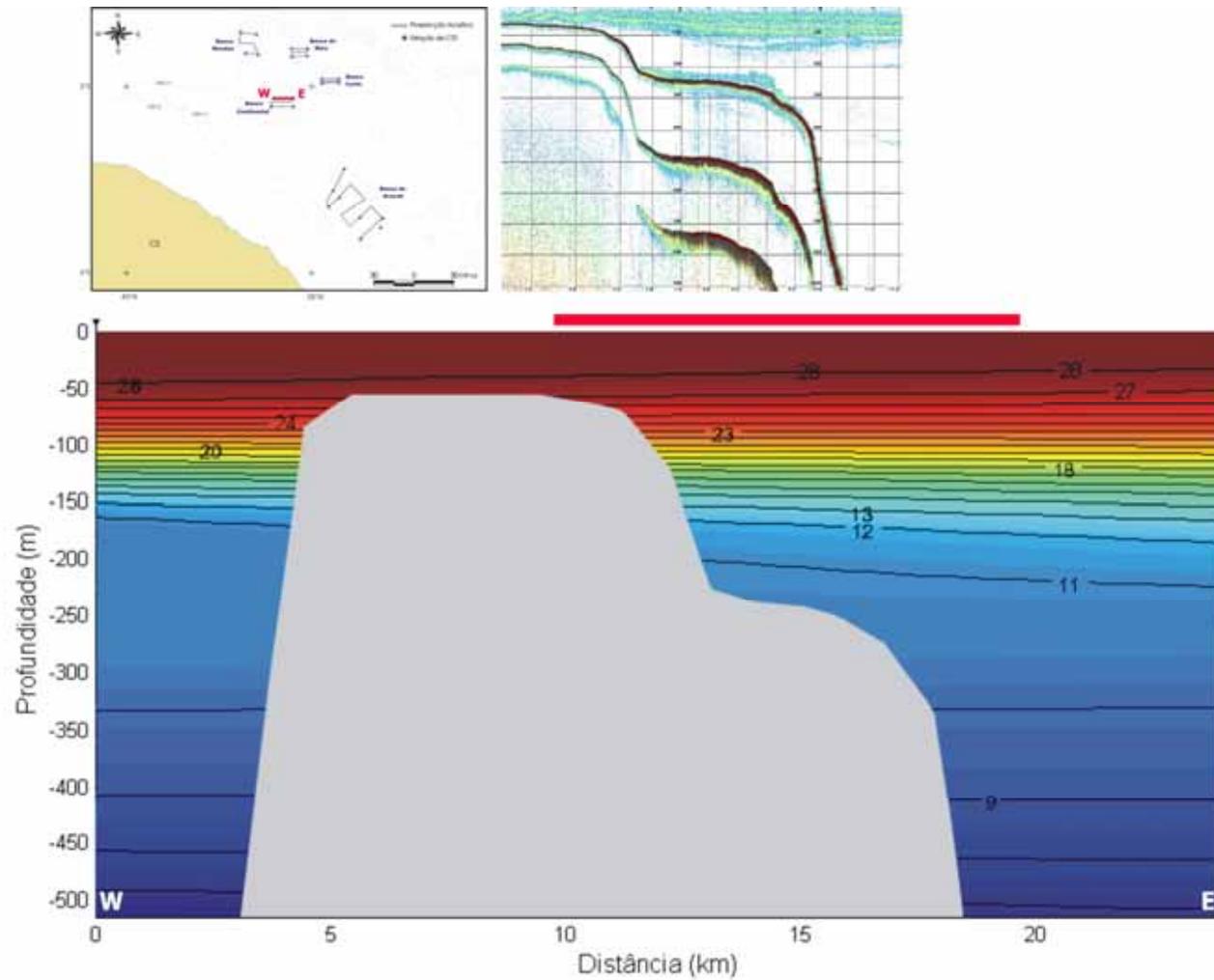


Figura 67 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o Banco Continental.

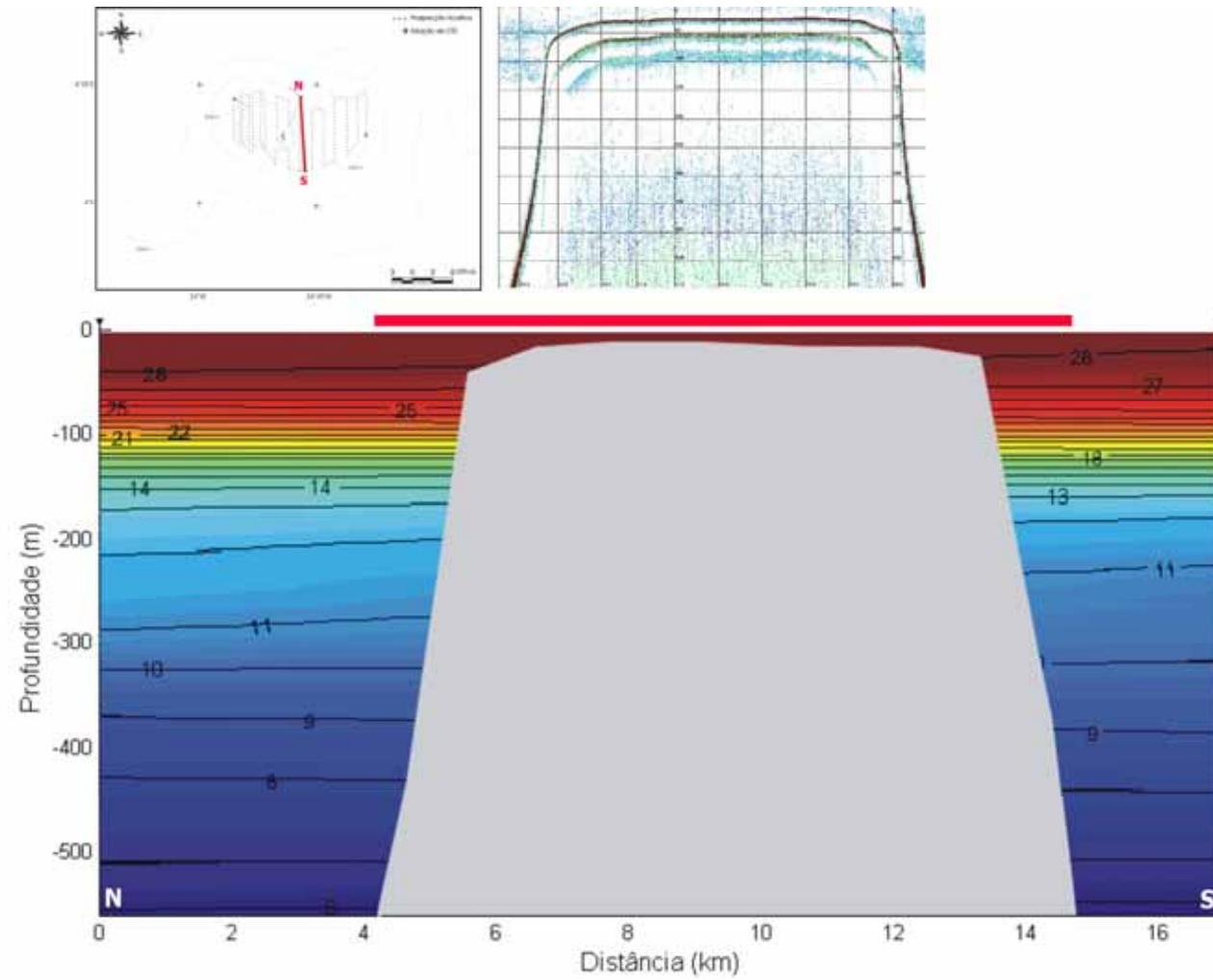


Figura 68 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o setor Atol das Rocas.

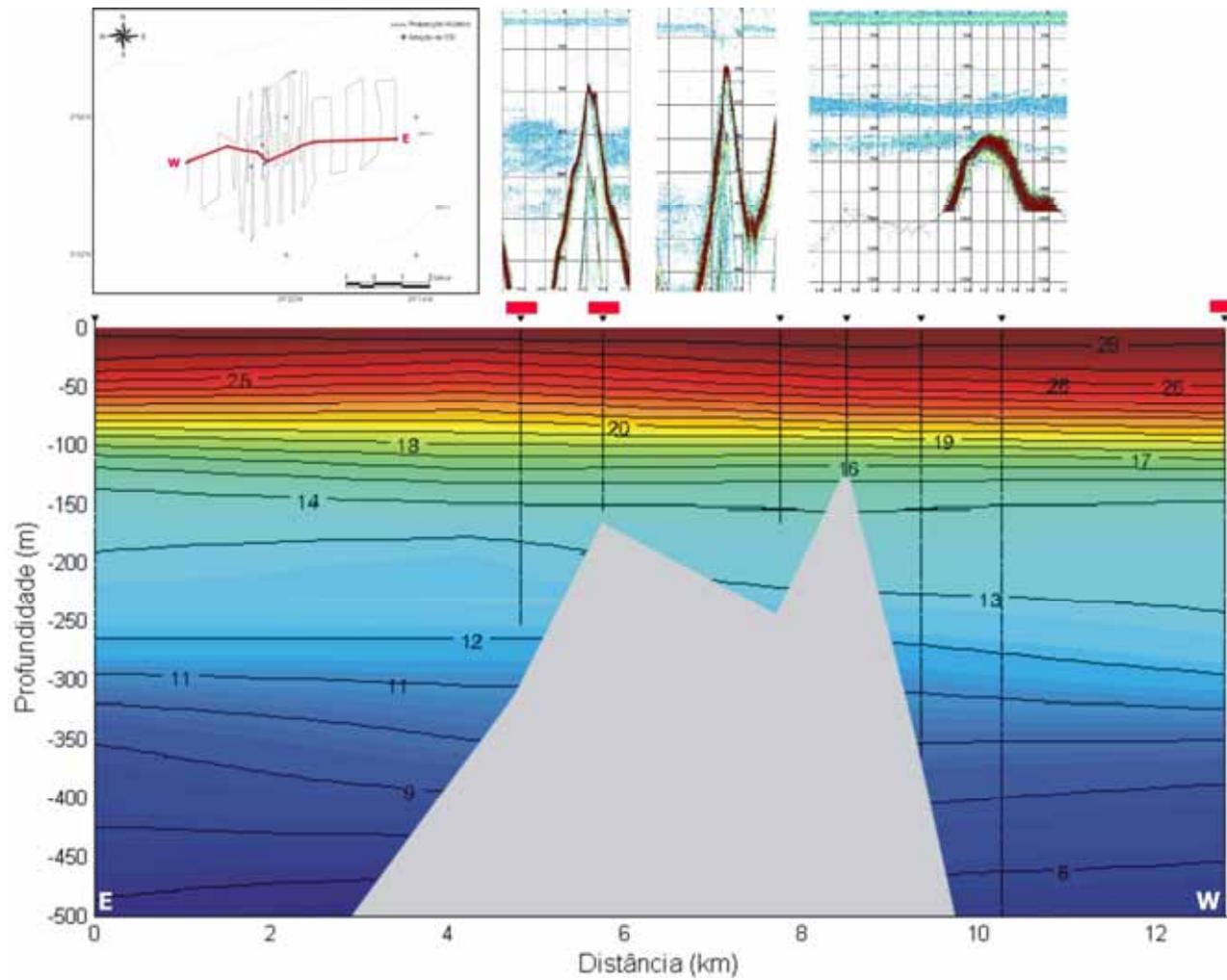


Figura 69 – Mapa temático apresentando perfil de temperatura e ecogramas obtidos sobre o setor São Pedro e São Paulo.

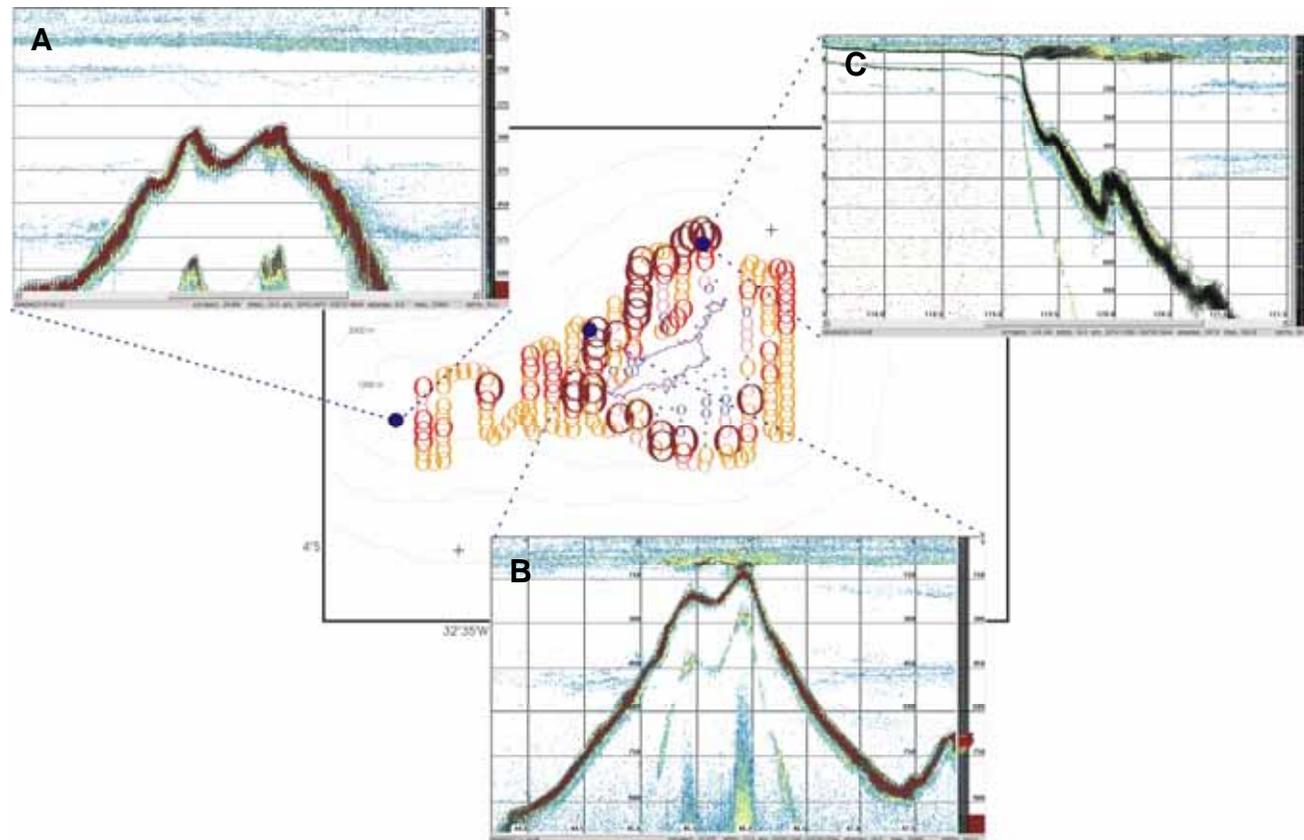


Figura 70 } – Exemplos de eco-registros obtidos durante as varreduras acústicas no setor Fernando de Noronha. A = topo profundo do Alto Fundo Drina, sem efeito aparente sobre a densidade dos registros biológicos; B = concentração de organismos sobre o topo da feição; e C = concentração de organismos na quebra de plataforma.

4. DISCUSSÃO

Ambos os cruzeiros considerados no presente estudo caracterizaram-se como a primeira investigação de natureza hidroacústica nas respectivas áreas, constituindo-se em um conjunto de informações inéditas para a região.

A ausência de dados pretéritos que pudessem orientar no sentido de um desenho amostral mais focado nos objetivos principais dos cruzeiros, culminou em uma prospecção investigativa, permitindo um entendimento geral da área de estudo.

4.1. Caracterização Ambiental da Área de estudo

Apesar da diferença de cinco anos entre os dois cruzeiros, ambos são bastante similares em relação ao período do ano em que foram realizados. O cruzeiro Bahia 1 (25/05 – 05/07/1999) pode ser considerado de outono/inverno, enquanto o cruzeiro REVIZEE-NE (24/04 – 01/06/2004) foi realizado, em sua totalidade, durante período de outono.

Em ambas as regiões, Central e Nordeste, foi observada a presença de Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), compreendidas entre a superfície e a profundidade máxima investigada, de aproximadamente 600 m de coluna d'água.

Costa *et al.* (2005) identificaram a existência de quatro massas d'água sobre o talude da costa Central brasileira - a AT ocupando a porção superficial, sendo transportada para sul pela Corrente do Brasil, em profundidades de até 200 m; ACAS abaixo da camada de AT, até aproximadamente 700 m de profundidade; e, abaixo da ACAS, foram registradas a Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).

Na região Nordeste foi registrada a presença de AT, localizada entre a superfície e os 150 m de profundidade, em todas as estações do ano (Pinto *et al.*, 2002). A ACAS está presente na região, limitada entre a camada de AT e uma profundidade de cerca de 650 m (Advincula, 2000).

Em relação à estrutura termohalina das regiões Central e Nordeste, foram apontadas diferenças substanciais, associadas principalmente ao gradiente térmico observado para as termoclinas de ambas as regiões. Na região Nordeste observa-se uma termoclina evidente e com marcado gradiente térmico, enquanto na região Central a termoclina apresenta-se extensa e com gradiente térmico menor. Resultados similares a estes foram obtidos por Nonaka *et al.* (2000) e Costa *et al.* (2005), e Travassos *et al.* (1999) e Geber (2003), respectivamente para as regiões Ceste e Nordeste.

Na região Central, o setor Cadeia de Abrolhos (Bancos Minerva, Rodger e Hotspur) apresentou maior homogeneidade entre os perfis de temperatura e salinidade, comparado aos setores Bancos Costeiros (Bancos Royal Charlotte e dos Abrolhos) e Cadeia Vitória Trindade (Bancos Besnard, Eclairer, Vitória, Montague, Jaseur e Davis). Na Cadeia de Abrolhos a profundidade mínima de ocorrência da ACAS foi de 174 m. A maior heterogeneidade foi observada no setor Vitória Trindade, onde a profundidade mínima de detecção da ACAS foi de 87 m, bastante similar aos 91 m observada no setor Bancos Costeiros.

Tendo por base este mesmo banco de dados, Madureira *et al.* (2004) mencionam a presença de gradientes termohalinos evidentes no sul do Banco dos Abrolhos e no início da Cadeia Vitória Trindade. De acordo com os autores, esta elevação da ACAS, na região costeira entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Cadeia Vitória Trindade, está associada à presença de um vórtice ciclônico com estrutura de núcleo mais frio e menos salino, tendo sido observada a formação de uma Frente Costeira que atinge o Banco dos Abrolhos.

Gaeta *et al.* (1999) sugerem que esta feição oceanográfica, denominada “Giro de Vitória”, é observada permanentemente na região. No entanto, Calado *et al.* (2005), analisando imagens AVHRR do período compreendido entre os anos de 1993 e 1998, não encontraram evidências que confirmem tal hipótese. Sendo assim, a interação entre maré e a topografia local responderia como fator mais importante para a elevação da ACAS (Pereira *et al.*, 2005).

Nos setores da região Nordeste as termoclinas são bastante evidentes, e caracterizam-se por marcado gradiente térmico. Os perfis de salinidade mostram uma típica distribuição equatorial, com um aumento gradual na concentração, até um máximo que corresponde ao limite superior da haloclina (Travassos *et al.*, 1999).

Foi identificada, no setor Banco Aracati, uma parcela de água responsável pelos valores máximos de salinidade, observados para a totalidade dos dados da região Nordeste. Tal observação está de acordo com resultados obtidos por Advincula (2000), que descreve a Água de Máxima Salinidade (AMS) como sendo uma subdivisão da AT, que ocorre limitada entre as profundidades aproximadas de 80 e 120 m, durante todas as estações do ano.

Foi observada uma sensível elevação da profundidade média, tanto de topo quanto de base, da termoclina no setor São Pedro e São Paulo, relativamente aos demais, confirmando os resultados apresentados por Travassos *et al.* (1999).

4.2. Caracterização dos eco-registros detectados pelas sondas

Conforme ressaltado por diversos autores, a caracterização dos eco-registros corresponde ao passo inicial para qualquer processamento de sinais acústicos a ser desenvolvido posteriormente (Gerlotto e Marchal, 1985; Gerlotto, 1996; Reid *et al.*, 2000; Soares, 2002; Madureira e Rossi-Wongtschowski, 2005). A classificação dos eco-registros em ecotipos permitiu obter informações sobre a forma como os organismos que compõe esses registros se organizam espaço-temporalmente na coluna d'água.

De acordo com Madureira *et al.* (2004), os registros obtidos na região Central foram classificados em: 1) Peixe lanterna (*Maurolicus stehmanni*); 2) Anchoita (*Engraulis anchoita*); 3) Baiacu (*Diodon holocanthus* – fase pelágica); 4) Plâncton acústico; 5) Peixe-porco (*Aluterus monocerus*, *Balistes capriscus*, *Balistes vetula* e *Canthidermis sufflamen*); 6) Decapterus (*Decapterus tabl*); 7)

Myctophidae; 8) Cardumes de peixes pelágicos não identificados; e 9) cardumes de peixes próximos ao fundo. Destes, apenas os dois primeiros não têm sua ocorrência registrada para a região dos bancos costeiros e cadeias de montes submarinos, dos quais trata este estudo.

O ecotipo Baiacu teve sua presença assinalada para as áreas de talude, entre a superfície e a profundidade de 150 m. Esse ecotipo ocorreu mais expressivamente nos Bancos Royal Charlotte e Besnard, sendo observado de forma pontual ao longo das Cadeias de Abrolhos e Vitória Trindade.

Registros de Peixe Porco foram observados nos Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, e sobre os topos dos Bancos Minerva, Rodger, Hotspur, Besnard, Vitória, Jaseur e Davis. A partir dos dados de amostragem biológica foi observado que *A. monocerus* ocorreu ao longo de toda a área, *B. vetula* e *C. sufflamen* foram capturados ao norte da Cadeia Vitória Trindade. Capturas de *B. capriscus* ocorreram somente ao sul da Cadeia Vitória Trindade, desta forma a espécie não teve sua ocorrência confirmada para os setores de interesse deste estudo.

Tendo sido considerado típico de borda de bancos oceânicos, os eco-registros do tipo Decapterus foram observados formando uma espécie de “coroa” em torno dos mesmos, ocorrendo nos Bancos Hotspur, Vitória, Jaseur e Davis.

O ecotipo Myctophidae foi detectado de maneira bastante pontual, sobre regiões de talude e oceânicas dos Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, e nos Bancos Minerva, Vitória e Jaseur.

Os registros classificados como Plâncton acústico e Cardumes de fundo foram observados ao longo de toda a área de estudo. Cardumes pelágicos ocorreram de forma pontual sobre os Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos, e os Bancos Besnard, Vitória, Rodger e Hotspur. Cabe destacar que a classificação dos eco-registros em Plâncton acústico foi realizada a partir da interpretação dos dados coletados pela sonda, associada à não captura pela rede de arrasto pelágico.

Em termos da caracterização dos ecotipos para a região Nordeste do Brasil, a estrutura mais marcante, observada ao longo de toda a área estudada, diz respeito às Camadas Oceânicas. Este tipo de eco-registro foi detectado de maneira contínua, ocupando camadas superficiais, durante o período diurno. Apresentou valores relativamente baixos de densidade acústica, que são devidos à baixa densidade numérica de organismos de médio porte, ou média densidade numérica de organismos de pequeno porte.

As camadas foram compostas por um elevado número de espécies de organismos do meso, macro e megaplâncton e, de forma ocasional, organismos pelágicos e mesopelágicos (Vaske Jr. *et al.*, 2005). Em estudo sobre a estrutura da comunidade de larvas de peixes da ZEE do Nordeste, Mafalda Jr. e Souza (2004) selecionaram oito famílias como sendo características da região: Myctophidae, Gonostomatidae e Paralepididae, entre os mesopelágicos; Carangidae e Scombridae, entre os epipelágicos; Gobiidae e Scaridae, do grupo associado a recifes e Bothidae, como o único taxa demersal.

Durante o cruzeiro REVIZEE-NE, a observação de camadas de dispersão acústica (SSL – *Sound Scattering Layer*), detectadas em superfície e meia água, ocorreu ao longo de todas as regiões oceânicas e de talude da área de estudo. Os dados de captura apresentados por Vaske Jr. *et al.* (2005) indicam que estas camadas foram compostas de peixes mesopelágicos, com predomínio da família Myctophidae, crustáceos e pequenos cefalópodos da família Enoploteuthidae.

As camadas de dispersão acústica são amplamente descritas na literatura, sendo observadas em regiões oceânicas e de talude, distribuídas pelos oceanos a nível mundial (Sameoto *et al.*, 1985). Quanto a sua composição, as descrições indicam que tais camadas são formadas principalmente por organismos zooplânctônicos (meso, macro e megaplâncton) e pequenos peixes mesopelágicos (Crawford *et al.*, 1992; Iida *et al.*, 1996; Salvanes e Kristoffersen, 2001).

No presente estudo as camadas de dispersão acústica foram classificadas como ecotipos Camada Oceânica, Myctophidae e Camada

Oceânica com Myctophidae, tendo por base as amostragens biológicas realizadas. Cabe ressaltar que, devido aos objetivos do cruzeiro, a rede de meia água foi utilizada como amostrador. Desta forma, assume-se que uma grande parcela dos organismos componentes, representada por indivíduos de pequenas dimensões, tenha sido subamostrada. (Pusch *et al.*, 2004). Resultados mais representativos, em termos de composição deste ecotipo, seriam obtidos pela realização de amostragens simultâneas com rede de meia água e redes para amostragem de organismos zooplanctônicos (bongo, redes múltiplas, *Isaacs-Kidds Midwater Trawl* – IKTM, Tucker).

Um aspecto comportamental marcante associado ao ecotipo Myctophidae é a migração vertical, deslocando-se de camadas profundas em direção às proximidades da superfície, que os organismos realizam a partir das proximidades do entardecer (migração vespertina), voltando para camadas profundas nas proximidades do amanhecer (migração matutina). Tal comportamento foi hidroacusticamente registrado com frequência na região Nordeste, estando de acordo com o observado por diversos autores para as camadas de dispersão acústica (Mosgovoy e Bekker, 1991; Iida *et al.*, 1996; Pusch *et al.*, 2004).

Existem três hipóteses principais para explicar as migrações nictemerais: 1) os indivíduos migram em busca, e para acompanhar o movimento de suas presas; 2) durante o período diurno, estratos mais profundos são utilizados como refúgio contra a ação de predadores visuais epipelágicos; e 3) águas profundas, de temperaturas mais baixas, provocam uma diminuição na taxa metabólica, reduzindo assim gastos energéticos e compensando aqueles assumidos durante atividades de migração e alimentação ativas (Brett 1971, *apud* Wootton, 1990).

Clark e Levy (1988) apresentam a hipótese de “janelas de anti-predação” (*antipredatin window*), onde os organismos que migram à superfície durante os períodos crepusculares visam uma combinação entre melhores chances de alimentação e menor risco de predação.

Agregações biológicas, associadas com as regiões de quebra da plataforma do topo das feições geomorfológicas consideradas neste estudo, foram observadas em todos os setores da costa Nordeste, à exceção do setor São Pedro e São Paulo. Esses eco-registros foram classificados como “Nuvem de Quebra”, estando sua composição específica associada à espécies pelágicas (*Decapterus tabl*) e mesopelágicas (peixes da família Myctophidae) (Vaske Jr. *et al.*, 2005). Madureira *et al.* (2004) descreveram, para a costa Central, a presença de cardumes característicos, associados às quebras de plataforma, compostos por *Decapterus tabl*.

Os eco-registros denominados como Peixe-porco e Cardumes de Fundo não foram amostrados, em decorrência de sua ocorrência restrita e pouco representativa, baixa densidade acústica, e de dificuldades de amostragem relacionadas ao posicionamento dos registros em relação ao fundo. Ambos os registros foram detectados sobre o topo das feições, junto ao leito oceânico. A proximidade dos registros com o fundo tornou arriscadas as operações no sentido de capturar os organismos responsáveis pelos eco-traços observados na sonda, pondo em risco todo o petrecho de pesca e monitoramento acústico da rede de meia água. Sendo assim, não houve argumentos, suficientemente consistentes, que permitissem a caracterização destes tipos de registros, e a classificação dos mesmos como “ecotipos”.

Em termos dos tipos de eco-registros observados, a principal diferença entre os setores considerados, para as regiões Central e Nordeste do Brasil, diz respeito às extensas camadas biológicas, observadas ao longo da região Nordeste, sendo menos evidentes para a região Central. Especula-se que a organização estrutural em camadas, esteja associada à presença de termoclina bem definida e com marcado gradiente térmico, observada na região Nordeste. Pinot e Jansá (2001) apresentam indícios de associação entre a densidade de organismos planctônicos e a presença e profundidade da termoclina, observando decréscimo de densidade para águas imediatamente abaixo desta.

No cruzeiro REVIZEE-NE, um aspecto marcante, do ponto de vista da prospecção hidroacústica, foi a ausência de estruturas de cardumes, observadas ao longo de séries de cruzeiros que prospectaram as áreas da costa brasileira, mais ao sul (Fuse, 2000; Soares, 2002; Madureira e Rossi-Wongtschowski, 2005). Este é mais um indicativo de que as camadas observadas nas sondas sejam compostas de organismos de pequeno porte, que não formam estruturas com limites bem definidos, como cardumes de peixes ou mesmo de algumas espécies de eupausiáceos, tais como *Euphausia superba* (Krill Antártico) (Watkins *et al.*, 1986).

Considerando-se a diversidade de ecotipos, na região Central foram identificados nove tipos (Madureira *et al.*, 2004), enquanto na região Nordeste apenas quatro. Pode-se afirmar ainda que, na região Sudeste-Sul, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), ocorrem organismos em concentrações mais densas, com maiores tamanhos individuais e passíveis de captura com o petrecho amostral utilizado, os quais foram classificados em seis diferentes ecotipos (Madureira e Rossi-Wongtschowski, 2005).

4.3. Distribuição dos valores de densidade acústica total e suas interações com o ambiente físico

Diferença extremamente significativa, em termos de densidade acústica, foi observada entre os dois cruzeiros considerados, sendo que um valor médio mais elevado deste parâmetro foi observado na região Nordeste, comparativamente à região Central. A causa desta diferença está associada à presença das camadas de dispersão acústicas contínuas, observadas ao longo de praticamente toda a região Nordeste, e que não ocorreram na região Central.

A formação e manutenção da estrutura em camadas de dispersão acústica na região Nordeste pode estar associada à presença de termoclina com forte gradiente térmico. Szczucka (2000) relaciona padrões sazonais de migração nictemeral de peixes e organismos zooplanctônicos às condições da termoclina, no mar Báltico, observando que em estações quentes, quando a

termoclina apresenta gradiente térmico maior, no período noturno os organismos migradores tendem a formar camadas densas associadas à termoclina ou acima da mesma, alcançando a superfície, enquanto nas estações mais frias, quando a termoclina é menos evidente, os organismos permanecem na camada inferior, não alcançando a superfície.

Entre os setores da costa Central foi observada diferença extremamente significativa entre a região mais próxima à costa, representada pelos Bancos Royal Charlotte, dos Abrolhos e Besnard, e a região oceânica, representada pelos Bancos Minerva, Rodger, Hotspur, Vitória, Jaseur e Davis. Tal observação pode estar associada à presença de ACAS a uma profundidade média menor na região mais próxima da costa, em comparação com a região oceânica.

Gaeta *et al.* (1999) afirmaram que quantidades significativas de nutrientes são bombeados ao largo das bordas leste e sudoeste do Banco de Abrolhos, durante o desenvolvimento do Giro de Vitória, aumentando em até duas vezes a produtividade primária na camada superficial.

Através da análise de dados satelitais da região compreendida entre os Bancos Royal Charlotte e dos Abrolhos, Cabral *et al.* (2001) evidenciaram uma grande influência da topografia, na circulação superficial. Ao longo da plataforma continental, entre os dois Bancos ocorreram águas mais frias na maior parte do ano, a exceção do verão, quando as temperaturas foram mais homogêneas.

Pereira *et al.* (2005) indicam que a interação entre marés e topografia local pode promover ressurgências orográficas nas regiões próximas aos flancos sul, dos Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos. Os autores sugerem que esta interação pode ser importante no enriquecimento de águas de sub-superfície nesta região.

Na região Nordeste, entre os Bancos Oceânicos do Ceará, foram observados valores extremos de densidade acústica em todos os setores, destacando-se a importância local do Banco Aracati. A comparação entre os valores de densidade acústica obtidos sobre os bancos e seus entornos e a região oceânica entre eles, indicou não haver diferença significativa deste

parâmetro. Desta forma, os bancos considerados neste estudo parecem causar um efeito conjunto, em termos de densidade acústica, não sendo possível evidenciar efeito de enriquecimento localizado, quando cada banco é tratado isoladamente. A região dos Bancos do Ceará é descrita como importante área pesqueira da ZEE da região Nordeste (Hazin, 1993)

Em relação à distribuição horizontal dos valores de densidade acústica total, para os setores Atol das Rocas, Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo, apesar de serem estatisticamente diferentes apenas para o primeiro, observa-se a tendência de maiores valores detectados imediatamente a oeste das partes emersas desses setores, comparativamente ao lado leste. A região é influenciada pela Corrente Sul Equatorial, que flui na camada superficial no sentido leste-oeste (Castro e Miranda, 1998), desta forma, um acúmulo de organismos no lado oeste das feições pode estar relacionado a transporte advectivo ou busca de abrigo (Rogers, 1994; Genin, 2004).

Estudando as regiões dos Bancos do Ceará, Cadeia de Fernando de Noronha e Rochedos de São Pedro e São Paulo, Travassos *et al.* (1999) observaram clara influência do relevo de fundo na distribuição vertical das isothermas para os setores Bancos do Ceará e Cadeia de Fernando de Noronha, destacando que as maiores evidências de turbulência foram verificadas em montes submarinos mais profundos, cujos topos localizavam-se abaixo da termoclina. Segundo os autores, nos bancos mais rasos, cujos topos rompem a termoclina, a água localizada imediatamente abaixo da mesma, tende a fluir ao redor dos bancos, devido à diferença de densidade em relação à água localizada acima da termoclina. Para o Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo os autores não observaram alterações no padrão das isothermas.

De maneira geral, a análise da distribuição vertical dos valores de densidade acústica permite afirmar que, os organismos ocupam principalmente a camada d'água localizada entre a superfície e os 200 m de profundidade, nos setores das costas Central e Nordeste do Brasil. Tal análise, associada à caracterização ambiental da região de estudo, indica ainda uma associação entre a densidade acústica biológica e a camada de transição entre a AT e a ACAS, onde se espera um maior gradiente térmico.

Além do registro dos eventos de deslocamento vespertino (de camadas profundas para as camadas superiores) e matutino (no sentido inverso ao anterior), diretamente nos ecogramas, foi observado que estes deslocamentos causam efeitos consideráveis de variação de densidade acústica, ocasionando maiores valores no período noturno, principalmente para as províncias oceanográficas Região Oceânica e Talude, tendo pouca influência sobre a província Topo. Esta observação indica que uma importante parcela de organismos desloca-se de profundidades maiores do que o limite máximo eco-integrado, de 500 m.

Entretanto, nos setores Banco Aracati, Leste e Mundaú, a análise dos dados de densidade acústica, em função do período do dia e da província oceanográfica, indicou aumento significativo do valor médio, no período noturno, também para a província Topo. Este fato pode ser tratado como um indício de processos de advecção de organismos migradores sobre o topo destas feições, causado por fluxo de correntes. Este mecanismo foi observado por Genin (2004) e Pusch *et al.* (2004).

Ecológicamente, os deslocamentos verticais são de destacada importância, no sentido disponibilização de presas para fauna de peixes pelágicos, nas camadas oligotróficas superiores (Zavala-Camin, 1997), e de transferência de energia entre as camadas profundas e superficiais (Roger e Grandperrin, 1976). Observações de que organismos migradores, componentes do micronécton, são um importante item na dieta de peixes demersais que habitam bancos submarinos (Fock *et al.*, 2002a), reforçam a idéia da importância destes movimentos.

Devido à variedade de tendências entre a distribuição dos valores de densidade acústica em relação às províncias oceanográficas, tanto para os setores da costa Central quanto para os da Nordeste, não foi possível uma associação direta entre esta distribuição e as profundidades mínima, média e máxima de topo, observadas nas feições.

Travassos *et al.* (1999) ressaltam que fenômenos de ressurgência causados pela interação entre correntes oceânicas e feições geomorfológicas são de difícil observação, devido às escalas espaço-temporal em que tais

processos ocorrem. Baseado nessa informação pode-se inferir sobre a adequabilidade da escala do desenho amostral para os parâmetros ambientais, no sentido de detectar os efeitos desta interação.

A partir dos resultados deste estudo, não foram observadas ocorrências de alterações significativas na estrutura termohalina nos entornos das feições consideradas, que permitissem a associação entre a presença da feição e a indução de processos como colunas de Taylor e ressurgências localizadas.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados apresentados no presente estudo caracterizam a primeira investigação dessa natureza nas respectivas áreas, constituindo-se em um conjunto de informações inéditas para a região, quanto à abordagem utilizada.

Os eco-registros detectados pela sonda, na região Nordeste do Brasil, nos setores Bancos Oceânicos do Ceará, Atol das Rocas e Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo, foram caracterizados, sendo classificados nos ecotipos Camada Oceânica, Myctophidae, Camada Oceânica com Myctophidae e Nuvem de Quebra.

Foi observada a predominâncias dos registros sob a forma de camadas de dispersão acústica. O ecotipo Nuvem de Quebra representa a forma de agregação de organismos, associada à quebra da plataforma de topo das feições.

Eventos de deslocamento vertical de organismos, vespertinos e matutinos, conhecidos como migração nictemeral, foram frequentemente observados e hidroacusticamente registrados. Tais eventos são, provavelmente, de destacada importância ecológica para a região.

Efeitos da presença das feições geomorfológicas, provocando alterações nas características termohalinas locais, não foram evidenciados a partir dos dados ambientais disponíveis.

Não foi observado um padrão claro na distribuição dos valores de densidade acústica entre as províncias Região Oceânica, Talude e Topo, nos entornos das feições consideradas no presente estudo, indicando diferenças locais associadas às mesmas. Os resultados indicam marcada influência do período do dia sobre os valores médios de densidade acústica, o que torna complexa a análise das relações entre distribuição e abundância de organismos pelágicos e a presença dos bancos e ilhas oceânicos.

Em função da importância ecológica e econômica da presença dos Bancos submarinos e Ilhas, para a área investigada neste trabalho, sugere-se a realização de estudos dirigidos a um maior detalhamento dos processos biológicos e oceanográficos envolvidos, no sentido de permitir um melhor entendimento dos mesmos.

Recomenda-se, então, um desenho amostral específico para este fim, que considere, além das escalas temporal e espacial dos processos, a utilização simultânea de diferentes amostradores e frequências acústicas, cobrindo assim a gama de organismos marinhos presentes nas áreas.

Para tanto as amostragens ambientais devem contar com um maior número de estações oceanográficas, posicionadas no sentido de permitir uma interpolação adequada dos parâmetros temperatura, salinidade e densidade. Devem ser consideradas ainda as diferentes estações do ano, e as variações climáticas, oceanográficas e biológicas decorrentes da sazonalidade.

Além da frequência de 38 kHz, a utilização de eco-sondas operando em frequências mais altas (120 – 200 kHz), proporcionaria um melhor detalhamento das camadas formadas por organismos do meso, macro e megaplâncton. Conjuntamente a isto, a utilização de redes específicas para amostragem destes organismos, simultaneamente à rede de meia água, resultaria em uma melhor caracterização da composição dos eco-registros do tipo camadas.

A utilização de dados satelitais, como Temperatura da Superfície do Mar (TSM), distribuição de clorofila-a, e altimetria da superfície do mar, constitui-se em uma ferramenta a ser considerada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advincula, R. 2000. Elementos Micronutrientes na Camada Eufótica da Região Oceânica entre Recife (PE) e Salvador (BA): Distribuição Espacial e Mecanismo Físicos Influente na Fertilização das Águas. Dissertação Mestrado do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. 129p.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean. California Sea Grant College System/Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. 323 pp.
- Balls, R. 1946. Fish on the spotline. London, Marconi International Marine Communications Co. Ltd., 37p.
- Barange, M., 1994. Acoustic identification, classification and structure of biological patchiness on the edge of the Agulhas Bank and its relation to frontal features. S. Afr. J. Mar. Sci. 14, 333–347.
- Base de Dados Tropicais, AVALIAÇÃO E AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DA ZONA COSTEIRA E MARINHA - PEIXES TELEÓSTEOS DEMERSAIS - A pesca de recursos pesqueiros nectônicos demersais do Brasil.
<http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/demersais/recursos> consultado em 19 de fevereiro de 2006.
- Becker, M. 2001. Hidrologia dos Bancos e Ilhas oceânicas do Nordeste Brasileiro, uma contribuição ao Programa REVIZEE. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. 151p.
- Bertrand A.; Le Borgne, R. & Josse, E. 1999. Acoustic characterisation of micronekton distribution in French Polinesia. Mar. Ecol. Prog. Ser. 191: 127-140.
- Boehlert, G. W. e Genin, A. 1987. A review of the effects of seamounts on biological processes. In: Seamounts islands and atolls, Keating, B. H.; Fryer, P.; Batiza, R. and Boehlert, G. W., editors. Geophysical Monographs, 43, 319-334.

- Brandini, F. P.; Lopes, R. M.; Gutseir, K. S.; Spach, H. L. e Sassi, R. 1997. Planctonologia na plataforma continental do Brasil – Diagnose e revisão bibliográfica. Ministério do Meio Ambiente, dos recursos hídricos e da Amazônia legal – MMA, Comissão Interministerial para os recursos do mar – CIRM, Fundação de Estudos do Mar – FEMAR. 196 pp.
- Butler, J. N.; Burnett-Herkes, J.; Barnes, J. A. e Ward, J. 1993. The Bermuda fisheries: a tragedy of the commons averted ? *Environment* 35(1), 7-33.
- Cabral, A. P.; Baptista, M. C.; Hargreaves, F.; Gherard, D. F. M. e Mano, M. 2001. Caracterização de feições oceanográficas e sedimentares na região dos bancos Royal Charlotte e dos Abrolhos (BA, Brasil), através de dados SAR/ERS-1/2, AVHRR/NOAA, Difusômetro/ERS-2, Topex/Poseidon e TM/Landsat 5. Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz de Iguaçu, 21 a 26 de abril de 2001, INPE, p. 769-76.
- Calado, L., Gangopadhyay, A., Silveira, I.C.A. da, Lorenzzetti, J.A., 2005. A simple parametric model for the Brazil Current meandering and eddies off Southeastern Brazil. *Geophysical Research Letters*, submetido para publicação.
- Caldeira, F. G. 2001. Os processos físicos de enriquecimento de mesoescala e as acumulações biológicas observadas por método hidroacústico no ambiente pelágico da região. Tese de mestrado. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 96p.
- Calder, D. R. 2000. Assemblages of hydroids (Cnidaria) from three seamounts near Bermuda in the western North Atlantic. *Deep-Sea Research I* 47: 1125-1139.
- Castro, B. M. e Miranda, L. B. 1998. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located Between 4° N and 34°S – Coastal Segment (4, W). In: Allan R. Robinson and Kenneth H. Brink. *The Sea*. John Wiley & Sons, , Inc., New York, v. 11, pp. 209-251.
- Chapman, D. C. 1989. Enhanced subinertial diurnal tides over isolated topographic features. *Deep-Sea Research*, 36:815-824.
- Clark, C. e Levy, D. 1988. Diel vertical migrations by juvenile sockeye salmon and the antipredator window. *Am. Naturalist*, v.131, n. 2, p. 271-290.

- Comeau, L. A.; Vézina, A. F.; Bourgeois, M. e Juniper, S.K. 1995. Relationship between phytoplankton production and the physical structure of the water column near Cobb Seamount, northeast Pacific. *Deep-Sea Research I*, 42, 993-1005.
- Correa, I. C. 1977. Fisiologia e Morfologia das Cadeias Vitória-Trindade e Abrolhos. *Pesquisas* 7, 11-21.
- Costa, P. A. S.; Martins, A. S.; Olavo, G.; Haimovici, M. e Braga, A. C. 2005. Pesca exploratória com arrasto de fundo no talude continental da região central da costa brasileira entre Salvador-BA e o Cabo de São Tomé-RJ. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, Série Documentos REVIZEE: Score Central. P 145-165.
- Crawford, R. E.; Hudon, C. and Parsons, D. G., 1992. An acoustic study of shrimp (*Pandalus montagui*) distribution near resolution Island (eastern Hudson Strait). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 842-856.
- Dower, J. F. e Mackas, D. L. 1996. “Seamount effects” in the zooplankton community near Cobb Seamount. *Deep-Sea Research I*, Vol. 43. Nº 6. pp 837-858.
- Dower, J.; Freeland, H. e Juniper, K. 1992. A strong biological response to oceanic flow past Cobb Seamount. *Deep-Sea Research* 39, 1139-1145.
- Ekau, W. e Knoppers B. 1999. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. *Archive of Fishery and Marine Research* 47(2/3): 113-132.
- Epp, D. e Smoot, N. C. 1989. Distribution of seamounts in the North Atlantic. *Nature* 337, 254-257.
- Fock, H. O.; Matthiessen, B.; Zodowitz, H. e von Westernhagen, H. 2002 a. Diel and habitat-dependent resource utilization by deep-sea fishes at the Great Meteor Seamount: niche overlap and support for the sound scattering layer interception hypothesis. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 244, 219-233.

- Foote, K. G. 1982. Optimizing copper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment. *J. Acoust. Soc. Am.*, 71: 742-747.
- Freire, O. 2003. Apresentação. In: Cergole, M. C. e Wongtschowski, C. L. B. R. *Dinâmica das Frotas Pesqueiras - Análise das Principais Pescarias Comerciais do Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Evoluir. 3-4p.
- Fuse, I. Y. 2000. Estudo do parâmetro acústico vigor de alvo ou target strenght (TS) em concentrações de *Engraulis anchoita* (Hubbs e Marini, 1935) (Engraulidae, Pisces) na costa sudeste e sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 99 p.
- Gaeta, S.A., Lorenzetti, J.A., Miranda, L.B., Susini-Ribeiro, S.M.M., Pompeu, M., Araujo, C.E.S., 1999. The Vitoria Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during austral fall of 1995. *Archive of Fishery and Marine Research* 47 (2/3), 253–270.
- Geber, F. O. 2003. Dinâmica de sistemas de bancos oceânicos da Cadeia Norte do Brasil: caracterização experimental e simulação numérica. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências, na área de Oceanografia Física. 114p.
- Genin, A. e Boehlert, G. W. 1985. Dynamics of temperature and chlorophyll structures above a seamount: an oceanic experiment. *J. Mar. Res.* 43, 907-924.
- Genin, A. 2004. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. *Journal of Marine Systems*, 50: 3-20.
- Gerlotto, F. e Marchal, E. 1985. The concept of acoustic population as an aid for biomass identification. ICES/FST Working Group Meet., Tromsø, 22-24 May 1985: 7pp.
- Gerlotto, F. e Marchal, E. 1987. The concept of Acoustics Populations: It's Use for Analyzing the results of Acoustics Cruises. International Symposium on Fisheries Acoustics, Seattle, Washington, USA, 22-26 June.

- Gerlotto, F. 1993. Identification and spatial stratification of tropical fish concentrations using acoustic populations. *Aquat. Living. Resour.*, 6: 243-254.
- Gerlotto, F. 1996. Gregariousness and school behaviour of pelagic fish: impact of the acoustics evaluation and fisheries. *Proceedings of Acoustic Seminar Akustican 2*. May, 1996.
- Greig, A. B. 2000. Determinação da distribuição e estimativa de abundância de *Maurollicus muelleri* (Gmelin, 1789); (Teleostei: Sternoptychidae) por método hidroacústico na região sudeste-sul do Brasil, para primavera de 1997. Dissertação de mestrado. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 104 p.
- Hazin, F. H. V. 1993. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the south-western equatorial Atlantic Ocean. D. Sc. Thesis. Tokyo University of Fisheries. 286 pp.
- Hazin, F. H. V.; Travassos, P. e Shober, J. 1996. A estrutura térmica da ZEE do Nordeste: influências dos bancos e ilhas oceânicas., I Workshop REVIZEE-NE, Recife, PE. Livro de Resumos, p.3.
- Iida, K.; Mukai, T. e Hwang, D. 1996. Relationship between acoustic backscattering strength and density of zooplankton in the sound-scattering layer. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 507-512.
- Johannesson, K. A., Mitson, R. B. 1983. Fisheries acoustics. A practical Manual for aquatic biomass estimation. FAO, Rome.
- Laevastu, T.; Alverson, D. L. & Marasco, R. J. 1996. Exploitable marine ecosystems: their behaviour and management. Fishing News Books. 321p.
- Lessa, R. P.; Mafalda Jr., P. O. Advincula, R.; Lucchesi, R.; Bezerra Jr., J. L.; Vaske Jr., T. e Hellebrandt, D. 1999. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2/3):133-146.
- Macaulay, M.C., English, T.S., Mathisen, O.A., 1984. Acoustic characterization of swarms of antarctic krill (*Euphausia superba*) from Elephant Island and Bramfield Strat. *J. Crustac. Biol.* 4, 16– 44.

- MacLennan, D. N. e Holliday, D. V. 1996. Fisheries and plankton acoustics: past, present and future. ICES, Journal of Marine Science, 53: 513-516.
- MacLennan, D. N. e Menz, A. 1996. Interpretation of *in situ* target-strength data. ICES Journal of Marine Science, 53: 233-236.
- MacLennan, D. N., Simmonds, E. J. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall, London.
- Madureira, L. S. P. e Rossi-Wongtschowski, C. L. D. 2005. Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: hidroacústica e biomassas. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, Série Documentos REVIZEE: Score Sul. 144 pp.
- Madureira, L.S. P.; Habiaga, R. P.; Gonçalves, A.; Greig, A. B.; Duvoisin, A. C.; Soares, C. F.; Fuse, I. Y.; Caldeira, F. G.; Carvalho, L. R.; Weigert, S. C.; Saldo, P. A. e Ferreira, C. S. 2004. Prospecção de recursos pelágicos por método hidroacústico na plataforma, talude e região oceânica da costa Central do Brasil. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, Série Documentos REVIZEE: Score Sul. 56 pp.
- Mafalda Jr., P. O.; Lessa, R. P.; Klopfer, M. e Velame, M. P. B. 1997. Abundância de larvas de Pleuronectiformes nos bancos oceânicos da Cadeia Norte Brasileira, durante o verão de 1995. In: Semana Nacional de Oceanografia, 10, Rio Grande. Anais... p.119-121.
- Mafalda Jr., P. O.; Moura, G. F.; Melo, G. N.; Sampaio, J. A. A.; Feitosa, F. A.; Passavante, J. Z.; Moreira, M. O.; Souza, C. S.; Pinto, N. C. T.; Carvalho, F. A.; Sarmiento, M. S. R. e Silva, E. G. 2004a. Avaliação espacial e sazonal da biomassa primária (clorofila a) na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro.
<http://www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/revizee/doc/bioprimary.zip>.
Consultado em 01/03/2006.
- Mafalda Jr., P. O.; Neto, J. B. F.; Santos, C.; Santos, J. J.; Souza, C.S. e Lima, D. L. 2004b. Avaliação espacial e sazonal da biomassa secundária macroplânctônica, na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro.
<http://www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/revizee/doc/ictioplancton.zip>
Consultado em 01/03/2006

- Mafalda Jr., P. O.; Souza, C. S.; Velame, M. P. B.; Pinto, N. C. T.; Souza, P. M. M.; Silva, V. R. F. e Lima, D. L. 2004c. Avaliação espacial e sazonal do ictioplancton, na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro. <http://www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/revizee/doc/textos/biosecondaria.pdf>, consultado em 01/03/2006.
- Mafalda Jr., P. O. e Souza, C. S. 2004. Estrutura da comunidade de larvas de peixes da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste de Brasil. <http://www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/revizee/doc/ictiocomunidade.pdf> Consultado em 01/03/2006
- Medeiros, C.; Macedo, S. J.; Feitosa, F. A. N. e Koenig, M. L. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east brazilian waters. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2/3):133-151.
- Montgomery, D. C. 1990. *Design and Analysis of Experiments*. 2nd Ed. John Willey and Sons. New York, USA. 1990.
- Mosgovoy, V. A. e Bekker, V. E. 1991. Volume sound scattering and the composition of sound-scattering layers in the Canary Basin region. *Oceanol. Acad. Sci. USSR*. 31: 293-298.
- Neumann-Leitão, S.; Gusmão, L. M. O.; Silva, T. A.; Nascimento-Vieira, D. A. e Silva, A. P. 1999. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic waters off north-eastern Brasil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2/3):153-165.
- Nonaka, R. H.; Matsuura, Y. e Suzuki, K. 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin*, V. 98, n.4, p. 767-784.
- Paramo, J.; Quiñones, R. A.; Ramirez, A. e RodrigoWiff, R. 2003. Relationship between abundance of small pelagic fishes and environmental factors in the Colombian Caribbean Sea: an analysis based on hydroacoustic information. *Aquatic Living Resources* 16 (2003) 239–245.
- Pereira, A. F.; Belém, A. L.; Castro, B. M. e Geremias, R. 2005. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. *Continental Shelf Research* 25: 1521-1539.

- Pershing, A.J., Wiebe, P.H., Manning, J.P., Copley, N.J., 2001. Evidence for vertical circulation cells in the well-mixed area of Georges Bank and their biological implications. *Deep-Sea Res.*, II 48, 283–310.
- Peterson, R. G. e Stramma, L. 1991. Upper level circulation in the South Atlantic Ocean. *Prog. Oceanogr.*, 26, 1-73.
- Pinot, J. M. e Jansá, J. 2001. Time variability of acoustic backscatter from zooplankton in the Ibiza Channel (western Mediterranean). *Deep-Sea Research I* 48: 1651-1670.
- Pinto, N. C. T.; Mafalda Jr. P. O.; Medeiros, C.; Moura, G. e Souza, C. S. 2002. Distribuição De Larvas De *Katsuwonus Pelamis* (Pisces, Scombridae), Em Larga Escala, Na Zona Econômica Exclusiva Do Nordeste Do Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife: v. 30, n. 2, p. 119–131.
- Pusch, C.; Beckmann, A.; Porteiro, F. M. e Westernhagen, H. V. 2004. The influence of seamounts on mesopelagic fish communities. *Archive of Fishery and Marine Research*. 51(1-3), 165-186.
- Reid, D.; Scalabrin, C.; Petitgas, P.; Masse, J.; Aukland, R.; Carrera, P. e Georgakarakos, S. 2000. Standard protocols for the analysis of school based data from echo sounder surveys. *Fish. Res.* 47: 125-136.
- Roden, G. I. 1991. Mesoscale flow and thermohaline structure around Fieberling seamount. *Journal of Geophysical Research*, 96: 16653-16672.
- Roger, C. e Grandperrin, R. 1976. Pelagic food webs in the tropical Pacific. *Limnology and Oceanography*. Vol.21(5): 731-735.
- Rogers, A. D. 1994. The biology of seamounts, *Advances in Marine Biology*, 30: 305-350.
- Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. & Cergole, M. C. 2003. A área de dinâmica de populações e avaliação de estoques na região sudeste sul. In: Cergole, M. C. e Wongtschowski, C. L. B. R. *Dinâmica das Frotas Pesqueiras - Análise das Principais Pescarias Comerciais do Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Evoluir. 7-12p.
- Salvanes, A. G. e Kristoffersen, J. B. 2001. Mesopelagic Fishes. In: Steel, J.; Thorpe, S. e Turekian, K. (eds): *Encyclopedia of Ocean Sciences*, San Diego: Academic Press, p. 1711-1717.

- Sameoto, D. D.; Cochrane, N. A. e Hermann, A. W. 1985. Response of biological acoustic backscattering to ship's lights. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1535-1543.
- Silva, L. C. F. e Alvarenga, J. B. 1996 a. Oceanografia física: região nordeste. In: Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente – SMA, Programa REVIZEE. Brasília. 99p.
- Silva, L. C. F. e Alvarenga, J. B. 1996 b. Oceanografia física: região central. In: Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente – SMA, Programa REVIZEE. Brasília. 96p.
- Silveira, I. C. A.; Schmidt, A. C. K.; Campos, E. J. D.; Godoi, S. S. e Ikeda, Y. 2000. The Brazil Current off the Eastern Brazilian Coast. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2): 171-183.
- Smith, W. O. e Jordan, T. H. 1988. Seamount statistics in the Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 93: 2899-2919.
- Soares, C. F. 2002. Caracterização dos ecotipos detectados durante cruzeiros de prospecção pesqueira acústica entre Cabo de São Tomé (RJ) e Chuí (RS). Dissertação de Mestrado. Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 172p.
- Sund, O. 1935. Echo sounding in fishery research. *Nature, Lond.*, 135(3423):953.
- Szczucka, J. 2000. Acoustically measured diurnal vertical migration of fish and zooplankton in the Baltic Sea – seasonal variations. *OCEANOLOGIA*, 42 (1) pp. 5–17.
- Thorne, R. E. 1983. Hydroacoustics. Em: NIELSEN & D. JOHNSON, eds. *Fisheries Techniques*: 239-259.
- Travassos, P. E. P. F.; Hazin, F. H. V.; Zagaglia, J. R.; Rocha, R. A. e Schober, J. 1999. Thermohaline structure around seamounts and islands off Northeast Brazilian coast. *Archive of Fishery and Marine Research* 47 (2/3): 211-222.

- Vaske Jr. T., Lessa R., Monteiro A., Bezerra Jr. J., Ribeiro A., Yokota L., Moura K., Lopez K. E Formino J. 2005. Programa de Prospecção Acústica do Nordeste do Brasil (Levantamento da fauna com rede de meia água) - REVIZEE (SCORE - NE). Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas. Recife, UFRPE.
- Watkins, J. L.; Morris, D. J.; Ricketts, C. e Priddle, J. 1986. Differences between swarms of Antarctic krill and some implications for sampling krill populations. Mar. Bio., 93: 137-146.
- Wiebe, P.H., Mountain, D., Stanton, T.K., Greene, C.H., Lough, G., Kaartvedt, S., Dawson, J., Copley, N., 1996. Acoustical study of the spatial distribution of plankton on Georges Bank and the relationship between volume backscattering strength and the taxonomic composition of the plankton. Deep-Sea Res., II 43,1971– 2001.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. London New York, Chapman and Hall. 404p.
- Zavala-Camin, L. A. 1997. Ocorrência epipelágica de juvenis de balistidae (Teleostei) e aspectos da biologia de *Balistes capriscus* no sudeste e sul do Brasil. Atlântica, 19: 183-195.