

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

**RELAÇÃO ENTRE FEIÇÕES
OCEANOGRÁFICAS E DISTRIBUIÇÃO DE
ORGANISMOS PELÁGICOS
ACUSTICAMENTE DETECTADOS NA COSTA
DO BRASIL**

STEFAN CRUZ WEIGERT

Tese apresentada ao Programa
de Pós-graduação em
Oceanografia Biológica da
Universidade Federal do Rio
Grande, como requisito parcial à
obtenção do título de DOUTOR.

Orientador: Dr. Lauro Saint Pastous Madureira

**RIO GRANDE
Setembro de 2010**

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	VI
AGRADECIMENTOS.....	XVI
RESUMO.....	XVII
ABSTRACT.....	XIX
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Área de estudo.....	2
1.2. Utilização da metodologia acústica como ferramenta de estudo.....	7
1.3. Dados de Sensoriamento Remoto.....	9
1.4. Associação entre agregações de organismos e condicionantes ambientais.....	12
1.5. Hipótese de trabalho.....	13
1.6. Objetivos.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. Cruzeiros de Pesquisa.....	15
2.2. Coleta e Processamento de Dados Acústicos.....	17
2.3. Coleta e Processamento de Dados Ambientais.....	23
2.4. Obtenção e processamento de dados de sensoriamento remoto.....	30
2.5. Análises Estatísticas Multivariadas.....	34
3. RESULTADOS.....	35
3.1. Cruzeiros SE-S Inverno.....	35
3.2. Cruzeiros SE-S Outono.....	48
3.3. Cruzeiros SE-S Primavera/Verão.....	64
3.4. Cruzeiro Central – Outono/Inverno.....	79
3.5. Cruzeiros Nordeste – Outono.....	94
3.6. Análise comparativa dos cruzeiros SE-S.....	109
3.7. Análise comparativa dos cruzeiros de Outono, nas regiões Sudeste-Sul, Central e Nordeste.....	113
4. DISCUSSÃO.....	117
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	127
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Período, duração em dias e extensão total da varredura acústica em milhas náuticas (mn) e sentido da prospecção, dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste do Brasil.	16
Tabela 2 – Características dos equipamentos disponíveis em cada uma das embarcações e configuração dos parâmetros acústicos utilizados durante os cruzeiros.	17
Tabela 3 – Limites das camadas de integração, em metros.....	20
Tabela 4 – Limites de profundidade das províncias (m).	22
Tabela 5 – Número de estações oceanográficas com coleta de dados ambientais, por cruzeiro.....	24
Tabela 6 – Arquivos de TSM utilizados para os diferentes cruzeiros.	31
Tabela 7 – Arquivos de Concentração de Clorofila-a utilizados para os diferentes cruzeiros.	33
Tabela 8 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S Inverno.	36
Tabela 9 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Inverno.	40
Tabela 10 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Inverno.	41
Tabela 11 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro SE-S Inverno. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.	42
Tabela 12 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R ²).	44
Tabela 13 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S Outono.	49

Tabela 14 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Outono.	52
Tabela 15 – Resultados da análise estatística ANOVA (5x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Outono.	54
Tabela 16 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro SE-S Outono. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.	55
Tabela 17 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R ²).	56
Tabela 18 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S Primavera/Verão.	65
Tabela 19 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão.	68
Tabela 20 – Resultados da análise estatística ANOVA (5x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão.	70
Tabela 21 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro SE-S Outono. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.	71
Tabela 22 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R ²).	72
Tabela 23 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central.	80
Tabela 24 – Resultados da análise estatística ANOVA (2x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Central.	83
Tabela 25 – Resultados da análise estatística ANOVA (7x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Central.	85

Tabela 26 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro Central. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.	86
Tabela 27 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R ²).	87
Tabela 28 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste.	95
Tabela 29 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Nordeste.....	98
Tabela 30 – Resultados da análise estatística ANOVA (5x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Nordeste.....	100
Tabela 31 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro Central. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.	101
Tabela 32 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R ²).	102
Tabela 33 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados na região SE-S, por província oceanográfica e período do dia.	112
Tabela 34 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, por província oceanográfica e período do dia.	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo. As linhas em preto ao longo da costa indicam a derrota realizada pelas embarcações durante os cruzeiros de pesquisa hidroacústica.....	2
Figura 2 – Desenho amostral do cruzeiro SE-S Inverno, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 100, 200 e 2.000 m.....	25
Figura 3 – Desenho amostral do cruzeiro SE-S Outono, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 100, 200 e 2.000 m.....	26
Figura 4 – Desenho amostral do cruzeiro SE-S Primavera/Verão, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 100, 200 e 2.000 m.....	27
Figura 5 – Desenho amostral do cruzeiro Central, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m.....	28
Figura 6 – Desenho amostral do cruzeiro Nordeste, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade.....	29
Figura 7 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. Os índices (a, b, c e d) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	36
Figura 8 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	37

Figura 9 – Densidade acústica relativa por camada de integração total (A) e por período do dia (B).	38
Figura 10 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	39
Figura 11 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às três últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	41
Figura 12 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro SE-S Inverno.....	44
Figura 13 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de Julho de 1996, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Inverno. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.....	45
Figura 14 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de agosto de 1996, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Inverno. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.....	46
Figura 15 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.....	47
Figura 16 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. Os índices (a, b, c e d) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	49

Figura 17 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	50
Figura 18 – Densidade acústica relativa por camada de integração total (A) e por período do dia (B).	51
Figura 19 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	52
Figura 20 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às cinco últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	53
Figura 21 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro SE-S Outono.	56
Figura 22 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de abril de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	57
Figura 24 – Distribuição de clorofila-a média mensal, do mês de abril de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	60
Figura 25 – Distribuição de clorofila-a média mensal, do mês de maio de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	61

Figura 26 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.....	62
Figura 27 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	63
Figura 28 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	65
Figura 29 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	66
Figura 30 – Representatividade em densidade acústica por camada de integração total (A) e por período do dia (B).	67
Figura 31 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	68
Figura 32 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às cinco últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	69
Figura 33 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão.	72
Figura 34 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de novembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os	

trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias. 73

Figura 35 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de dezembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias. 74

Figura 36 – Distribuição de concentração de clorofila-a média mensal, do mês de novembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias. 75

Figura 37 – Distribuição de concentração de clorofila-a média mensal, do mês de dezembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias. 76

Figura 38 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias. 77

Figura 39 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias. 78

Figura 40 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central realizado no Outono/Inverno de 1999. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de

observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	80
Figura 41 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro Central, realizado no Outono/Inverno de 1999. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	81
Figura 42 – Representatividade em densidade acústica por camada de integração total (A) e por período do dia (B).	82
Figura 43 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às duas primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central, realizado no Outono/Inverno de 1999. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	83
Figura 44 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às sete últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central realizado no Outono/Inverno de 1999. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	84
Figura 45 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro Central.	87
Figura 46 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de maio de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	88
Figura 47 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de junho de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	89
Figura 48 – Distribuição de clorofila média mensal, do mês de maio de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas	

correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	90
Figura 49 – Distribuição de clorofila média mensal, do mês de junho de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	91
Figura 50 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	92
Figura 51 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	93
Figura 52 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste, realizado no Outono de 2004. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	94
Figura 53 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro Nordeste, realizado no Outono de 2004. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	95
Figura 54 – Representatividade em densidade acústica por camada de integração total (A) e por período do dia (B).	96
Figura 55 – Densidade acústica média por camada de integração e por período do dia (B).....	97
Figura 56 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província	

oceanográfica, do cruzeiro Nordeste, realizado no Outono de 2004. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	98
Figura 57 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às cinco últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste realizado no Outono de 2004. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	99
Figura 58 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro Nordeste.	102
Figura 59 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de abril de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	103
Figura 60 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de maio de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	104
Figura 61 – Distribuição de concentração de clorofila média mensal, do mês de abril de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	105
Figura 62 – Distribuição de concentração de clorofila média mensal, do mês de maio de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	106
Figura 63 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As três isóbatas mais próximas à linha	

de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	107
Figura 64 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.	108
Figura 65 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função da estação do ano para os cruzeiros realizados na região SE-S do Brasil. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	109
Figura 66 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos três cruzeiros realizados na região SE-S, em função da província oceanográfica. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$). ...	110
Figura 67 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos três cruzeiros realizados na região SE-S, em função do período do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	111
Figura 68 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos três cruzeiros realizados na região SE-S, em função da província oceanográfica e do período do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	112
Figura 69 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, no período de Outono. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	113
Figura 70 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, nas diferentes províncias oceanográficas. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de	

observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	114
Figura 71 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, nos diferentes períodos do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).....	115
Figura 72 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, nas diferentes províncias oceanográficas e períodos do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).	116
Figura 73 – Coeficiente de variação de TSM nos cruzeiros.	122

AGRADECIMENTOS

A todos os pesquisadores que trabalharam na coleta de dados hidroacústicos, ambientais e biológicos durante o Programa REVIZEE.

À equipe do Laboratório de Tecnologia Pesqueira da FURG, Neiva, Pinho, Antônio Carlos, Habiaga, Dênis, Carol, Paloma, Gabriela e Nayra. Em especial à Nayara, pelo auxílio com as imagens de satélite, rotinas do MatLab e revisão bibliográfica, e ao Salame, pelo apoio fundamental no processamento dos dados ambientais.

Ao meu orientador, Lauro Madureira, pelo incentivo, críticas e cobranças em momentos cruciais em que enfrentei imensas dificuldades originadas de minhas próprias limitações.

Aos membros da Banca Examinadora, Castello, Virginia, Haimovici, Douglas e Lauro, pelas críticas e pela paciência.

Ao João Paes, coordenador de curso do PPGOB, e à Vera, nossa secretária.

Ao Luiz Fernando Rodrigues, chefe do CEPSUL/ICMBio, e ao Gilmar Antônio Wasieleski Vieira, chefe do CEPERG/ICMBio, pelo total apoio ao projeto de dar continuidade e concluir o Doutorado em Oceanografia Biológica, após meu ingresso no quadro funcional desses Centros de Pesquisa.

Aos meus amigos de churrascos, pescarias, acampamentos, sinuca, viagens, shows, cerveja, chimarrão, conversa fiada... ...pela manutenção de minha sanidade mental.

À tripulação de amigos do N.Oc. Atlântico Sul, em especial ao Homero, Claiton, Zelito, Zézinho, Mamalo, Dirceu, Matraca, Serginho e França, por sua competência e companheirismo.

A todos os que, de uma maneira ou de outra, não permitiram que eu desistisse. Neste sentido, três componentes se destacam: Maria Carolina Dollo Contato, Guria e Chopp... ...a família que estamos construindo. AMO VOCÊS.

RESUMO

Como típico ambiente marinho dominado por corrente de contorno oeste, a margem continental brasileira apresenta uma baixa produtividade biológica, especialmente no pelagial. Processos oceanográficos como frentes termais, vórtices e áreas de ressurgência determinam alterações nas características físico-químicas, através de processos de mistura e renovação de nutrientes. Tais feições oceanográficas podem aumentar a produtividade e concentrar biomassa. A metodologia hidroacústica é amplamente aplicada para prospectar, mapear e estimar a abundância de pequenos peixes pelágicos, bem como em estudos de ecologia das espécies, correlacionando as ocorrências de agregações biológicas a processos oceanográficos de enriquecimento. Dados satelitais da cor do oceano e de TSM têm sido frequentemente utilizados para mapear processos oceanográficos, especialmente por proporcionar uma visão sinóptica bidimensional dos oceanos a nível global, com alta resolução espacial e temporal dos dados. O presente estudo teve por objetivo principal correlacionar padrões de distribuição e abundância de organismos pelágicos a processos oceanográficos que operam em escalas da ordem de dezenas a centenas de milhas náuticas e de dias a meses, através da análise de dados hidroacústicos e ambientais coletados *in situ*, a partir de cinco cruzeiros de pesquisa realizados entre o Chuí e a costa do Ceará, e de dados satelitais. A análise dos dados de densidade acústica, associados às informações satelitais permitiu avaliar a relação entre processos de larga escala espaço temporal e o acúmulo de densidade biológica em uma ampla área da ZEE brasileira. A utilização de dados satelitais foi fundamental para observar processos oceanográficos em uma escala espacial mais ampla do que a dos dados coletados *in situ*, permitindo assim o acompanhamento da evolução de importantes processos oceanográficos, sobretudo na região SE-S. Foi possível traçar um comparativo em termos gerais entre as macrorregiões da costa (SE-S, Central e Nordeste) em termos de complexidade ambiental associada a processos oceanográficos, que é decrescente do sul do Brasil em direção a região nordeste. Na região SE-S a disponibilidade de dados em diferentes estações do ano permitiu avaliar respostas biológicas às diferentes

condições ambientais observadas. No período de Inverno obteve-se correlação negativa entre densidade acústica e TSM para a área ao sul do Cabo de Santa Marta Grande e positiva para a área ao norte, indicando a atuação de dois sistemas antagônicos de larga escala espacial, ambos promovendo aumento da densidade biológica. Quando os mesmos dados foram analisados em conjunto não se observou correlação entre o acúmulo de organismos e a TSM, devido à anulação causada pelo antagonismo dos processos. O avanço da massa de água fria transportada de sul para norte no período de inverno promove um importante aporte de energia no extremo sul da área. A primavera/verão corresponde ao período com maior disponibilidade de biomassa na região SE-S, refletindo a alta produtividade do sistema neste período. Nas regiões Central e Nordeste, devido a homogeneidade e estabilidade em termos de processos oceanográficos não se observa correlação entre densidade acústica e dados satelitais.

Palavras-chave: Dados Satelitais, Distribuição de Organismos Pelágicos, Feições Oceanográficas, Hidroacústica, Zona Econômica Exclusiva.

ABSTRACT

As a typical marine environment dominated by western boundary currents, the Brazilian continental margin has low biological productivity, especially in the pelagic system. Oceanographic processes such as thermal fronts, eddies and upwelling areas determine changes in physicochemical characteristics, through processes of mixing and nutrient renovation. These oceanographic features may increase productivity and concentrate biomass. The hydroacoustic method is widely applied to the assessment, mapping and also to estimate the abundance of small pelagic fishes, as well as in ecology of many marine species, in order to correlate the occurrence of biological aggregations to oceanographic processes of enrichment. Satellite data of the ocean color and SST have been frequently used to map oceanographic processes, especially to obtain a two-dimensional synoptic view of the global ocean, with high spatial and temporal resolution. This study aimed to investigate patterns of abundance and distribution of pelagic organisms and to correlate them to oceanographic processes which operate on scales of the order of tens to hundreds of nautical miles and days to months, through the analysis of hydroacoustic and environmental data collected in situ on five research cruises along the Brazilian coast, from Chui (RS) to the coast of Ceará (CE). The analysis of the acoustic densities associated with satellite information provided the basis to evaluate the relationship between large scale temporal and spatial processes and the accumulation of biological density above a large area of the Brazilian EEZ. The use of satellite data was essential to observe oceanographic processes on a spatial scale larger than the environmental data collected in situ, allowing the observation of the development of major oceanographic processes, specially in the SE-S area. It was possible to draw, in general terms, a comparison among macro regions of the SE-S, Central and Northeast coasts in terms of the environmental complexity associated with the oceanographic processes, which decreases from the south of Brazil towards the northeast. The availability of data to the SE-S region, in three different seasons, allowed to investigate biological responses to different environmental patterns. In the winter it was calculated a negative correlation between acoustic density and SST for the area to the south of Cabo de Santa Marta Grande, and positive for the area to the

north, indicating the occurrence of two antagonistic systems of large spatial scale, both associated with high biological density. When those data were analyzed together there was no correlation between the accumulation of organisms and SST, due to the effect caused by the antagonism of the processes. The progressive movement of cold water transported from the south towards the north during the winter promotes a significant amount of new energy in the south part of this region. Spring/summer time was the period with greater availability of biomass in the SE-S region, reflecting the high productivity of the system during this season. In the Central and Northeast zones, due to homogeneity and stability of the oceanographic processes it was not observed correlation between density and acoustic satellite data.

Key words: Exclusive Economical Area, Hydroacoustic, Oceanographic Features, Pelagic Organisms Distribution, Satellital Data.

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) objetivou fornecer dados técnico-científicos consistentes e atualizados, atendendo os dispositivos da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (Freire 2003, Rossi-Wongtschowski & Cergole 2003).

A Zona Econômica Exclusiva (ZEE) constitui um conceito de espaço marítimo introduzido pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, 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. Segundo Freire (2003), a ZEE brasileira foi subdividida em quatro grandes regiões – Norte, Nordeste, Central e Sudeste-Sul – de acordo com suas características oceanográficas, biológicas e tipo de substrato dominante.

Propõe-se neste estudo a busca de correlações entre a distribuição espacial da densidade acústica de organismos pelágicos com características ambientais das regiões prospectadas, a partir da integração de dados obtidos de forma remota (TSM e Concentração de Clorofila-a) e de informações obtidas *in situ* (CTDs).

1.1. Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho, compreende as regiões costeiras e de talude da costa brasileira, localizadas entre os bancos oceânicos do Ceará (01°25' S) e a divisa do Brasil com o Uruguai (Chuí, RS – 33°44' S). Foram incluídos também os Bancos Costeiros Royal Charlotte e dos Abrolhos e as Cadeias de montanhas submarinas de Abrolhos e de Vitória Trindade na região Central, o Atol das Rocas e os Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo na região Nordeste (Figura 1).

Assim, de acordo com a divisão proposta para a ZEE brasileira, este estudo aborda três das quatro grandes regiões: região Nordeste – da foz do Rio Parnaíba até Salvador; região Central – de Salvador ao Cabo de São Tomé; e região Sudeste-Sul – do Cabo de São Tomé ao Chuí.

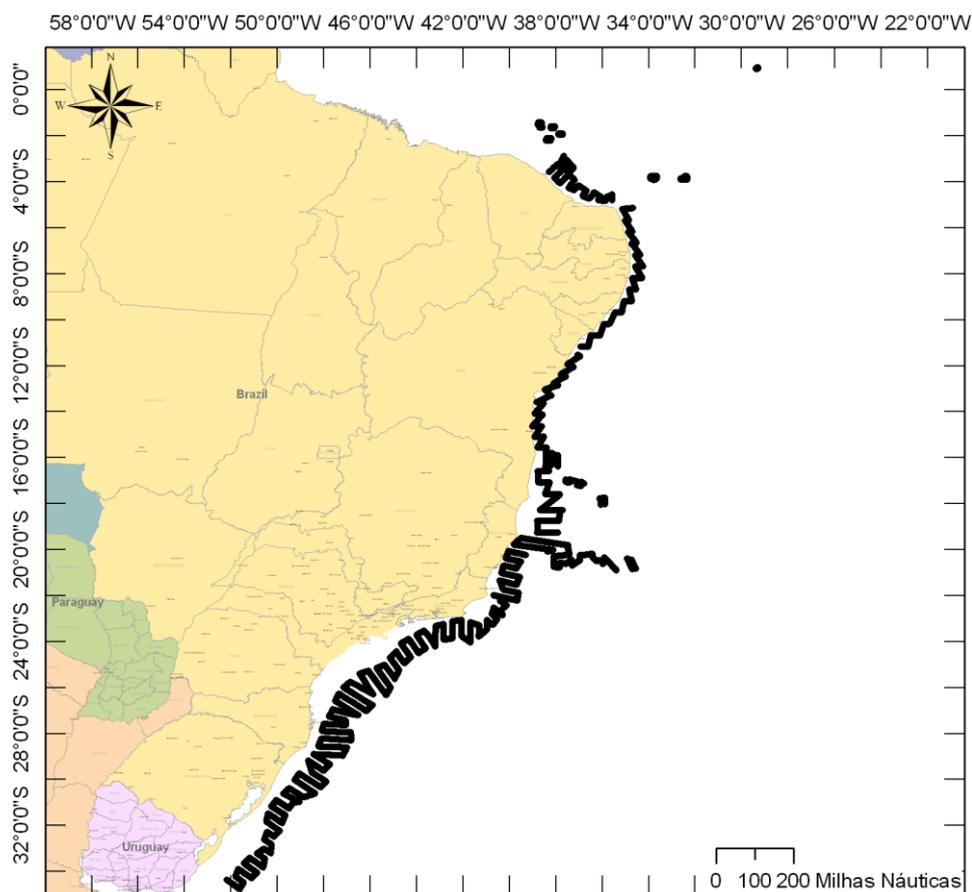


Figura 1 – Área de estudo. As linhas em preto ao longo da costa indicam a derrota realizada pelas embarcações durante os cruzeiros de pesquisa hidroacústica.

A região da margem continental brasileira, compreendida entre a plataforma continental externa e o talude, é fortemente influenciada pelo sistema de correntes oceânicas de contorno oeste, que apresentam como característica geral um aprofundamento da termoclina, distanciando assim águas mais ricas em nutrientes da zona eufótica, determinando uma baixa produtividade (Brandini 1990, Bakun 1996).

Por outro lado são observados para esta área uma série de processos físicos de enriquecimento determinados pela presença de sistemas frontais em superfície e sub superfície, como ressurgências, descarga de rios, domos frios, ondas internas e frentes termais em regiões de confluência de correntes oceânicas que podem gerar cenários com substancial aumento da produtividade biológica (Metzler et al. 1997).

Nas regiões Nordeste e Central, o ambiente oceanográfico é dominado pela Corrente Sul Equatorial (CSE), a qual se bifurca na Corrente Norte do Brasil (CNB), que segue rumo às Guianas, e na Corrente do Brasil (CB), na direção sul. Tal bifurcação ocorre quando a CSE encontra a massa continental do Brasil, ao sul da latitude 10°S (Peterson & Stramma 1991, Castro & Miranda 1998, Ekau & Knoppers 1999, Silveira et al. 2000). As massas de 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 (Silva & Alvarenga 1996 a/b, Nonaka et al. 2000, Travassos et al. 1999, Geber 2003).

Na região Nordeste, nos primeiros 1000 m de profundidade, foram detectadas a AT, ACAS e a Água Intermediária Antártica (AIA), não sendo observadas influências significativas dos aportes continentais ou a presença de águas com características costeiras. A AT ocupa a camada superficial apresentando maior espessura na região sul e menor no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Logo abaixo, até cerca de 700 m encontra-se a ACAS, seguida da AIA (Travassos et al. 1999, Becker 2001).

Na área oceânica da região nordeste uma termoclina muito definida está presente durante todo o ano com o topo entre 50 e 100 m de profundidade

(Nonaka *et al.* 2000, Costa *et al.* 2005, Weigert 2006). Em função desta forte estratificação o fluxo vertical é mínimo, havendo déficit de nutrientes na camada eufótica, limitando a produção primária.

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 & 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.* 2009a) e, conseqüentemente, da biomassa de zooplâncton (Mafalda *et al.* 2009b).

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 região Central da ZEE do Brasil corresponde a um sistema tipicamente oligotrófico, dominado pela AT da CB, e por uma teia alimentar complexa, altamente diversificada e de baixa produtividade biológica. Existem, entretanto, indicações de presenças de núcleos de alta produtividade 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).

O Parcel dos Abrolhos e a Cadeia Vitória-Trindade atuam como barreiras topográficas alterando a direção e velocidade da CB, gerando uma série de fenômenos físicos, tais como vórtices, ressurgências costeiras e mistura, tornando complexa a hidrografia da região e proporcionando o enriquecimento de camadas superficiais (Castro & Miranda 1998, Gaeta *et al.* 1999, Cabral *et al.* 2001, Pereira *et al.* 2005). Fenômenos de ressurgência de ACAS que ocorrem próximo ao Cabo de São Tomé, induzidos por ventos predominantes do

quadrante nordeste, principalmente nos períodos de primavera e verão, causam fertilização da zona eufótica e proporcionam o desenvolvimento de todos os níveis tróficos (Valentin 2001).

Ao sul do Cabo de São Tomé (RJ) a Corrente do Brasil flui para o sul margeando o talude continental até encontrar a Corrente das Malvinas, entre as latitudes 33 – 38°S dependendo da estação do ano, de águas mais frias. Ambas as correntes são então defletidas para leste, afastando-se da costa (Gordon 1989).

A circulação na plataforma desta região apresenta propriedades relacionadas com o deságue do complexo Lagoa dos Patos-Lagoa Mirim e Rio da Prata. As águas costeiras provenientes dos estuários tendem a se propagar para o norte sobre a plataforma (Zavialov et al. 1998).

Os movimentos de massas de água na maior parte dessa região são forçados por ventos, pela ação da corrente do Brasil e pelas marés, em diferentes escalas de tempo (Castro 1996). Na plataforma sudeste, entre os Cabos Frio (RJ) e de Santa Marta Grande (SC) ocorrem águas com salinidade relativamente baixa, originárias da mistura de AT ou da ACAS, com águas de origem costeira. Observa-se nessa área uma marcada variação sazonal, com formação de forte termoclina durante o verão, devido à penetração da ACAS sobre a plataforma continental, e homogeneidade durante o inverno, devido ao recuo da ACAS em direção ao talude.

Ressurgências costeiras de ACAS ocorrem frequentemente entre o Cabo de São Tomé e o Cabo Frio, sendo que a água ressurgida desloca-se na direção sudoeste, podendo atingir as proximidades da Ilha de São Sebastião (SP). Tal ressurgência é marcadamente sazonal, estando associada ao período de verão (Miranda 1982).

O processo de ressurgência de ACAS ocorre também na região do Cabo de Santa Marta Grande, quando os ventos de nordeste são dominantes. Já quando os ventos de sul, associados à passagem de frentes meteorológicas, são dominantes, a área é ocupada por águas mais quentes e de salinidade menor, de origem continental. Este fenômeno é responsável pelo

enriquecimento em nutrientes, o que propicia melhores condições tróficas em superfície, sub superfície e, em alguns casos, até 100 e 200 m de profundidade (Gaeta & Brandini 2006).

A região do Cabo de Santa Marta Grande está sujeita a intensas variações sazonais no campo de ventos, composição e circulação de massas de água com diferentes características de temperatura, salinidade e conteúdo de nutrientes. Os principais processos observados nessa região são a presença da Pluma do Rio da Prata (PRP) (Piola et al. 2008) e os eventos de ressurgência que ocorrem em determinadas épocas do ano. Segundo Möller et al. (2008), a circulação das massas de água que ocorrem sobre a plataforma nessa área está fortemente associada ao campo de ventos da região.

O movimento de ascensão de águas e dispersão dos nutrientes também pode ocorrer pela ação de vórtices e meandros da Corrente do Brasil, que induzem o transporte vertical de águas profundas (Campos et al. 1995). A CB que flui ao longo do talude para sul sofre mudança de direção para o sudoeste, próximo ao Cabo Frio, causando meandramentos que formam vórtices ciclônicos ao longo de todo o ano. Os vórtices promovem a ascensão de águas mais frias e ricas em nutrientes até as camadas superficiais em um fenômeno denominado de ressurgência de quebra de plataforma (Campos 1995, Matsuura 1995).

A ação dos vórtices permite que a ACAS penetre e permaneça sobre a borda da plataforma continental durante o ano, e que a ressurgência costeira ocorra devido à combinação deles com ventos de Nordeste, que bombeiam a água para a região costeira (Campos et al. 2000).

Um dos principais processos oceanográficos que influenciam na dinâmica da plataforma nas regiões costeira e oceânica do Sudeste-Sul do Brasil, durante o período de inverno, é a penetração das águas de origem sub-antártica, transportadas para norte por uma ramificação costeira da Corrente das Malvinas (CM). Estas águas frias e de baixa salinidade, dividem a dinâmica da região, com as águas quentes e salinas de origem tropical transportadas pela CB. Somadas a estas duas águas, podemos ainda encontrar a

contribuição de águas de origem continental provenientes da Lagoa dos Patos e do próprio estuário do Rio da Prata (Silva Jr. & Kampel 1996).

O ambiente físico da plataforma continental ao sul do Cabo de Santa Marta (SC) é caracterizado por forte variabilidade sazonal. A CB pode se bifurcar em dois ramos, quando da passagem próximo ao referido cabo quando se observa um ramo fluindo ao longo da isóbata de 2.000 m, transportando a maior parte do volume e outro, mais fraco, fluindo ao longo da isóbata de 100 m, como componente costeiro da CB (Franco et al. 2006). A presença de um fluxo costeiro, de sentido oposto sobre a região da plataforma interna, denominado Corrente Costeira do Brasil (CCB), promove cisalhamento entre os dois fluxos, induzindo a formação de pequenos vórtices (Souza & Robinson 2004).

O ramo externo principal da CB flui para sul margeando o talude até encontrar, na altura dos paralelos 33 – 38° S, a Corrente das Malvinas (CM), a qual transporta águas mais frias e relativamente pouco halinas. Nesta região, conhecida como Confluência Brasil-Malvinas, ocorrem fortes gradientes termohalinos (Cheney *et al.* 1983, Matsuura 1995).

A circulação na plataforma sul apresenta propriedades intrínsecas relacionadas, em particular, com a descarga continental do complexo lagunar Patos-Mirim e do Rio da Prata (Ciotti *et al.* 1995), que tendem a se propagar para o norte, sobre a plataforma continental (Zavialov *et al.* 1998). Os aportes continentais são significativos na região de desembocadura da Lagoa dos Patos, e na porção sul do litoral do Rio Grande do Sul, por influência da descarga do Prata. O mesmo ocorre próximo à baía de Paranaguá (PR) e ao sistema Cananéia-Iguape (SP), sobretudo no período de verão.

1.2. 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 & 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 & Mitson 1983, MacLennan & 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 & 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 & Marchal 1987, MacLennan & Simmonds 1992, Gerlotto 1993, MacLennan & Menz 1996, Greig 2000, Gandini 2001, Soares 2002, Paramo et al. 2003, Madureira et al. 2004, Madureira & Rossi-Wongtschowski 2005).

Na costa brasileira estudos para mapeamento de estoques marinhos com hidroacústica tiveram início em meados da década de 70 (Rijavec & Amaral 1977). Posteriormente, com o estabelecimento da nova jurisdição da Zona Econômica Exclusiva (CNUDM 1982) o governo brasileiro organizou e financiou o Programa REVIZEE com o objetivo de inventariar os recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva e relacionar suas ocorrências às condicionantes ambientais. Neste contexto foram realizadas prospecções hidroacústicas para avaliação dos recursos pelágicos, inicialmente entre a fronteira com o Uruguai e o Cabo de São Tomé (RJ) e posteriormente até o Ceará, as quais constituem as mais recentes investigações oceanográficas de larga escala realizadas no país (Fuse 2000, Greig 2000, Madureira et al. 2004, Madureira & Rossi-Wongtschowski 2005)

1.3. Dados de Sensoriamento Remoto

A partir da década de 1960 idealizou-se o monitoramento e análise dos oceanos com o auxílio de satélites e sensores espaciais, quando astronautas observaram com grande clareza diversas feições da superfície dos oceanos. Com a missão Skylab (1973) obteve-se a primeira oportunidade de se realizar um estudo sistemático do planeta mediante fotografias orbitais, radiometria multiespectral e radar. A partir desta missão, enfatizou-se a importância do monitoramento do planeta a partir de um programa contínuo de observação via satélite (Robinson 1985).

Ao final da década de 1970, após inúmeros trabalhos com imagens de satélites meteorológicos para fins de monitoramento de feições oceânicas (por exemplo Legeckis, 1978), e do lançamento do satélite SeaSat, considerada a primeira plataforma orbital inteiramente dedicada ao monitoramento marinho, estava consolidado o uso de dados satelitais na oceanografia. Aos poucos, essa nova área foi se desenvolvendo e tornando o que chamamos hoje de “Oceanografia por Satélites” ou “Sensoriamento Remoto dos Oceanos” (Souza 2005).

Dentre as vantagens dessa ciência pode-se citar a visão sinótica bidimensional, a alta resolução espacial e temporal dos dados e a capacidade de se construir séries de tempo de dados com consistência espacial e por longos períodos de tempo (Robinson 1985).

Os satélites tornaram-se uma ferramenta tecnológica indispensável para o monitoramento dos oceanos e atmosfera, tendo em vista que fornecem medidas freqüentes e seguras da distribuição espacial e temporal de parâmetros físicos e biológicos dos oceanos tais como temperatura da superfície do mar (TSM), salinidade, concentração de clorofila, entre outros; e da atmosfera, como precipitação, vento e cobertura de nuvens. Considera-se que, com seus diferentes sensores, os satélites monitoram a Terra de uma perspectiva global única, inalcançável por qualquer outro sistema de observação (Kidder & Vonder Haar 1995).

As medidas de TSM dos satélites NOAA (*National Oceanic and Space Administration*) atualmente em operação são obtidas pelo sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), por meio de algoritmos específicos, os quais calculam a TSM com dados radiométricos na faixa do infravermelho termal do espectro eletromagnético (Souza 2005).

Dados de TSM, relativos a temperatura de pele dos oceanos, são úteis em estudos de interação oceano-atmosfera, dinâmica oceânica e de processos como ressurgências, vórtices de mesoescala e distribuição da produtividade primária. (Campos et al. 1996, Müller et al. 1998, Gaeta et al. 1999, Souza 2005).

O sensoriamento remoto da cor da água é realizado com o uso de sistemas sensores passivos, com campo de visada estreito, capazes de monitorar o fluxo radiométrico que chega aos seus detectores em diferentes comprimentos de onda, nas faixas do visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Por se tratarem de sensores passivos sua fonte de energia é o sol, de modo que os mesmos operam apenas durante o dia. Além disso, de acordo com as faixas do espectro captadas, a cobertura de nuvens pode interferir significativamente na cobertura temporal das imagens (Souza 2005).

O sinal detectado pelos sensores contém as contribuições da luz espalhada pela atmosfera, a refletida specularmente pela superfície do corpo de água e a luz emergente da superfície da água, após ter sido retroespalhada no interior do corpo de água. Somente a luz emergente contém as informações úteis, sendo que as demais contribuições devem ser corrigidas (IOCCG 2000).

Rotineiramente, os dados da cor do oceano obtidos por satélites são empregados para estimar as concentrações de clorofila-a na superfície do mar. A partir de imagens da concentração superficial de pigmentos como a clorofila-a é possível observar sinopticamente feições biológicas de sistemas dinâmicos como os grandes giros subtropicais, frentes oceânicas, ressurgências, vórtices de mesoescala e também a determinação espacial e temporal da biomassa fitoplânctônica que caracteriza a produtividade primária do local. (Laurs & Brucks 1985, Monger et al. 1997, Souza 2005).

De acordo com Kampel & Novo (2005), mesmo que os custos dos sensores e o desenvolvimento de algoritmos sejam altos, os custos marginais dos produtos de sensoriamento remoto são baixos, possibilitando que diversos produtos globais e regionais sejam distribuídos sem custos para os usuários.

Os produtos obtidos por sensoriamento remoto devem ser utilizados de maneira complementar aos dados adquiridos *in situ*, em termos da cobertura espacial e temporal. Os satélites não substituem as medidas convencionais realizadas no mar, mas as complementam, proporcionando uma cobertura espacial e temporal mais completa, de forma que os benefícios máximos do sensoriamento remoto dos oceanos são percebidos somente quando se integram as diferentes fontes de informação.

Estudos recentes tem demonstrado a aplicabilidade conjunta de dados hidroacústicos e satelitais, no sentido de melhor entender as relações entre os padrões de distribuição de espécies pelágicas e a variabilidade ambiental típica desse ambiente (Georgakarakos & Kitsiou 2008, Aceves-Medina et al. 2009), considerando também a utilização das informações tanto na atividade de pesca comercial quanto na pesquisa pesqueira (Santos 2000, Zagaglia & Hazin 2005).

1.4. Associação entre agregações de organismos e condicionantes ambientais

Já no início da década de 1920, cientistas pescadores japoneses perceberam a importância de prover aos pescadores previsões de áreas favoráveis à pesca, baseadas em relações entre comportamento dos peixes e condições oceanográficas. Com o passar do tempo, outros países começaram a fornecer análises ambientais para pesca, especialmente baseadas em campos de temperatura da superfície do mar (TSM) (Santos 2000).

Tradicionalmente, ecologistas correlacionam a heterogeneidade espacial da abundância de peixes a parâmetros físico-químicos e biológicos (Lasker 1978, Laevastu & Hayes 1981).

Processos oceanográficos como frentes termais, vórtices e áreas de ressurgências determinam alterações nas características físico-químicas do mar, através de processos de mistura e renovação de nutrientes proporcionando aumento na capacidade produtiva local (Le Fèvre 1986). Tais feições oceanográficas apresentam relação com concentração de biomassa de organismos (Laurs et al. 1984, Fiedler & Bernard 1987, Chen et al. 2005, Gandini & Madureira 2007). Dados satelitais da cor do oceano e de TSM tem sido utilizados com o propósito de mapeamento remoto das feições citadas (Souza 2005).

A utilização do sensoriamento remoto para a pesca no Brasil teve início no final dos anos 70 com os trabalhos de Maluf (1978), que combinava dados de satélite e dados oceanográficos históricos, na tentativa de identificar áreas propícias à pesca de sardinha verdadeira (*Sardinella janeiro*) na costa sudeste do Brasil.

O padrão de correlação típico entre TSM e clorofila-a indica que águas mais quentes, com baixo teor de nutrientes, apresentam baixa concentração de clorofila-a, ao passo que águas mais frias, ricas em nutrientes, possuem altos níveis de concentração do pigmento, indicando uma alta produtividade primária (Georgakarakos & Kitsiou 2008).

A relação entre os parâmetros ambientais da superfície do mar, provenientes de imagens de satélite, e a distribuição espacial das espécies depende, entre outras coisas, do nível trófico da espécie. Uma correlação mais alta entre os parâmetros é esperada para espécies de peixes de baixo nível trófico, fito e zooplânctívoros (Ware & Thomson 2005). Para espécies de nível trófico mais elevado (consumidores secundários e terciários) tal correlação, quando observada, tende a ser indireta, resultando do estabelecimento de uma cadeia trófica e de relações predador-presa (Santos et al. 2006).

No entanto, este padrão de relação espaço-temporal esperado entre a densidade de organismos e as variáveis ambientais nem sempre é evidente (Fréon et al. 2005). Deve-se considerar ainda que a estrutura de biomassa em áreas restritas, onde as condições oceanográficas são determinadas por processos que operam em pequena escala espaço-temporal, pode ser significativamente afetada por eventos estocásticos e menos previsíveis (Sharp & McLain 1993, Webster & Oliver 2001).

Ambientes de desova de pequenos peixes pelágicos de interesse comercial tem sido caracterizados em diversas regiões oceânicas, principalmente utilizando dados de TSM e concentração de clorofila-a, obtidos através de medições em campos ou de imagens de satélite (Lluch-Belda et al. 1992, Hammann et al. 1998, Sánchez-Velasco et al. 2000, Oozeki et al. 2007). Resultados de estudos recentes indicam que áreas de desova de pequenos pelágicos estão mais fortemente relacionados com alta biomassa de zooplâncton do que com variáveis físicas ambientais (McClatchie et al. 2007, Aceves-Medina et al. 2009).

1.5. Hipótese de trabalho

A presente proposta de estudo parte da hipótese que feições oceanográficas de meso escala espaço temporal, condicionam a distribuição e abundância de espécies pelágicas de tal forma que o efeito pode ser verificado

através da análise de dados hidroacústicos, considerados em escalas espaciais da ordem de dezenas a centenas de milhas náuticas.

1.6. Objetivos

1.6.1. Correlacionar padrões de distribuição e abundância de organismos pelágicos a feições oceanográficas de escalas da ordem de dezenas a centenas de milhas náuticas, através da análise de dados hidroacústicos, ambientais e satelitais.

1.6.2. Produzir mapas temáticos ilustrativos da distribuição dos dados hidroacústicos relacionados às feições oceanográficas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Cruzeiros de Pesquisa

Foram analisados dados provenientes de cinco 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 ZEEs das regiões Sudeste-Sul, Central e Nordeste do Brasil.

Três cruzeiros foram realizados na costa Sudeste Sul do Brasil cobrindo a plataforma externa, talude superior e inferior da área compreendida entre a divisa Brasil-Uruguaí (Chuí, RS, 33°44' S) e o Cabo de São Tomé, RJ (22° S), e as isóbatas de 100 e 1500 m de profundidade, em diferentes estações dos anos de 1996 (inverno) e 1997 (outono e primavera/verão), conforme Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

Um cruzeiro foi realizado na costa Central brasileira, em uma região compreendida entre o Cabo de São Tomé e a Foz do Rio Real, BA (11° S), no período de outono/inverno de 1999 (Figura 4).

O quinto cruzeiro foi realizado na costa Nordeste do Brasil, cobrindo uma área que se estendeu do limite norte do cruzeiro na região Central (Foz do Rio Real), até a região dos Bancos Oceânicos do Ceará, CE (01°25' S), no período de outono de 2004 (Figura 5).

Os cruzeiros nas regiões Central e Nordeste 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 até o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, amostrando também no Arquipélago de Fernando de Noronha, no Atol das Rocas e nos Bancos Oceânicos do Ceará.

Os cruzeiros das regiões Sudeste-Sul e Nordeste foram realizados a bordo do N. Oc. Atlântico Sul, da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), enquanto que para o da região Central foi utilizado o N. Oc. Thalassa, pertencente ao *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer* (IFREMER). Os cruzeiros de pesquisa em questão serão doravante nomeados cruzeiro SE-S Inverno, SE-S Outono, SE-S Primavera/Verão, Central e Nordeste (Tabela 1).

Tabela 1 – Período, duração em dias e extensão total da varredura acústica em milhas náuticas (mn) e sentido da prospecção, dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste do Brasil.

	SE-S Inverno	SE-S Outono	SE-S Prim./Verão	Central	Nordeste
Período	31/07 a 03/09/1996	22/04 a 25/05/1997	16/11 a 22/12/1997	27/05 a 05/07/1999	25/04 a 31/05/2004
Duração (dias)	35	34	37	40	37
Extensão total da varredura (mn)	3.000	3.200	3.293	3.945	1.974
Sentido da prospecção	N-S	S-N	N-S	N-S	FN-SPSP- Rocas- BOC-N-S

Os cruzeiros de pesquisa considerados neste estudo caracterizaram-se por serem as primeiras avaliações acústicas dos recursos vivos nas respectivas áreas. Neste sentido, a estratégia amostral foi elaborada visando conhecer a distribuição dos principais grupos faunísticos do ambiente pelágico.

Os desenhos amostrais adotados corresponderam, na maior parte dos setores prospectados, 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 dos dados acústicos foi realizada ao longo de 24 horas durante os cruzeiros SE-S e Nordeste, 16 horas no cruzeiro Central, evitando-se o período noturno.

Além de dados acústicos foram analisados os dados ambientais (temperatura e salinidade) coletados *in situ* ao longo dos cruzeiros, e dados de sensoriamento remoto (Temperatura da Superfície do Mar e Concentração de Clorofila-a) correspondentes aos períodos 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 2).

Anteriormente a 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), MacLennan & Simmonds (1992), e os procedimentos padrão recomendados por seus fabricantes.

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

Tabela 2 – Características dos equipamentos disponíveis em cada uma das embarcações e configuração dos parâmetros acústicos utilizados durante os cruzeiros.

	N.Oc. Atlântico Sul	N.Oc. Thalassa
Eco sonda	SIMRAD EK 500	OSSIAN 1500
Tipo de transdutor	<i>Split Beam</i>	<i>Single Beam</i>
Frequência de operação (kHz)	38	38
Limiar de Energia Acústica, para aquisição (dB)	-65	-65
Duração do pulso acústico (ms)	1,0	1,0
Coeficiente de atenuação (dB/Km)	10	10
Profundidade de operação (m)	0 – 500	0 – 500

Todos os cinco cruzeiros foram desenhados para atender ao objetivo principal de estudo das assembléias nectônicas, e quantificação de pequenos

peixes pelágicos e mesopelágicos. Isso justifica a utilização da frequência nominal de 38 kHz, em função da escala de tamanho corporal das espécies-alvo e da necessidade de prospectar camadas da coluna de água da ordem de centenas de metros. Nesta frequência a resposta acústica dos espécimes com comprimento maior do que 10 cm ocorre de acordo com o denominado espalhamento geométrico, em que o índice de reflexão acústica individual (*target strength* – TS) aumenta proporcionalmente com o aumento do comprimento do alvo. O coeficiente de atenuação para 38 kHz ($\alpha = 10$ dB/km) permite um alcance intermediário com uma boa resolução (MacLennan & Simmonds 1992).

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 principal 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. Além de digitalmente armazenadas as informações foram impressas, em tempo real, sob a forma de ecogramas. O *software* MOVIES+ v. 3.4b (IFREMER) foi utilizado para visualização em tempo real, armazenamento digital e processamento e análise dos dados acústicos dos cruzeiros Central e Nordeste. Este *software* não estava disponível à época dos cruzeiros SE-S.

Para todas as análises foi utilizada como variável dependente o Coeficiente de Espalhamento Acústico por Área Náutica (*Nautical Area Scattering Coefficient* - NASC), que é proporcional à densidade acústica de organismos insonificados.

A soma da energia acústica, ou eco integração, para obtenção dos valores de NASC é automaticamente realizada pelas sondas através de algoritmos específicos, de acordo com parâmetros previamente configurados nas mesmas. Assim, os valores de NASC foram obtidos e armazenados durante os respectivos cruzeiros. Para a estimativa do NASC são considerados os valores da secção transversal de retroespalhamento acústico total

(*Aggregate Backscattering CrosSE-Section* – σ_{ag}). Este parâmetro corresponde ao somatório da energia refletida pelos alvos posicionados na coluna de água, sendo, expresso em metros quadrados (m^2).

A secção de retroespalhamento acústico de um alvo (*Backscattering CrosSE-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 & Simmonds 1992).

O intervalo acústico amostral unitário (*Elementar Sampling Distance Unit* – ESDU) foi de 1,0 mn (uma milha náutica). Isto significa que a energia acústica dos retroespalhamentos dos alvos posicionados na coluna de água, computada como NASC, foi integrada ao longo de uma milha náutica de navegação. Ao final da milha o NASC foi automaticamente zerado, o que determina que os valores acústicos proporcionais a densidade tenham como unidade espacial 1 mn, nos perfis executados em todos os cruzeiros.

Verticalmente a coluna d'água foi dividida em nove camadas de integração, desde os seis metros de profundidade até o limite máximo de operação das sondas. Apenas o primeiro cruzeiro realizado, SE-S Inverno, teve uma configuração de camadas de integração diferente, com apenas sete camadas (Tabela 3).

Para a eco integração, foi considerado um valor de limiar de energia acústica (*threshold*) de -65 dB. 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. Tal matriz é composta por “células”, cada uma correspondendo a uma área de com uma milha náutica de extensão horizontal pela altura da camada de integração. Valores de densidade acústica total da unidade de distância (1,0 mn) foram obtidos pelo somatório dos valores das camadas de integração correspondentes à unidade de distância em questão, representando assim a densidade total integrada na coluna de água, dos 6 m até o leito.

Tabela 3 – Limites das camadas de integração, em metros.

Camada	Limites (m) para o cruzeiro SE-S Inverno		Limites (m) para os demais cruzeiros	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
1	6	50	6	50
2	50	100	50	100
3	100	150	100	150
4	150	200	150	200
5	200	300	200	250
6	300	400	250	300
7	400	500	300	350
8	-	-	350	400
9	-	-	400	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 erroneamente 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), gera 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 análise comparativa das células vizinhas para os cruzeiros SE-S, e da ferramenta *Zoom/Capture* do *Movies+* para os cruzeiros Central e Nordeste. Esta ferramenta fornece valores de NASC para determinado trecho região selecionado pelo usuário diretamente sobre o ecograma digital.

Os dados de NASC foram classificados quanto à província oceanográfica sobre a qual os mesmos foram obtidos, de acordo com a profundidade local, em Plataforma, Talude Superior e Talude Inferior, e quanto ao período do dia, de acordo com o horário local, em Dia e Noite.

Os limites de profundidade local que definiram as províncias Plataforma Continental e Talude Superior variaram de acordo com a região do cruzeiro, principalmente em razão da profundidade média da quebra da plataforma, já os limites da província Talude Inferior foram mantidos constantes (Tabela 4).

Tabela 4 – Limites de profundidade das províncias (m).

	Cruzeiros SE-S	Cruzeiro Central	Cruzeiro Nordeste
Plataforma	mínima a 200	mínima a 100	mínima a 170
Talude Superior	200 a 500	100 a 500	170 a 500
Talude Inferior	500 a máxima	500 a máxima	500 a máxima

A separação dos períodos do dia foi realizada pelo horário de cada início de ESDU, de acordo com os horários de crepúsculo matutino e vespertino para a área/época de estudo, consultados no sítio do Portal Oceanografia Naval (*Naval Oceanography Portal* - <http://www.usno.navy.mil/USNO/astronomical-applications>). Os períodos foram definidos como “dia” – nascer ao por-do-sol e “noite” – entre o crepúsculo vespertino e o matutino.

Para cada uma das análises estatísticas cada valor das variáveis teve sua posição, ou o seu “posto”, relativamente aos demais valores estimada (*rank transformation*). Através dessa transformação os dados originais são substituídos por uma seqüência numérica iniciando pelo valor 1 até ∞ . Para dados originais iguais (empatados) foi calculado um valor de posto médio. Tal transformação proporciona a normalização 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 (Conover & Iman 1985, Akritas 1990, Montgomery 2001).

A primeira bateria de testes estatísticos utilizados neste estudo foi a análise de variância (ANOVA), de via única, bi fatorial, ou tri fatorial, de acordo com o caso. Nos testes fatoriais utilizou-se a opção soma dos quadrados tipo III

(ortogonal) considerada mais adequada para esse tipo de análise (Milliken & Johnson 2009).

Foram testados por este método valores de densidade acústica (NASC) nos diferentes períodos do dia, nas diferentes províncias oceanográficas e por camada de integração, por cruzeiro. Procedeu-se ainda a análise de variância de NASC por estação do ano (Inverno x Outono x Primavera/Verão) para os cruzeiros SE-S, e por região (SE-S x Central x Nordeste). Para a última análise selecionou-se o cruzeiro SE-S Outono, proporcionando assim uma comparação entre cruzeiros realizados na mesma estação do ano nas diferentes regiões da costa.

Para comparações fatoriais foi utilizado o teste *Post-hoc* de Tuckey HSD com número de observações desigual. Para todos os testes estatísticos foi considerado um nível de significância de 5%. O *software* STATISTICA v. 8.0 foi utilizado para a realização dos testes.

2.3. Coleta e Processamento de Dados Ambientais

Durante os cruzeiros de pesquisa foram realizadas estações oceanográficas para coleta de dados ambientais (Tabela 5), através do lançamento de sensores de temperatura, salinidade e pressão (CTD). Durante os cruzeiros SE-S e Central 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. As posições das estações oceanográficas relativamente à linha de varredura acústica podem ser observadas nas Figuras 2 a 6.

Tabela 5 – Número de estações oceanográficas com coleta de dados ambientais, por cruzeiro

Cruzeiro	Número de estações de CTD
SE-S Inverno	160
SE-S Outono	159
SE-S Primavera/Verão	160
Central	116
Nordeste	68

Os dados ambientais foram filtrados e selecionados apenas aqueles relativos à descida do equipamento, metro a metro, entre a superfície e a máxima profundidade atingida, para cada estação oceanográfica.

As diferentes estações oceanográficas foram associadas aos pontos de integração de densidade acústica (NASC) através da ferramenta *Join*, do software Arc Map 9.2 (ESRI), utilizada para correlacionar dados provenientes de diferentes matrizes de dados. O critério utilizado para a correlação foi a menor distâncias entre as posições geográficas das estações oceanográficas e cada ponto de integração de densidade acústica.

Procedeu-se uma classificação dos dados de acordo com os limites de profundidade das camadas de integração (Tabela 3) para cada um dos cruzeiros. Para estes dados foram calculados a temperatura média e o coeficiente de variação da temperatura em cada uma das referidas camadas de integração. O coeficiente de variação foi utilizado como um indicativo de homogeneidade/variabilidade da temperatura na camada considerada.

No cruzeiro Nordeste não houve coleta de dados ambientais no Arquipélago de Fernando de Noronha e em um longo trecho compreendido entre o extremo sul do Rio Grande do Norte e o limite sul da área de estudo. No primeiro caso a ausência de dados ambientais explica-se em função dos objetivos do cruzeiro, que não previam para aquele setor avaliações de estoques pelágicos, mas apenas a calibração da eco sonda e mapeamento

batimétrico. No caso do trecho sul da varredura não foi possível a aquisição dos dados ambientais devido a indisponibilidade de um CTD.

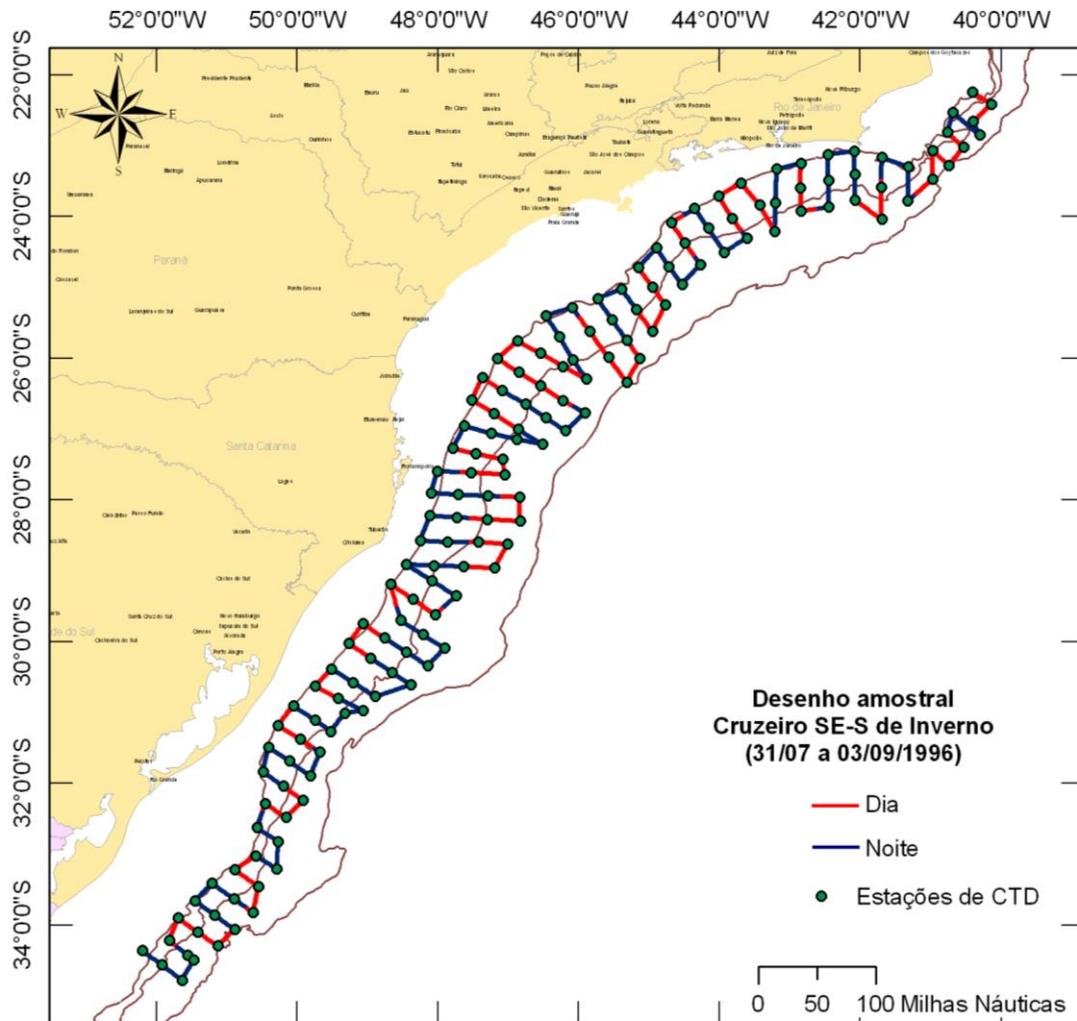


Figura 2 – Desenho amostral do cruzeiro SE-S Inverno, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 100, 200 e 2.000 m.

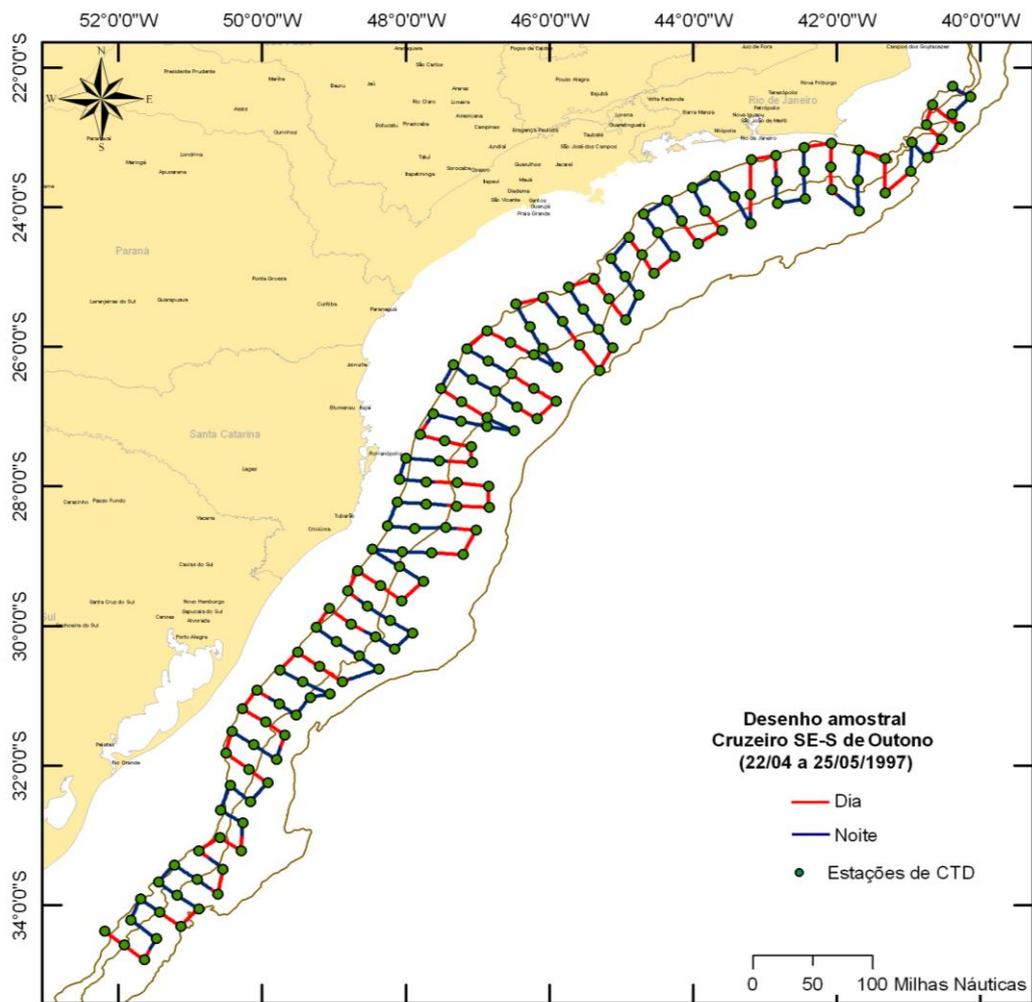


Figura 3 – Desenho amostral do cruzeiro SE-S Outono, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 100, 200 e 2.000 m.

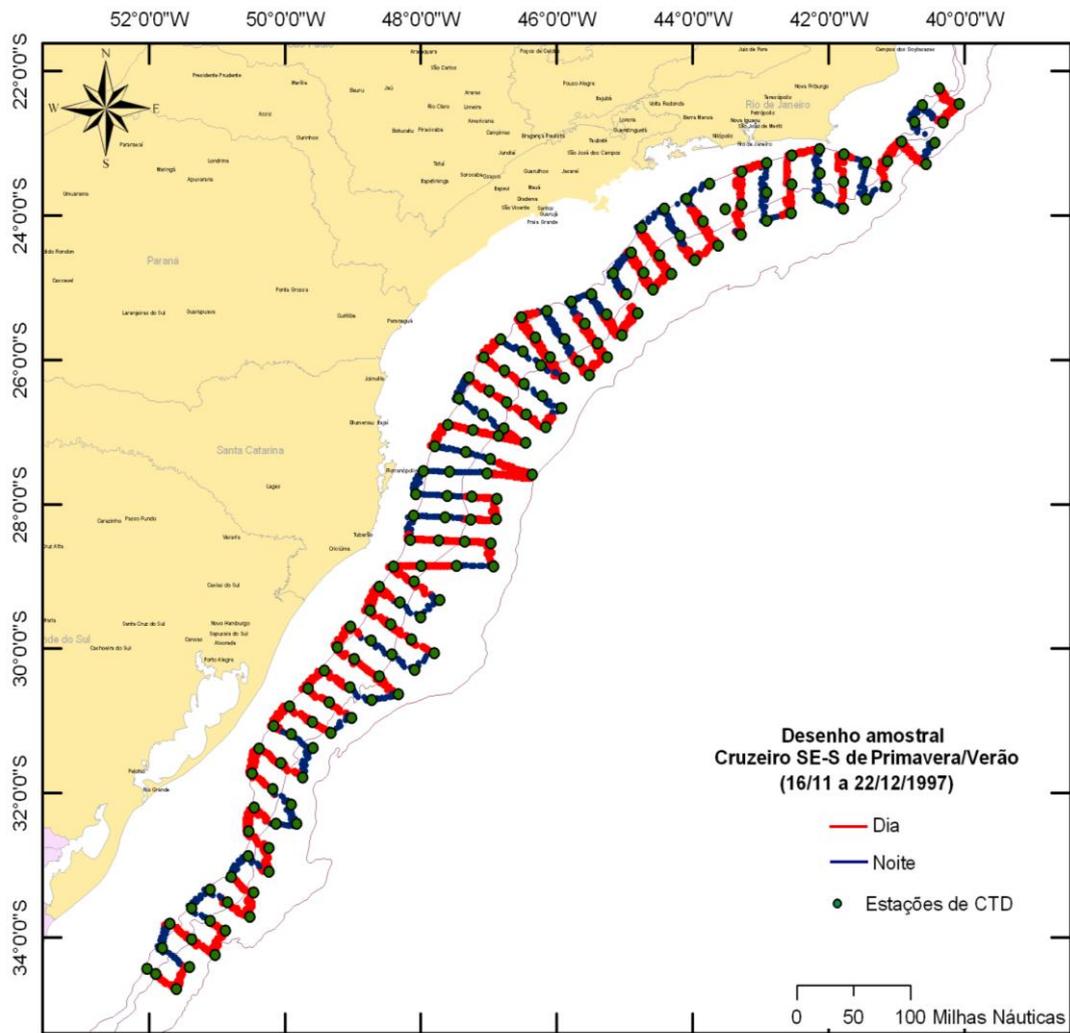


Figura 4 – Desenho amostral do cruzeiro SE-S Primavera/Verão, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 100, 200 e 2.000 m.

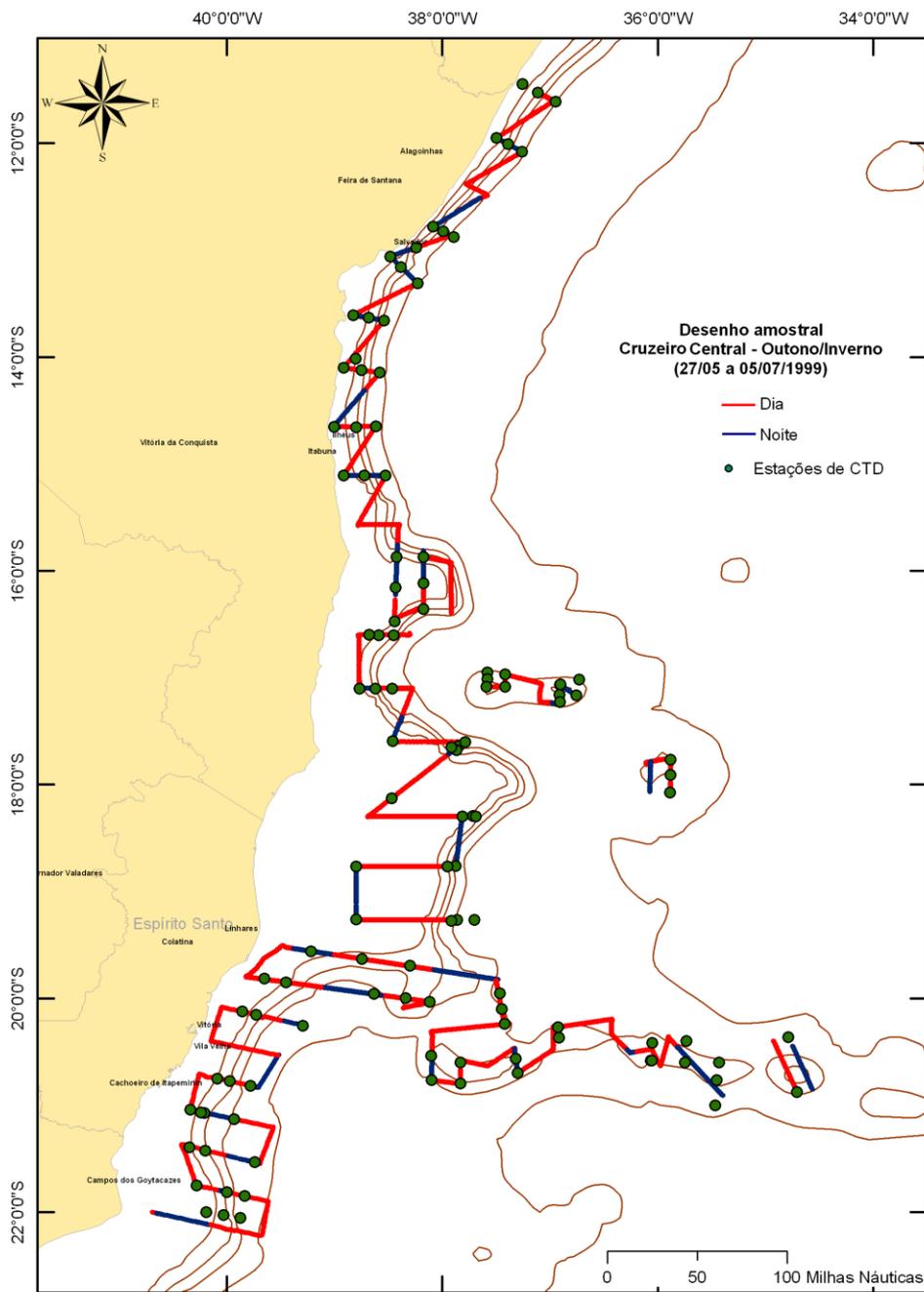


Figura 5 – Desenho amostral do cruzeiro Central, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As isóbatas no mapa correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m.

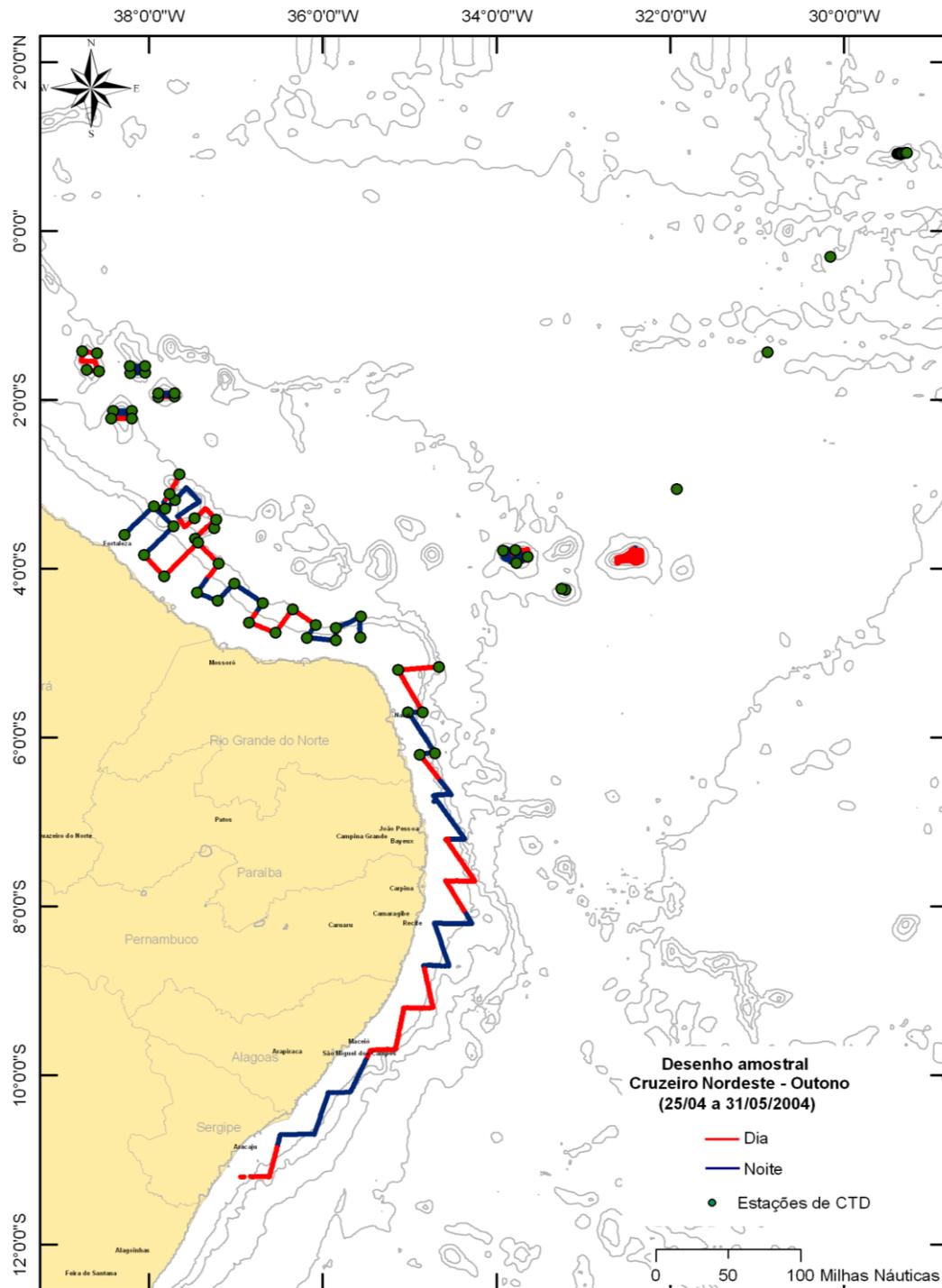


Figura 6 – Desenho amostral do cruzeiro Nordeste, com a identificação dos trechos de varredura acústica realizados nos períodos diurnos e noturnos e as posições das estações de CTD. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade.

2.4. Obtenção e processamento de dados de sensoriamento remoto

Os dados satelitais utilizados para o presente estudo corresponderam a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e Concentração de Clorofila-a, de nível 3, de distribuição pública e gratuita através dos sítios da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Os produtos utilizados foram os dados de nível (L3) que indica o grau de tratamento ao qual os mesmos foram submetidos, pela aplicação de correções, filtros e máscaras para o reconhecimento e eliminação de dados provenientes de nuvens, porções continentais e ilhas, bem como da escala temporal representada pelo valor médio do parâmetro em questão.

Os dados de TSM (°C) utilizados foram provenientes dos sensores *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), a bordo do satélite de órbita polar da série NOAA-n (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) com resolução espacial de 4 km. Foram selecionados arquivos globais com dados médios mensais e semanais (8 dias), relativos ao período de cada um dos cruzeiros (Tabela 6), obtidos diretamente através do Protocolo de Transferência de Arquivos da NASA (ftp://podaac.jpl.nasa.gov/pub/sea_surface_temperature/avhrr/pathfinder/data_v5/).

Tabela 6 – Arquivos de TSM utilizados para os diferentes cruzeiros.

	Arquivos de TSM média mensal	Arquivos de TSM média semanal
SE-S Inverno		1996209-1996216.s483pfv50-sst-16b.hdf
	199608.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1996217-1996224.s483pfv50-sst-16b.hdf
	199609.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1996225-1996232.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1996233-1996240.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1996217-1996248.s483pfv50-sst-16b.hdf
SE-S Outono	199704.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1997113-1997120.s483pfv50-sst-16b.hdf
	199705.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1997121-1997128.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1997129-1997136.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1997137-1997144.s483pfv50-sst-16b.hdf
SE-S Primavera/Verão	199711.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1997321-1997328.s483pfv50-sst-16b.hdf
	199712.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1997329-1997336.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1997337-1997344.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1997345-1997352.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1997353-1997360.s483pfv50-sst-16b.hdf
Central		1999145-1999152.s483pfv50-sst-16b.hdf
	199905.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1999153-1999160.s483pfv50-sst-16b.hdf
	199906.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	1999161-1999168.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1999169-1999176.s483pfv50-sst-16b.hdf
		1999177-1999184.s483pfv50-sst-16b.hdf
Nordeste		2004113-2004120.s483pfv50-sst-16b.hdf
	200404.s04m3pfv50-sst-16b.hdf	2004121-2004128.s483pfv50-sst-16b.hdf
	200404.s05m3pfv50-sst-16b.hdf	2004129-2004136.s483pfv50-sst-16b.hdf
		2004137-2004144.s483pfv50-sst-16b.hdf
		2004145-2004152.s483pfv50-sst-16b.hdf

Os dados de Concentração de Clorofila-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^3$) foram provenientes dos sensores *Ocean Color and Temperature Scanner* (OCTS) para o cruzeiro SE-S Outono e *Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* (SeaWiFS), a bordo do satélite de órbita polar *OrbView-2* (SeaSTAR), para os demais cruzeiros, com resolução espacial de 9 km. Foram selecionados arquivos globais com dados médios mensais e semanais (8 dias), relativos ao período de cada um dos cruzeiros (Tabela 7), obtidos diretamente através do sítio *OceanColor* da NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>).

Para o período de realização do cruzeiro SE-S Inverno ainda não havia dados satelitais de concentração de clorofila-a disponíveis.

A partir dos arquivos brutos contendo os valores globais de TSM e concentração de clorofila-a foram setorizadas as áreas equivalentes aquelas cobertas durante cada um dos cruzeiros e geradas matrizes numéricas contendo os valores dos respectivos parâmetros georeferenciados. Nesta etapa do processamento também procedeu-se a logaritmização (log de base 10) dos valores de concentração de clorofila-a. Tal processamento foi realizado através de rotinas específicas do *software* MATLAB 7.6.0 (R2008a).

As matrizes de valores georeferenciados foram inseridas no Sistema de Informações Geográficas Arc Map 9.2, juntamente com as matrizes contendo as posições geográficas milha a milha das varreduras acústicas de cada um dos cruzeiros.

As varreduras acústicas foram classificados em sub áreas de oito dias de prospecção, de modo que cada sub área fosse representada por uma matriz de dados satelitais com resolução temporal semanal correspondente ao exato período em que as varreduras foram executadas.

As matrizes de dados satelitais foram associadas aos pontos de integração de densidade acústica (NASC) através da ferramenta *Join*, do *software* Arc Map 9.2 (ESRI). O critério utilizado para a correlação foi a menor distâncias entre as posições geográficas dos dados satelitais e cada ponto de integração de densidade acústica.

Tabela 7 – Arquivos de Concentração de Clorofila-a utilizados para os diferentes cruzeiros.

	Arquivos de [clo-a] média mensal	Arquivos de [clo-a] média semanal
SE-S Inverno	-	-
		O19971131997120.L3m_8D_CHLO_9
SE-S Outono	O19970911997120.L3m_MO_CHLO_9	O199712131997128.L3m_8D_CHLO_9
	O19971211997151.L3m_MO_CHLO_9	O19971291997136.L3m_8D_CHLO_9
		O19971371997144.L3m_8D_CHLO_9
		S19973211997328.L3m_8D_CHLO_9
SE-S	S19973051997334.L3m_MO_CHLO_9	S19973281997336.L3m_8D_CHLO_9
Primavera/Verão	S19973351997365.L3m_MO_CHLO_9	S19973371997344.L3m_8D_CHLO_9
		S19973451997352.L3m_8D_CHLO_9
		S19973531997360.L3m_8D_CHLO_9
		S19991451999152.L3m_8D_CHLO_9
		S19991531999160.L3m_8D_CHLO_9
Central	S19991211999151.L3m_MO_CHLO_9	S19991611999168.L3m_8D_CHLO_9
	S19991521999181.L3m_MO_CHLO_9	S19991691999176.L3m_8D_CHLO_9
		S19991771999184.L3m_8D_CHLO_9
		S19991851999192.L3m_8D_CHLO_9
		S20041132004120.L3m_8D_CHLO_9
		S20041212004128.L3m_8D_CHLO_9
Nordeste	S20040922004121.L3m_MO_CHLO_9	S20041282004136.L3m_8D_CHLO_9
	S20041222004152.L3m_MO_CHLO_9	S20041372004144.L3m_8D_CHLO_9
		S20041452004152.L3m_8D_CHLO_9

2.5. Análises Estatísticas Multivariadas

A distribuição dos valores de densidade acústica (NASC) foi analisada cruzeiro a cruzeiro de modo a estabelecer a correlação entre NASC e as diversas variáveis independentes consideradas, bem como as possíveis colinearidades entre estas variáveis.

Visando identificar a estrutura geral dos dados para cada cruzeiro foi efetuada a técnica de ordenação Análise de Componentes Principais (ACP), baseada em matrizes de correlação. Na ACP a matriz contendo as variáveis consideradas é reescalada em um sistema de eixos ortogonais (descorrelacionados), ordenados de forma decrescente em função da variância explicada pelos mesmos. Deste modo obtêm-se os principais gradientes (modos) contidos no conjunto de dados (Jolliffe 2002).

Com o objetivo de verificar a relação entre a distribuição da densidade acústica total e as variáveis independentes consideradas para cada cruzeiro foi utilizada a Correlação de Pearson.

Para efetuação das análises estatísticas os dados foram transformados por “posto” (*rank transformation*), repetindo-se o procedimento adotado para as análises de variância.

As variáveis independentes selecionadas foram profundidade local, período do dia (dia e noite), camada de integração (7 no cruzeiro SE-S Inverno e 9 nos demais cruzeiros), TSM, Log da concentração de clorofila-a, temperatura média da camada e coeficiente de variação da temperatura da camada.

Na apresentação dos resultados, além de gráficos e tabelas referentes às análises estatísticas, foram gerados mapas temáticos contendo a sobreposição de valores de densidade acústica e os dados satelitais TSM e Log da concentração de clorofila-a, separadamente.

3. RESULTADOS

Primeiramente serão descritos os resultados obtidos através das diferentes análises para cada um dos cruzeiros de prospecção hidroacústica, mantendo-se a sequência cronológica de execução dos mesmos. Em seguida serão apresentados os resultados das análises comparativas entre os três cruzeiros realizados na região SE-S nas diferentes estações do ano (Inverno, Outono e Primavera/Verão), e entre os cruzeiros realizados no período de outono nas diferentes regiões da costa do Brasil (SE-S, Central e Nordeste).

3.1. Cruzeiros SE-S Inverno

A análise dos dados de NASC total em relação ao período do dia e província oceanográfica indica diferença estatística a um nível de 5% de significância. Para os dados coletados no período noturno se observa um aumento geral dos valores médios de NASC, sendo este significativo para as províncias Plataforma e Talude Inferior (Figura 7). No entanto, para os dados coletados no período diurno, não houve diferença entre as diferentes províncias.

Os valores de *eta quadrado parcial* (η^2 parcial) indicam o percentual de explicabilidade da variância de NASC proporcionado por cada uma das variáveis independentes consideradas individualmente e conjuntamente. Os resultados da análise na Tabela 8 indicam que, embora tenha havido diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os casos, o período do dia, variável que mais contribuiu para explicar as diferenças observadas, explica apenas 3% destas.

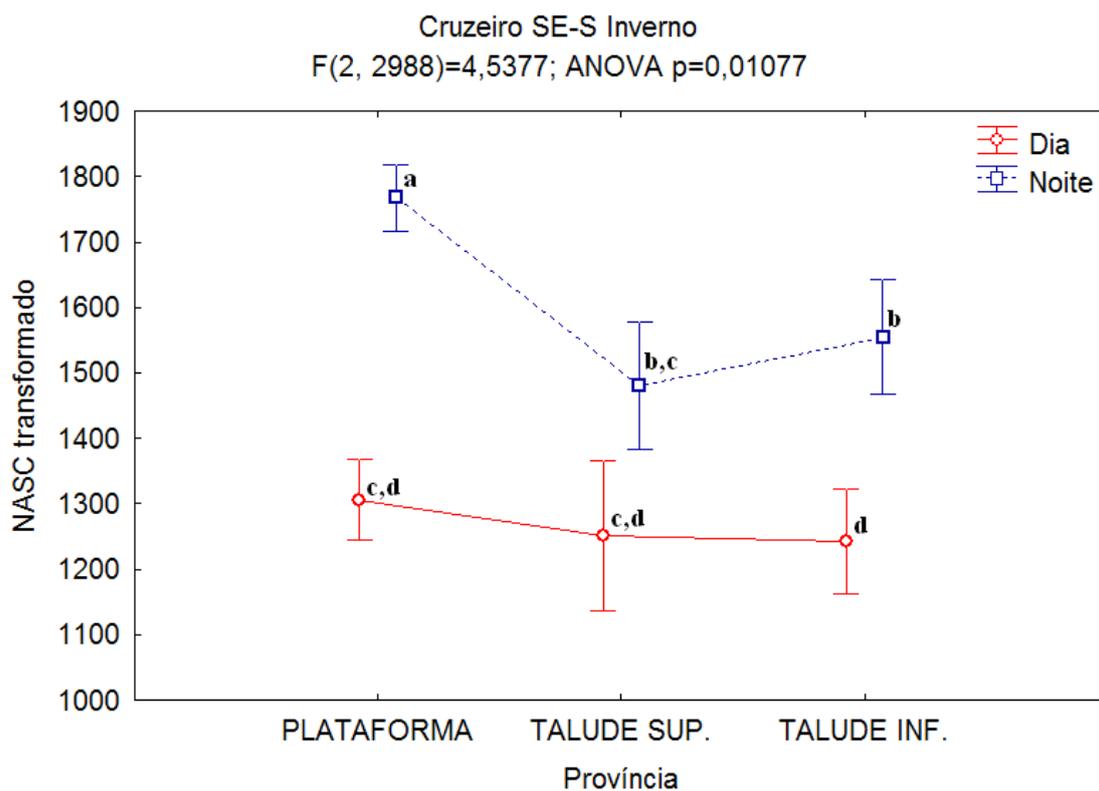


Figura 7 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. Os índices (a, b, c e d) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 8 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S Inverno.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Província	$1,65 * 10^7$	2	$8,25 * 10^6$	11,78	0,000008	0,008
Período	$6,28 * 10^7$	1	$6,28 * 10^7$	89,70	0,000000	0,030
Província*Período	$6,36 * 10^6$	2	$3,18 * 10^6$	4,54	0,010771	0,003
Erro	$2,09 * 10^9$	2988	$7,00 * 10^5$			

A análise dos dados de NASC total por camadas de integração, nos diferentes períodos do dia, indicou diferenças significativas ($p < 0,001$), com as maiores densidades concentradas nas camadas superiores da coluna de água (6 a 100 m), seguidas pela camada de fundo (400 a 500 m) (Figura 8). A variável camada de integração, isoladamente, apresentou um nível de explicabilidade das diferenças observadas nos dados de NASC (η^2 parcial) de 18%.

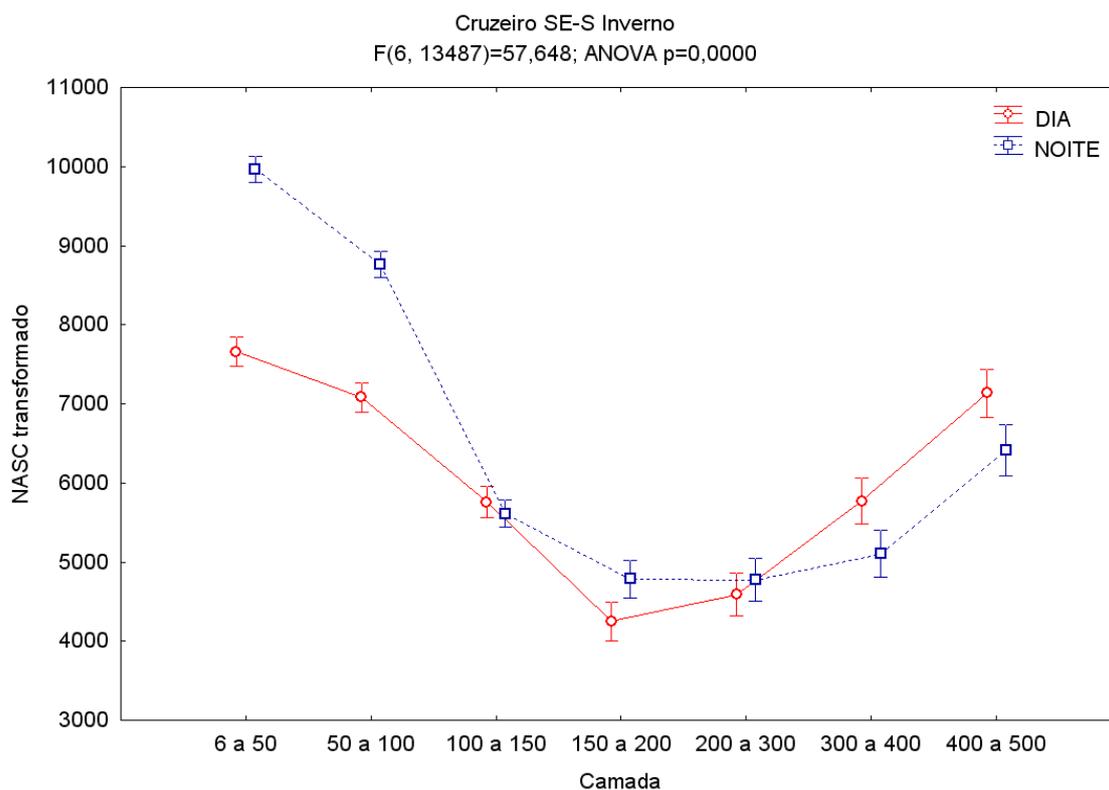


Figura 8 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Em termos de densidade acústica relativa nas diferentes camadas de integração se observa um padrão geral decrescente das camadas superficiais para as mais profundas. Cerca de 80% da densidade acústica total integrada ao longo do cruzeiro esteve concentrada nos primeiros 150 m da coluna de água (Figura 9A). Para os dados separados por período do dia observa-se

aumento de NASC nas camadas superiores (6 a 100 m), e diminuição nas camadas imediatamente inferiores aos 100 m de profundidade durante a noite (Figura 9B).

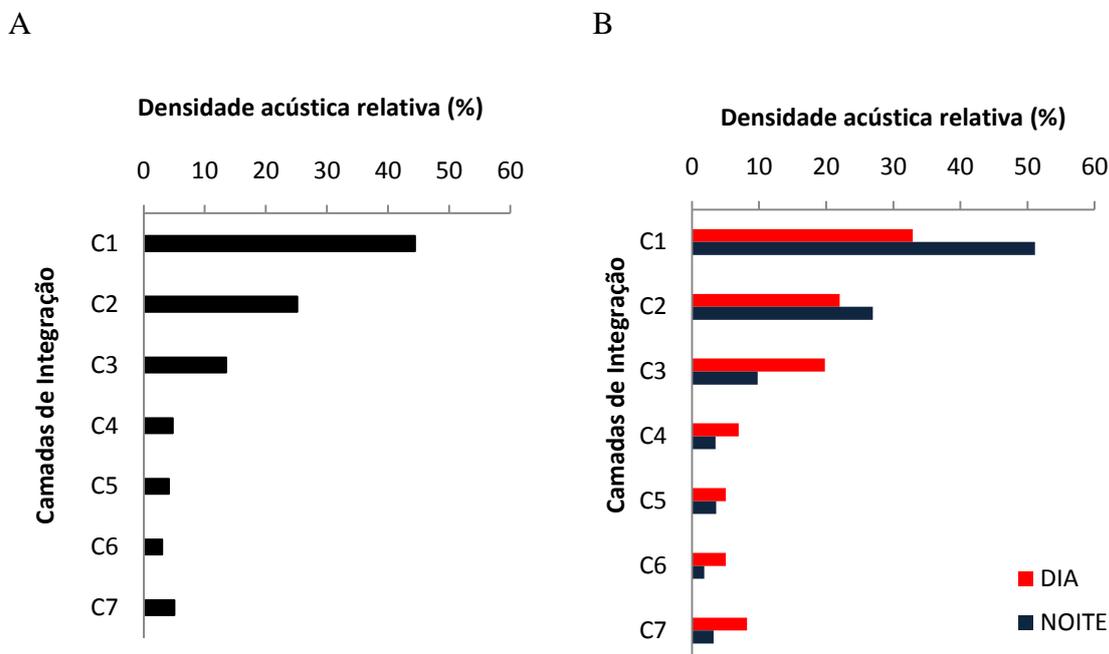


Figura 9 – Densidade acústica relativa por camada de integração total (A) e por período do dia (B).

Para possibilitar uma análise paramétrica dos dados de densidade acústica em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica foi necessário separar os dados em dois grupos. O primeiro grupo engloba aqueles em que as camadas de integração ocorrem sobre as três províncias consideradas (Plataforma, Talude Superior e Talude Inferior), enquanto o segundo diz respeito àqueles em que as camadas ocorrem apenas em regiões mais profundas. Isto se deve a ausência de determinadas camadas, mais profundas, quando a prospecção era realizada sobre a plataforma. Esta ausência gera planilhas de dados incompletos ou “perdidos”.

Para o primeiro grupo, os resultados indicam um aumento significativo dos valores médios de densidade acústica nas duas primeiras camadas (6 a 100 m) nas províncias Plataforma e Talude Superior, no período noturno, enquanto que na província Talude Inferior este aumento é observado para as

quatro camadas de integração (6 a 200 m), no período noturno (Figura 10). A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 14,3% da variabilidade dos valores de densidade acústica (Tabela 9).

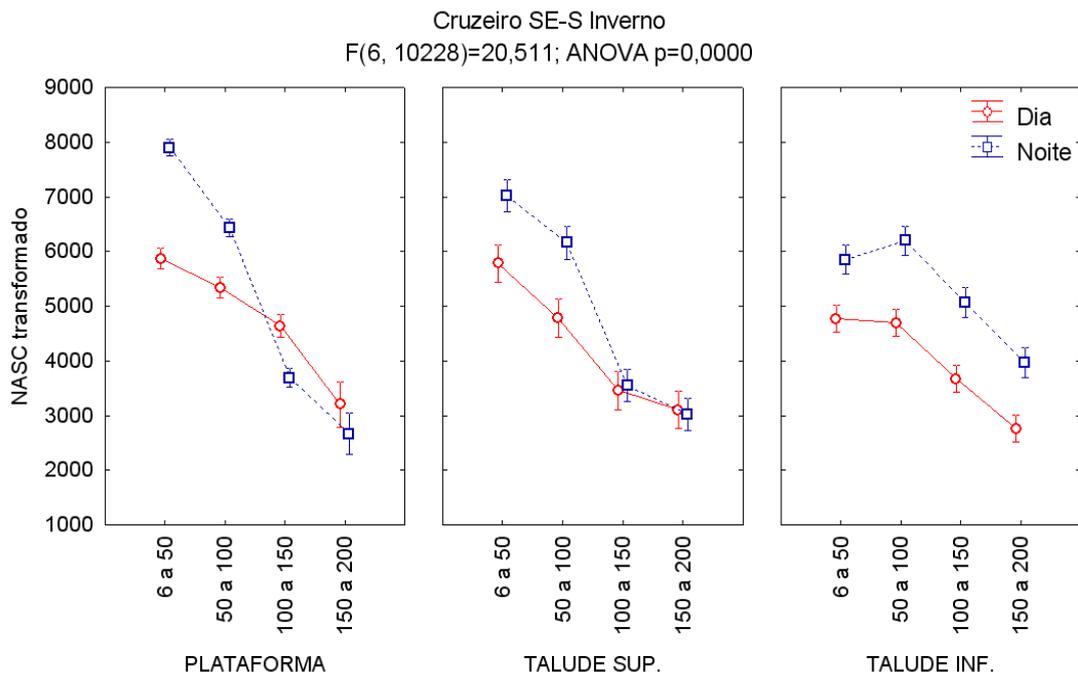


Figura 10 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 9 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Inverno.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$1,09 * 10^{10}$	3	$3,64 * 10^9$	560,89	0,000000	0,143
Província	$2,34 * 10^8$	2	$1,17 * 10^8$	17,99	0,000000	0,003
Período	$1,19 * 10^9$	1	$1,19 * 10^9$	183,28	0,000000	0,017
Camada*Província	$1,15 * 10^9$	6	$1,92 * 10^8$	29,63	0,000000	0,017
Camada*Período	$7,18 * 10^8$	3	$2,39 * 10^8$	36,85	0,000000	0,010
Província*Período	$3,15 * 10^8$	2	$1,58 * 10^8$	24,29	0,000000	0,004
Camada*Província*Período	$7,99 * 10^8$	6	$1,33 * 10^8$	20,51	0,000000	0,011
Erro	$6,64 * 10^{10}$	10228	$6,49 * 10^6$			

Na análise do segundo grupo, representado apenas pelas camadas de integração mais profundas da coluna de água sobre locais com maior profundidade local, se observa uma situação mais estável em termos de variação da densidade acústica. Não há diferença significativa entre a densidade acústica média quando consideradas as diferentes camadas, períodos do dia e províncias oceanográficas. Analisando-se apenas a província Talude Superior se observa valores mais elevados de densidade acústica média na última camada (400 a 500 m), tanto para o período diurno quanto para o noturno, não havendo, no entanto, diferença entre eles (Figura 11). Nesta análise, a variável camada de integração, isoladamente, respondeu por apenas 2,5% da variabilidade dos valores de densidade acústica (Tabela 10).

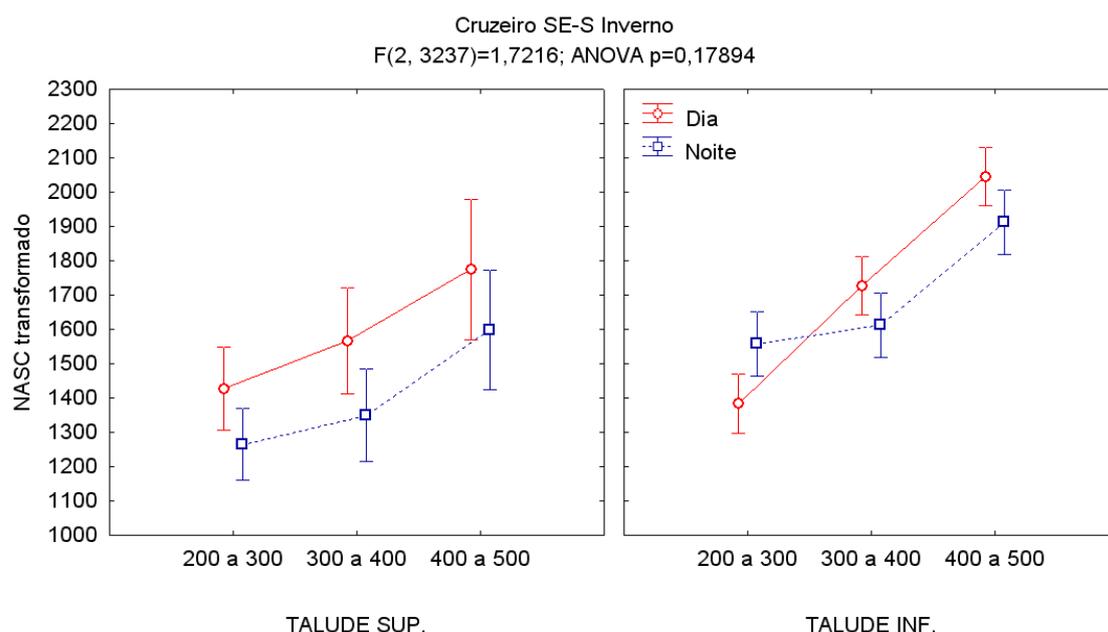


Figura 11 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às três últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Inverno de 1996. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 10 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Inverno.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$6,79 * 10^7$	2	$3,40 * 10^7$	42,580	0,000000	0,025
Província	$2,57 * 10^7$	1	$2,57 * 10^7$	32,164	0,000000	0,009
Período	$6,36 * 10^6$	1	$6,36 * 10^6$	7,972	0,004779	0,002
Camada*Província	$2,77 * 10^6$	2	$1,38 * 10^6$	1,738	0,176115	0,001
Camada*Período	$4,46 * 10^6$	2	$2,23 * 10^6$	2,795	0,061244	0,001
Província*Período	$3,81 * 10^6$	1	$3,81 * 10^6$	4,774	0,028957	0,001
Camada*Província*Período	$2,75 * 10^6$	2	$1,37 * 10^6$	1,722	0,178940	0,001
Erro	$2,58 * 10^9$	3237	$7,98 * 10^5$			

Além das variáveis espaciais (camada de integração e província oceanográfica) e temporais (período do dia) que vinham sendo consideradas para as análises, para o cruzeiro SE-S Inverno dispõe-se ainda de leituras de TSM e de dados ambientais coletados *in situ*. Os dados ambientais foram convertidos em valores de temperatura média e coeficiente de variação da

temperatura, correspondentes a cada camada de integração. Objetivando um entendimento global das relações entre o conjunto de variáveis procedeu-se uma análise exploratória de componentes principais (ACP). Integraram ainda o conjunto de variáveis a soma em módulo das coordenadas geográficas, a profundidade local e os dados de densidade acústica (NASC).

O resultado da análise considerando o conjunto total de dados do cruzeiro indica que 60,53% da variância dos dados é explicada por duas componentes principais. As variáveis camada de integração (CI), temperatura média da camada (Tm), coeficiente de variação da temperatura (CVt) e NASC formaram um grupo associado à componente 1, à qual explica 32,60% da variância total dos dados. As variáveis profundidade (P), TSM e a soma em módulo das coordenadas geográficas (LL) formaram um segundo grupo, associado à componente 2, responsável por explicar 27,93% da variância dos dados. A variável Período apresentou associação fraca tanto com a componente 1 quanto com a 2, indicando que a mesma não foi bem representada no plano formado pelas componentes consideradas (Tabela 11).

Tabela 11 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro SE-S Inverno. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.

Variável	Componente 1	Componente 2
Período	-0,092	-0,367
P	-0,473	-0,507
TSM	0,034	-0,957
LL	-0,143	0,917
CI	-0,896	-0,191
Tm	0,893	-0,171
CVt	-0,679	0,105
NASC	0,541	-0,105
Auto valor	2,608	2,234
Variância explicada (%)	32,600	27,930

Obs.: P = profundidade local; TSM = temperatura da superfície do mar; LL = [latitude+longitude]; CI = camada de integração; Tm = temperatura média da camada; CVt = coeficiente de variação da temperatura da camada; NASC = densidade acústica

A disposição dos vetores das variáveis no sistema de eixos representativos das componentes 1 e 2 permite inferir que há correlação positiva entre NASC e Tm, e negativa entre NASC em relação a CI e CVt. Com isso confirma-se a tendência, já observada, de aumento de densidade acústica nas camadas superficiais. Verifica-se independência de NASC em relação à LL, TSM e P, quando se considera a extensão total do cruzeiro.

Considerando-se que a soma em módulo das coordenadas geográficas representa um deslocamento para sudoeste, a alta correlação negativa entre LL e TSM evidencia a separação da área mais ao norte, sob a influência da Corrente do Brasil, e da mais ao sul, sob a influência de águas frias, de origem sub Antártica (Figura 12).

O cálculo das correlações de Pearson entre NASC e cada uma das variáveis, par a par, indica que todas as correlações são significativas ($p < 0,05$). As variáveis CI e Tm apresentaram as maiores correlações com NASC respondendo, isoladamente, por 15 e 11% da variabilidade da densidade acústica, respectivamente (Tabela 12).

Apesar dos baixos valores de correlação, NASC está negativamente correlacionado com Período, P, LL e CVt, o que indica uma tendência de aumento da densidade acústica no período noturno, com a diminuição da profundidade local, para a porção norte do cruzeiro, e onde a variação da temperatura na camada de integração é menor. Da mesma forma, se observa uma baixa correlação positiva com TSM, indicando uma tendência de aumento da densidade acústica com o aumento da TSM.

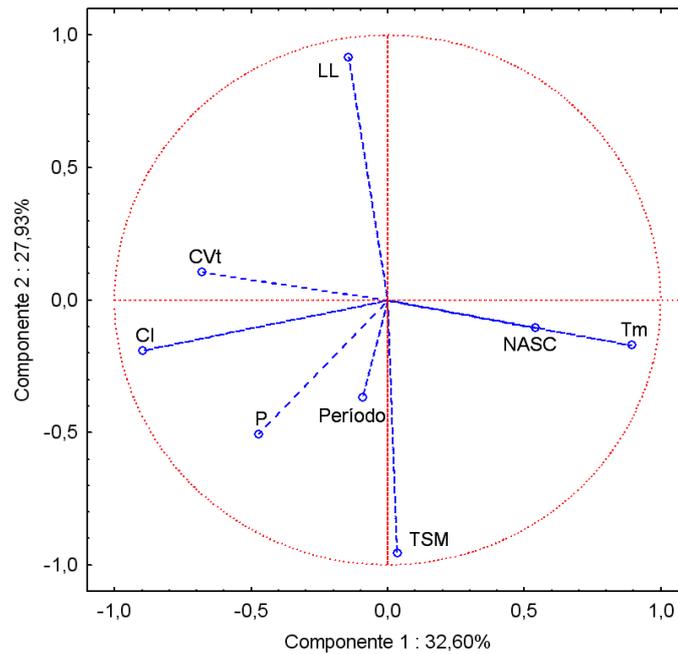


Figura 12 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro SE-S Inverno.

Tabela 12 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R²).

	Período	P	TSM	LL	CI	Tm	CVt
NASC (R)	-0,12	-0,19	0,10	-0,20	-0,39	0,33	-0,14
Coefficiente de determinação (R ²)	0,02	0,04	0,01	0,04	0,15	0,11	0,02

Ilustrativamente, são apresentados os mapas de TSM média mensal para os meses de julho e agosto de 1996, período no qual foi realizado o cruzeiro SE-S Inverno. Sobrepõe-se às figuras a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro.

No mês de Julho se observa valores mais altos de TSM (24 a 26°C) no extremo norte da área. Águas com temperatura superficial variando entre 20 a 23 °C são observadas sobre a plataforma continental até a altura da latitude de Santos (SP), a partir de onde a temperatura superficial diminui gradualmente para sul. Águas com temperatura superficial mais elevada relativamente à plataforma interna ocorrem da isóbata de 100 m em direção à região oceânica

até o extremo sul da área do cruzeiro. A plataforma interna em frente aos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul é ocupada por águas com TSM inferior a 16°C, sendo que no extremo sul do Brasil são observadas águas com TSM variando entre 9 e 11°C (Figura 13).

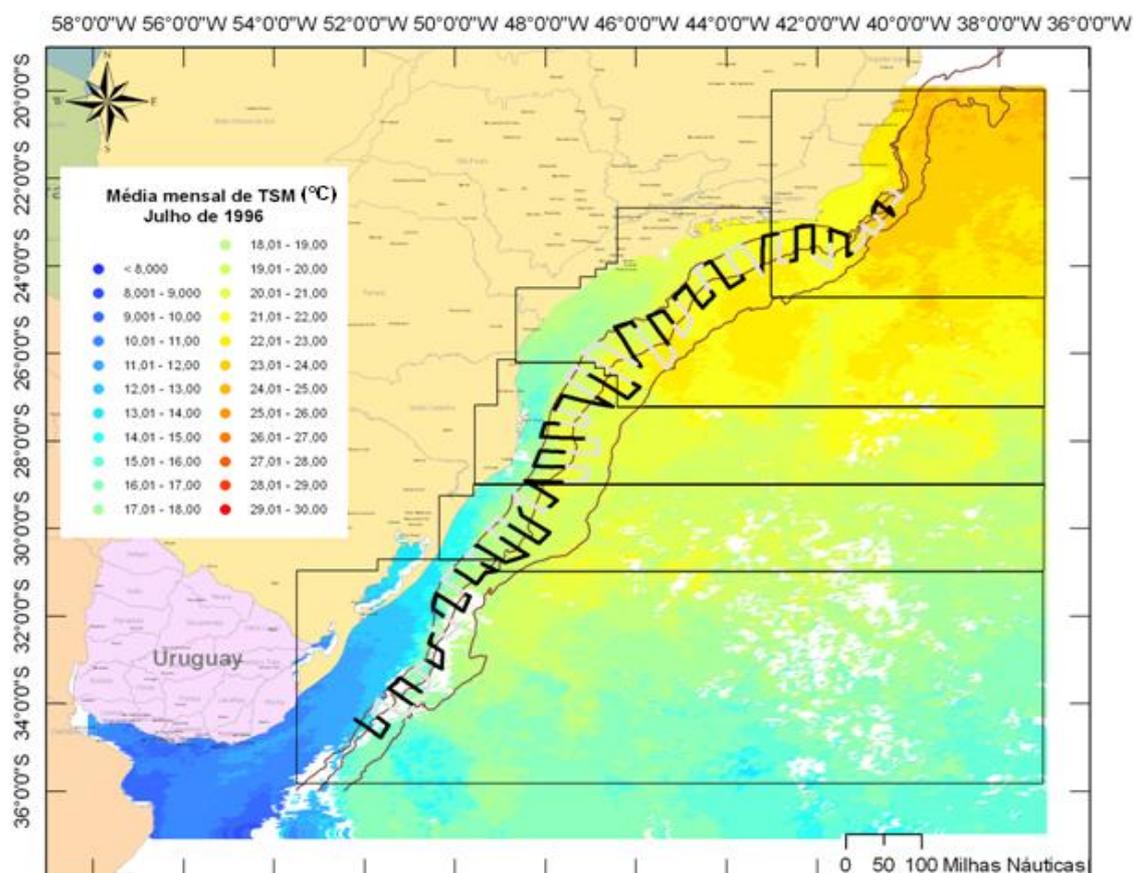


Figura 13 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de Julho de 1996, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Inverno. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

No mês de agosto se observa um avanço da água com valores mais elevados de TSM para sul, principalmente percebido sobre a plataforma interna a partir do norte do Paraná, com ocorrência de água com TSM de 20 a 21 °C até o sul do estado de Santa Catarina. No extremo sul da área ocorre um recuo para sul da água com os menores valores de TSM (Figura 14).

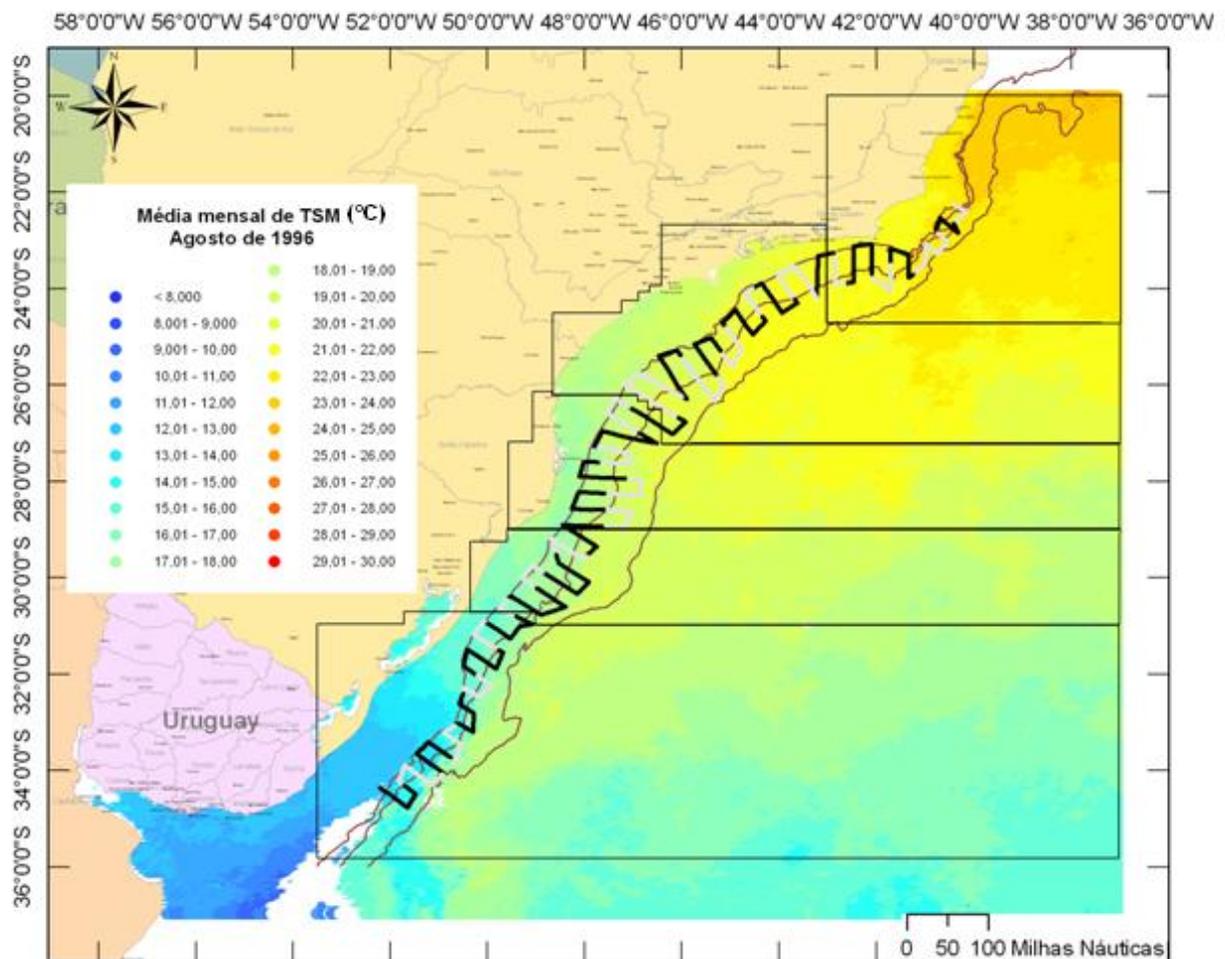


Figura 14 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de agosto de 1996, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Inverno. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

No período de realização do cruzeiro SE-S Inverno a TSM média foi de 18,98°C, com um coeficiente de variação de 10,4%, calculados a partir dos valores de TSM correspondentes a cada milha náutica prospectada, ao longo de toda a região. Os valores de densidade acústica total ao longo da área de estudo, sobrepostos aos dados satelitais de TSM média semanal, correspondentes a cada período de 8 dias, delimitados pelos polígonos, indica dois locais distintos de acúmulo de densidade acústica: um entre o extremo norte da área de estudo e as imediações da Ilha de São Sebastião (SP); e

outro entre o Cabo de Santa Marta Grande (SC) e o extremo sul da área de estudo (Figura 15).

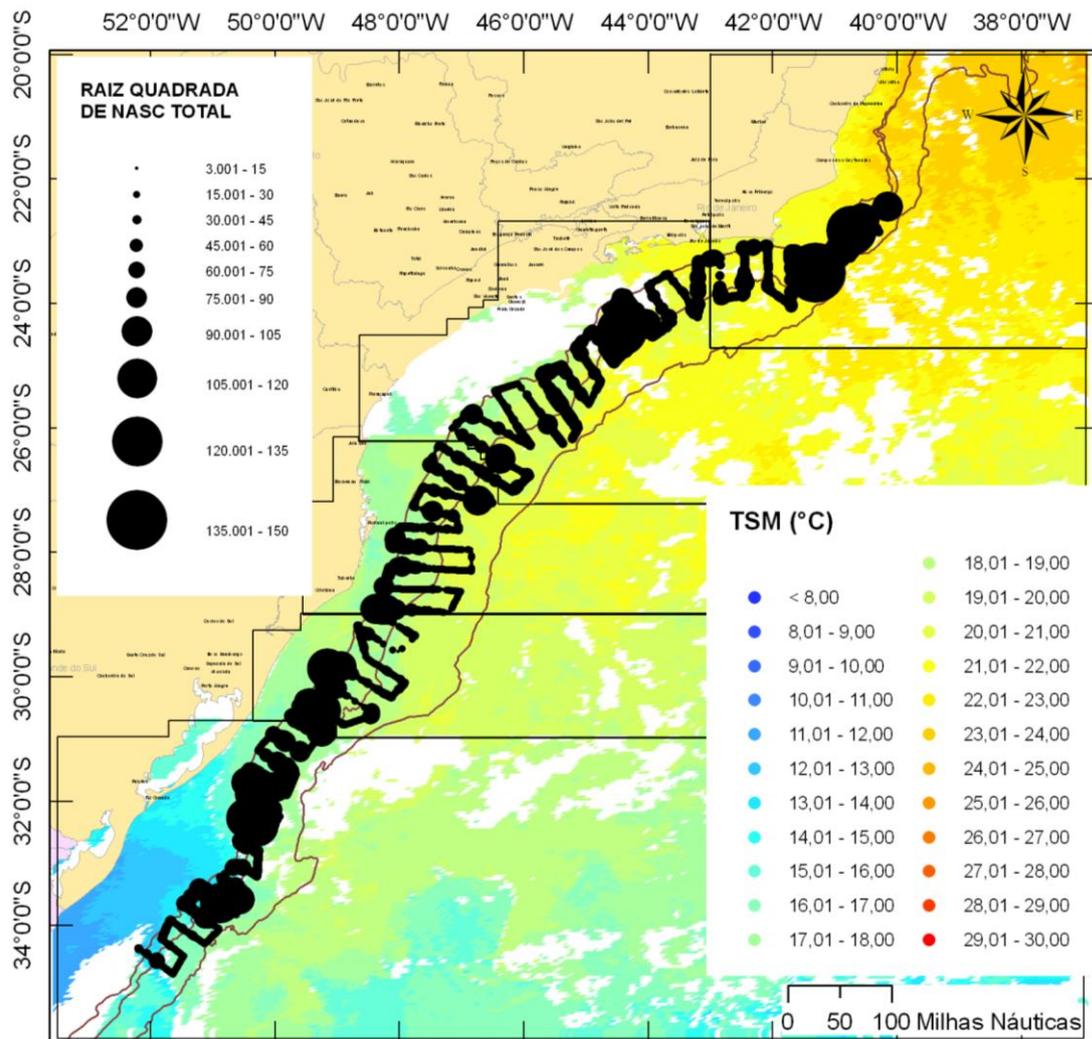


Figura 15 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

A observação da distribuição espacial da densidade acústica em relação às diferentes condições ambientais onde as agregações ocorreram (Figura 15) motivou a realização de uma análise complementar, com a separação dos dados em dois grupos: 1) dados coletados ao norte do Cabo de Santa Marta Grande; e 2) dados coletados ao sul do Cabo de Santa Marta Grande. Para esses dois grupos testou-se a correlação de Pearson entre NASC total e TSM.

Os resultados indicaram que há correlação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre NASC total e TSM para ambas os grupos de dados. Para os dados coletados ao norte do Cabo de Santa Marta Grande se obteve uma correlação positiva entre as variáveis (R Pearson = 0,20) com um coeficiente de determinação de 4,1%, enquanto para os coletados ao sul a correlação foi negativa (R Pearson = -0,36) com um coeficiente de determinação de 12,8%.

3.2. Cruzeiros SE-S Outono

A análise dos dados de NASC total indica diferença estatística significativa ($p < 0,001$) do parâmetro em relação ao período do dia e província oceanográfica. Para os dados coletados no período diurno não houve diferença significativa entre as províncias Plataforma e Talude Superior, enquanto que no Talude Inferior a densidade acústica total média foi mais baixa. No período noturno observa-se um aumento significativo dos valores médios de NASC em todas as províncias que não diferiram, no entanto, entre si. Destaca-se o incremento de NASC médio observado para a província Talude Inferior que apresentou o menor valor médio no período diurno passando a maior valor médio à noite (Figura 16).

Os resultados da análise na Tabela 13 evidenciam a importância da variável período do dia relativamente à província. O valor de η^2 *parcial* indica que o período do dia contribuiu para explicar cerca de 5% das diferenças observadas.

A análise dos dados de NASC total por camadas de integração, por período do dia, indicou diferenças significativas ($p < 0,001$), com as maiores densidades concentradas nas camadas superiores da coluna de água, especialmente na camada 2 (50 a 100 m), seguidas pela camada de fundo (400 a 500 m), conforme já havia sido observado nos resultados do cruzeiro de Inverno (Figura 17). A variável camada de integração, isoladamente, apresentou um nível de explicabilidade das diferenças observadas nos dados de NASC (η^2 *parcial*) de 19%.

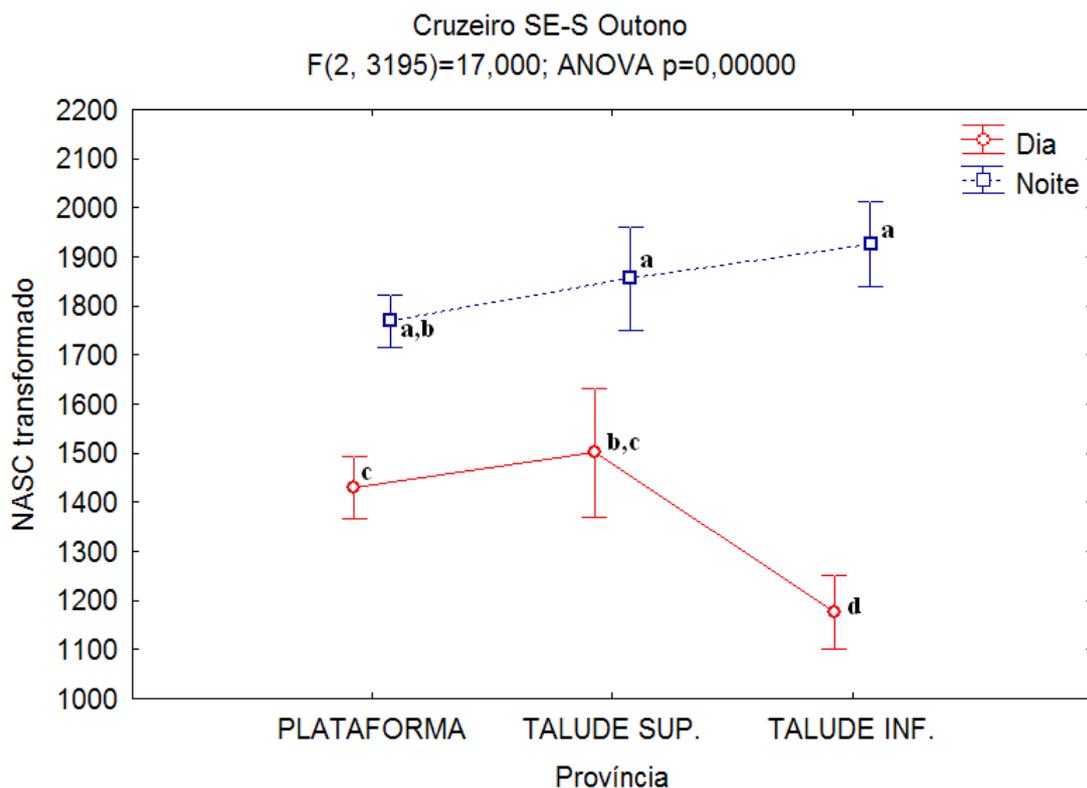


Figura 16 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. Os índices (a, b, c e d) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 13 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S Outono.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F	p	η^2 parcial
Província	$4,79 * 10^6$	2	$2,40 * 10^6$	3,038	0,048054	0,001
Período	$1,30 * 10^8$	1	$1,30 * 10^8$	165,396	0,000000	0,049
Província*Período	$2,68 * 10^7$	2	$1,34 * 10^7$	17,000	0,000000	0,010
Erro	$2,52 * 10^9$	3195	$7,89 * 10^5$			

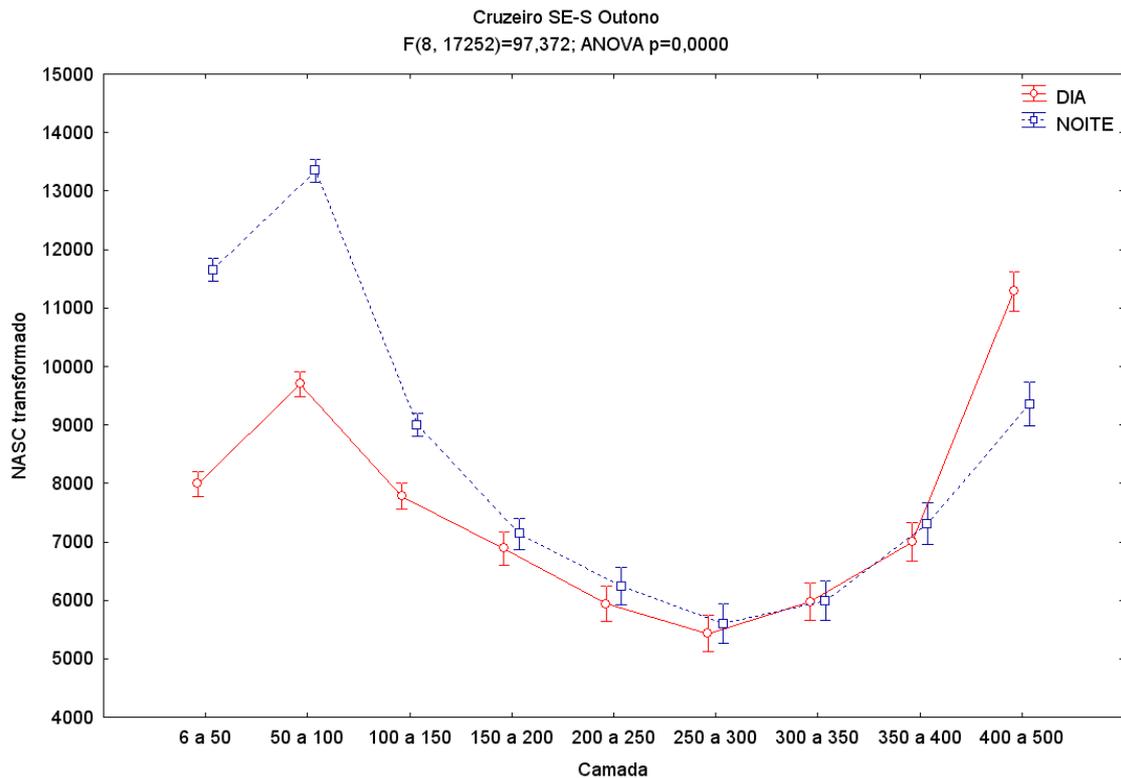
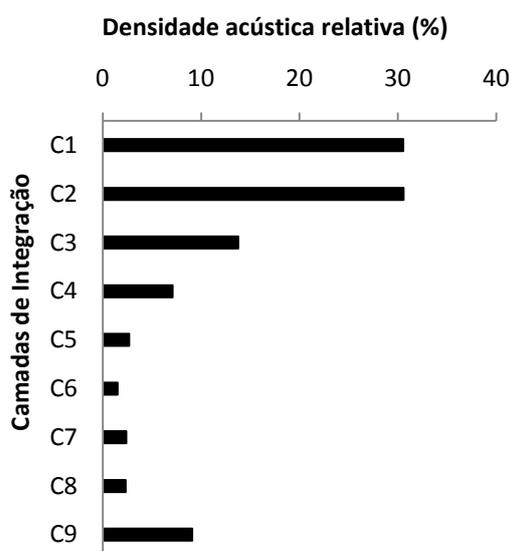


Figura 17 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Em termos de densidade acústica relativa nas diferentes camadas de integração se observa uma equivalência entre as camadas 1 e 2 (6 a 50 m e 50 a 100 m, respectivamente) seguida de um padrão decrescente em direção às camadas mais profundas, até a última camada (400 a 500 m) quando há um novo aumento da densidade relativa, reforçando a idéia de uma importante biomassa em camadas mais profundas, já observada no cruzeiro SE-S de Inverno. Cerca de 75% da densidade acústica total integrada ao longo do cruzeiro esteve concentrada nos primeiros 150 m da coluna de água (Figura 18A). Quando se analisa os dados separados por período do dia observa-se aumento de NASC nas camadas superiores (6 a 100 m de profundidade), e diminuição nas camadas imediatamente inferiores aos 100 m de profundidade (Figura 18B).

A



B

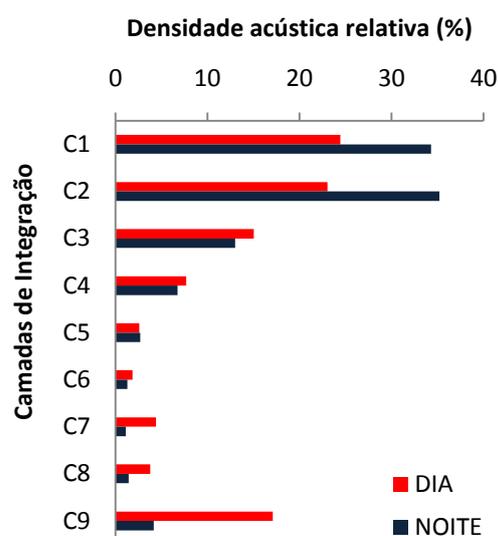


Figura 18 – Densidade acústica relativa por camada de integração total (A) e por período do dia (B).

Conforme procedimento adotado no cruzeiro SE-S Inverno para a análise paramétrica dos dados de densidade acústica em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, os dados foram separados em dois grupos: o primeiro englobando aqueles em que as camadas de integração ocorrem sobre as três províncias consideradas (Plataforma, Talude Superior e Talude Inferior), e o segundo aqueles em que as camadas ocorrem apenas em regiões mais profundas.

Para o primeiro grupo, os resultados indicam um aumento significativo dos valores médios de densidade acústica nas duas primeiras camadas (6 a 100 m) nas províncias Plataforma e Talude Superior, no período noturno. Na província Talude Inferior o aumento da densidade acústica é observado para as três primeiras camadas de integração (6 a 150 m), no período noturno. No período diurno, valores de densidade acústica média mais elevados são observados para a província Plataforma em relação ao talude (Figura 19). A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 7,4% da variabilidade dos valores de densidade acústica, seguida pelas variáveis

período do dia e província oceanográfica, que explicaram 5,3 e 2,9%, respectivamente (Tabela 14).

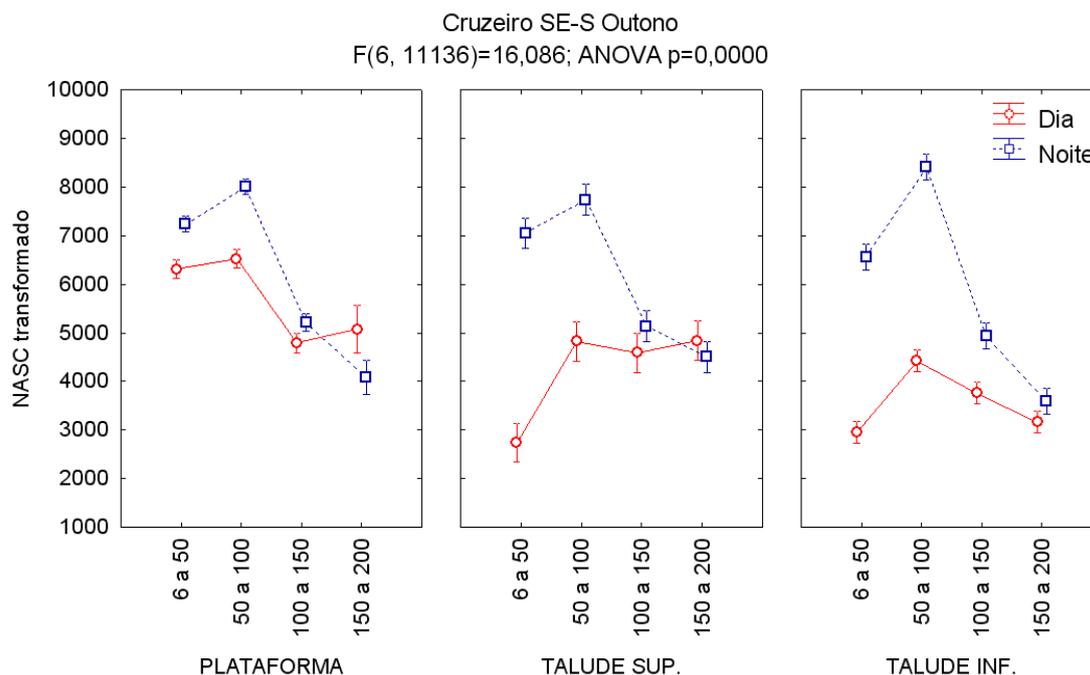


Figura 19 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 14 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Outono.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$6,43 * 10^9$	3	$2,14 * 10^9$	294,78	0,00000	0,074
Província	$2,39 * 10^9$	2	$1,19 * 10^9$	164,30	0,00000	0,029
Período	$4,55 * 10^9$	1	$4,55 * 10^9$	625,31	0,00000	0,053
Camada*Província	$1,25 * 10^9$	6	$2,08 * 10^8$	28,65	0,00000	0,015
Camada*Período	$3,43 * 10^9$	3	$1,14 * 10^9$	157,41	0,00000	0,041
Província*Período	$1,50 * 10^9$	2	$7,49 * 10^8$	103,07	0,00000	0,018
Camada*Província*Período	$7,02 * 10^8$	6	$1,17 * 10^8$	16,09	0,00000	0,009
Erro	$8,10 * 10^{10}$	11136	$7,27 * 10^6$			

Repetindo o resultado do cruzeiro de Inverno, na análise do segundo grupo, representado apenas pelas camadas de integração mais profundas da coluna de água sobre locais com maior profundidade local, não há diferença significativa entre a densidade acústica média quando consideradas as diferentes camadas, períodos do dia e províncias oceanográficas. Analisando-se apenas a província Talude Superior se observa valores de densidade acústica média mais elevados no período diurno em todas as camadas de integração. O mesmo não é observado para o Talude Inferior, onde apenas a última camada (400 a 500 m) apresentou diferença significativa com valor médio de NASC mais elevado no período diurno (Figura 20). A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 7,5% da variabilidade dos valores de densidade acústica, seguida pelas variáveis província oceanográfica e período do dia, que explicaram 4,1 e 1,0%, respectivamente (Tabela 15)

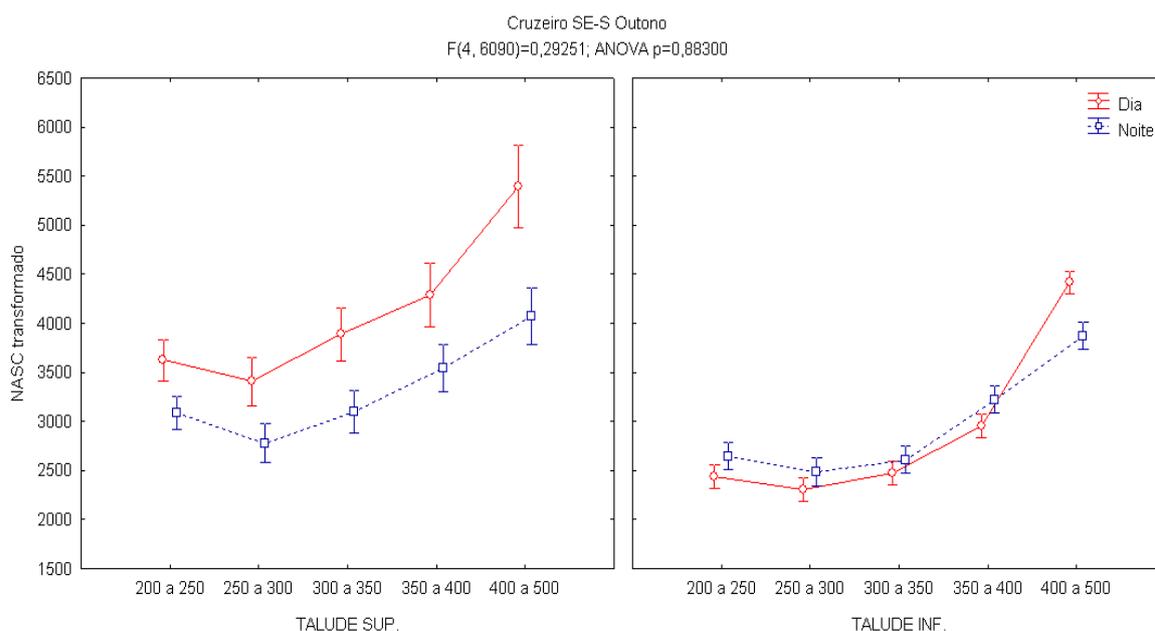


Figura 20 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às cinco últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado no Outono de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 15 – Resultados da análise estatística ANOVA (5x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Outono.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$9,92 * 10^8$	4	$2,48 * 10^8$	122,90	0,000000	0,075
Província	$5,26 * 10^8$	1	$5,26 * 10^8$	260,73	0,000000	0,041
Período	$1,26 * 10^8$	1	$1,26 * 10^8$	62,46	0,000000	0,010
Camada*Província	$1,20 * 10^7$	4	$2,99 * 10^6$	1,48	0,204204	0,001
Camada*Período	$4,88 * 10^7$	4	$1,22 * 10^7$	6,04	0,000075	0,004
Província*Período	$1,59 * 10^8$	1	$1,59 * 10^8$	78,94	0,000000	0,013
Camada*Província*Período	$2,36 * 10^6$	4	$5,90 * 10^5$	0,29	0,882995	0,000
Erro	$1,23 * 10^{10}$	6090	$2,02 * 10^6$			

Para a análise exploratória de componentes principais (ACP) do cruzeiro SE-S Outono, além das variáveis descritas para o primeiro cruzeiro, dispõe-se ainda de dados satelitais de concentração de clorofila-a.

O resultado da análise considerando o conjunto total de dados do cruzeiro indica que 55,82% da variância dos dados é explicada por duas componentes. As variáveis Período, profundidade (P), TSM, CLO e NASC formaram um grupo associado à componente 1, à qual explica 32,88% da variância total dos dados. As variáveis soma em módulo das coordenadas geográficas (LL), camada de integração (CI) e temperatura média da camada (Tm) formaram um segundo grupo, associado à componente 2, responsável por explicar 22,94% da variância dos dados. A variável CVt apresentou associação fraca tanto com a componente 1 quanto com a 2, indicando que esta variável não foi bem representada no plano formado pelas componentes consideradas (Tabela 16).

Tabela 16 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro SE-S Outono. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.

	Componente 1	Componente 2
Período	0,287	0,063
P	0,523	-0,408
TSM	0,792	0,507
CLO	-0,806	-0,366
LL	-0,576	-0,639
CI	0,612	-0,730
Tm	-0,481	0,723
CVt	-0,152	-0,121
NASC	-0,603	0,153
Auto valores	2,959	2,064
Variância explicada (%)	32,880	22,936

Obs.: P = profundidade local; TSM = temperatura da superfície do mar; CLO = concentração de clorofila-a; LL = [latitude+longitude]; CI = camada de integração; Tm = temperatura média da camada; CVt = coeficiente de variação da temperatura da camada; NASC = densidade acústica

A disposição dos vetores das variáveis no sistema de eixos representativos das componentes 1 e 2 permite inferir que há correlação positiva de NASC com CLO, Tm e LL, e negativa com CI, TSM e P.

A alta correlação negativa entre LL e TSM evidencia a separação da área mais ao norte, sob a influência da Corrente do Brasil, e da mais ao sul, sob a influência de águas mais frias, conforme já havia sido observado na análise do cruzeiro de Inverno. A variável CLO também apresentou alta correlação negativa com TSM, e positiva com LL, indicando que valores mais elevados de concentração de clorofila-a foram observados quando a TSM é menor e ao sul da área de estudo (Figura 21).

O cálculo das correlações de Pearson entre NASC e cada uma das variáveis, par a par, indica que todas as correlações são significativas ($p < 0,05$). As variáveis CLO, CI e P apresentaram as maiores correlações com NASC respondendo, isoladamente, por 12, 12 e 11% da variabilidade da densidade acústica, respectivamente (Tabela 17).

Apesar dos baixos valores de correlação, NASC está negativamente correlacionado com Período e TSM, o que indica uma tendência de aumento da densidade acústica no período noturno e com a diminuição da TSM.

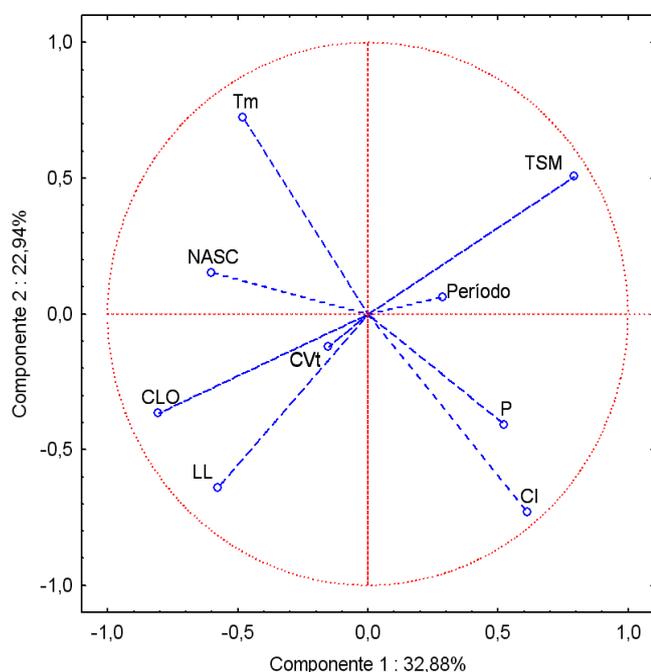


Figura 21 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro SE-S Outono.

Tabela 17 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R²).

	Período	P	TSM	CLO	LL	Cl	Tm	CVt
NASC (R)	-0,18	-0,33	-0,29	0,35	0,16	-0,35	0,25	0,15
Coeficiente de determinação (R ²)	0,03	0,11	0,08	0,12	0,03	0,12	0,06	0,02

Ilustrativamente, são apresentados os mapas de TSM e concentração de clorofila-a média mensal pra os meses de abril e maio de 1997, período no qual foi realizado o cruzeiro SE-S Outono. Sobrepôs-se às figuras a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro.

No mês de Abril se observa um predomínio da água tropical (TSM > 20°) em praticamente toda a área de estudo. Valores mais altos de TSM (24 a 26°C) são observados no extremo norte da área, estendendo-se para sul sobre a

região de talude, associados à região de quebra de plataforma continental (isóbata de 200 m). Águas com temperatura superficial relativamente mais baixa são observadas sobre a plataforma continental entre a região de Ilha Grande e o Cabo de São Tomé (RJ), e ao sul da Ilha de Santa Catarina, onde a temperatura da água de plataforma diminui gradualmente até o extremo sul da área. Não se observa uma clara influência de águas mais frias de origem sub Antártica. A temperatura superficial mínima registrada para o extremo sul da área é em torno de 17°C (Figura 22).

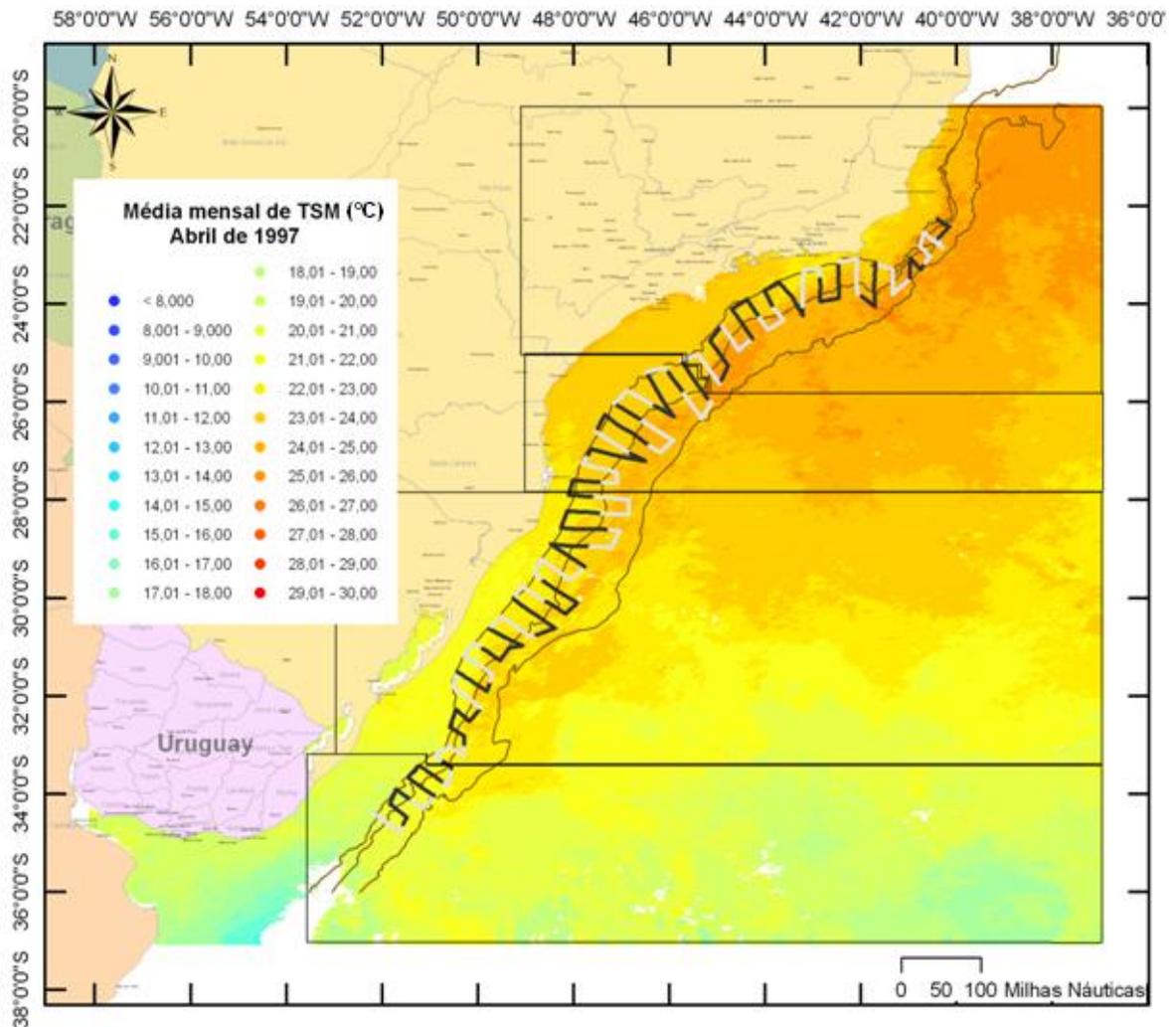


Figura 22 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de abril de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

Para o mês de Maio de 1997 se observa um recuo para norte da água com valores de TSM mais elevados que flui sobre a região de talude, na região de quebra da plataforma (isóbata de 200 m), relativamente ao mês de Abril.

Sobre a plataforma continental também são observados valores relativamente mais baixos de TSM em toda a área. Há uma homogeneidade em termos de TSM (21 – 23°C) que se estende desde o extremo norte da área de estudo até o Cabo de Santa Marta Grande (SC). A plataforma continental sul é ocupada por águas com TSM relativamente menores (19 – 20°C), com a temperatura de superfície diminuindo gradualmente na direção sul até um mínimo de aproximadamente 15 – 16°C no extremo sul da área. (Figura 23).

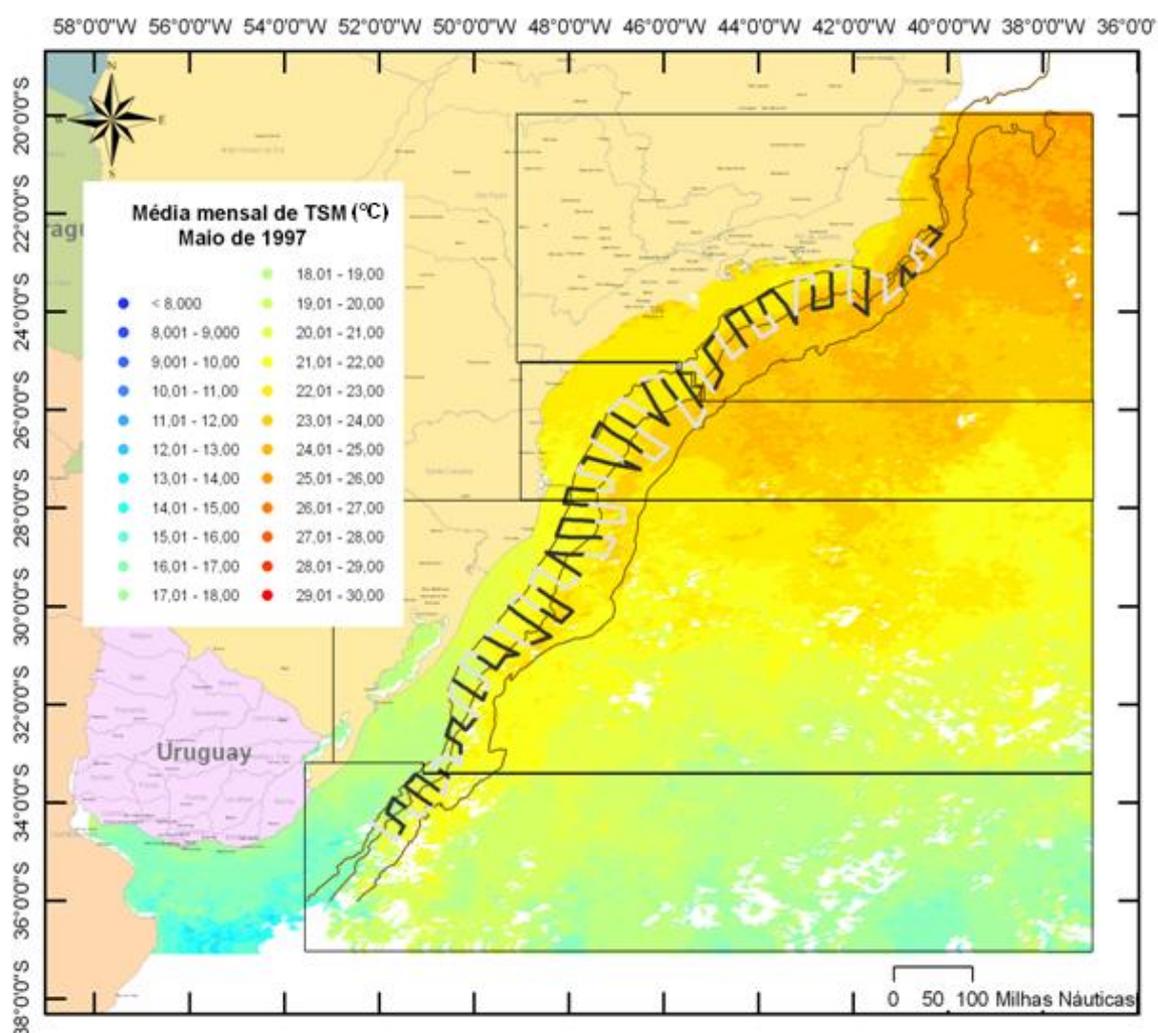


Figura 23 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de maio de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção

noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

Os mapas de distribuição de concentração de clorofila-a média mensal reforçam a correlação negativa observada nas análises entre esta variável e TSM. Para o mês de abril, na porção da plataforma continental ao norte da Ilha de Santa Catarina são observados valores relativamente baixos de concentração de clorofila-a, com aumento dos mesmos para uma faixa estreita da plataforma interna ao longo de toda a área. Ao sul da Ilha de Santa Catarina até o extremo sul da área de estudo se observa que valores mais altos de concentração de clorofila-a se distribuem sobre toda a área de plataforma, sendo os máximos valores observados na região do Cabo de São Tomé (RJ) e no extremo sul da área de estudo (Figura 24). Um padrão similar é observado para o mês de maio, quando se destaca o enriquecimento local na região do Cabo de São Tomé estendendo-se para nordeste (Figura 25).

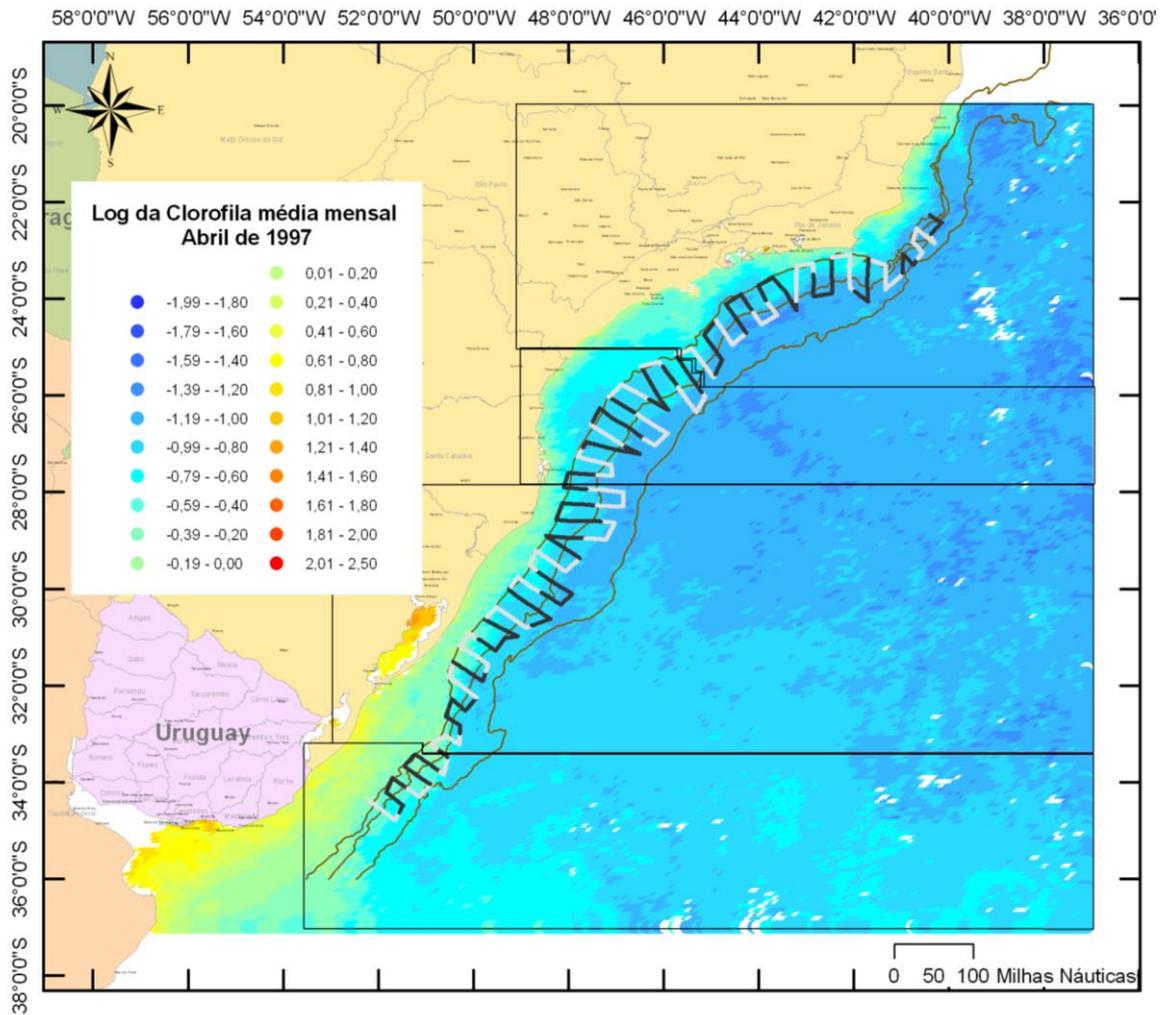


Figura 24 – Distribuição de clorofila-a média mensal, do mês de abril de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

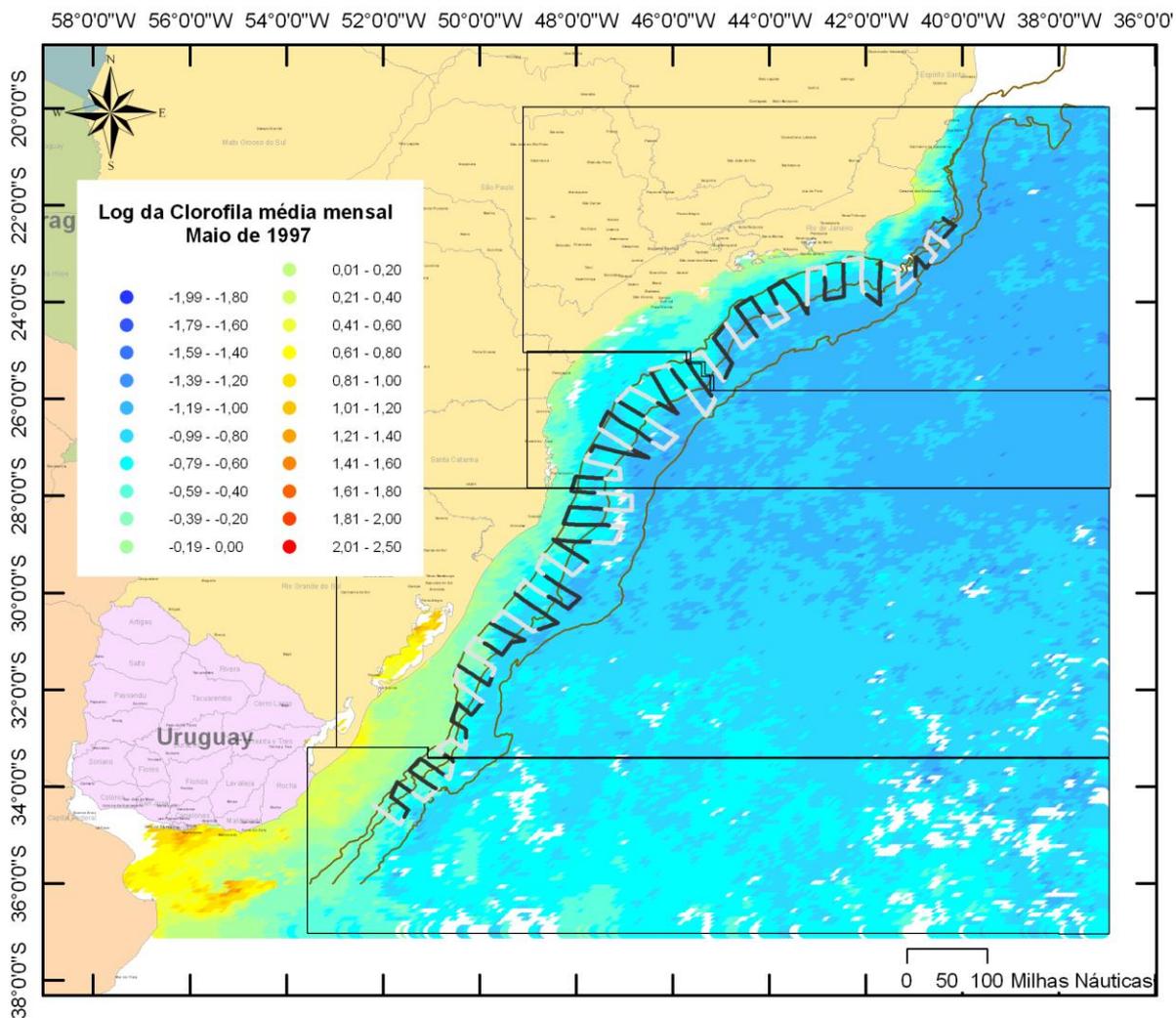


Figura 25 – Distribuição de clorofila-a média mensal, do mês de maio de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Outono. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

No período de realização do cruzeiro SE-S Outono a TSM média foi de 22,98°C, com um coeficiente de variação de 5,7%, calculados a partir dos valores de TSM correspondentes a cada milha náutica prospectada, ao longo de toda a região.

Os valores de densidade acústica total ao longo da área de estudo, sobrepostos aos dados satelitais de valores médios semanais de TSM (Figura 26) e concentração de clorofila-a (Figura 27), correspondentes a cada período

de 8 dias, indica um local de acúmulo de densidade acústica, associado à região de quebra de plataforma (isóbata de 200 m), entre o extremo norte da área de estudo e as imediações da Ilha Grande (RJ). Comparativamente ao cruzeiro de Inverno, novamente se verifica a alta agregação no extremo norte da área de estudo, apesar de mais restrita latitudinalmente, mas a alta concentração observada naquele cruzeiro, no setor sul, não ocorre neste.

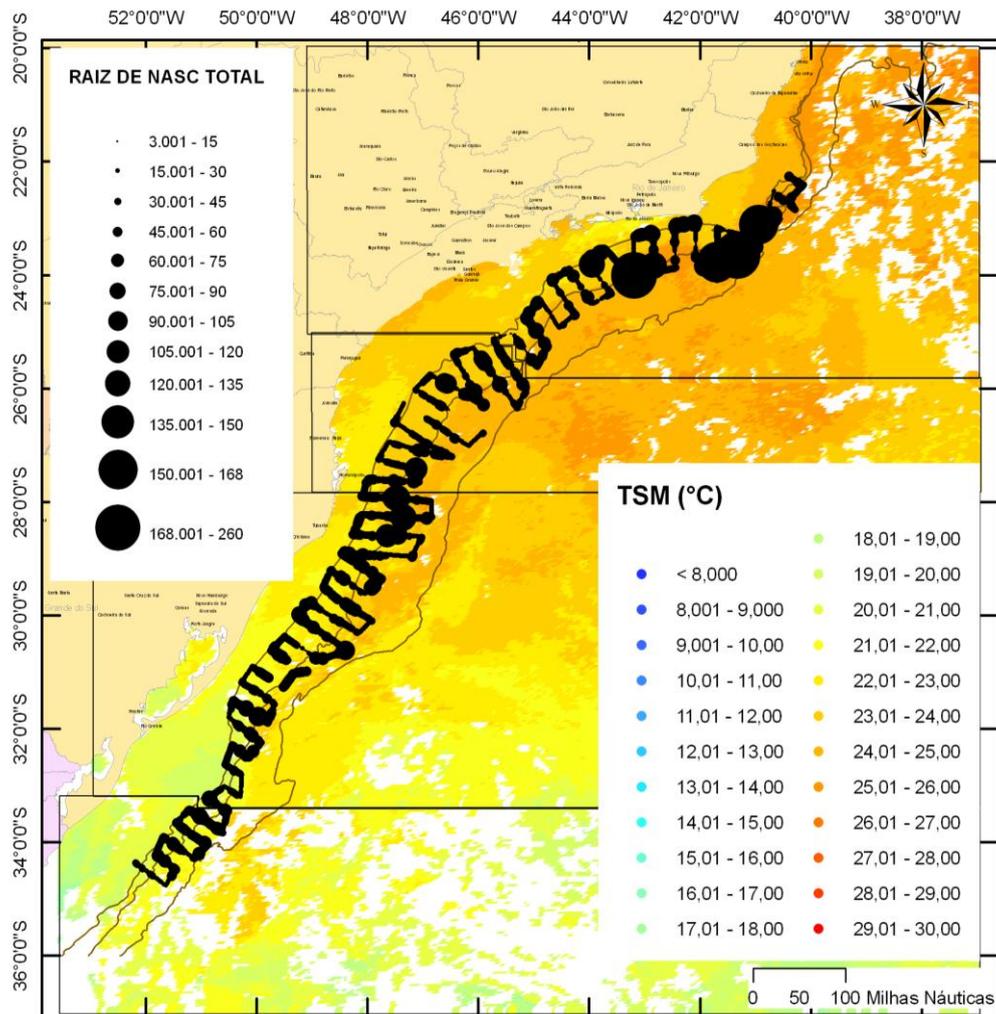


Figura 26 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

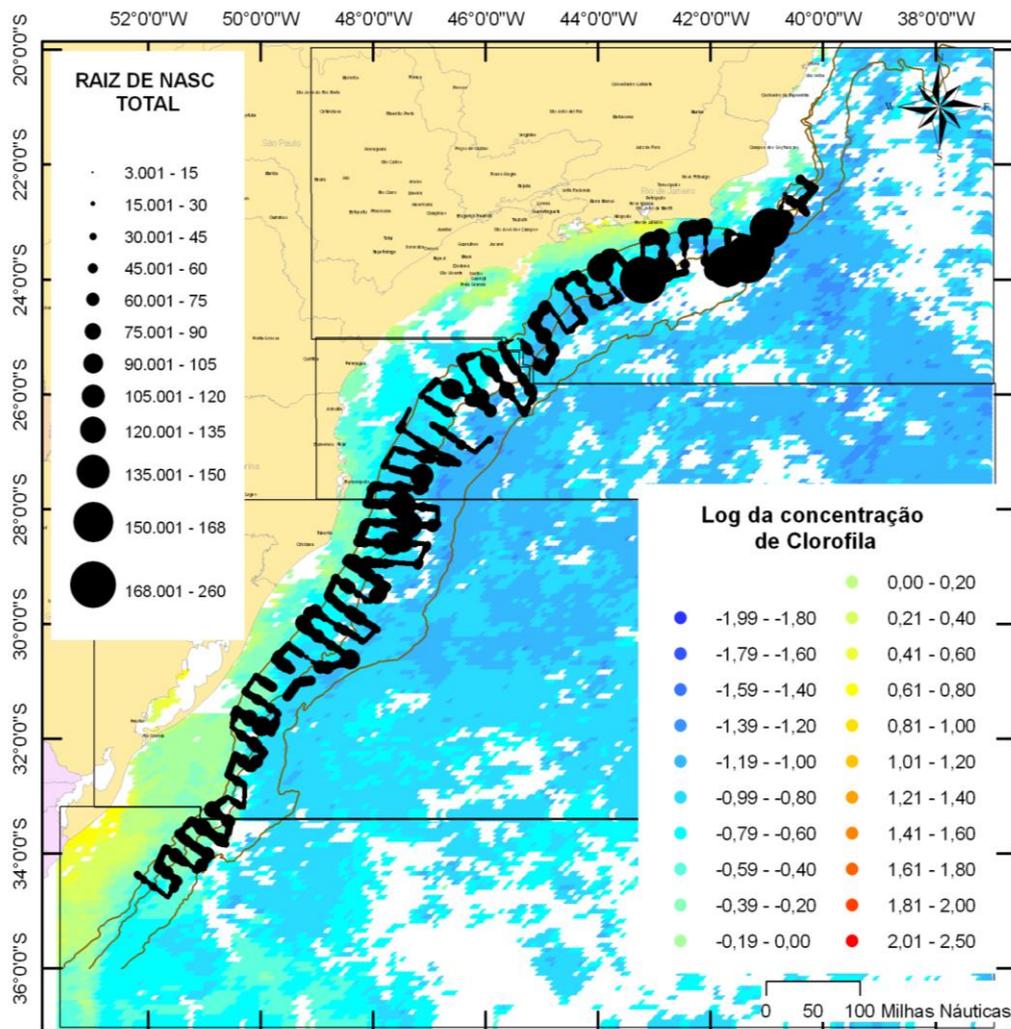


Figura 27 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

3.3. Cruzeiros SE-S Primavera/Verão

A análise dos dados de NASC total indica diferença estatística significativa ($p < 0,001$) do parâmetro em relação ao período do dia e província oceanográfica. Para os dados coletados no período diurno não houve diferença significativa entre as províncias Plataforma e Talude Inferior, enquanto que no Talude Superior a densidade acústica total média foi mais alta. No período noturno observa-se um aumento significativo dos valores médios de NASC em todas as províncias. Destaca-se o incremento de NASC médio observado para a província Talude Inferior que apresentou o menor valor médio no período diurno passando a maior valor médio, juntamente com o Talude Superior, à noite repetindo o padrão observado para o cruzeiro de Outono (Figura 28).

Os resultados da análise na Tabela 18 evidenciam a importância da variável período do dia relativamente à província. O valor de η^2 *parcial* indica que o período do dia contribuiu para explicar cerca de 7% das diferenças observadas.

A análise dos dados de NASC total por camadas de integração, por período do dia, indicou diferenças significativas ($p < 0,001$), apresentando um padrão similar ao observado para o cruzeiro de Outono, com as maiores densidades concentradas nas camadas superiores da coluna de água (6 a 100 m) (Figura 29). A variável camada de integração, isoladamente, apresentou um nível de explicabilidade das diferenças observadas nos dados de NASC (η^2 *parcial*) de 19%.

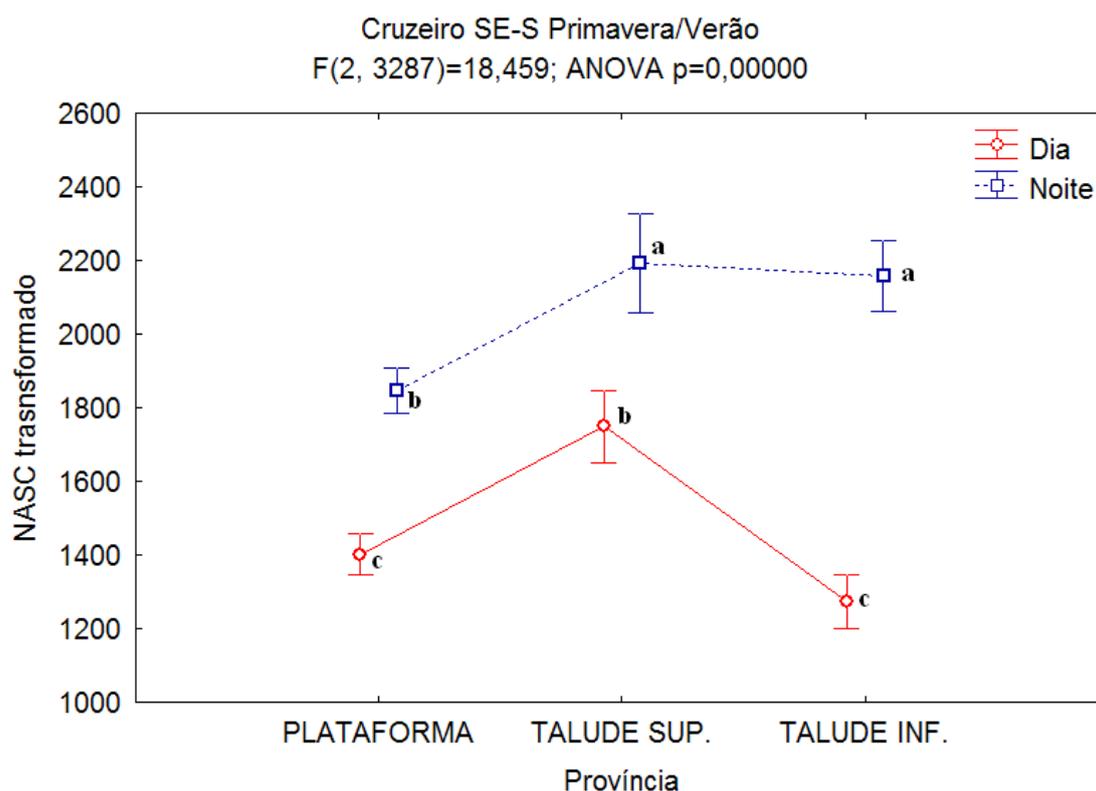


Figura 28 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 18 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S Primavera/Verão.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Província	$4,38 * 10^7$	2	$2,19 * 10^7$	27,06	0,00000	0,016
Período	$1,99 * 10^8$	1	$1,99 * 10^8$	245,79	0,00000	0,069
Província*Período	$2,98 * 10^7$	2	$1,49 * 10^7$	18,46	0,00000	0,011
Erro	$2,66 * 10^9$	3287	$8,09 * 10^5$			

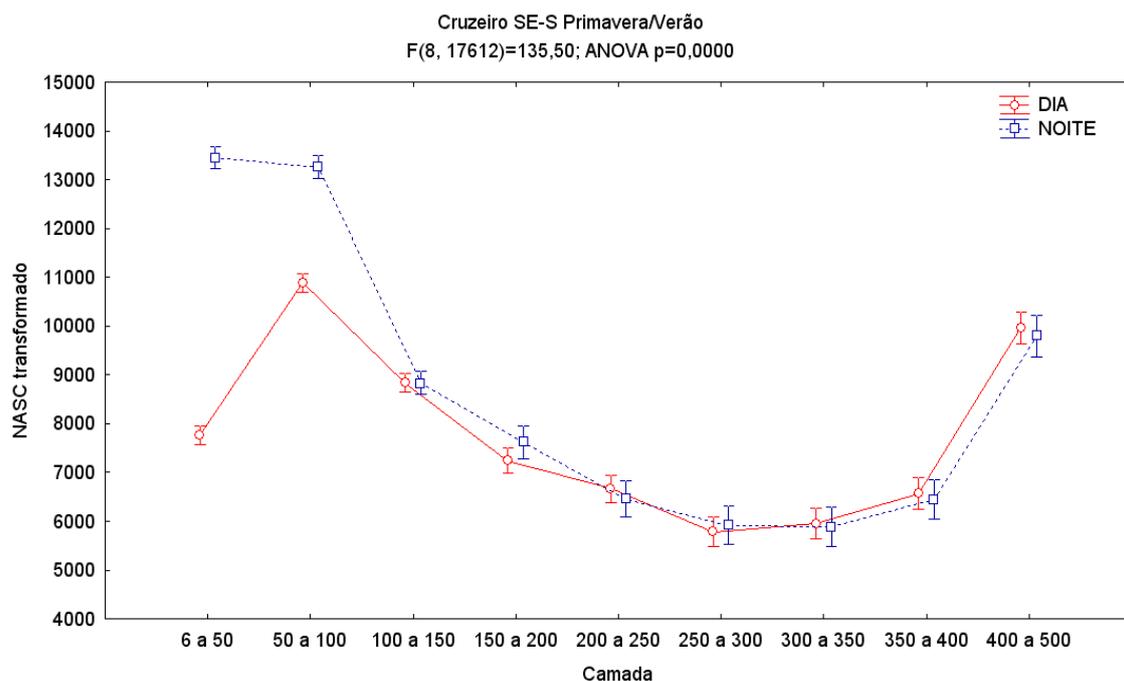
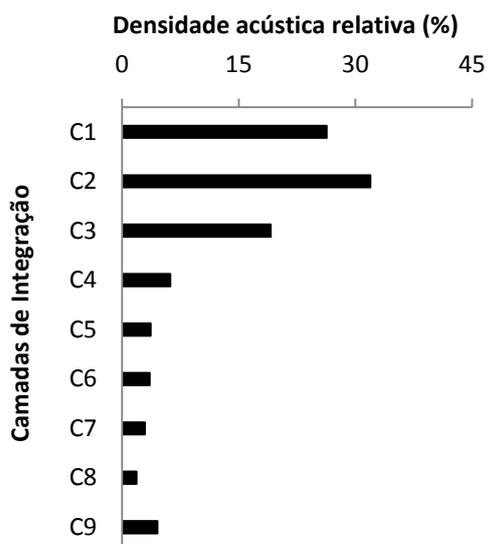


Figura 29 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

O cruzeiro SE-S Primavera/Verão apresentou uma maior densidade acústica relativa na camada 2 (50 a 100 m), a partir da qual decresceu até a última camada (400 a 500 m), quando há um pequeno aumento da densidade, em um padrão similar ao observado nos cruzeiros anteriores. Cerca de 77% da densidade acústica total integrada ao longo do cruzeiro esteve concentrada nos primeiros 150 m da coluna de água (Figura 30A).

Quando se analisa os dados separados por período do dia se observa aumento de NASC nas camadas superiores (camadas 1 e 2, 6 a 100 m de profundidade), e diminuição nas camadas imediatamente inferiores aos 100 m de profundidade, no período noturno (Figura 30B).

A



B

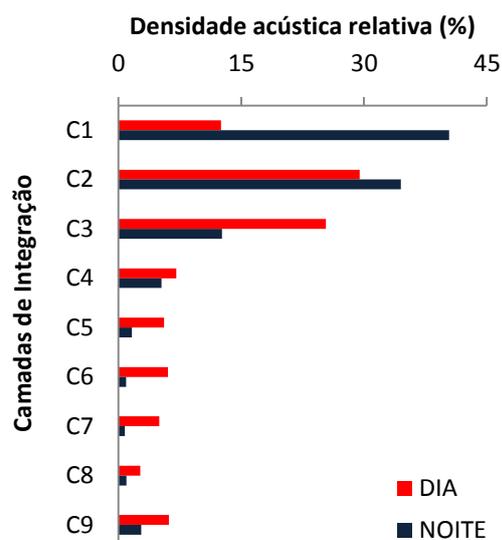


Figura 30 – Representatividade em densidade acústica por camada de integração total (A) e por período do dia (B).

Conforme procedimento adotado para os cruzeiros anteriores, os dados foram separados em dois grupos, o primeiro em que as camadas de integração ocorrem sobre a plataforma, e o segundo aqueles em que as camadas ocorrem apenas em regiões mais profundas.

O resultado da análise dos dados que englobam aqueles em que as camadas de integração ocorrem sobre as três províncias consideradas (Plataforma, Talude Superior e Talude Inferior) indica um aumento significativo dos valores médios de densidade acústica nas duas primeiras camadas (6 a 100 m) nas províncias Plataforma, no período noturno. Nas províncias Talude Superior e Inferior o aumento da densidade acústica no período noturno é observado para as camadas de integração (6 a 200 m) e para as três primeiras (6 a 150 m), respectivamente.

Na província Plataforma, camadas 3 e 4 são observados valores médios de densidade acústica mais elevados durante o dia e iguais, respectivamente, quando comparados os períodos diurno e noturno (Figura 31). O padrão descrito evidencia o aumento da biomassa nas camadas superiores da coluna de água durante o período noturno por consequência do movimento de

migração nictemeral dos organismos. A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 7,4% da variabilidade dos valores de densidade acústica, seguida pela variável período do dia que explicou 5,8% (Tabela 19).

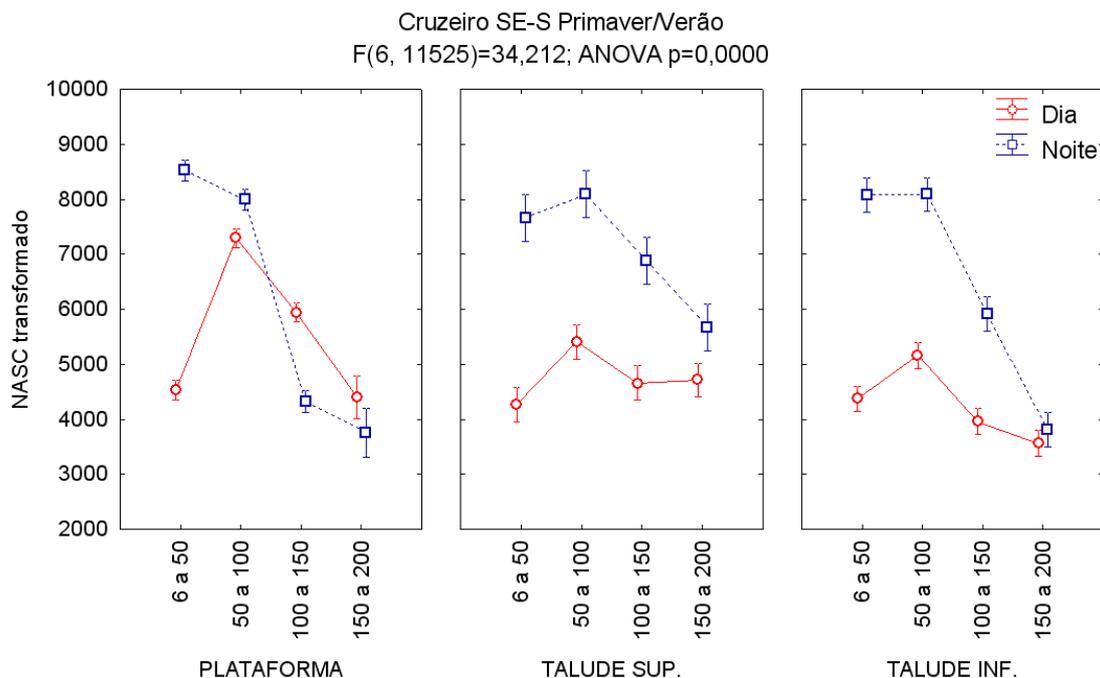


Figura 31 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 19 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$7,53 * 10^9$	3	$2,51 * 10^9$	306,95	0,0000	0,074
Província	$5,28 * 10^8$	2	$2,64 * 10^8$	32,29	0,0000	0,006
Período	$5,81 * 10^9$	1	$5,81 * 10^9$	711,30	0,0000	0,058
Camada*Província	$1,05 * 10^9$	6	$1,75 * 10^8$	21,42	0,0000	0,011
Camada*Período	$3,55 * 10^9$	3	$1,18 * 10^9$	144,86	0,0000	0,036
Província*Período	$1,43 * 10^9$	2	$7,15 * 10^8$	87,48	0,0000	0,015
Camada*Província*Período	$1,68 * 10^9$	6	$2,80 * 10^8$	34,21	0,0000	0,017
Erro	$9,42 * 10^{10}$	11525	$8,17 * 10^6$			

A análise do grupo, representado apenas pelas camadas de integração mais profundas da coluna de água sobre locais com maior profundidade local, indicou diferenças significativas ($p < 0,001$) na densidade acústica média quando consideradas as diferentes camadas, períodos do dia e províncias oceanográficas. Analisando-se apenas a província Talude Superior se observa valores de densidade acústica média mais elevados no período diurno em todas as camadas de integração. No Talude Inferior ocorre uma inversão dessa tendência, com valores de densidade acústica média mais elevados no período noturno, indicando o movimento vertical ascendente de organismos provenientes de camadas mais profundas do que 500 m (Figura 32). O efeito conjunto das variáveis camada e província respondeu por 4,6% da variabilidade dos valores de densidade acústica (Tabela 20).

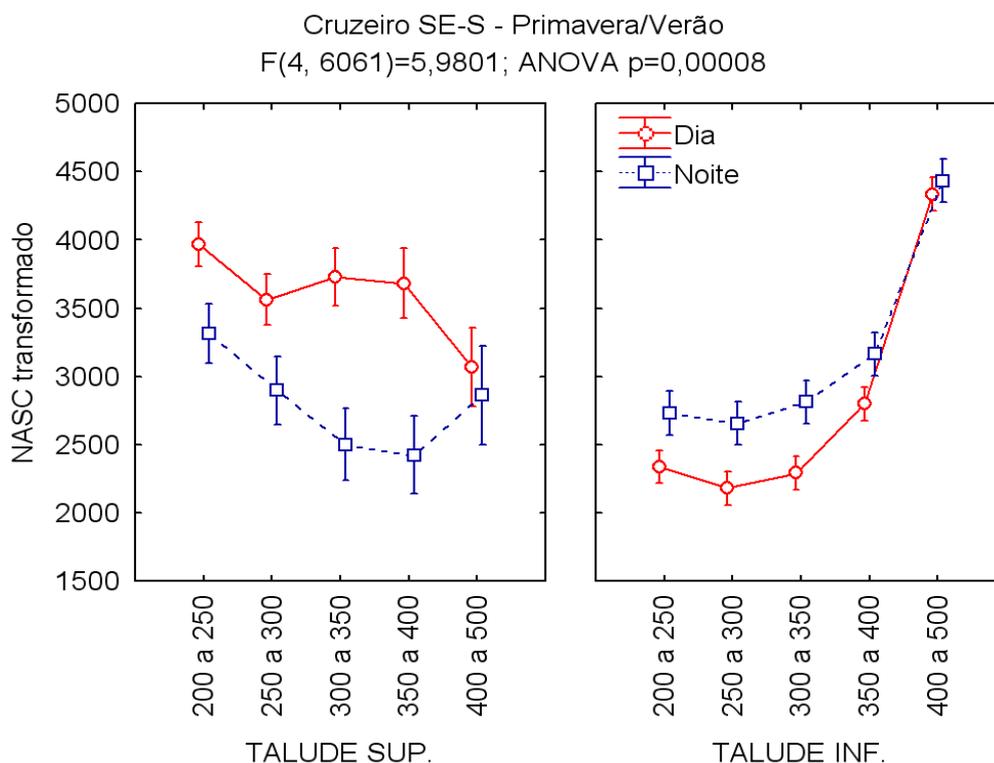


Figura 32 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às cinco últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro SE-S realizado na Primavera/Verão de 1997. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 20 – Resultados da análise estatística ANOVA (5x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η ² parcial
Camada	2,96 * 10 ⁸	4	7,39 * 10 ⁷	33,90	0,0000	0,022
Província	5,13 * 10 ⁷	1	5,13 * 10 ⁷	23,56	0,0000	0,004
Período	4,61 * 10 ⁷	1	4,61 * 10 ⁷	21,15	0,0000	0,003
Camada*Província	6,43 * 10 ⁸	4	1,61 * 10 ⁸	73,75	0,0000	0,046
Camada*Período	2,28 * 10 ⁷	4	5,70 * 10 ⁶	2,62	0,0333	0,002
Província*Período	3,41 * 10 ⁸	1	3,41 * 10 ⁸	156,57	0,0000	0,025
Camada*Província*Período	5,21 * 10 ⁷	4	1,30 * 10 ⁷	5,98	0,0001	0,004
Erro	1,32 * 10 ¹⁰	6061	2,18 * 10 ⁶			

O resultado da análise exploratória de componentes principais (ACP) considerando o conjunto total de dados do cruzeiro SE-S Primavera/Verão indica que 48,57% da variância dos dados é explicada por duas componentes principais.

As variáveis CI, Tm, e NASC formaram um grupo associado à componente 1, à qual explica 26,30% da variância total dos dados. As variáveis TSM, CLO e LL formaram um segundo grupo, associado à componente 2, responsável por explicar 22,27% da variância dos dados. As variáveis Período e CVt apresentaram associação fraca tanto com a componente 1 quanto com a 2, indicando que as mesmas não foram bem representadas no plano formado pelas componentes consideradas (Tabela 21).

Tabela 21 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro SE-S Outono. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.

	Componente 1	Componente 2
Período	-0,035	-0,273
P	0,530	-0,260
TSM	0,447	0,765
CLO	-0,450	-0,512
LL	-0,296	-0,842
CI	0,871	-0,349
Tm	-0,765	0,338
CVt	-0,176	0,056
NASC	-0,468	0,259
Auto valores	2,367	2,005
Variância explicada (%)	26,296	22,273

Obs.: P = profundidade local; TSM = temperatura da superfície do mar; CLO = concentração de clorofila-a; LL = [latitude+longitude]; CI = camada de integração; Tm = temperatura média da camada; CVt = coeficiente de variação da temperatura da camada; NASC = densidade acústica

A disposição dos vetores das variáveis no sistema de eixos representativos das componentes 1 e 2 permite inferir que há correlação positiva de NASC com Tm, negativa com P e CI, e independência em relação à LL, TSM e CLO.

O padrão de correlação observado entre as variáveis LL, TSM e CLO foi o mesmo descrito pra o cruzeiro de Outono, com alta correlação positiva entre LL e CLO, e negativa destas em relação à TSM, indicando que valores mais elevados de concentração de clorofila-a foram observados quando a TSM é menor e ao sul da área de estudo (Figura 33).

O calculo das correlações de Pearson entre NASC e cada uma das variáveis, par a par, indica que a variável CI foi a que apresentou a maior correlações com NASC respondendo, isoladamente, por 11% da variabilidade da densidade acústica (Tabela 22).

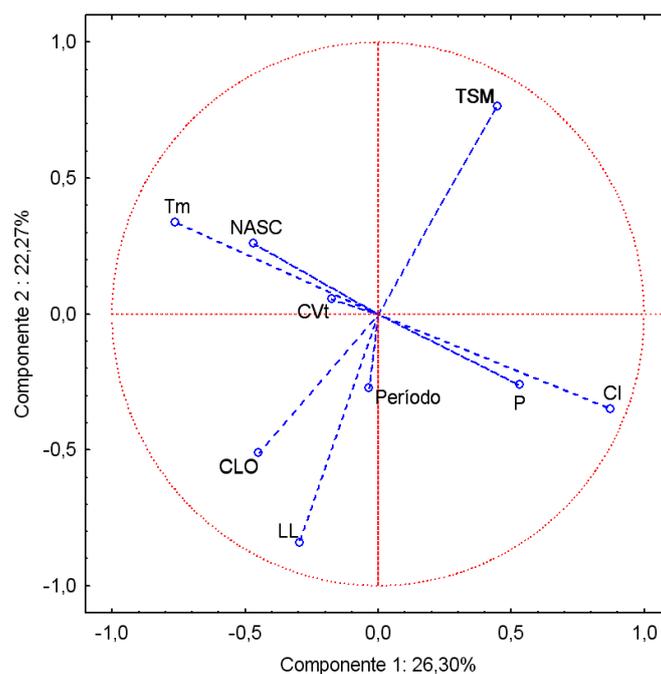


Figura 33 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão.

Tabela 22 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R²).

	Período	P	TSM	CLO	LL	CI	Tm	CVt
NASC (R)	-0,16	-0,22	-0,03	0,06	-0,02	-0,33	0,22	0,24
Coeficiente de determinação (R ²)	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,11	0,05	0,06

Ilustrativamente, são apresentados os mapas de média mensal de TSM e concentração de clorofila-a pra os meses de novembro e dezembro de 1997, período no qual foi realizado o cruzeiro SE-S Outono. Sobrepõe-se às figuras a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro.

No mês de novembro se observa um predomínio da água tropical (TSM > 21°C) cobrindo a plataforma, o talude e a região oceânica do extremo norte da área de estudo até a altura da Ilha de Santa Catarina. A partir dessa latitude, sobre a plataforma interna, se observam águas com valores mais baixos de TSM (18 – 19°C) e a água de origem tropical continua ocorrendo sobre a plataforma externa, talude e região oceânica aumentando

gradualmente a sua distância da costa para o sul. A plataforma continental e o talude da costa do Rio Grande do Sul apresentam-se ocupados por águas com TSM de ordem de 18 a 20°C (Figura 34).

Para o mês de dezembro de 1997 se observa o mesmo padrão de distribuição espacial de TSM descrito para o mês de novembro, apenas com os valores do parâmetro mais elevados. Destaca-se ainda um núcleo de água relativamente mais fria sobre a plataforma e talude imediatamente ao norte do Cabo Frio (RJ), perceptível nas imagens dos dois meses (Figura 35).

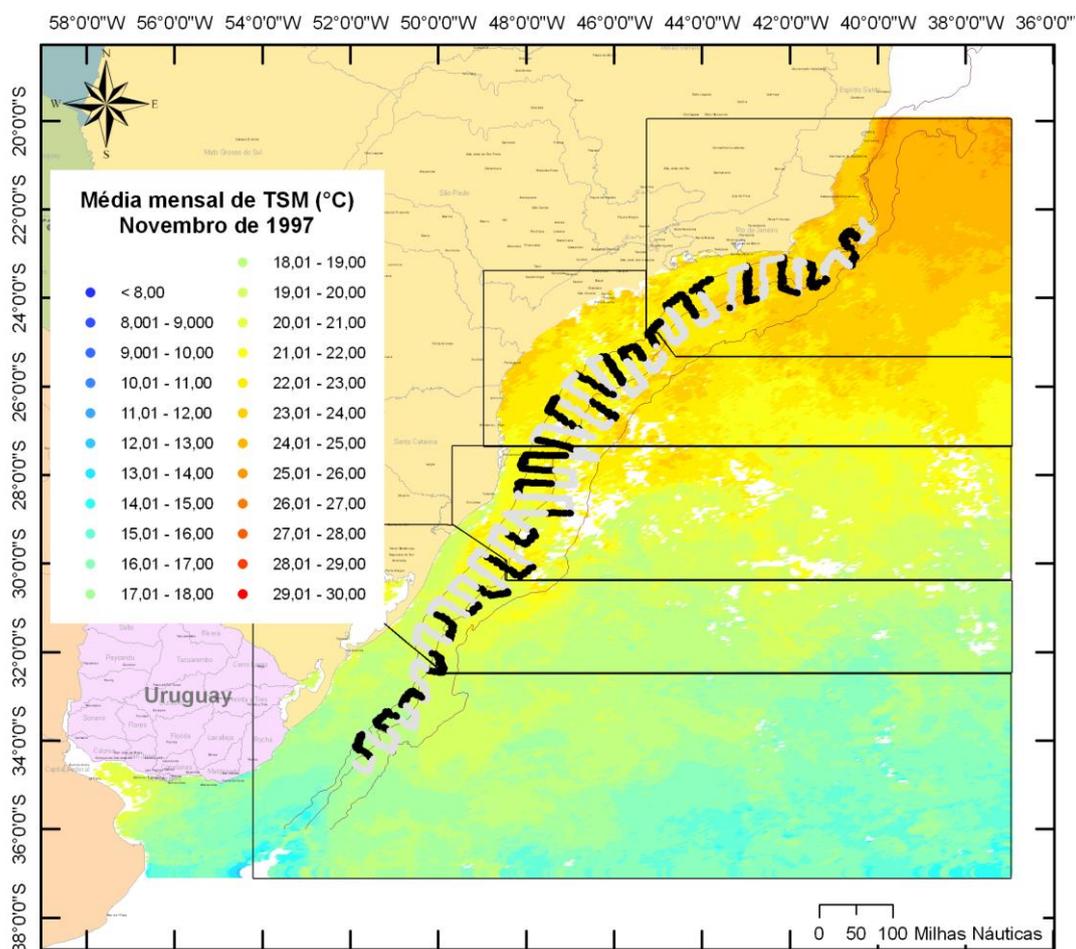


Figura 34 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de novembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

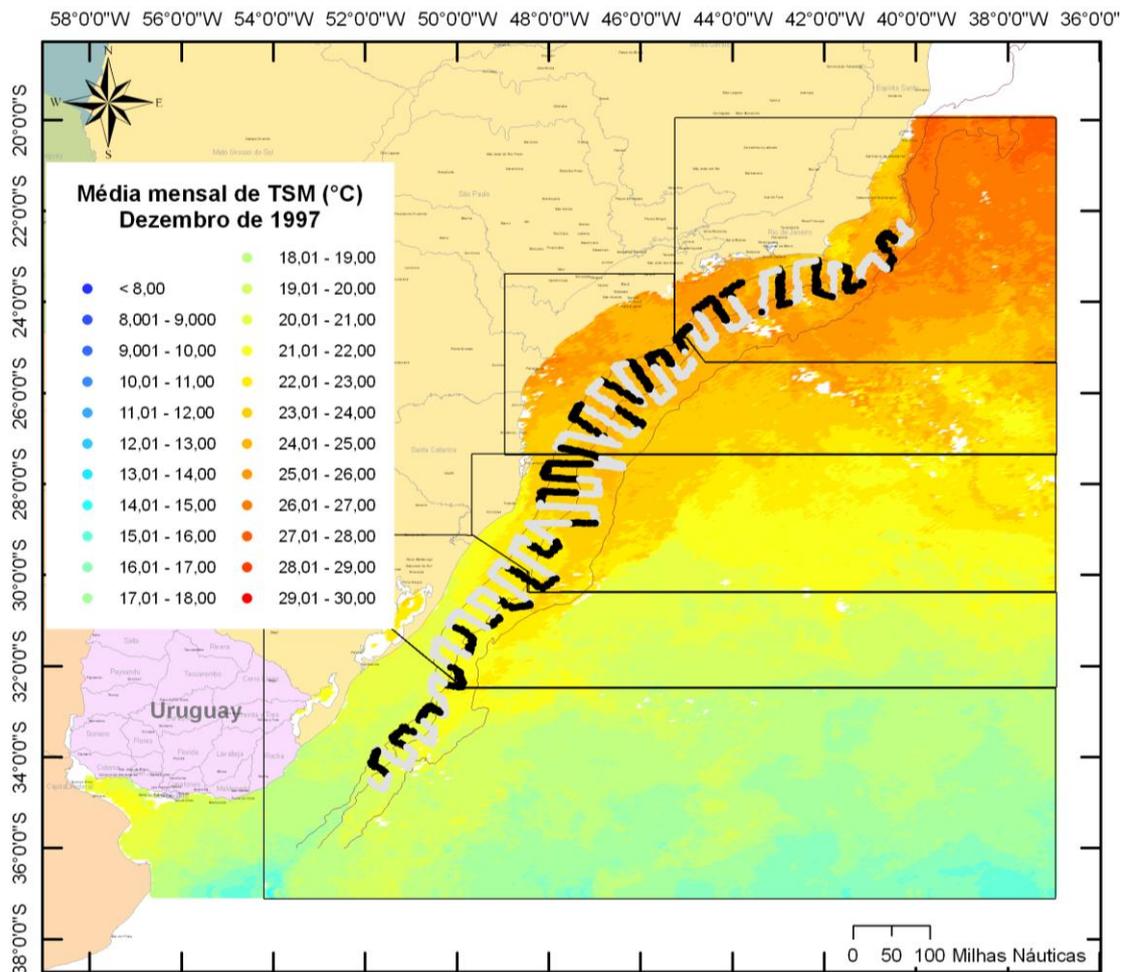


Figura 35 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de dezembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

A imagem de concentração de clorofila-a média mensal de novembro (Figura 36) evidencia três áreas de enriquecimento localizado bem definidas sobre a plataforma continental, na parte norte da área de estudo: 1) em frente ao Cabo de São Tomé, estendendo-se para sul; 2) em frente e à oeste da Baía de Guanabara; e 3) imediatamente a sudeste da Ilha de São Sebastião (SP).

A partir daí para o sul, se observa uma faixa estreita e contínua, junto à costa, de valores máximos de concentração de clorofila-a. Esta faixa alarga-se gradualmente a partir do Cabo de Santa Marta Grande (SC) para o sul,

especialmente ao sul da desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande (RS).

Um padrão similar é observado para o mês de dezembro sendo que, no entanto, as áreas de enriquecimento localizado do norte tornam-se menos evidentes (Figura 37).

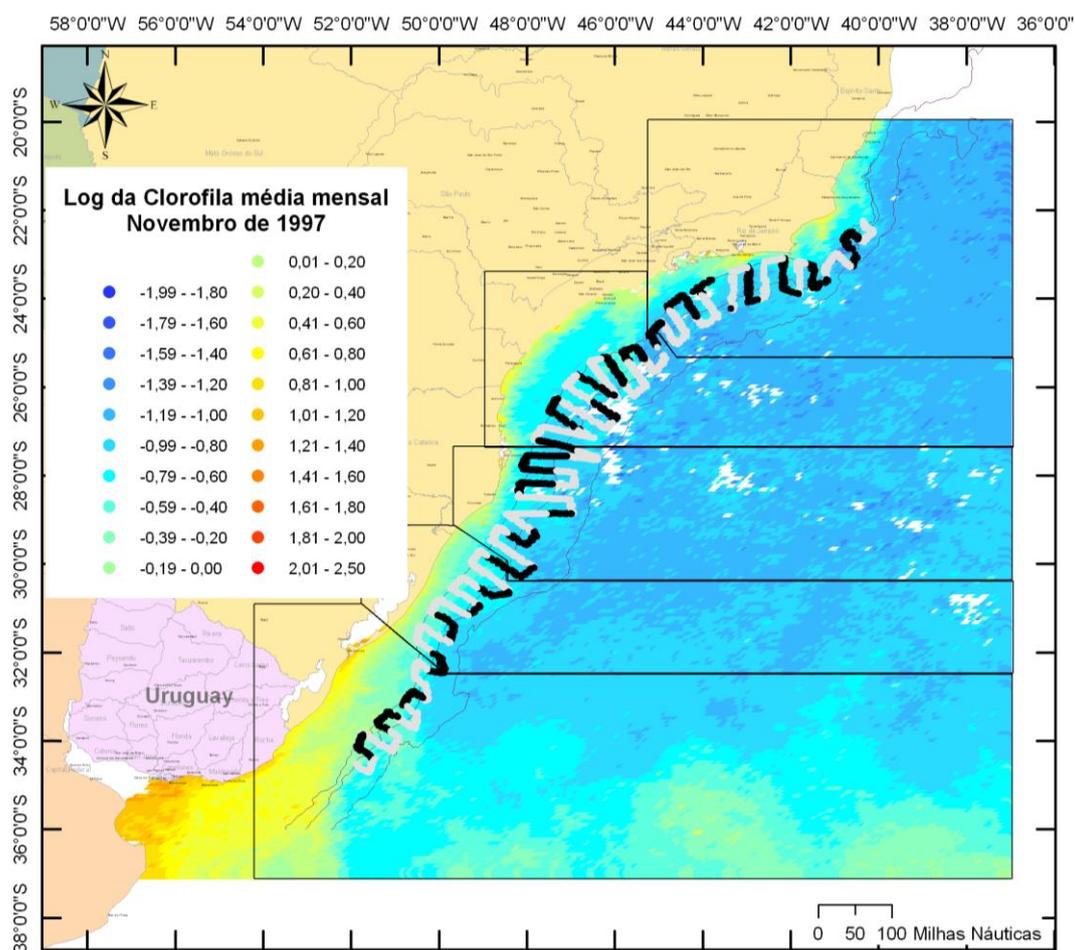


Figura 36 – Distribuição de concentração de clorofila-a média mensal, do mês de novembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

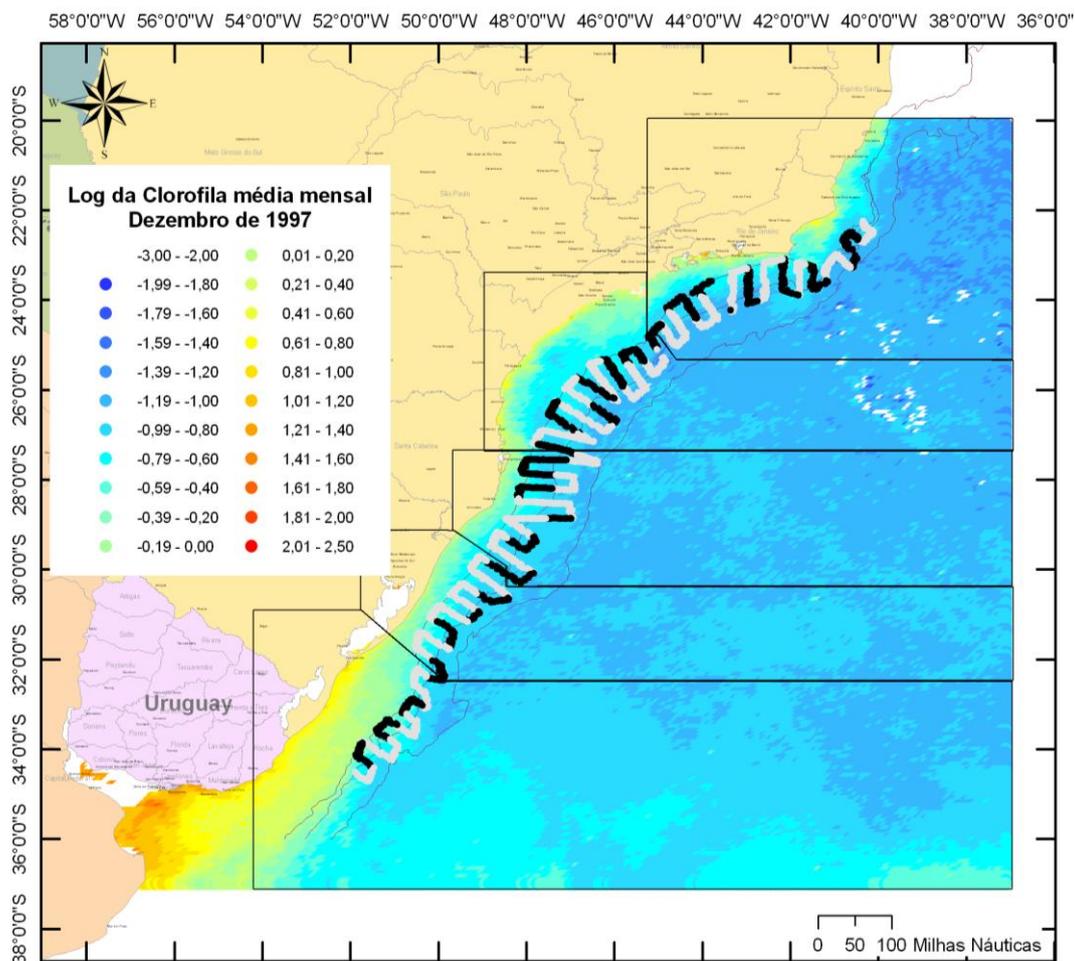


Figura 37 – Distribuição de concentração de clorofila-a média mensal, do mês de dezembro de 1997, ao longo da área de cobertura do cruzeiro SE-S Primavera/Verão. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

No período de realização do cruzeiro SE-S Primavera/Verão a TSM média foi de 23,25°C, com um coeficiente de variação de 4,3%, calculados a partir dos valores de TSM correspondentes a cada milha náutica prospectada, ao longo de toda a região.

A distribuição espacial dos valores de densidade acústica total ao longo da área de estudo, sobrepostos aos dados satelitais de valores médios semanais de TSM (Figura 38) e concentração de clorofila-a (Figura 39), correspondentes a cada período de 8 dias, indica que o acúmulo de biomassa

da área norte, observado nos cruzeiros de Inverno e Outono, também ocorre no cruzeiro de Primavera/Verão.

Neste cruzeiro os valores máximos de densidade acústica total apresentam-se mais bem distribuídos ao longo da área de estudo, do que nos dois cruzeiros anteriores.

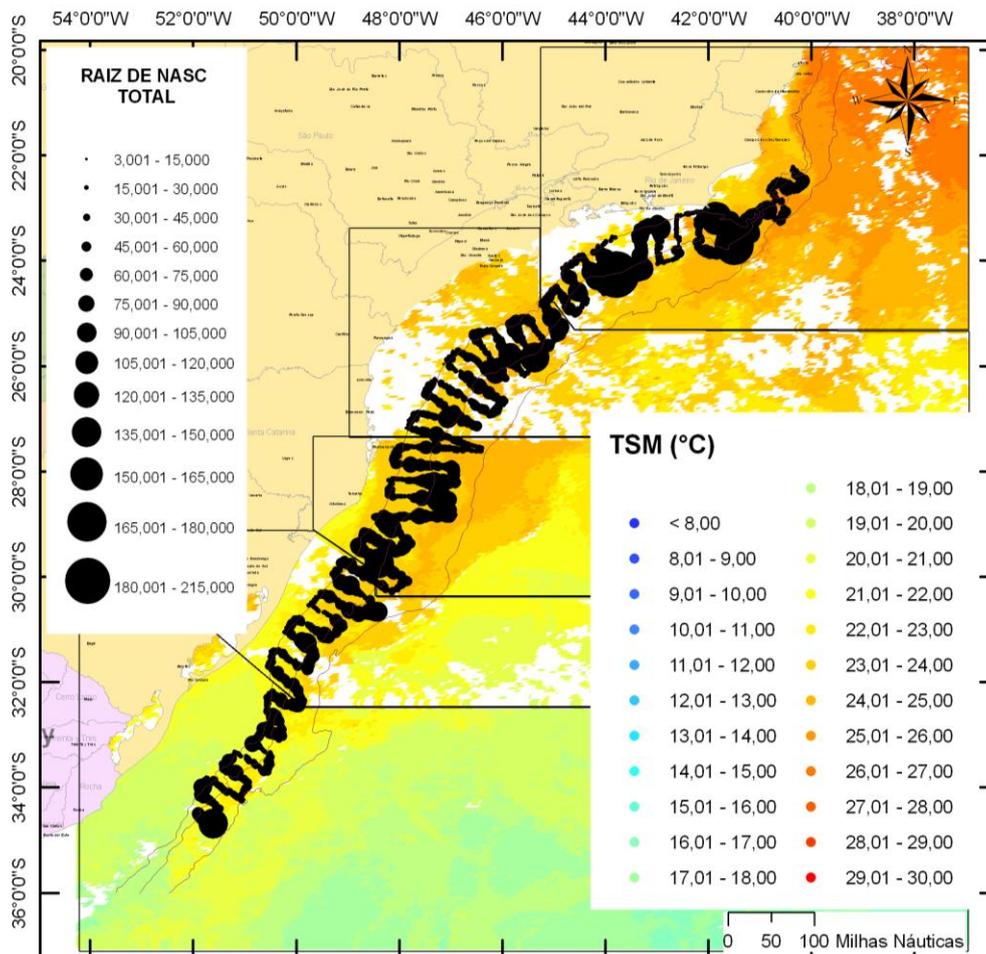


Figura 38 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

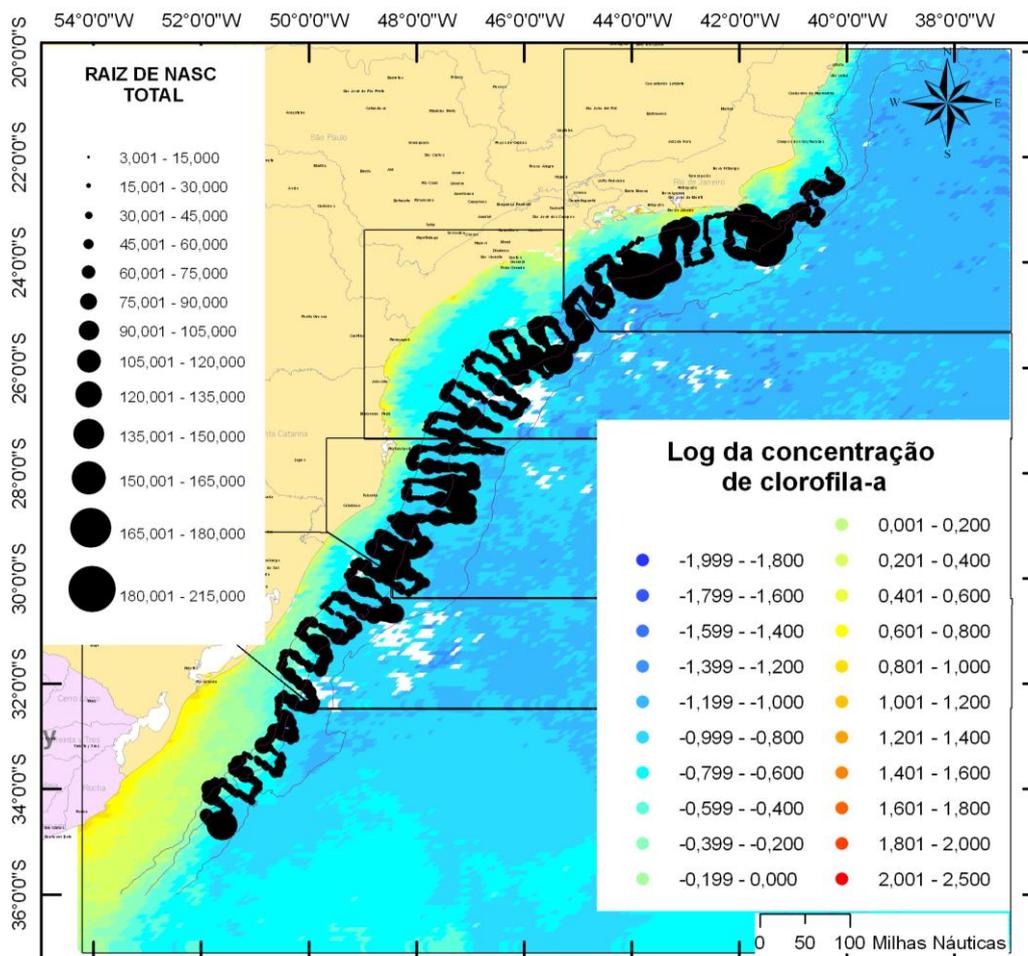


Figura 39 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 100, 200 e 2000m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

3.4. Cruzeiro Central – Outono/Inverno

A análise dos dados de NASC total indica diferença estatística significativa ($p < 0,001$) do parâmetro em relação ao período do dia e província oceanográfica. Para os dados coletados no período diurno não houve diferença significativa entre as províncias Plataforma e Talude Superior, enquanto que no Talude Inferior a densidade acústica total média foi mais baixa. No período noturno observa-se um aumento significativo dos valores médios de NASC na Plataforma e no Talude Inferior. Com o incremento de NASC médio observado para a província Talude Inferior no período noturno, o mesmo se equipara às províncias Plataforma e Talude Superior (Figura 40).

Apesar de significativas, as diferenças observadas em termos de densidade acústica média foram pouco explicadas pelas variáveis independentes avaliadas, sendo que a província e o período do dia contribuíram, isoladamente, para explicar 2,7 e 1,7% das mesmas, respectivamente (Tabela 23).

A análise dos dados de NASC total por camadas de integração, por período do dia, indicou diferenças significativas ($p < 0,001$), apresentando um padrão decrescente do parâmetro das camadas superiores para as camadas mais profundas, com as maiores densidades concentradas nas camadas 1, 2 e 3 (6 a 150 m), seguido de um aumento gradual para as camadas 8 e 9 (350 a 500 m) (Figura 41). A variável camada de integração, isoladamente, apresentou um nível de explicabilidade das diferenças observadas nos dados de NASC (η^2 parcial) de 39%.

Cruzeiro Central Outono/Inverno
 $F(2, 3939)=11,930$; ANOVA $p=0,00001$

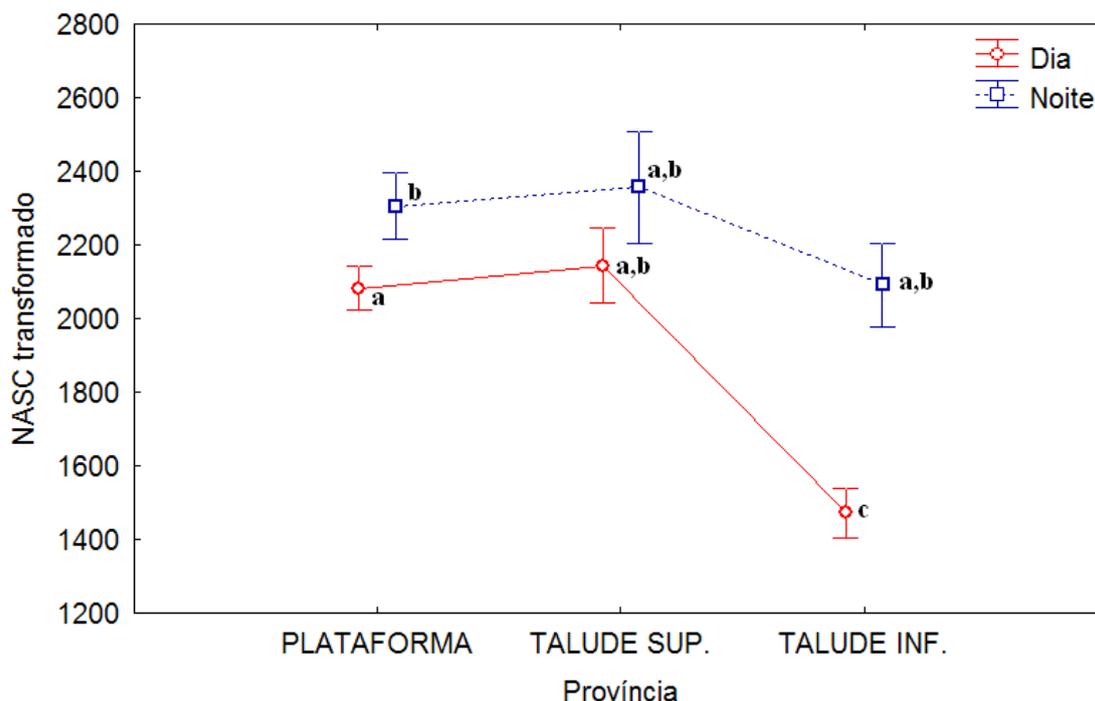


Figura 40 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central realizado no Outono/Inverno de 1999. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 23 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Província	$1,33 * 10^8$	2	$6,63 * 10^7$	55,35	0,000000	0,027
Período	$8,34 * 10^7$	1	$8,34 * 10^7$	69,61	0,000000	0,017
Província*Período	$2,86 * 10^7$	2	$1,43 * 10^7$	11,93	0,000007	0,006
Erro	$4,72 * 10^9$	3939	$1,20 * 10^6$			

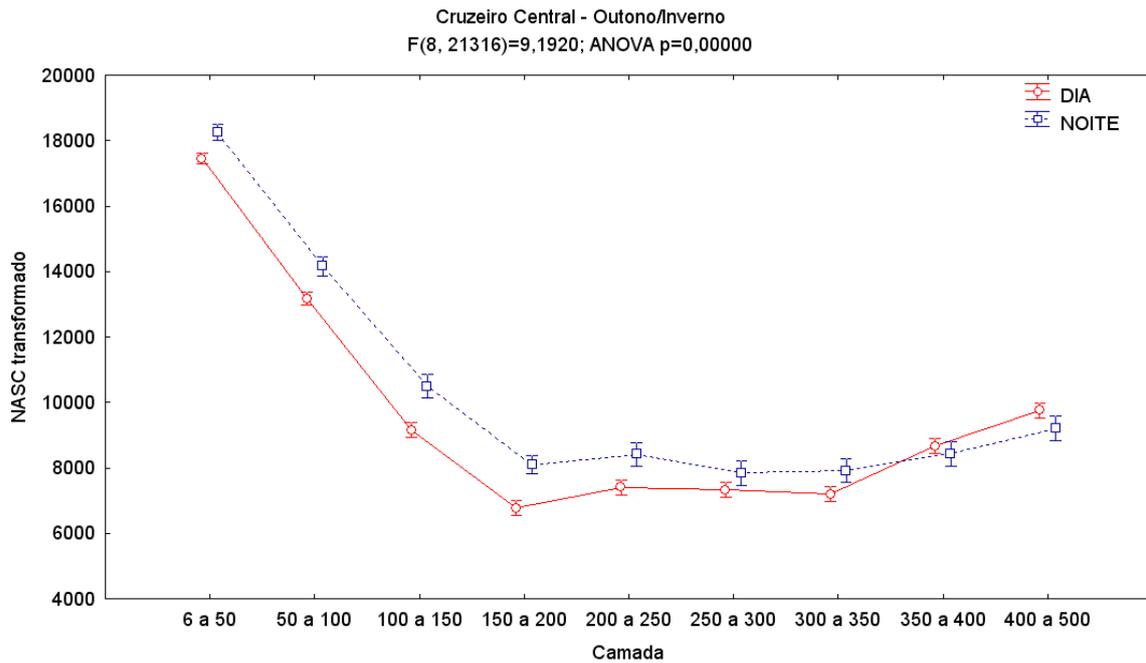


Figura 41 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro Central, realizado no Outono/Inverno de 1999. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

O cruzeiro Central apresentou uma maior densidade acústica relativa na camada 1 (6 a 50 m), a partir da qual decresceu gradualmente até a camada 5 (200 a 250 m) onde se observa uma pequena elevação da densidade. Segue-se a isso um novo decréscimo até a última camada (400 a 500 m). Cerca de 68% da densidade acústica total integrada ao longo do cruzeiro esteve concentrada nos primeiros 150 m da coluna de água (Figura 42A).

Quando se analisa os dados separados por período do dia se observa um aumento mais evidente da densidade acústica nas camada 1 (6 a 50 m) e 9 (400 a 500 m), no período noturno (Figura 42B).

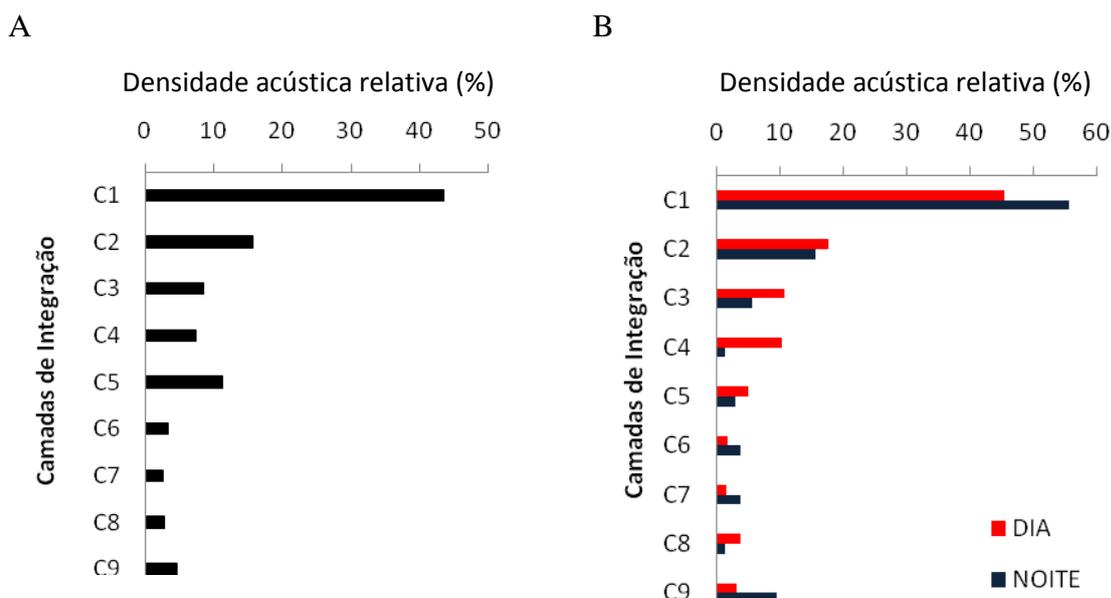


Figura 42 – Representatividade em densidade acústica por camada de integração total (A) e por período do dia (B).

Conforme procedimento adotado para os cruzeiros realizados na região SE-S, os dados foram separados em um grupo em que as camadas de integração ocorrem sobre a plataforma, e outro em que as camadas ocorrem apenas em regiões mais profundas.

O resultado da análise dos dados que englobam aqueles em que as camadas de integração ocorrem sobre as três províncias consideradas (Plataforma, Talude Superior e Talude Inferior) indica um aumento significativo no período noturno dos valores médios de densidade acústica na primeira camada (6 a 50 m), para todas as províncias oceanográficas. No Talude inferior este aumento ocorreu também na segunda camada (50 a 100 m) (Figura 43). O padrão descrito evidencia o aumento da biomassa nas camadas superiores da coluna de água durante o período noturno por consequência do movimento de migração nictemeral dos organismos. A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 18,8% da variabilidade dos valores de densidade acústica, seguida pela variável província que explicou 4,7% (Tabela 24).

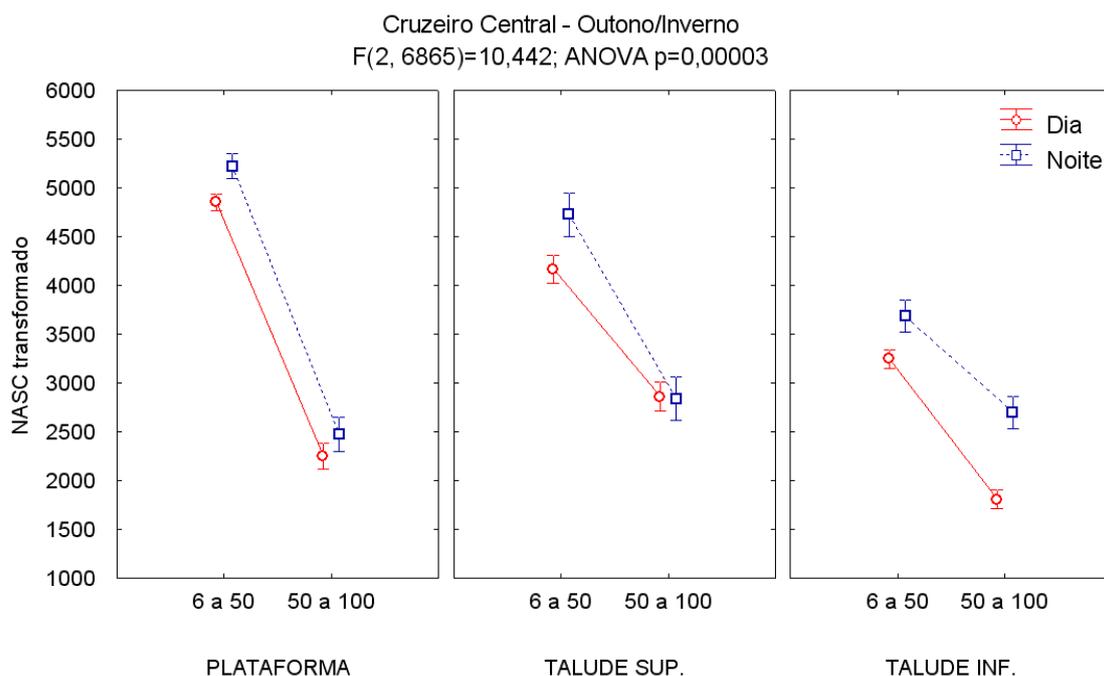


Figura 43 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às duas primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central, realizado no Outono/Inverno de 1999. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 24 – Resultados da análise estatística ANOVA (2x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Central.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$4,11 * 10^9$	1	$4,11 * 10^9$	1588,95	0,00000	0,188
Província	$8,81 * 10^8$	2	$4,40 * 10^8$	170,36	0,00000	0,047
Período	$2,07 * 10^8$	1	$2,07 * 10^8$	79,90	0,00000	0,012
Camada*Província	$5,98 * 10^8$	2	$2,99 * 10^8$	115,64	0,00000	0,033
Camada*Período	$2,65 * 10^6$	1	$2,65 * 10^6$	1,03	0,31137	0,000
Província*Período	$4,60 * 10^7$	2	$2,30 * 10^7$	8,90	0,00014	0,003
Camada*Província*Período	$5,40 * 10^7$	2	$2,70 * 10^7$	10,44	0,00003	0,003
Erro	$1,77 * 10^{10}$	6865	$2,59 * 10^6$			

A análise do grupo, representado apenas pelas camadas de integração mais profundas da coluna de água sobre locais com maior profundidade local, indicou diferenças significativas ($p < 0,01$) na densidade acústica média quando consideradas as diferentes camadas, períodos do dia e províncias

oceanográficas. Na província Talude Superior não há diferença entre os valores de densidade acústica média para nenhuma das camadas de integração consideradas, entre os períodos do dia. No Talude Inferior se observa valores de densidade acústica mais elevados no período noturno para as camadas de 100 a 350 m de profundidade, já para a camada de fundo (400 a 500 m) a densidade acústica média é menor no período noturno (Figura 44). A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 3,1% da variabilidade dos valores de densidade acústica (Tabela 25).

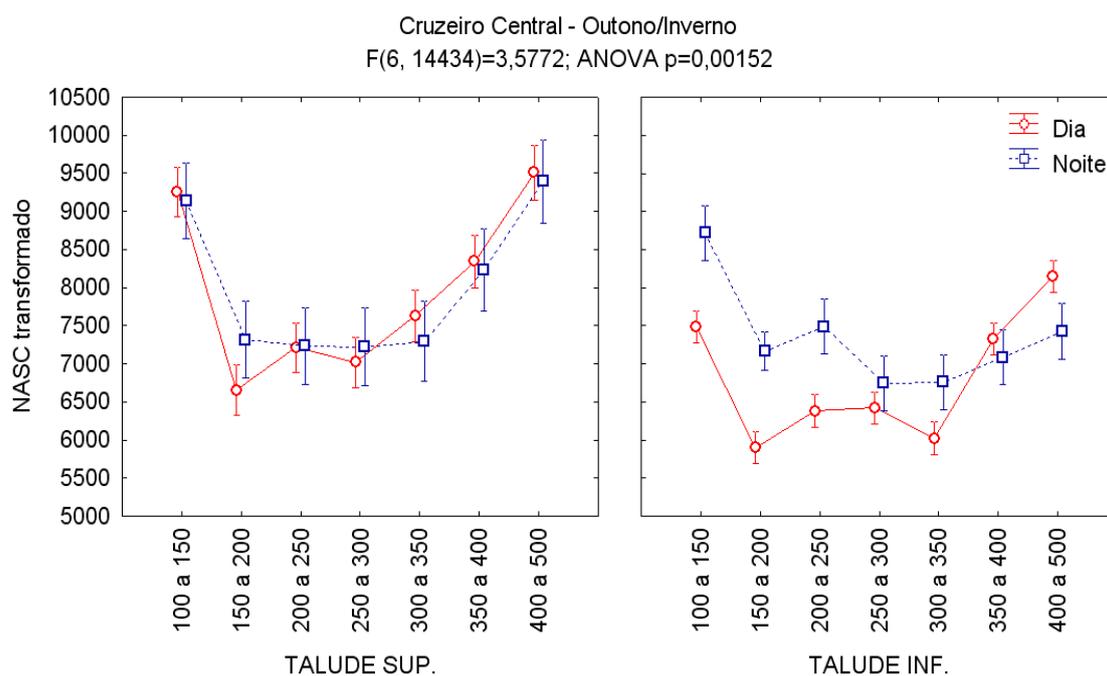


Figura 44 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às sete últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Central realizado no Outono/Inverno de 1999. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 25 – Resultados da análise estatística ANOVA (7x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Central.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η ² parcial
Camada	5,67 * 10 ⁹	6	9,45 * 10 ⁸	77,19	0,00000	0,031
Província	1,88 * 10 ⁹	1	1,88 * 10 ⁹	153,91	0,00000	0,011
Período	1,88 * 10 ⁸	1	1,88 * 10 ⁸	15,36	0,00009	0,001
Camada*Província	4,67 * 10 ⁸	6	7,78 * 10 ⁷	6,35	0,00000	0,003
Camada*Período	4,63 * 10 ⁸	6	7,72 * 10 ⁷	6,30	0,00000	0,003
Província*Período	1,52 * 10 ⁸	1	1,52 * 10 ⁸	12,42	0,00043	0,001
Camada*Província*Período	2,63 * 10 ⁸	6	4,38 * 10 ⁷	3,58	0,00152	0,001
Erro	1,77 * 10 ¹¹	14434	1,22 * 10 ⁷			

Para a análise exploratória de componentes principais (ACP) do cruzeiro Central, são consideradas as mesmas variáveis dos cruzeiros SE-S Outono e Primavera/Verão, exceto a soma em módulo das coordenadas geográficas, que neste caso perde o sentido lógico de deslocamento em virtude da orientação da costa e da prospecção sobre a cadeia Vitória-Trindade.

O resultado da análise exploratória de componentes principais (ACP) considerando o conjunto total de dados do cruzeiro Central indica que 48,92% da variância dos dados é explicada por duas componentes principais.

As variáveis CI, Tm, CVt e NASC formaram um grupo associado à componente 1, à qual explica 32,61% da variância total dos dados. As variáveis TSM e CLO formaram um segundo grupo, associado à componente 2, responsável por explicar 16,31% da variância dos dados. As variáveis Período e P apresentaram baixa associação tanto com a componente 1 quanto com a 2, indicando que as mesmas não foram bem representadas no plano formado pelas componentes consideradas (Tabela 26).

Tabela 26 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro Central. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.

	Componente 1	Componente 2
Período	0,007	-0,040
P	0,189	-0,211
TSM	0,124	-0,741
CLO	-0,249	0,756
CI	0,925	0,180
Tm	-0,903	-0,271
CVt	0,526	-0,178
NASC	-0,741	-0,004
Auto valores	2,609	1,305
Variância explicada (%)	32,611	16,311

Obs.: P = profundidade local; TSM = temperatura da superfície do mar; CLO = concentração de clorofila-a; CI = camada de integração; Tm = temperatura média da camada; CVt = coeficiente de variação da temperatura da camada; NASC = densidade acústica

A disposição dos vetores das variáveis no sistema de eixos representativos das componentes 1 e 2 permite inferir que há correlação positiva de NASC com Tm, negativa com CI e CVt, e independência em relação à TSM e CLO.

A alta correlação negativa entre NASC, CI e CVt confirma a concentração de biomassa nas camadas superiores e onde há uma menor variabilidade dos valores de temperatura média da camada.

O padrão de alta correlação negativa observado entre as variáveis TSM e CLO foi o mesmo descrito pra os cruzeiros SE-S, indicando que valores mais elevados de concentração de clorofila-a foram observados quando a TSM é menor (Figura 45).

O cálculo das correlações de Pearson entre NASC e cada uma das variáveis, par a par, indica que as variáveis CI, Tm e CVt apresentaram as maiores correlações com NASC respondendo, isoladamente, por 29, 26 e 14% da variabilidade da densidade acústica, respectivamente (Tabela 27).

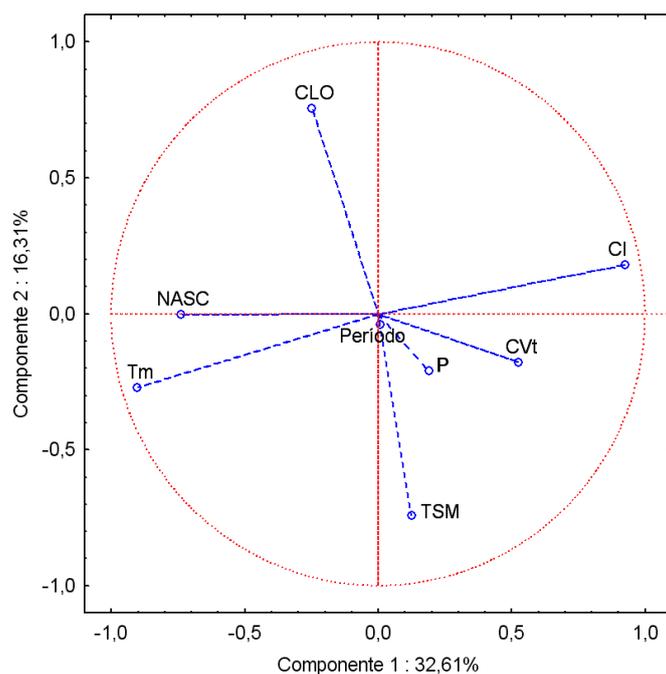


Figura 45 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro Central.

Tabela 27 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R²).

	Período	P	TSM	CLO	CI	Tm	CVt
NASC (R)	-0,02	0,04	-0,08	0,15	-0,54	0,51	-0,38
Coeficiente de determinação (R ²)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,29	0,26	0,14

No mês de maio se observa que a área de estudo é coberta por águas com alta TSM (26 – 28°C), sendo que águas com temperatura superficial relativamente mais frias (TSM < 24°C) são observadas sobre a plataforma continental no extremo sul da área (Figura 46).

No mês de junho se observa um avanço das águas com menores temperaturas superficiais para norte, alcançando a costa norte do Espírito Santo, nas regiões de plataforma, talude e oceânicas (Figura 47).

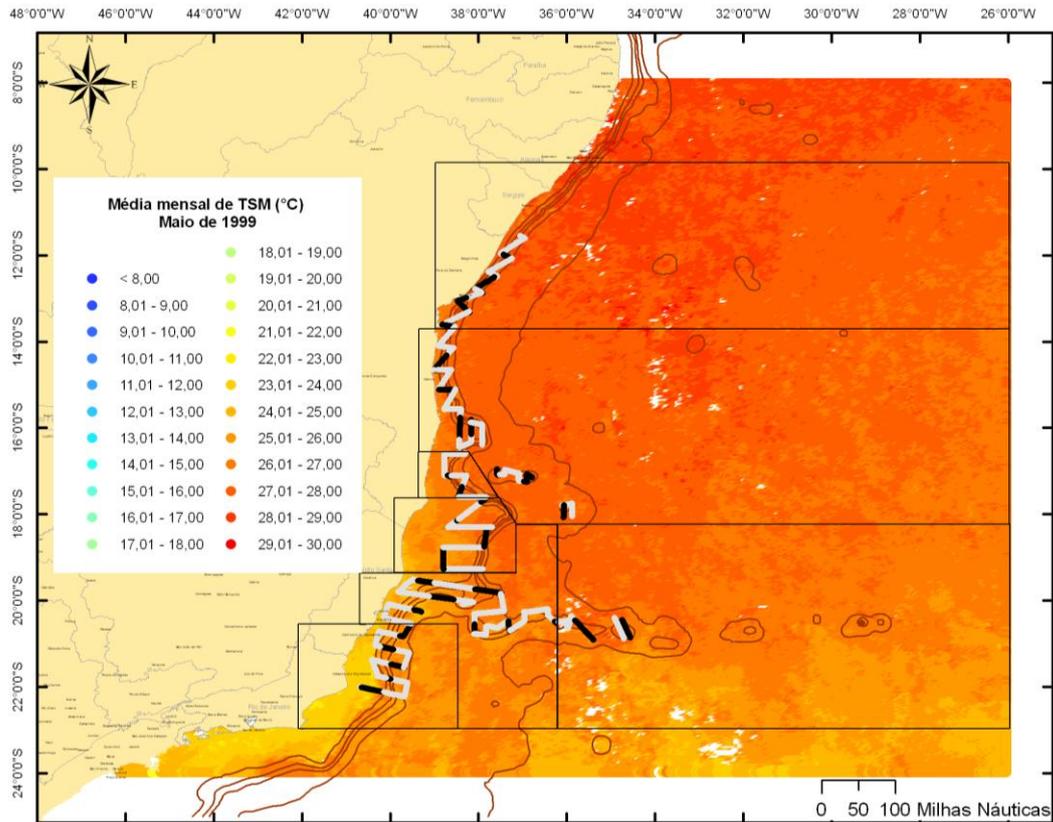


Figura 46 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de maio de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

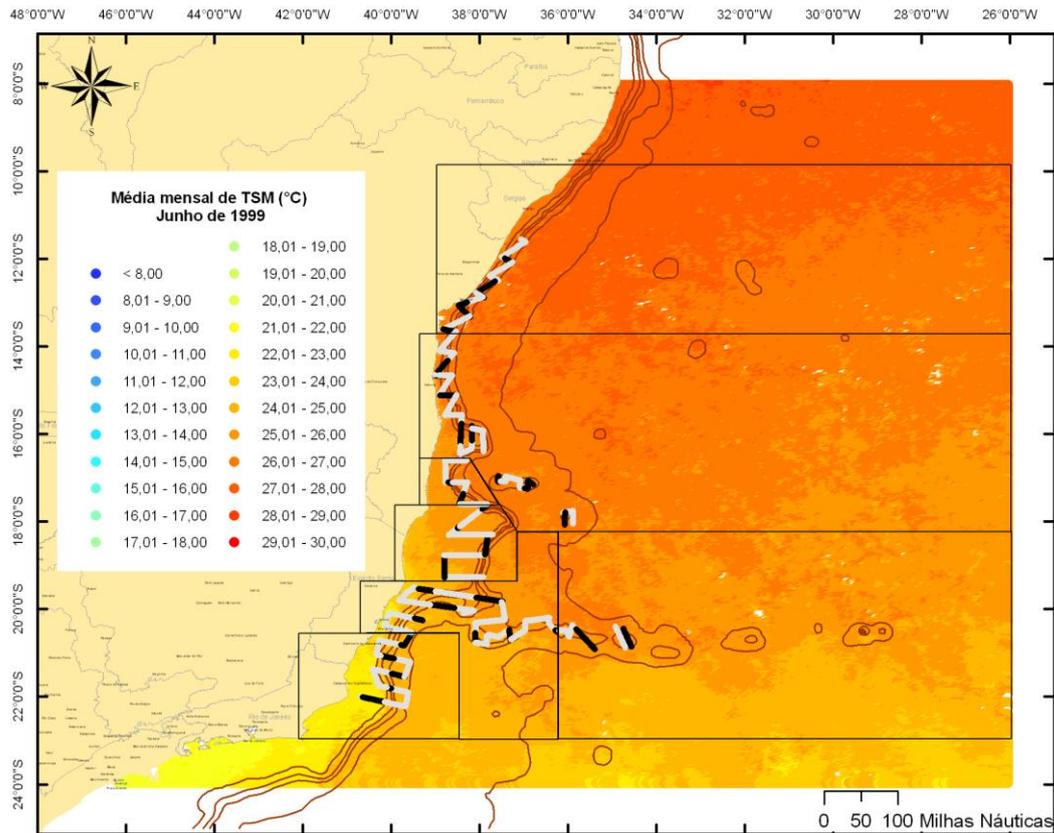


Figura 47 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de junho de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

Para a média mensal da concentração de clorofila-a se observam valores máximos na região do Cabo de São Tomé (RJ), ao longo da região costeira norte do Espírito Santo, sobre o Banco dos Abrolhos e na costa sul da Bahia, tanto para o mês de maio quanto para junho (Figuras 48 e 49, respectivamente).

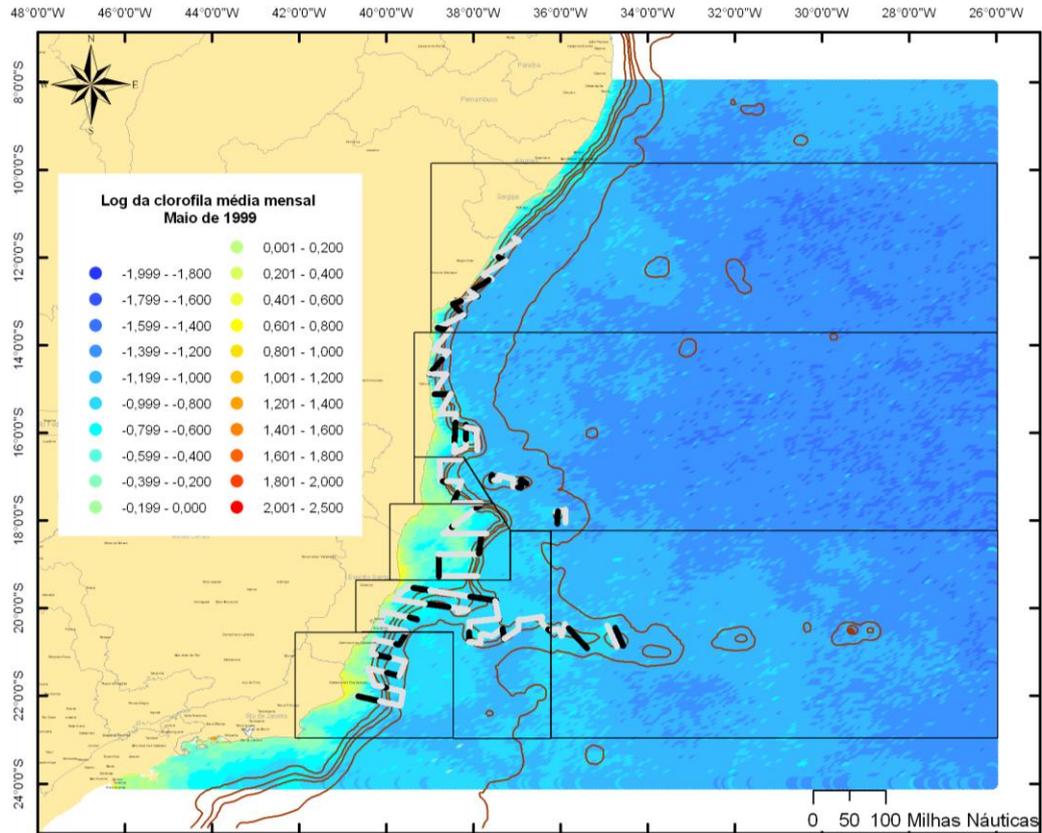


Figura 48 – Distribuição de clorofila média mensal, do mês de maio de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

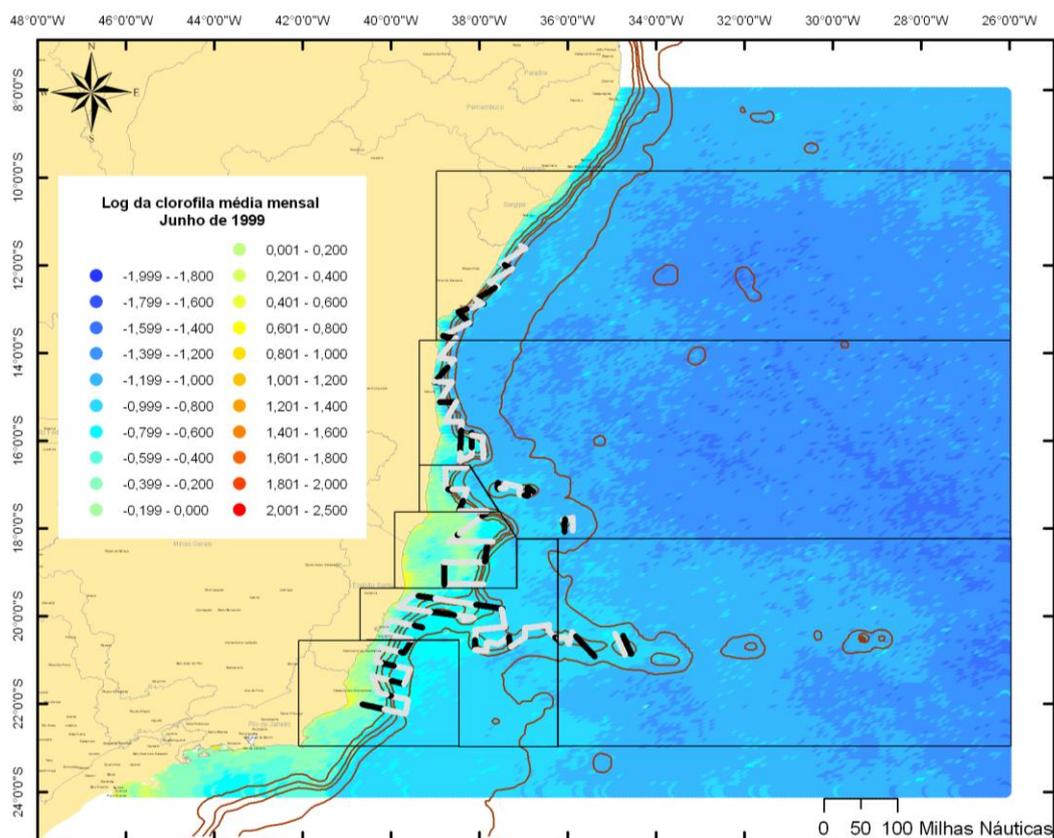


Figura 49 – Distribuição de clorofila média mensal, do mês de junho de 1999, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Central. As linhas em forma de letra grega representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

No período de realização do cruzeiro Central a TSM média foi de 25,38°C, com um coeficiente de variação de 3,7%, calculados a partir dos valores de TSM correspondentes a cada milha náutica prospectada, ao longo de toda a região.

Valores mais expressivos de densidade acústica total são observados nos extremos norte e sul da área de estudo, e imediatamente ao norte e ao sul do Banco dos Abrolhos, sobre a isóbata de 200 m (Figuras 50 e 51).

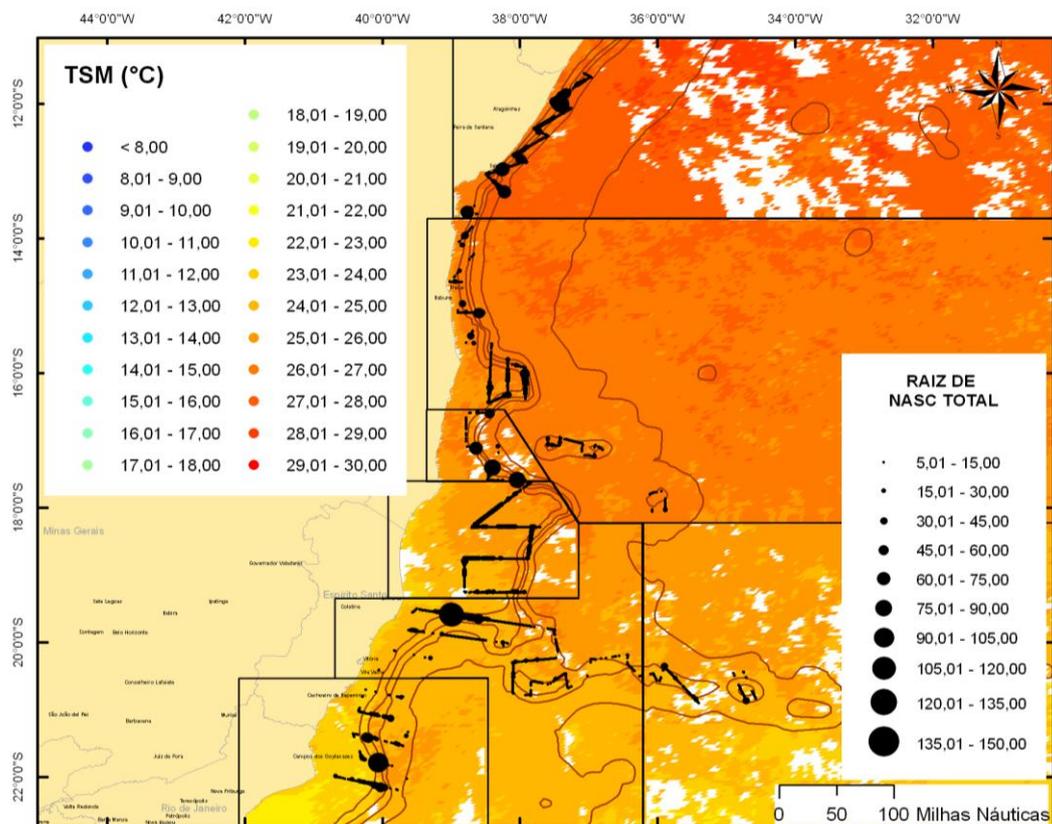


Figura 50 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

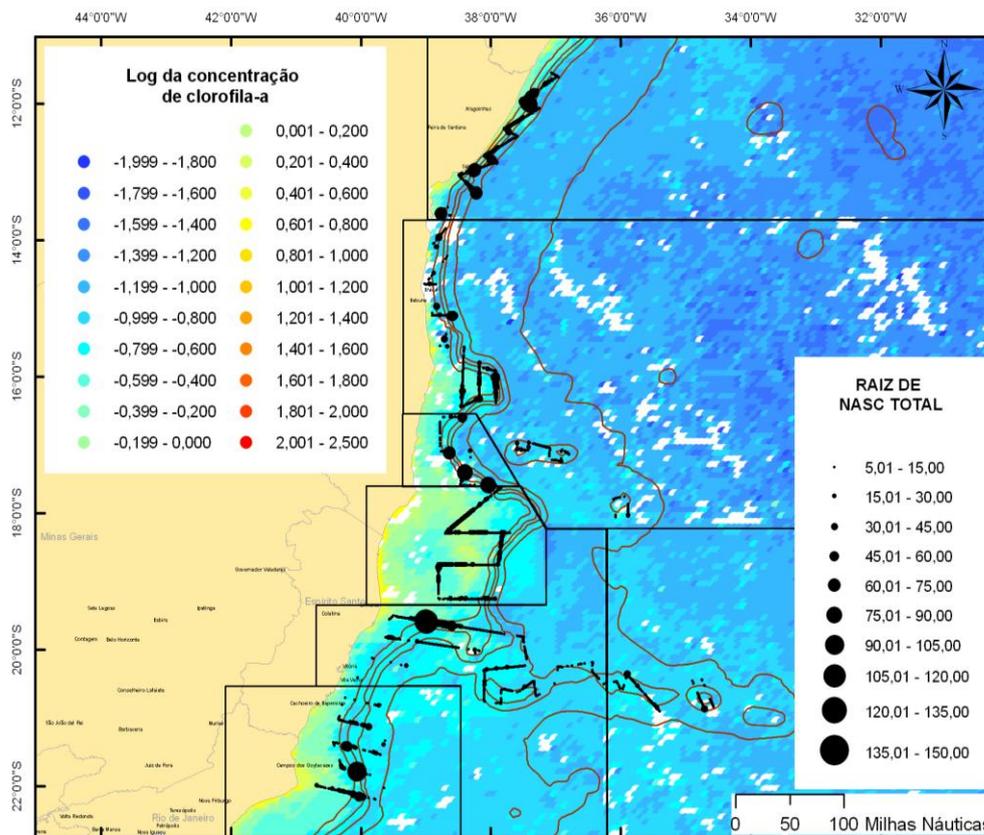


Figura 51 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As isóbatas apresentadas correspondem a 200, 600, 1.000, 2.000 e 4.000 m. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

3.5. Cruzeiros Nordeste – Outono

A análise dos dados de NASC total indica diferença estatística significativa ($p < 0,001$) do parâmetro em relação ao período do dia e província oceanográfica. Não houve diferença entre a densidade acústica média nas províncias Talude Superior e Talude Inferior, enquanto a província Plataforma apresentou valores mais baixos de densidade acústica média. Observa-se um aumento significativo dos dados de NASC total médio da noite em relação ao dia para todas as províncias (Figura 52).

As variáveis independentes Período e Província, independentemente, contribuíram para a explicação da variabilidade dos valores de densidade acústica total média em 22,3 e 19,4%, respectivamente (Tabela 28).

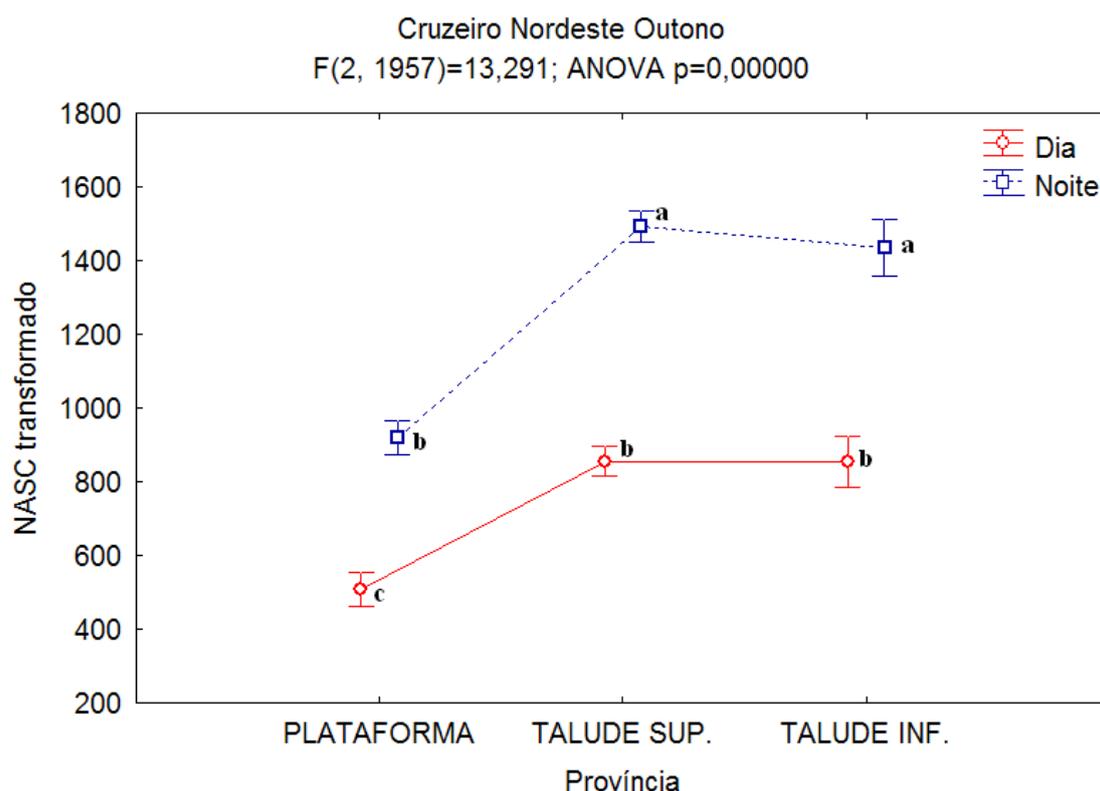


Figura 52 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste, realizado no Outono de 2004. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 28 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total, em função do período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Província	$9,49 * 10^7$	2	$4,75 * 10^7$	236,395	0,000000	0,194
Período	$1,13 * 10^8$	1	$1,13 * 10^8$	562,408	0,000000	0,223
Província*Período	$5,34 * 10^6$	2	$2,67 * 10^6$	13,291	0,000002	0,013
Erro	$3,93 * 10^8$	1957	$2,01 * 10^5$			

A análise dos dados de NASC total por camadas de integração, por período do dia, indicou diferenças significativas ($p < 0,001$), apresentando um padrão decrescente do parâmetro das camadas superiores para as camadas mais profundas, com as maiores densidades concentradas nas camadas 1 e 2 (6 a 100 m), seguido de um aumento na última camada (400 a 500 m) (Figura 53). A variável camada de integração, isoladamente, apresentou um nível de explicabilidade das diferenças observadas nos dados de NASC (η^2 parcial) de 49%.

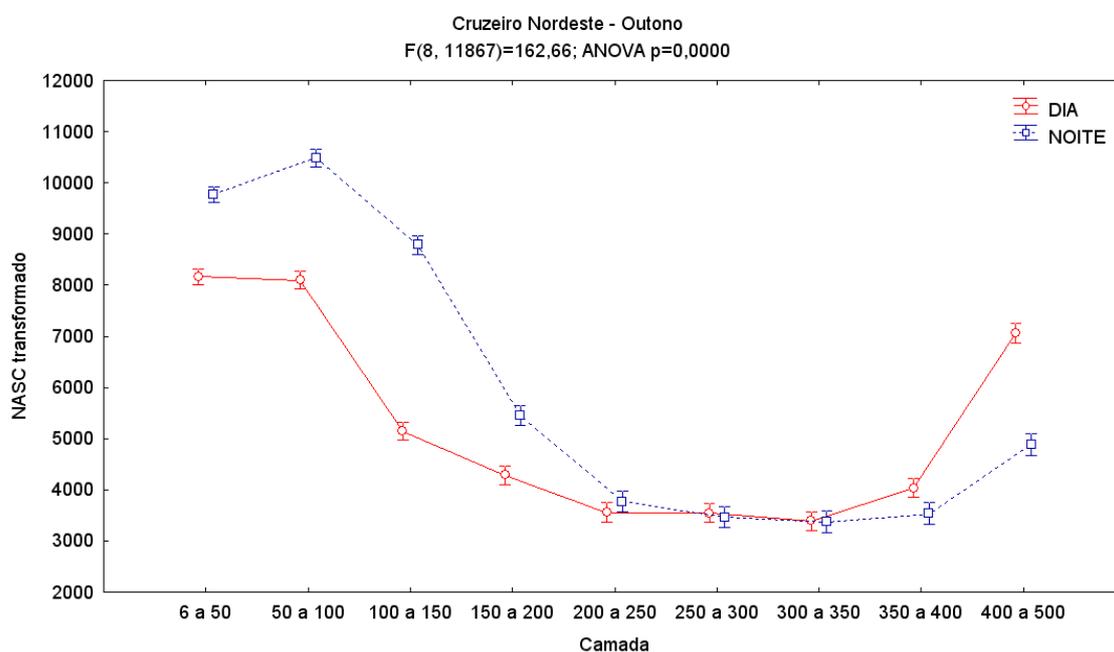


Figura 53 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, por período do dia, em função da camada de integração, do cruzeiro Nordeste, realizado no Outono de 2004. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

O cruzeiro Nordeste apresentou uma maior densidade acústica relativa na camada 2 (50 a 100 m), a partir da qual decresceu, oscilando entre as camadas de meia água e fundo. Cerca de 73% da densidade acústica total integrada ao longo do cruzeiro esteve concentrada nos primeiros 150 m da coluna de água (Figura 54A).

Quando se analisa os dados separados por período do dia se observa um aumento mais evidente da densidade acústica relativa no período noturno na camada 3 (100 a 150 m), não sendo observado, no entanto, aumento da densidade nas camadas superiores à noite (Figura 54B), conforme descrito para os demais cruzeiros. Apesar disso, valores de densidade acústica média (NASC/milha náutica) das diferentes camadas de integração separados em dia e noite, demonstram que no período noturno ocorre aumento da densidade acústica nas camadas de 1 a 7 (6 a 350 m) (Figura 55), devido ao movimento de subida de organismos das camadas mais profundas (migração nictemeral).

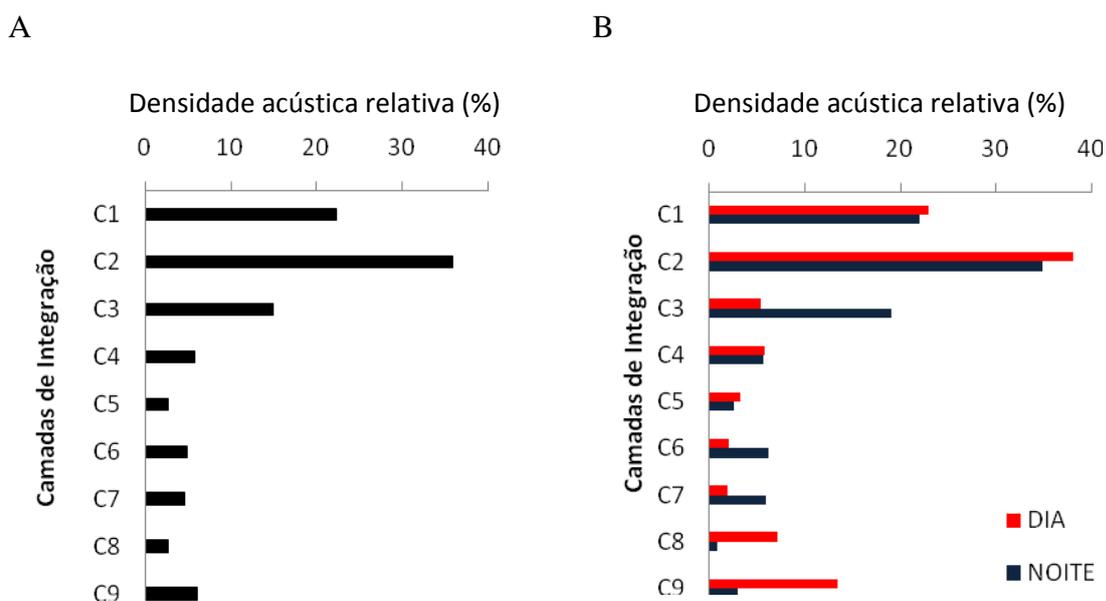


Figura 54 – Representatividade em densidade acústica por camada de integração total (A) e por período do dia (B).

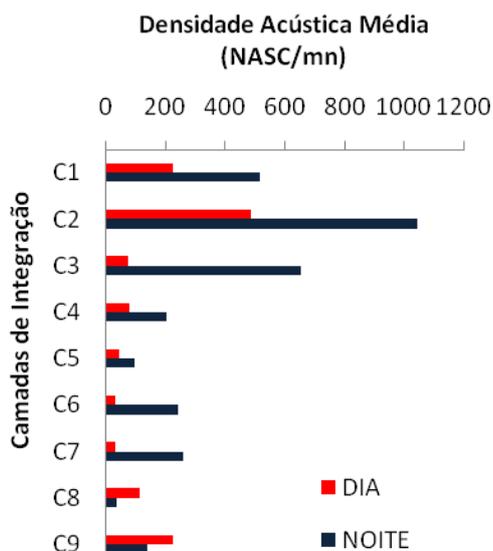


Figura 55 – Densidade acústica média por camada de integração e por período do dia (B).

O resultado da análise dos dados que englobam aqueles em que as camadas de integração ocorrem sobre as três províncias consideradas indica um aumento significativo no período noturno dos valores médios de densidade acústica nas três primeiras camadas (6 a 150 m), para todas as províncias oceanográficas. No Talude Superior esse aumento foi verificado nas quatro primeiras camadas (6 a 200 m) (Figura 56). A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 22,7% da variabilidade dos valores de densidade acústica, seguida pela variável período do dia que explicou 14,9% (Tabela 29).

Cruzeiro Nordeste - Outono
 $F(6, 6169)=7,4560$; ANOVA $p=0,00000$

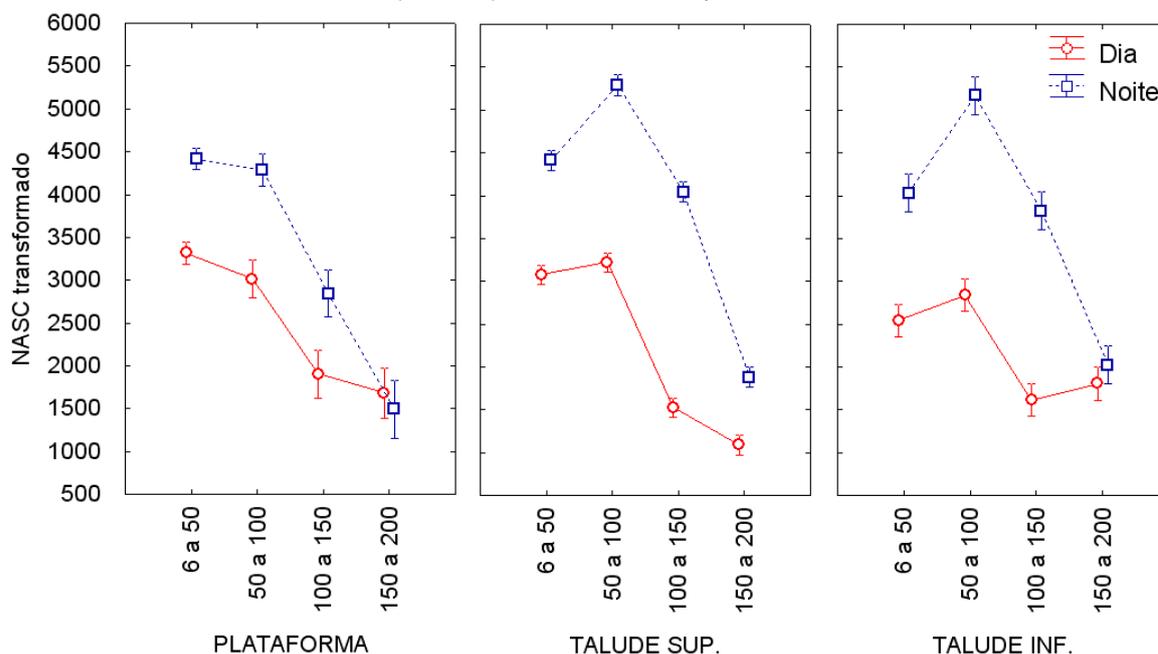


Figura 56 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às quatro primeiras camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste, realizado no Outono de 2004. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 29 – Resultados da análise estatística ANOVA (4x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas superiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Nordeste.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$2,90 * 10^9$	3	$9,66 * 10^8$	603,42	0,00000	0,227
Província	$2,91 * 10^7$	2	$1,46 * 10^7$	9,09	0,00011	0,003
Período	$1,74 * 10^9$	1	$1,74 * 10^9$	1083,73	0,00000	0,149
Camada*Província	$2,07 * 10^8$	6	$3,45 * 10^7$	21,53	0,00000	0,021
Camada*Período	$3,45 * 10^8$	3	$1,15 * 10^8$	71,92	0,00000	0,034
Província*Período	$1,39 * 10^8$	2	$6,94 * 10^7$	43,33	0,00000	0,014
Camada*Província*Período	$7,16 * 10^7$	6	$1,19 * 10^7$	7,46	0,00000	0,007
Erro	$9,88 * 10^9$	6169	$1,60 * 10^6$			

A análise do grupo, representado apenas pelas camadas de integração mais profundas da coluna de água sobre locais com maior profundidade local, não indicou diferenças significativas entre os valores de densidade acústica

média ($p > 0,05$) quando consideradas as diferentes camadas, períodos do dia e províncias oceanográficas. Destaca-se a última camada de integração (400 a 500 m) que apresentou valores de densidade acústica média mais elevados em relação às demais camadas, tanto para o período do dia quanto para a noite (Figura 57). A variável camada de integração, isoladamente, respondeu por 8,5% da variabilidade dos valores de densidade acústica (Tabela 30).

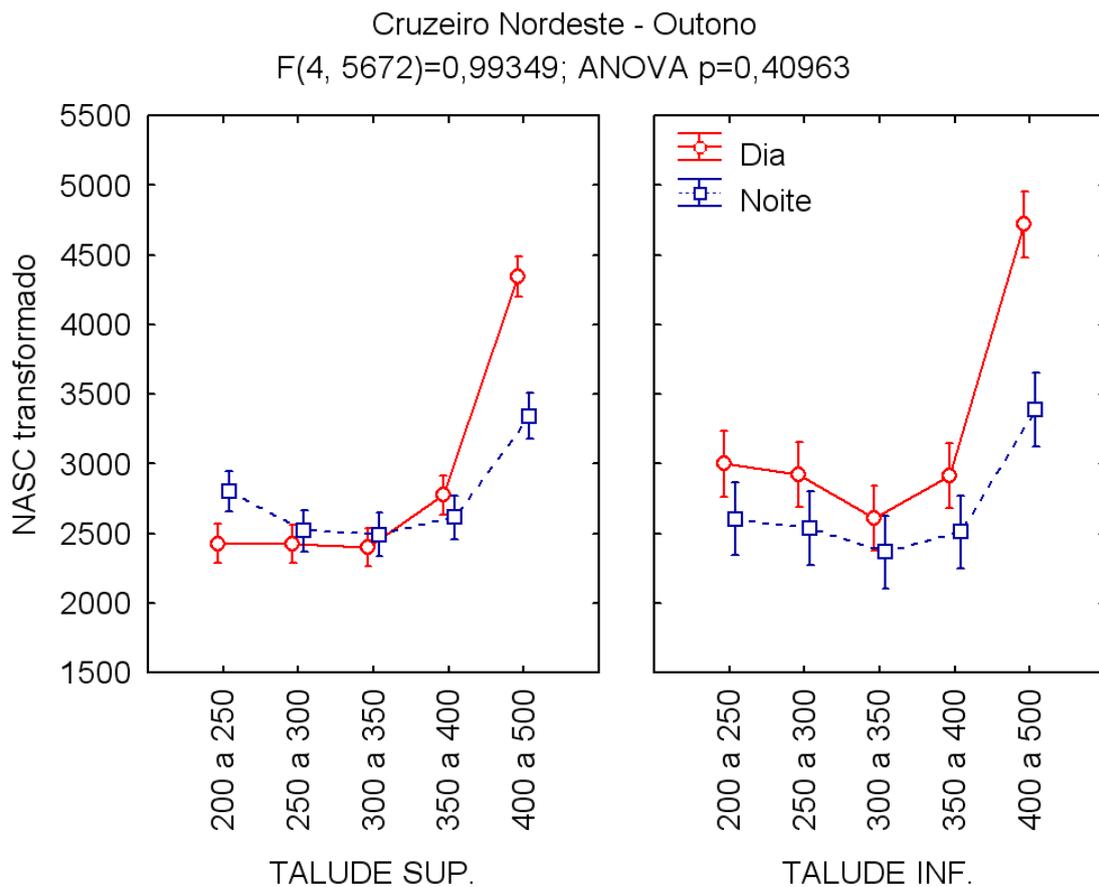


Figura 57 – Densidade acústica (NASC transformado), referente às cinco últimas camadas, em função da camada de integração, período do dia e província oceanográfica, do cruzeiro Nordeste realizado no Outono de 2004. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 30 – Resultados da análise estatística ANOVA (5x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica das camadas inferiores, por camada de integração, província oceanográfica e período do dia, para o cruzeiro Nordeste.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Camada	$1,22 * 10^9$	4	$3,06 * 10^8$	131,14	0,00000	0,085
Província	$2,15 * 10^7$	1	$2,15 * 10^7$	9,22	0,00241	0,002
Período	$1,21 * 10^8$	1	$1,21 * 10^8$	52,09	0,00000	0,009
Camada*Província	$1,01 * 10^7$	4	$2,52 * 10^6$	1,08	0,36379	0,001
Camada*Período	$1,90 * 10^8$	4	$4,74 * 10^7$	20,34	0,00000	0,014
Província*Período	$4,97 * 10^7$	1	$4,97 * 10^7$	21,31	0,00000	0,004
Camada*Província*Período	$9,26 * 10^6$	4	$2,32 * 10^6$	0,99	0,40963	0,001
Erro	$1,32 * 10^{10}$	5672	$2,33 * 10^6$			

Para a análise exploratória de componentes principais (ACP) do cruzeiro Nordeste são consideradas as mesmas variáveis do cruzeiro Central. Neste caso a soma em módulo das coordenadas geográficas também perde a utilidade nas análises em virtude da orientação da costa e da prospecção sobre locais afastados como os Arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo e o Atol das Rocas.

O resultado da análise exploratória de componentes principais (ACP) considerando o conjunto total de dados do cruzeiro Nordeste indica que 47% da variância dos dados é explicada por duas componentes principais.

As variáveis CI, Tm, e NASC formaram um grupo associado à componente 1, à qual explica 31,43% da variância total dos dados. As variáveis P, CLO e CVt formaram um segundo grupo, associado à componente 2, responsável por explicar 15,58% da variância dos dados. A variável Período apresentou baixa associação tanto com a componente 1 quanto com a 2 indicando que a mesma não foi bem representada no plano formado pelas componentes consideradas. A variável TSM se posicionou de forma intermediária entre as duas componentes principais (Tabela 31).

Tabela 31 – Resultado da ACP do conjunto dos dados do cruzeiro Central. Os valores destacados indicam maior correlação da variável com cada uma das componentes principais.

	Componente 1	Componente 2
Período	-0,004	0,192
P	-0,092	0,641
TSM	-0,320	0,335
CLO	0,225	-0,580
CI	0,926	0,253
Tm	-0,946	-0,195
CVt	0,046	0,463
NASC	-0,773	0,184
Auto valores	2,515	1,246
Variância explicada (%)	31,432	15,581

Obs.: P = profundidade local; TSM = temperatura da superfície do mar; CLO = concentração de clorofila-a; CI = camada de integração; Tm = temperatura média da camada; CVt = coeficiente de variação da temperatura da camada; NASC = densidade acústica

A disposição dos vetores das variáveis no sistema de eixos representativos das componentes 1 e 2 permite inferir que há correlação positiva de NASC com Tm, TSM e P, negativa com CI e CLO, e independência em relação à Período e CVt.

A alta correlação negativa entre NASC e CI confirma a concentração de biomassa nas camadas superiores.

O padrão de alta correlação negativa observado entre as variáveis TSM e CLO foi o mesmo descrito pra os demais cruzeiros, indicando que valores mais elevados de concentração de clorofila-a foram observados quando a TSM é menor (Figura 58).

Apesar da baixa correlação entre NASC e as variáveis satelitais, o calculo das correlações de Pearson indicou que esta é positiva com TSM e negativa com CLO, indicando uma tendência a maiores valores de NASC onde a TSM é maior e, conseqüentemente, onde a CLO é menor.

O cálculo das correlações de Pearson entre NASC e cada uma das variáveis, par a par, indica que as variáveis Tm e CI apresentaram as maiores

correlações com NASC respondendo, isoladamente, por 33 e 30% da variabilidade da densidade acústica, respectivamente (Tabela 32).

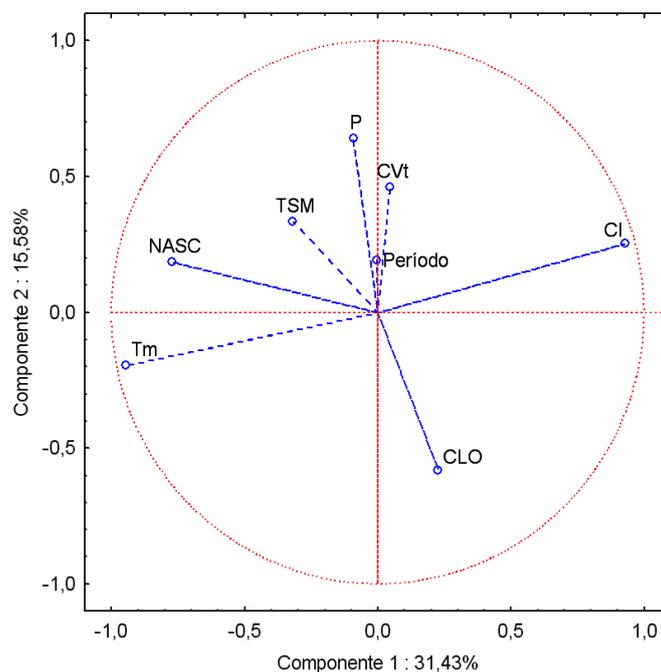


Figura 58 – Projeção das variáveis no plano das componentes principais 1 e 2, para o cruzeiro Nordeste.

Tabela 32 – Correlações de Pearson (R) entre NASC e as demais variáveis consideradas na análise, e os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

	Período	P	TSM	CLO	CI	Tm	CVt
NASC (R)	-0,05	0,20	0,23	-0,13	-0,55	0,57	0,05
Coefficiente de determinação (R^2)	0,00	0,04	0,05	0,02	0,30	0,33	0,00

Os mapas ilustrativos da distribuição espacial do parâmetro TSM indicam uma situação bastante homogênea para a área de estudo, com valores de TSM da ordem de 28 a 30°C no mês de abril (Figura 59), sendo relativamente mais baixos (26 a 28°C) no mês de maio (Figura 60).

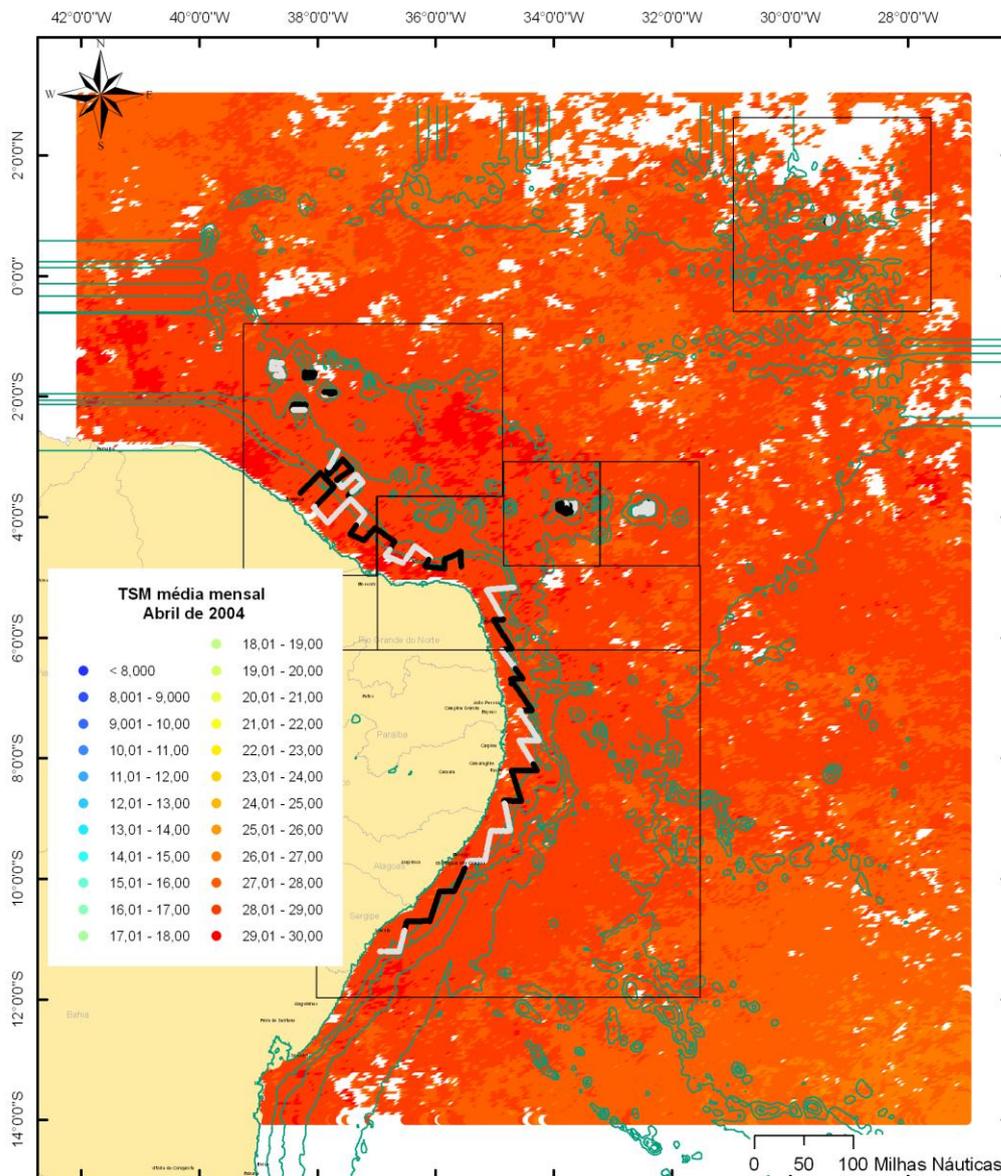


Figura 59 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de abril de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

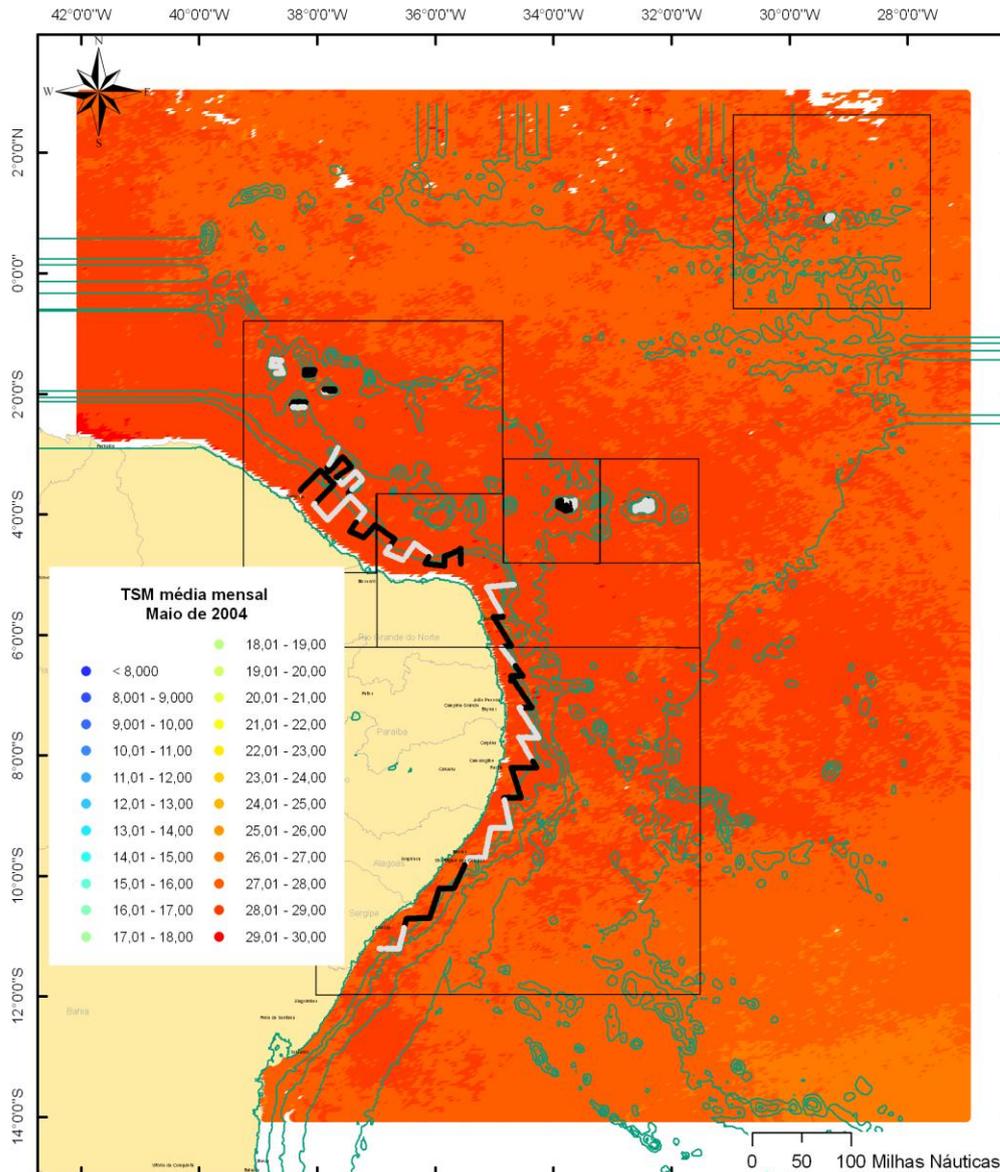


Figura 60 – Distribuição de TSM média mensal, do mês de maio de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

Em termos de distribuição espacial dos valores de concentração de clorofila-a, observa-se uma faixa estreita e descontínua com valores máximos ao longo da costa. Observam-se concentrações relativamente mais expressivas para a costa norte do Rio Grande do Norte e sul do Ceará no mês

de abril (Figura 61), e para a costa norte de Sergipe no mês de maio (Figura 62).

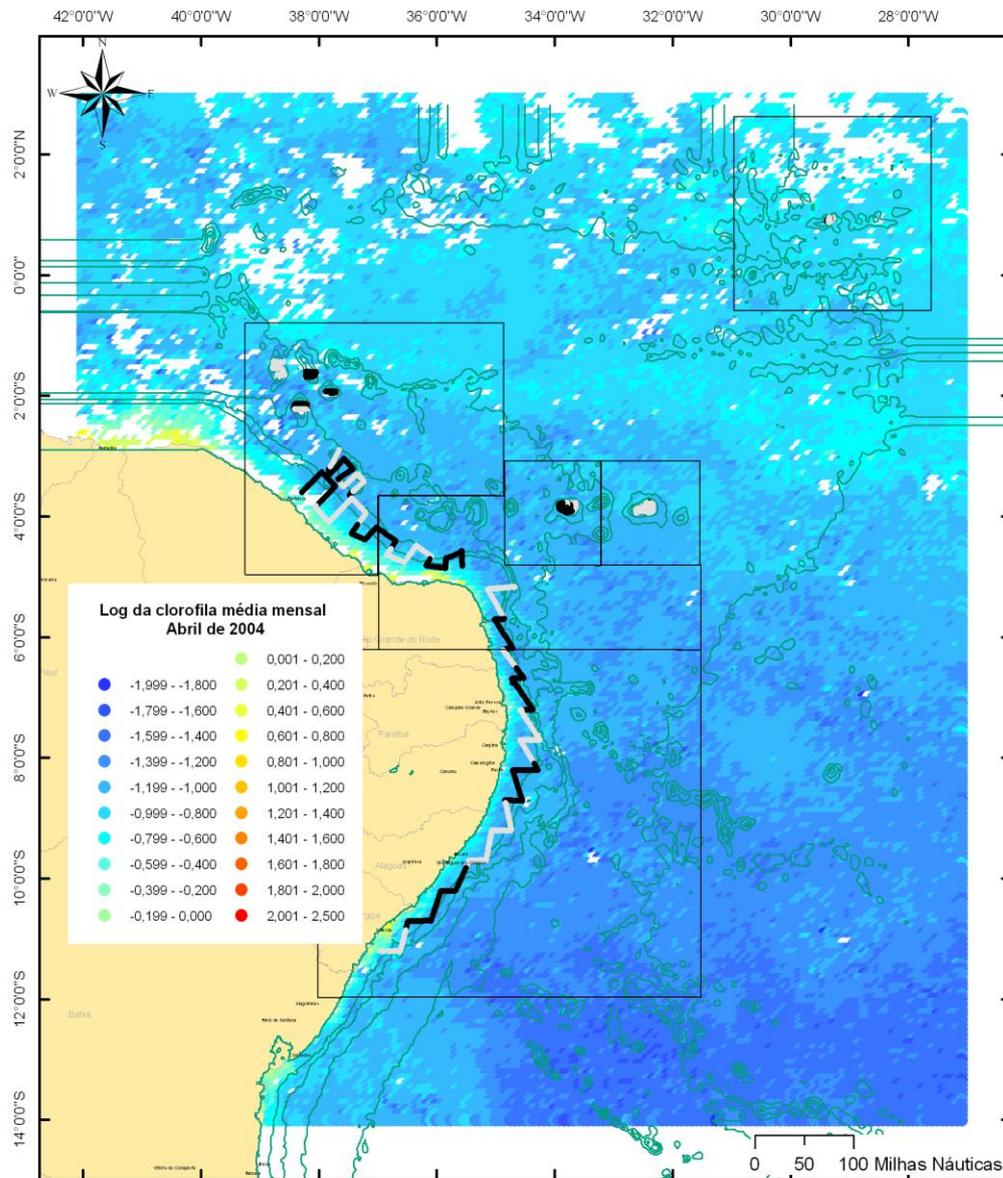


Figura 61 – Distribuição de concentração de clorofila média mensal, do mês de abril de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

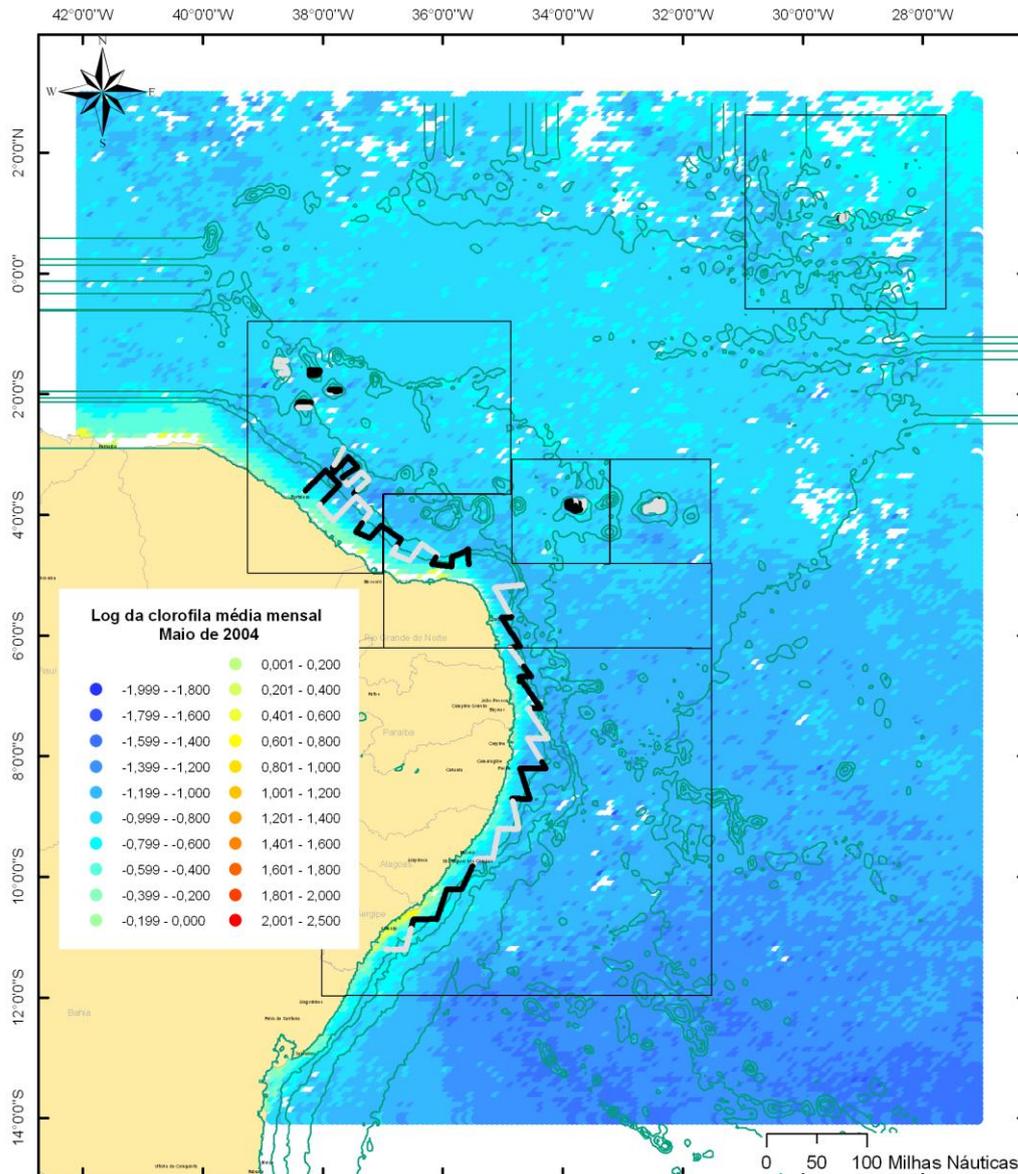


Figura 62 – Distribuição de concentração de clorofila média mensal, do mês de maio de 2004, ao longo da área de cobertura do cruzeiro Nordeste. As linhas em forma de letra grega e “zig-zag” representam a derrota realizada pela embarcação durante o cruzeiro; os trechos em preto indicam prospecção noturna e em cinza diurna. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

No período de realização do cruzeiro Nordeste a TSM média foi de 28,15°C, com um coeficiente de variação de 1,4%, calculados a partir dos valores de TSM correspondentes a cada milha náutica prospectada, ao longo de toda a região.

A distribuição espacial dos valores de densidade acústica total indica que há uma concentração de valores mais expressivos na região costeira ao norte do Cabo Calcanhar (RN), principalmente na área mais ao norte, que corresponde ao Bando Oceânico Aracati. Valores elevados do parâmetro são observados também na costa sul do Rio Grande do Norte e da Paraíba, além do Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (Figura 63). O máximo de clorofila-a observado para a costa de Sergipe não se reflete diretamente em um aumento considerável da densidade acústica no local (Figura 64).

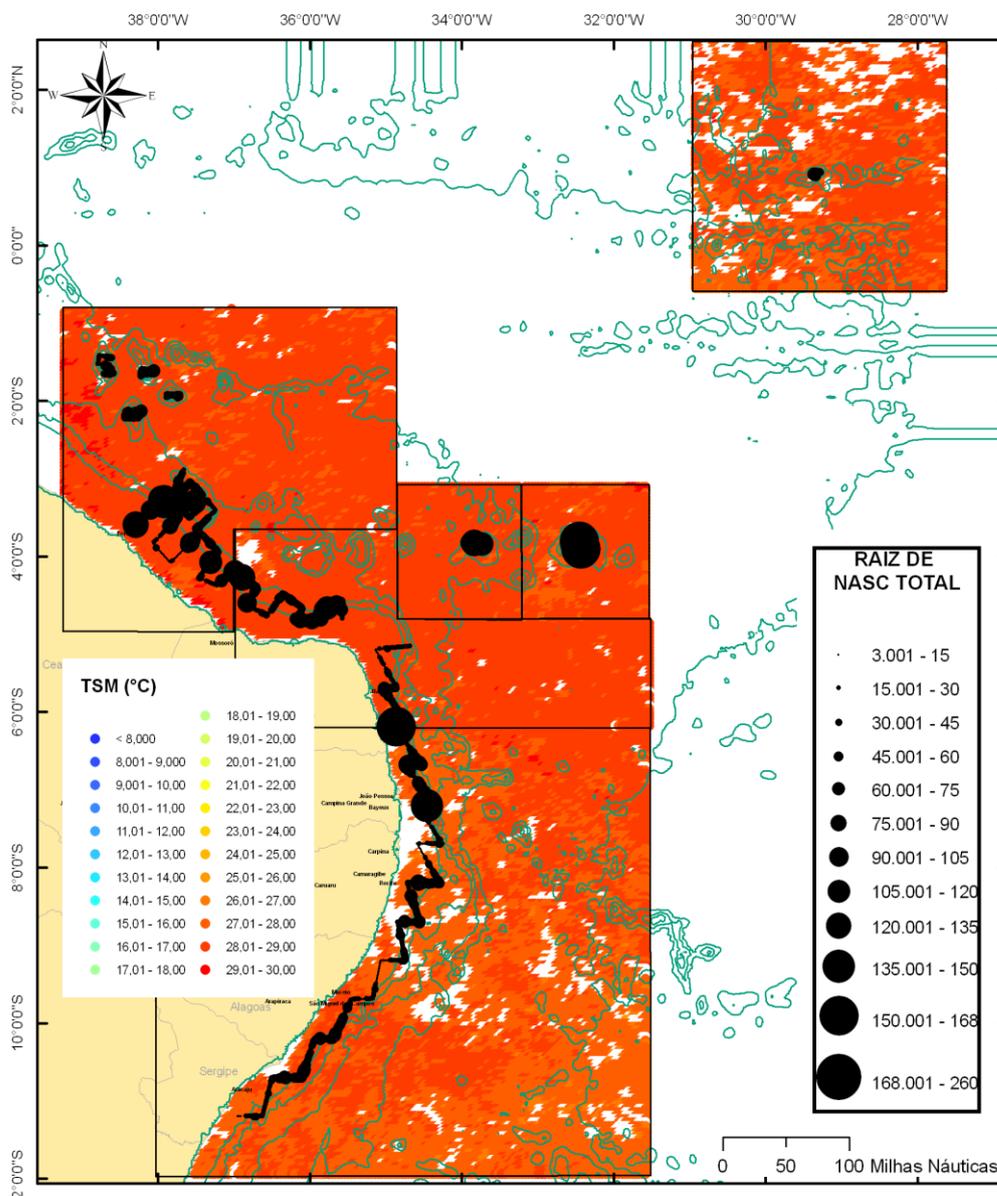


Figura 63 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de TSM média semanal, correspondentes aos períodos de

realização da prospecção acústica. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

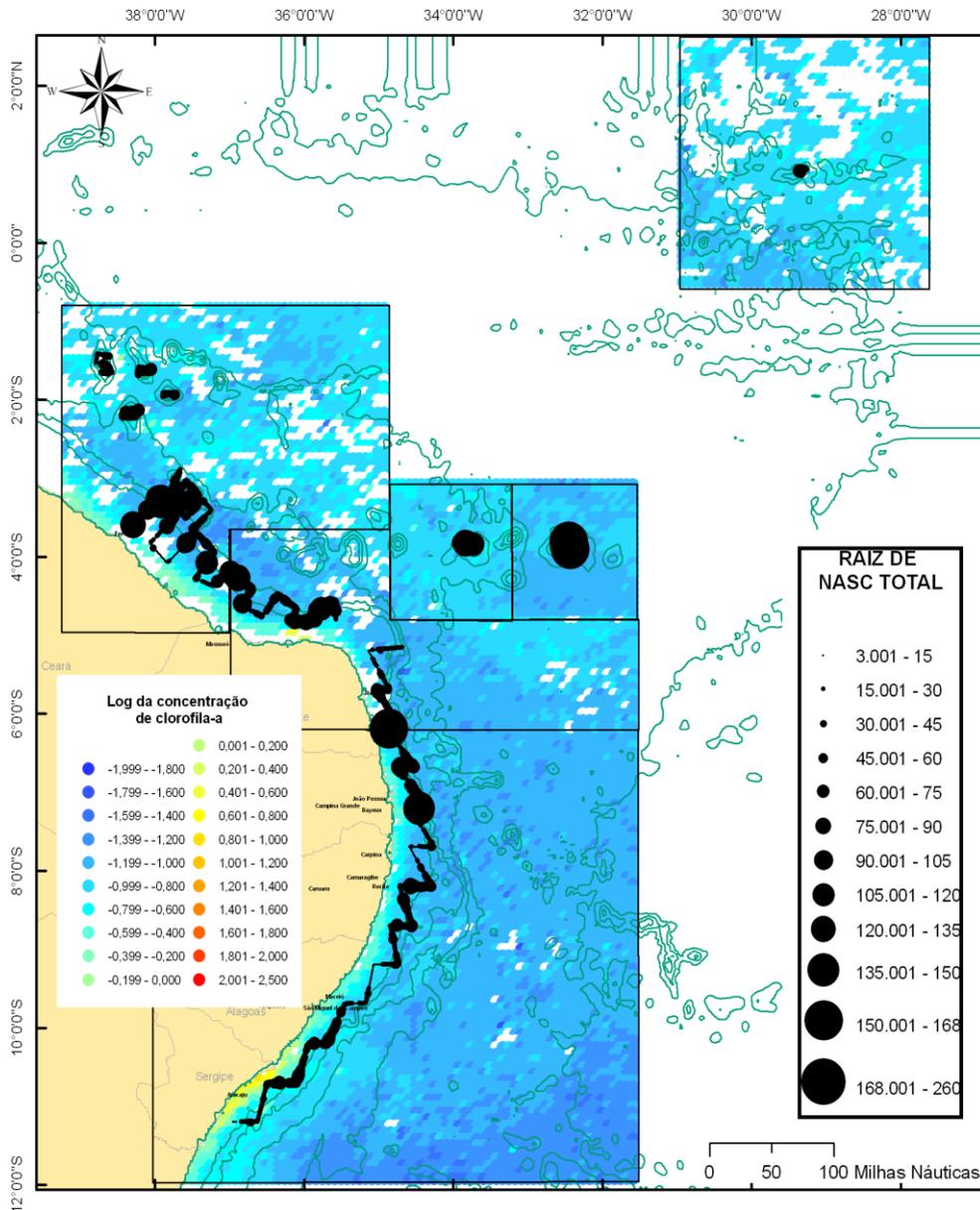


Figura 64 – Distribuição espacial dos dados de densidade acústica total (raiz quadrada de NASC) sobrepostos aos dados de concentração de clorofila-a média semanal, correspondentes aos períodos de realização da prospecção acústica. As três isóbatas mais próximas à linha de costa correspondem a 1.000, 2.000 e 3.000 m de profundidade. Os polígonos dividem a área em períodos de 8 dias.

3.6. Análise comparativa dos cruzeiros SE-S

A comparação entre os valores de densidade acústica total coletados em cada um dos três cruzeiros realizados na região Sudeste-Sul, nas estações Inverno, Outono e Primavera/Verão, indicou haver diferença extremamente significativa ($p < 0,001$) entre elas. A densidade acústica total de Primavera/Verão foi significativamente mais elevada do que as de Inverno e Outono, que não diferiram entre si (Figura 65).

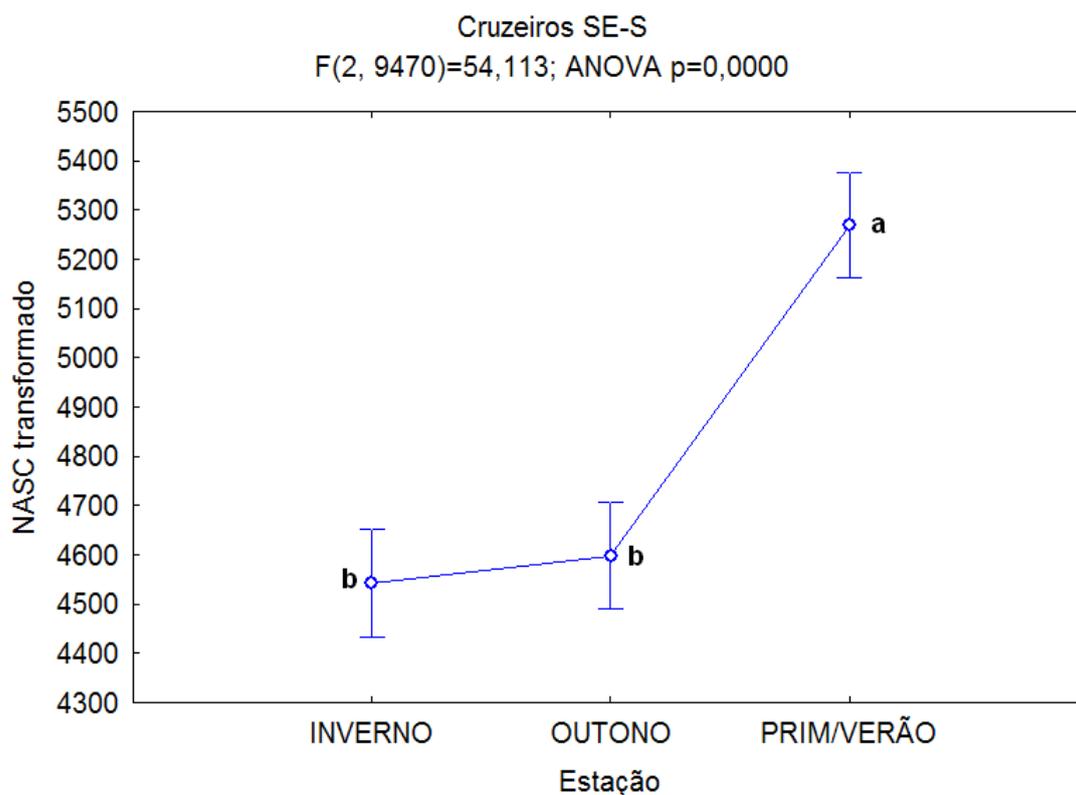


Figura 65 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total, em função da estação do ano para os cruzeiros realizados na região SE-S do Brasil. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Quando separados por províncias oceanográficas, o resultado indica uma tendência à maior densidade acústica sobre o Talude Superior, seguido da Plataforma Continental e Talude Inferior, sendo que a província Plataforma

apresentou um valor intermediário, não diferindo significativamente nem do Talude Superior nem do Inferior (Figura 66).

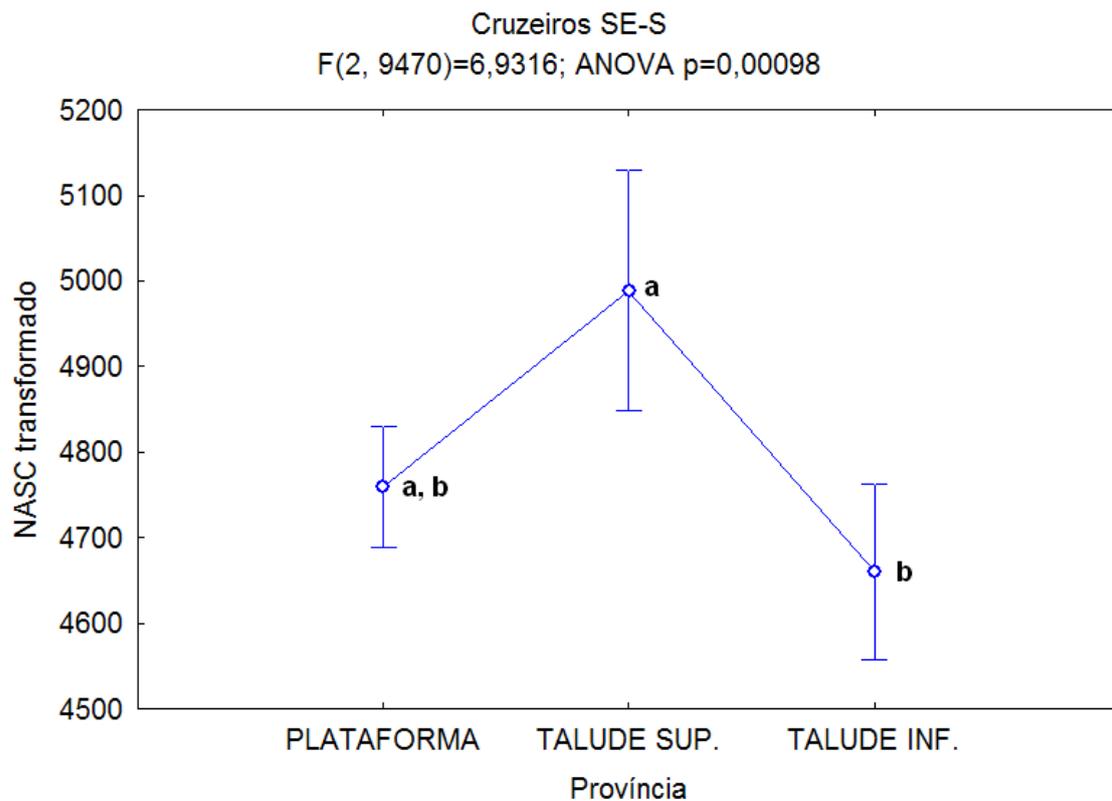


Figura 66 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos três cruzeiros realizados na região SE-S, em função da província oceanográfica. Os índices (a e b) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Analisando-se os dados dos três cruzeiros em conjunto, em função dos diferentes períodos do dia, observa-se diferença estatística extremamente significativa ($p < 0,001$), com densidade acústica total média mais alta no período noturno (Figura 67).

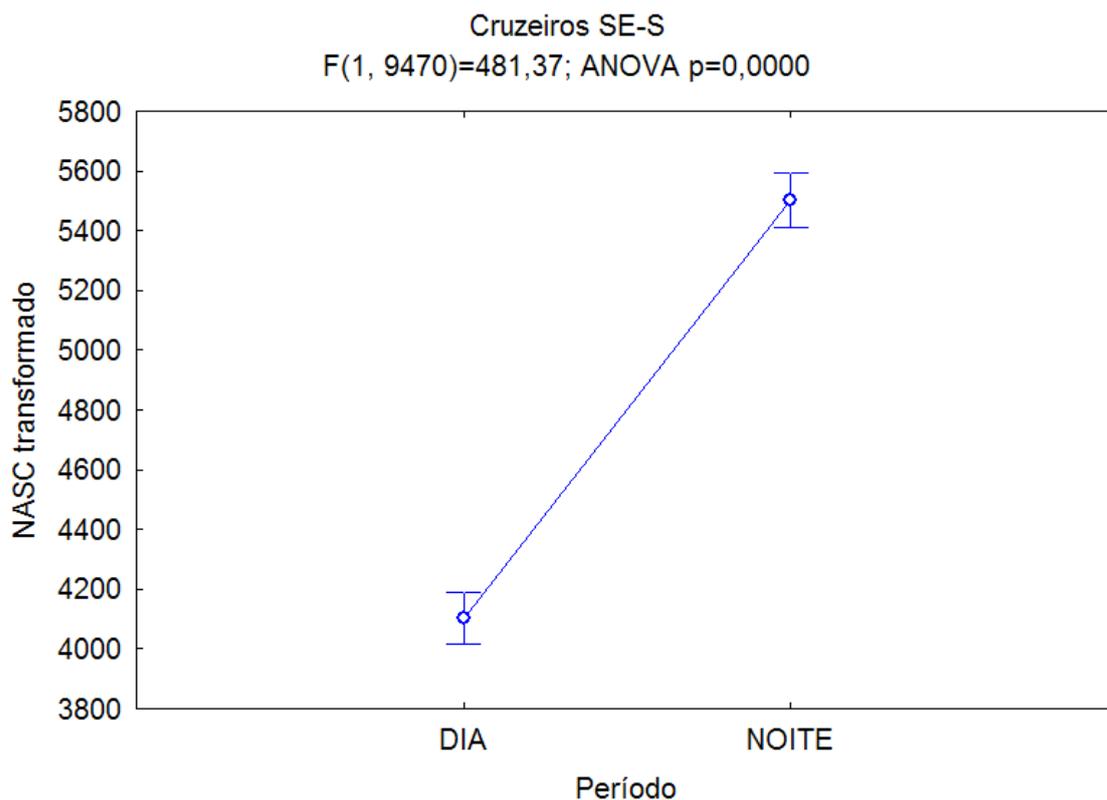


Figura 67 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos três cruzeiros realizados na região SE-S, em função do período do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

A análise do conjunto de dados na densidade acústica dos três cruzeiros em função da província oceanográfica e do período do dia reforça a importância da variável período do dia, com aumento extremamente significativo ($p < 0,001$) da densidade acústica média no período noturno para todas as situações consideradas. Sobre as províncias Plataforma e Talude Inferior se observa uma equivalência em termos de NASC entre as três estações do ano, especialmente no período diurno. Sobre o Talude Superior ocorre uma tendência de aumento do NASC médio do Inverno para a Primavera/Verão (Figura 68). A variável período do dia, isoladamente, foi responsável por explicar 4,8% das diferenças observadas (Tabela 33), reforçando a importância dos deslocamentos verticais de organismos, ascendentes no período noturno e descendentes no diurno.

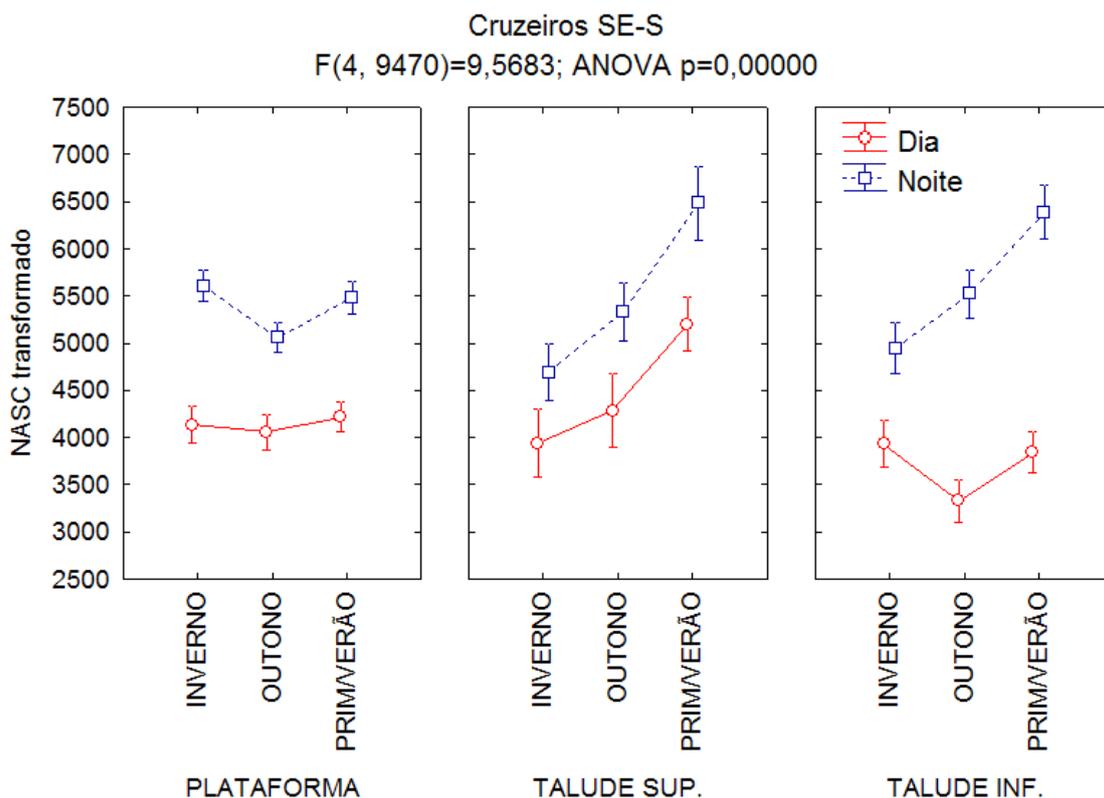


Figura 68 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos três cruzeiros realizados na região SE-S, em função da província oceanográfica e do período do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 33 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados na região SE-S, por província oceanográfica e período do dia.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Estação	$7,44 * 10^8$	2	$3,72 * 10^8$	54,11	0,00000	0,011
Província	$9,53 * 10^7$	2	$4,76 * 10^7$	6,93	0,00098	0,001
Período	$3,31 * 10^9$	1	$3,31 * 10^9$	481,37	0,00000	0,048
Estação*Província	$4,84 * 10^8$	4	$1,21 * 10^8$	17,62	0,00000	0,007
Estação*Período	$1,08 * 10^8$	2	$5,41 * 10^7$	7,87	0,00038	0,002
Província*Período	$2,48 * 10^8$	2	$1,24 * 10^8$	18,06	0,00000	0,004
Estação*Província*Período	$2,63 * 10^8$	4	$6,57 * 10^7$	9,57	0,00000	0,004
Erro	$6,51 * 10^{10}$	9470	$6,87 * 10^6$			

3.7. Análise comparativa dos cruzeiros de Outono, nas regiões Sudeste-Sul, Central e Nordeste

A análise dos dados de densidade acústica total dos cruzeiros SE-S Outono, Central e Nordeste indicou diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os mesmos. Observa-se uma similaridade entre os valores médios de densidade acústica dos cruzeiros SE-S e Nordeste, enquanto o da região Central apresentou valores significativamente mais baixos do parâmetro (Figura 69).

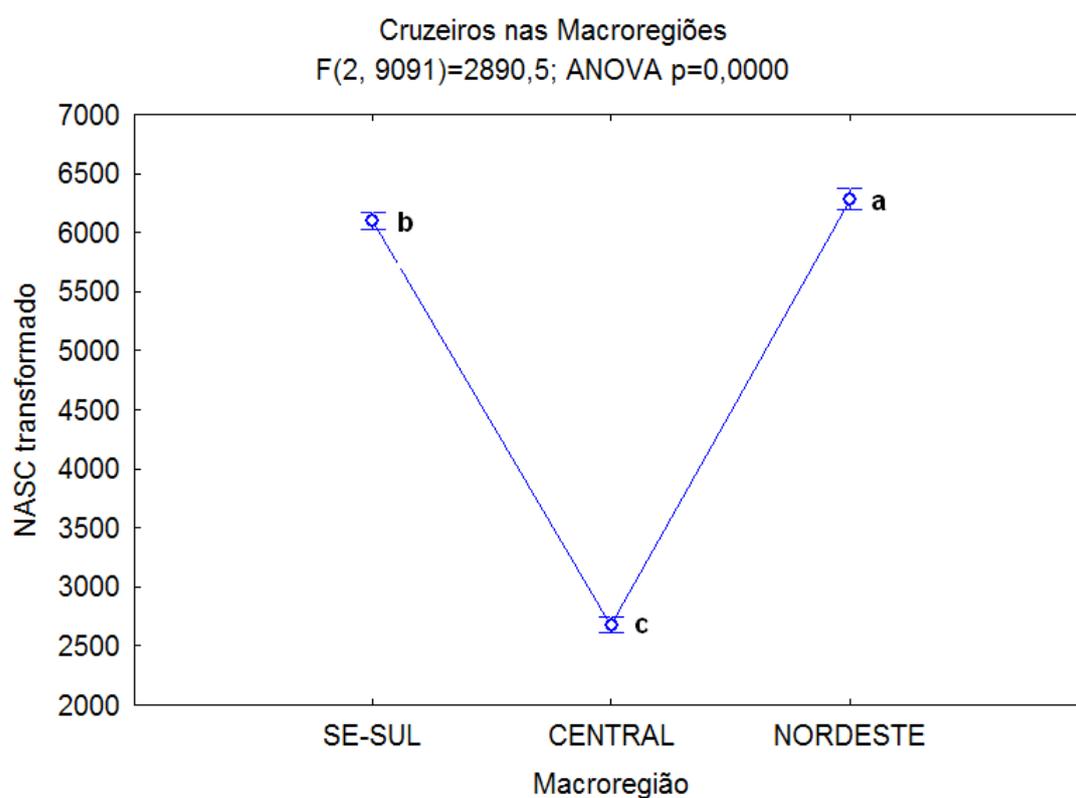


Figura 69 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, no período de Outono. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Em relação às províncias oceanográficas, para o conjunto dos dados de densidade acústica total dos cruzeiros nas diferentes regiões da costa, o resultado da análise indica diferenças significativas ($p < 0,001$) sendo que a província Talude Superior apresentou os maiores valores, seguida de Talude Inferior e Plataforma (Figura 70).

No período noturno foram observados valores de densidade acústica significativamente mais elevados do que no período diurno, para o conjunto dos dados de densidade acústica total nas diferentes regiões (Figura 71).

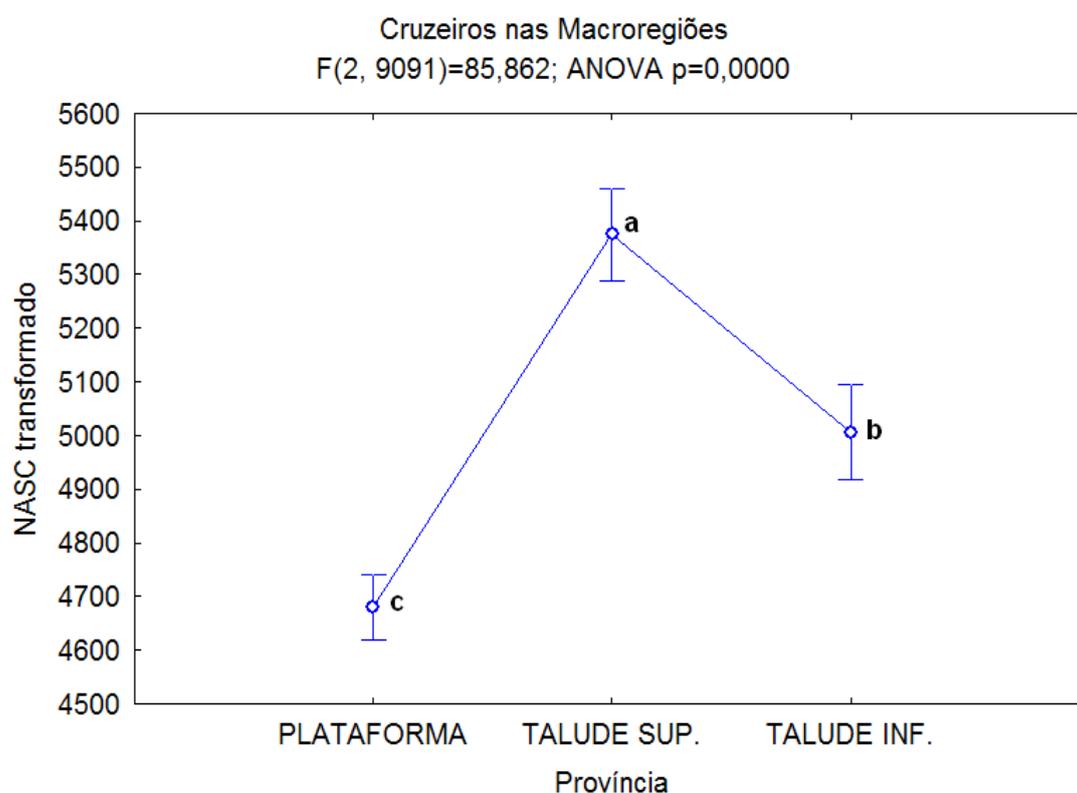


Figura 70 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, nas diferentes províncias oceanográficas. Os índices (a, b e c) diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tuckey HSD com número de observações desigual. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

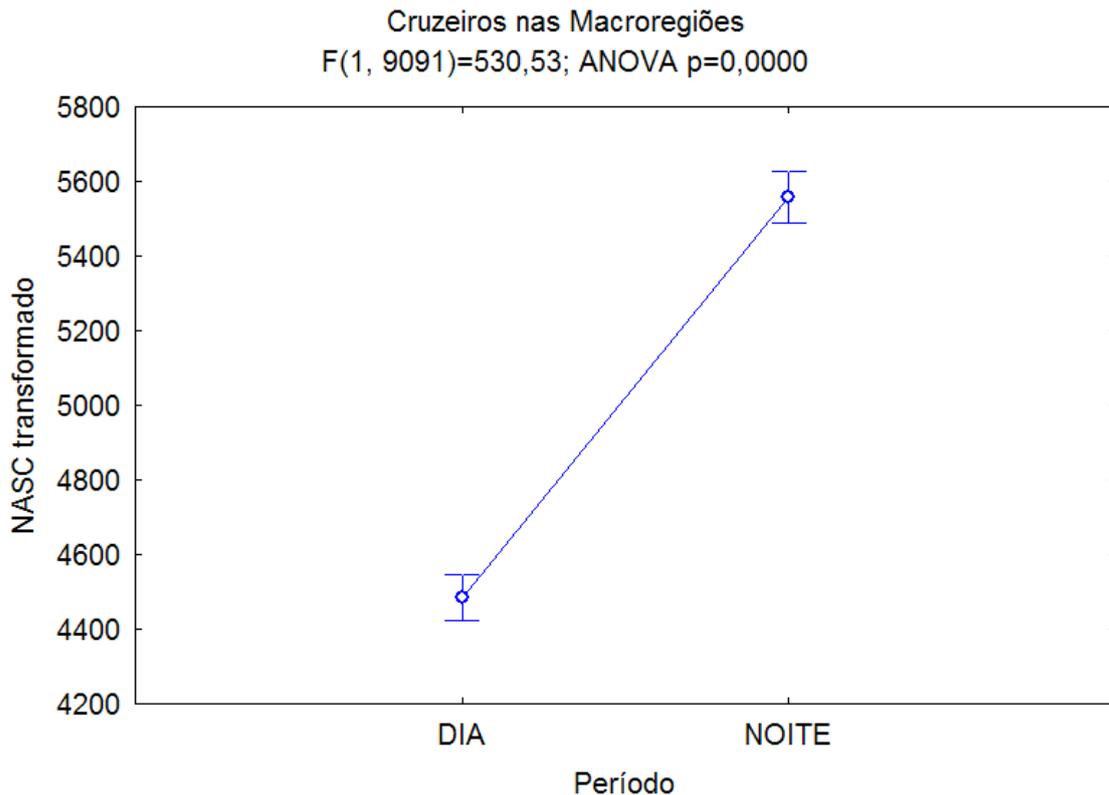


Figura 71 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, nos diferentes períodos do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Analisando-se os dados de cada uma das regiões em função da província oceanográfica e do período do dia, se observa o padrão de valores de densidade acústica média mais elevados nas regiões SE-S e Nordeste, e o efeito de aumento da densidade acústica no período noturno, o qual não é evidenciado nas províncias Plataforma e Talude Superior na região Central (Figura 72).

A variável independente macroregião, isoladamente, explicou 38,8% da variabilidade dos valores de densidade acústica total, seguida pela variável período do dia, com 5,5% (Tabela 34).

Cruzeiros nas Macroregiões (Outono)
 $F(4, 9091)=4,1276$; ANOVA $p=0,00242$

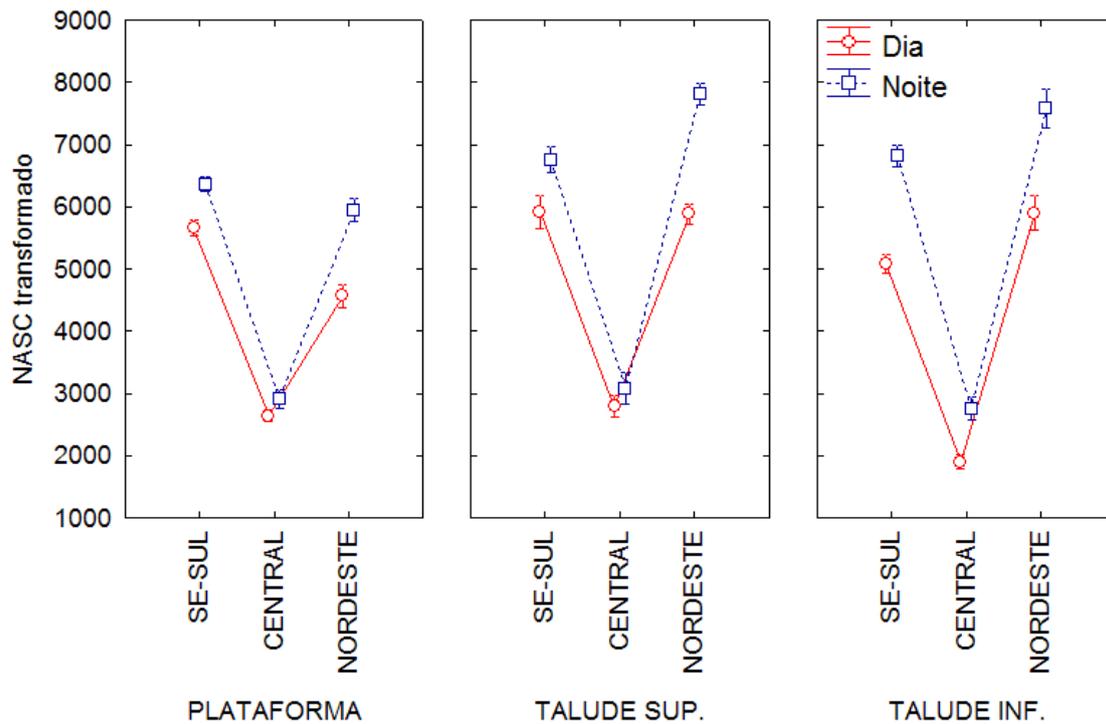


Figura 72 – Densidade acústica (NASC transformado), referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, nas diferentes províncias oceanográficas e períodos do dia. As barras de erro, no eixo das ordenadas, representam o intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 34 – Resultados da análise estatística ANOVA (3x3x2) tipo III, referente aos dados de densidade acústica total dos cruzeiros realizados nas regiões SE-S, Central e Nordeste, por província oceanográfica e período do dia.

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	p	η^2 parcial
Macroregião	$1,92 * 10^{10}$	2	$9,62 * 10^9$	2890,48	0,00000	0,388
Província	$5,71 * 10^8$	2	$2,86 * 10^8$	85,86	0,00000	0,018
Período	$1,76 * 10^9$	1	$1,76 * 10^9$	530,53	0,00000	0,055
Macroregião*Província	$8,03 * 10^8$	4	$2,01 * 10^8$	60,33	0,00000	0,026
Macroregião*Período	$3,57 * 10^8$	2	$1,78 * 10^8$	53,64	0,00000	0,012
Província*Período	$1,15 * 10^8$	2	$5,74 * 10^7$	17,25	0,00000	0,004
Macroregião*Província*Período	$5,49 * 10^7$	4	$1,37 * 10^7$	4,13	0,00242	0,002
Erro	$3,02 * 10^{10}$	9091	$3,33 * 10^6$			

4. DISCUSSÃO

O conjunto de dados hidroacústicos analisados neste trabalho caracteriza-se por um volume considerável de informações, coletadas de maneira sistemática através de metodologia amplamente aplicada em nível mundial para prospecção, mapeamento e estimativas de abundância de pequenos peixes pelágicos, bem como em estudos de ecologia das espécies e correlações entre ocorrência de agregações biológicas e processos oceanográficos que promovem enriquecimento em diferentes escalas espaço temporais (Gerlotto & Marchal 1987, Murphy et al. 1988, Gerlotto 1993, MacLennan & Menz 1996, Greig 2000, Soares 2002, Paramo et al. 2003, Madureira et al. 2004, Madureira & Rossi-Wongtschowski 2005, Simmonds & MacLennan 2005, Gandini & Madureira 2007).

Da mesma forma, a utilização de dados ambientais provenientes de sensoriamento remoto é uma ferramenta que tem sido utilizada com frequência para estudos oceanográficos, especialmente por proporcionar uma visão sinóptica bidimensional dos oceanos a nível global, com alta resolução espacial e temporal dos dados, além da capacidade de se construir séries temporais longas, fundamentais para o entendimento de processos de larga escala (Robinson 1985, Souza 2005).

Neste estudo a utilização de dados satelitais foi fundamental no sentido de que se observassem processos oceanográficos em uma escala espacial mais ampla do que a dos dados coletados *in situ*, permitindo com isso, por exemplo, o acompanhamento da intrusão de águas mais frias no sul do Brasil, no período de inverno, que estiveram associadas a uma importante concentração de biomassa pelágica.

A região SE-S, influenciada pela presença da Confluência Brasil-Malvinas, pelo considerável deságüe continental e pelos processos de enriquecimento associados à ascensão de águas frias e ricas em nutrientes, induzidas pela interação entre as correntes e a morfologia do leito oceânico (Gaeta et al. 1999, Pereira et al. 2005), por regime de ventos (Miranda 1982, Silveira & Möller Jr. 1998, Valentin 2001) e pela ação de fatores como vórtices e

meandros da CB (Campos *et al.* 1995, Caldeira 2001, Franco *et al.* 2006), apresenta maior produtividade biológica.

A baixa concentração de nutrientes nas águas superficiais das regiões Nordeste e Central determina uma produtividade reduzida. As massas de água de alta temperatura e salinidade, transportadas pela CB e CNB, levam a um posicionamento relativamente profundo da termoclina, estabelecendo assim uma barreira para a subida de nutrientes para a zona eufótica. Nas regiões das cadeias e bancos oceânicos fenômenos de ressurgência alteram este padrão, contribuindo para a ocorrência de áreas produtivas localizadas (Nonaka 1999, Travassos *et al.* 1999, Mafalda Jr. *et al.* 2009a).

A análise da distribuição vertical da densidade acústica indica que os organismos detectados estiveram posicionados principalmente nos primeiros 150 m de coluna de água, em todos os cinco cruzeiros analisados neste estudo. Os valores de representatividade de densidade acústica desta camada foram de 80, 75 e 77%, respectivamente, para os cruzeiros realizados na região SE-S nas estações de Inverno, Outono e Primavera/Verão (Figuras 9, 18 e 30), de 68% para a região Central (Figura 42), e de 73% para a região Nordeste (Figura 54).

Verificou-se que os valores de representatividade de densidade acústica nos primeiros 150 m de coluna de água foram similares entre cruzeiros, indicando uma tendência consistente de homogeneidade em termos de distribuição vertical desta densidade, em larga escala espacial, da ordem de milhares de km, do Sul até o Nordeste, bem como temporal, da ordem de meses, conforme observado nas diferentes estações do ano na região SE-S.

De acordo com Fréon *et al.* (2005), a maioria dos pequenos peixes pelágicos são epipelágicos, o que significa dizer que vivem na camada superior dos oceanos, usualmente entre a superfície e os 200 m de profundidade, sendo que o limite inferior destas distribuições varia em relação às espécies e regiões. Considerando que os cruzeiros analisados neste estudo tiveram por objetivo principal a prospecção de pequenos peixes pelágicos e mesopelágicos, pode-se afirmar pelos resultados que a metodologia hidroacústica detectou a tendência de maior agregação de biomassa nas proximidades da superfície até os 150 m e foi adequada aos principais objetivos propostos.

A metodologia de prospecção hidroacústica é especialmente apropriada para a detecção de organismos pelágicos, uma vez que o método apresenta limitações relacionadas a organismos posicionados muito próximos ao leito oceânico, ou à superfície da água, em virtude dos ruídos impostos por estas duas camadas limítrofes (Axenrot et al. 2004, Simmons e MacLennan 2005).

A partir da profundidade de 150 m e em direção às camadas mais profundas foi observada uma diminuição significativa da densidade acústica, até aproximadamente 300 – 350m, quando houve uma inversão desta tendência, representada por um aumento da densidade, até a profundidade máxima de eco integração definida em 500 m. Tal tendência foi claramente verificada para os três cruzeiros realizados na região SE-S, onde a densidade acústica média da camada mais profunda (400 - 500m) chega a ser equivalente à das camadas superiores (Figuras 8, 17 e 29). Na região Nordeste tal efeito é também significativo (Figura 53), sendo pouco evidente na região Central (Figura 41). As altas densidades acústicas médias nas camadas de fundo foram causadas pela presença de densas camadas de dispersão acústica, principalmente no período do dia.

Um dos aspectos mais marcantes observados com a análise dos dados de representatividade de densidade acústica, em cada uma das camadas (estratificadas) de eco integração, nos diferentes períodos do dia, foi o forte efeito diferencial entre superfície e fundo causado pelo deslocamento vertical dos organismos formadores das camadas de dispersão acústica. Durante a noite ocorre o aumento desta representatividade nas camadas superiores, e diminuição nas camadas mais profundas, indicando um deslocamento ascendente de biomassa. Para o período do dia se observa uma redistribuição da biomassa na coluna de água, com acentuado deslocamento às camadas mais profundas (Figuras 10, 11, 19, 20, 31, 32, 43, 44, 56 e 57).

As diferenças em termos de densidade acústica obtidas nos diferentes períodos do dia, com a densidade noturna significativamente mais elevada do que a diurna, foi observada para toda a área de estudo, quando se considera a coluna de água como um todo, entre a superfície e a máxima profundidade local, ou até os 500 m de profundidade, limite máximo de eco integração, nas regiões mais profundas (Figuras 7, 16, 28, 40 e 52). Tal efeito é resultante do

comportamento de migração nictemeral, caracterizado pelo deslocamento dos indivíduos a partir de camadas mais profundas na coluna de água, e que não estavam sendo computadas nas camadas de ecointegração, ou seja, organismos posicionados em profundidades maiores do que os 500 m, durante o dia. Por outro lado, também foram observados deslocamentos da superfície do leito oceânico, em direção às camadas superficiais. Estes efeitos, que ocorrem ao entardecer, denominados de migração vespertina, e de retorno para camadas profundas nas proximidades do amanhecer nas migrações matutinas, mantêm um contínuo movimento no pelagial, a um custo relevante de energia.

A migração nictemeral é um comportamento bem conhecido, observado e descrito por diversos pesquisadores, estando principalmente associada às camadas de dispersão acústica (Mosgovoy e Bekker, 1991; Fréon et al., 1996; lida et al., 1996, Fréon e Misund, 1999; Pusch et al., 2004).

Estas camadas são amplamente descritas na literatura, sendo observadas em regiões oceânicas e de talude, distribuídas pelos oceanos a nível mundial (Sameoto et al. 1985). As descrições indicam que estas camadas são formadas principalmente por organismos zooplanctônicos (meso, macro e megaplâncton) e pequenos peixes pelágicos e mesopelágicos (Crawford et al. 1992, Salvanes e Kristoffersen 2001).

As principais hipóteses para explicar as migrações nictemeraias são: 1) os indivíduos migram em busca, e para acompanhar o movimento de suas presas; 2) estratos mais profundos são utilizados durante o dia 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 que são compensados durante a alimentação ativa a noite, em águas menos profundas e mais ricas em alimento (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.

Considerando-se as escalas regionais que compreendem os diferentes cruzeiros de pesquisa analisados e, quando comparados os dados de densidade

acústica nas diferentes estações do ano para a costa SE-S, foi observada uma maior densidade acústica média na Primavera/Verão, em relação aos períodos de Outono e Inverno, os quais não diferiram significativamente entre si (Figura 65).

Tanto na Primavera/Verão (Figuras 34 e 35) quanto no Outono (Figuras 22 e 23) a água tropical (AT) ocupou amplamente a área de estudo. No período de Primavera/Verão foi observado um aumento de densidade acústica ao longo de toda a área, correspondendo possivelmente a uma resposta do sistema biológico às condições ambientais favoráveis, tais como maior temperatura e radiação solar, induzindo a uma maior produtividade biológica em todos os níveis tróficos, ao longo da área, especialmente no extremo norte, entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo Frio (RJ) (Figura 38).

No outono observou-se uma menor densidade média geral, refletindo provavelmente uma depleção dos níveis de nutrientes, consumidos durante o *bloom* produtivo de primavera/verão. No entanto, níveis de densidade biológica elevados são ainda verificados em dois pontos da costa (Figura 26): 1) na região associada à quebra de plataforma continental em frente ao Cabo de Santa Marta Grande (SC); e 2) no extremo norte da área, conforme observado para o cruzeiro de Primavera/Verão. Tal observação reforça a idéia de que importantes processos de enriquecimento, principalmente associados aos focos de ressurgência de ACAS na quebra de plataforma dessas regiões, são capazes de sustentar uma elevada produtividade biológica localizada.

No período de Inverno, uma massa de água mais fria ocupa a região sul da costa brasileira. Esta água é transportada de sul para norte pela corrente das Malvinas carreando consigo uma biomassa de organismos associados e nutrientes, provocando um claro aumento dos valores de densidade biológica, percebido entre a região do Albardão (RS) até o sul do estado de Santa Catarina (Figuras 14 e 15). Este processo representa a entrada de nutrientes no sistema, que irá culminar com a alta produtividade biológica de primavera, fechando-se assim o ciclo anual. No extremo norte da área, o processo associado ao enriquecimento por ressurgências de quebra de plataforma mantém as altas densidades biológicas, especialmente em frente à Ilha de São Sebastião e na

região compreendida entre os Cabos Frio e de São Tomé, ressaltando a importância destes processos, responsáveis por manter níveis de produtividade biológica elevados ao longo de todo o ano.

Nos cruzeiros realizados nas regiões Central (Figuras 46 e 47) e Nordeste (Figuras 59 e 60) foi observada uma situação de grande homogeneidade em termos de TSM, indicando uma maior estabilidade e menor complexidade dos sistemas em termos de processos oceanográficos atuantes, quando comparados à região SE-S. Este fato foi demonstrado pelos coeficientes de variação da TSM, que apresentaram uma diminuição gradual da região SE-S em direção ao Nordeste. Também na região SE-S, a área apresentou uma maior variação de TSM no Inverno, diminuindo no Outono e na Primavera/Verão, que ainda assim foi mais variável do que as regiões Central e Nordeste (Figura 73).

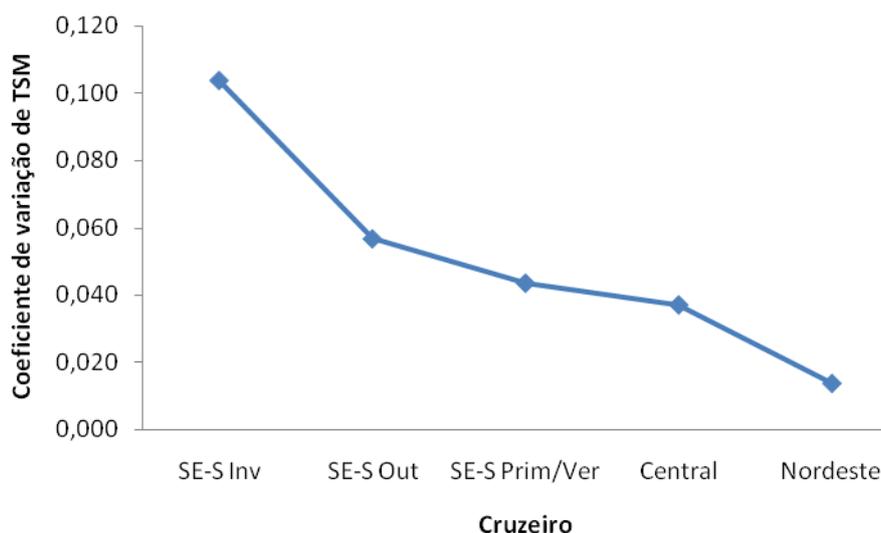


Figura 73 – Coeficiente de variação de TSM nos cruzeiros.

No cruzeiro SE-S de Inverno, quando as áreas ao sul e ao norte do Cabo de Santa Marta Grande foram tratadas separadamente, obteve-se correlação negativa entre densidade acústica e TSM para a área ao sul, e positiva para a área ao norte, indicando a atuação de dois sistemas antagônicos de larga escala espacial, ambos promovendo aumento da densidade biológica e relacionados a

diferentes grupos de espécies. Tal efeito determina que, quando se analisa a região SE-S em conjunto, não se observe correlação entre o acúmulo de organismos e a TSM, devido à anulação causada pelo antagonismo dos processos em termos de TSM.

Madureira e Rossi- Wongtshowski. (2005) trabalharam com a mesma base de dados e relacionaram as altas densidades biológicas observadas ao norte ao peixe lanterna (*Maurolicus stehmanni*), enquanto ao sul os autores identificaram outras espécies relacionadas a mesopelágicos da família Myctophidae, peixe espada (*Trichiurus lepturus*) e, em menor proporção, anchoita (*Engraulis anchoita*).

No cruzeiro de outono da região SE-S observa-se uma correlação negativa muito fraca entre densidade acústica e TSM (Tabela 17). Para o cruzeiro SE-S Primavera/Verão não houve correlação entre densidade acústica e TSM (Tabela 22), e para os cruzeiros Central e Nordeste esta correlação foi praticamente nula (Tabelas 27 e 32, respectivamente). Estas observações indicam que, conforme aumenta a homogeneidade dos sistemas, em larga escala espacial, há uma tendência a menores correlações diretas entre a densidade acústica e os valores de TSM, sendo a primeira controlada por processos diversos, atuando em sub superfície (Gandini e Madureira 2007), não detectados nos dados satelitais de TSM.

Nas análises de componentes principais as correlações mais claramente observadas são as negativas entre TSM e concentração de clorofila-a, indicando que águas mais frias são também mais ricas em nutrientes, sustentando assim uma maior produtividade primária. Tal fato foi verificado em todos os cruzeiros em que se dispunha de valores de concentração de clorofila (Figuras 21, 33, 45 e 57).

No cruzeiro SE-S de Inverno, o primeiro da série em ordem cronológica, ainda não havia dados satelitais de cor do oceano disponíveis para a análise. No cruzeiro SE-S de Outono foi observada a maior correlação entre densidade acústica e concentração de clorofila-a, sendo esta positiva e com um coeficiente de determinação de 12% (Tabela 17), indicando a tendência a maiores valores de densidade biológica nos locais onde a produtividade primária foi maior. Nos

demais cruzeiros estas correlações foram nulas (SE-S Primavera/Verão – Tabela 22) ou muito baixas (Central – Tabela 27, e Nordeste – Tabela 32), sendo que no Nordeste, apesar de baixa, a correlação foi negativa.

Tal fato pode estar associado ao momento da realização das coletas de dados hidroacústicos em relação à evolução temporal dos processos de enriquecimento e o tempo de resposta em termos de produtividade secundária e terciária aos processos. Seguindo-se este raciocínio, pode-se afirmar que o cruzeiro de outono demonstra a resposta biológica em níveis tróficos mais elevados à alta produtividade primária decorrente do período de Primavera/Verão, que apesar de ter apresentado a maior densidade acústica média os organismos encontravam-se mais dispersos ao longo da área. Nos cruzeiros das regiões Central e Nordeste, a alta estabilidade e homogeneidade demonstradas, aliadas às baixas concentrações de clorofila-a, implicam em que não se detecte correlação entre os parâmetros.

As altas correlações positivas entre densidade acústica e a temperatura média da camada refletem, na verdade, a tendência já discutida de acúmulo de organismos pelágicos nas camadas superiores, onde a temperatura média é mais elevada. Nos cruzeiros realizados nas regiões Nordeste e Central estas correlações foram mais evidentes, com coeficientes de determinação de 33 e 26%, respectivamente, do que para os cruzeiros da região SE-S, que apresentaram coeficientes de determinação de 11, 6 e 5%, respectivamente para os cruzeiros de Inverno, Outono e Primavera/Verão.

Esta observação é mais um indicativo da maior estabilidade das regiões Central e Nordeste em termos de TSM e, portanto, menor complexidade em termos de processos oceanográficos de enriquecimento.

A comparação entre os cruzeiros realizados na estação de Outono, nas três diferentes regiões da costa indicam que os maiores valores de densidade acústica média foram observados, surpreendentemente na região Nordeste, seguida da SE-S com valores bastante próximos entre estas, e da Central com uma densidade média destacadamente inferior (Figura 69). Madureira et al. (2009) e Weigert e Madureira (no prelo) descrevem que a estrutura biológica mais frequentemente observada na região Nordeste foram as densas camadas

de dispersão acústica, tanto em superfície, quanto nas camadas mais profundas, havendo ausência de estruturas do tipo cardume. Segundo os autores as camadas de dispersão acústica na região Nordeste cobrem praticamente toda a área, e são formadas principalmente por organismos pequenos, componentes do meso e macro zooplâncton, pequenos peixes epi e mesopelágicos, com destaque para a família Myctophidae, e pequenas lulas da família Enoploteuthidae. A constância de ocorrência das densas camadas ao longo da área determina valores de densidade acústica média elevados, principalmente devido à pequena quantidade de valores “zero” computados ao longo dos perfis.

Outro fator a ser considerado é o pequeno tamanho corporal dos organismos formadores das camadas de dispersão acústica do Nordeste, e sua relação com a frequência acústica utilizada. Frequências relativamente baixas, como 38 kHz, tem um maior comprimento de onda quando comparadas a frequências mais altas (120 – 200 kHz). Organismos com tamanho corporal inferior à do comprimento da onda acústica não apresentam resposta segundo o espalhamento geométrico, em que o índice de reflexão acústica individual (*target strength*) é proporcional ao tamanho do organismo, mas sim segundo o espalhamento de *Rayleigh*. Neste caso, pode não ocorrer uma relação de linearidade entre densidade biológica e densidade acústica medida (Clay & Medwin, 1977).

Já na região SE-S são observadas manchas (*patches*) de concentração de organismos, que se agrupam em densos cardumes, ocorrendo assim picos de densidade acústica em determinados locais, seguidos por sequências de valores “zero” em outros, causando assim uma redução da média geral.

Em relação às diferentes províncias oceanográficas consideradas, tanto na análise dos três cruzeiros realizados nas diferentes estações do ano na região SE-S (Inverno, Outono e Primavera/Verão), quanto na comparação entre as macrorregiões (SE-S, Central e Nordeste), observam-se valores médios de densidade acústica mais elevados na província Talude Superior (Figuras 66 e 70). Tal observação indica que esta província é um local importante no que diz respeito ao acúmulo de organismos, seja pelo efeito de

processos de enriquecimento local como ressurgências de quebra de plataforma (Campos 1995), seja pela barreira imposta ao transporte de organismos por correntes de fundo, representada por um aumento brusco na declividade do leito oceânico, especialmente quando consideradas as regiões Central e Nordeste.

Nos dados analisados neste trabalho há uma defasagem temporal entre os diferentes cruzeiros realizados entre o extremo sul do Brasil e a costa nordestina, passando pela região central (Tabela 1). Esta defasagem prejudica o entendimento da sinopticidade dos processos que atuam nos diferentes ecossistemas analisados.

No entanto, conforme sustentado acima há uma maior complexidade nas regiões sudeste e sul quando se comparam informações ao norte, por exemplo do Cabo de São Tomé, pelo menos no que se refere aos processos capazes de serem identificados no universo dos dados analisados. Para o sistema ao sul do referido cabo o estudo de três cruzeiros realizados em diferentes estações do ano permite interpretar processos evoluindo ao longo do tempo, mesmo considerando a falta de réplicas para cada um dos períodos. A seguir discutem-se características importantes das diferentes regiões em análise.

Analisando-se as características ambientais descritas acima, associadas à extensão da costa considerada nesta proposta de estudo, pode-se inferir que há um aumento na complexidade e na dinâmica de processos do nordeste para o sul. Estes diferentes graus, ou níveis de complexidade, se refletem na produtividade das diferentes regiões da ZZE brasileira.

O presente estudo quantificou, utilizando a mesma metodologia acústica, a riqueza biológica do pelagial em diferentes setores da costa brasileira e buscou relacioná-la a parâmetros ambientais condicionadores de enriquecimento. As análises demonstram a grande complexidade dos processos associados a geração de produção primária e secundária e aos deslocamentos ou movimentações dos *patches* de biomassa ao longo da costa. Apesar desta complexidade informações novas foram produzidas e

demonstram a necessidade de amostradores que se complementem com a coleta de dados de superfície, tais como TSM e concentração de clorofila-a e de sub superfície tais como dados acústicos e de CTD. Por outro lado, os dados acústicos por si só não explicam a diversidade dos alvos, neste caso organismos, que compõe a riqueza do pelagial e evidenciam a necessidade de amostragens com redes capazes de capturar uma ampla escala de tamanhos e que identifiquem e quantifiquem os organismos do zooplâncton ao nécton. A utilização de sistemas hidroacústicos operando com multi frequência certamente gerarão dados melhores do que os mono frequência.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise da distribuição dos dados de densidade acústica, associados aos dados satelitais permitiu demonstrar a relação entre feições oceanográficas de larga escala espaço temporal e o acúmulo de densidade biológica em uma ampla área da ZEE brasileira.

A utilização de dados satelitais foi de grande utilidade na observação das feições oceanográficas em uma escala espacial mais ampla do que a dos dados coletados *in situ*, permitindo assim o acompanhamento da evolução de importantes processos oceanográficos, sobretudo na região SE-S.

Apesar dos dados terem sido coletados em diferentes anos e períodos, prejudicando assim o entendimento da sinopticidade dos processos que atuam nos ecossistemas analisados, foi possível traçar um comparativo entre as macrorregiões da costa (SE-S, Central e Nordeste) em termos de complexidade ambiental associada a processos oceanográficos, que é decrescente do sul do Brasil em direção a região nordeste.

Na região SE-S, considerada como de maior complexidade ambiental dentre as três analisadas, a disponibilidade de dados em diferentes estações do ano permitiu avaliar respostas biológicas às diferentes condições ambientais observadas em cada uma delas. No período de inverno há um importante aporte de energia no extremo sul da área, com o avanço de uma massa de água com temperaturas mais baixas transportada de sul para norte, que traz

consigo uma considerável biomassa de organismos associados. A primavera/verão corresponde ao período com maior disponibilidade de biomassa na região SE-S, refletindo a alta produtividade do sistema neste período.

O extremo norte da costa SE-S, entre a Ilha de São Sebastião e o Cabo de São Tomé, caracteriza-se como uma área com ocorrência constante de elevados valores de densidade acústica, provavelmente sustentada por processos de ressurgência de ACAS sobre e na quebra da plataforma continental daquela região.

Além do padrão de acúmulo da densidade biológica nos primeiros 150 m da coluna de água, foram observadas também importantes biomassas associadas às camadas de fundo. Estes organismos realizam migrações verticais da ordem de centenas de metros, subindo durante o período noturno para camadas próximas à superfície, e retornando para as camadas profundas durante o dia. Tais deslocamentos são de destacada importância ecológica na transferência de energia entre os ecossistemas de superfície e fundo.

Os resultados do presente trabalho sugerem fortemente a necessidade de estudos que invistam no acompanhamento da evolução dos processos de enriquecimento na costa brasileira, concentrando os esforços no estudo de áreas menores, amostradas várias vezes ao longo do ano. Da mesma forma é muito importante que amostragens sinópticas, em escalas espaciais mais abrangentes sejam também realizadas ao longo da costa, amostrando simultaneamente e em diferentes latitudes, a região compreendida entre a plataforma interna e o talude, em escalas compatíveis com a extensão da costa e que identifiquem os principais processos oceanográficos atuantes.

Além disso, a identificação e separação dos sinais acústicos dos diferentes grupos de organismos presentes na coluna de água, através do estudo com multi-freqüências acústicas e sistemas de redes múltiplas capazes de amostrar eficientemente organismos planctônicos e nectônicos, é fundamental para um melhor entendimento das correlações entre a riqueza biológica e os parâmetros ambientais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVES-MEDINA, G, R PALOMARES-GARCIA, J GOMEZ-GUTIERREZ, CJ ROBINSON & RJ SALDIERNA-MARTINEZ. 2009. Multivariate characterization of spawning and larval environments of small pelagic fishes in the Gulf of California. *Journal of Plankton Research*, 31(10): 1283-1297.
- AKRITAS, MG. 1990. The Rank Transform Method in Some Two-Factor Designs. *Journal of the American Statistical Association*, 85(409): 73-78.
- AXENROT, T; T DIDRIKAS, C DANIELSSON & S HANSSON. 2004. Diel patterns in pelagic fish behaviour and distribution observed from a stationary, bottom-mounted, and upward-facing transducer. *ICES J. mar. Sci.*, v. 61, p. 1100-1104.
- BAKUN, A. 1996. Patterns in the ocean. California Sea Grant College System/Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. 323 p.
- BALLS, R. 1946. Fish on the spotline. London, Marconi International Marine Communications Co. Ltd. 37p.
- 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, R LE BORGNE. & E JOSSE. 1999. Acoustic characterisation of micronekton distribution in French Polinesia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 191: 127-140.
- BRANDINI, FP. 1990. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off Southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (Feb/March 1984). *Hidrobiologia*. 196: 111-148.
- BRANDINI, FP, RM LOPES, KS GUTSEIR, HL SPACH & R SASSI. 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 p.

- CABRAL, AP, MC BAPTISTA, F HARGREAVES, DFM GHERARD & M MANO. 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, 769-76.
- CALDEIRA, FG. 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.
- CAMPOS, EJD 1995. Estudos da circulação oceânica no Atlântico Tropical e região oeste do Atlântico Subtropical Sul. Tese de livre docência. Universidade de São Paulo. Instituto de Oceanografia. 114p.
- CAMPOS, EJD, JE GONÇALVES & Y IKEDA. 1995. Water mass structure and geostrophic circulation in the South Brazil Bight - Summer of 1991. J. Geophys. Res., 100(C9): 18537-18550.
- CAMPOS, EJD, Y IKEDA, BM CASTRO, SA GAETA, JA LORENZZETTI, & MR STEVENSON. 1996. Experiment studies circulation in the Western South Atlantic. EOS Transactions American Geophysical Union, 77(27): 253-259.
- CAMPOS, EJD, D VELHOTE, & ICA SILVEIRA. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders. Geophys. Res. Letts., 27(6): 751-754.
- CASTRO, BM 1996. Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo. Tese de livre docência. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 248p.
- CASTRO, BM & LB MIRANDA. 1998. Physical Oceanography of the Wester Atlantic Continental Shelf Located Between 4° Nand 34°S – Coastal Segment (4, W). In: Allan R. Robinson and Kenneth H. Brink. The Sea. John Wiley e Sons, Inc., New York, 11: 209-251.

- CHEN, IC, PF LEE & WN TZENG. 2005. Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors. *Fisheries Oceanography*, 14: 71-80.
- CHENEY, RE, JG MARSH & BD BECKLEY. 1983. Global Mesoscale Variability from Collinear Tracks of Seasat Altimetry Data. *J. Geophys. Res.*, 88: 4343-4351.
- CIOTTI, AM, C ODEBRECHT, G FILLMANN & OO JR MÖLLER. 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Contin Shelf Res.*, 15: 1737-1756.
- CLARK, C & D LEVY. 1988. Diel vertical migrations by juvenile sockeye salmon and the antipredator window. *Am. Naturalist*, 131(2): 271-290.
- CLAY, CS & H MEDWIN. 1977. *Acoustical Oceanography: Principles and Applications*. Wiley, New York. Chap. 6. 544p.
- CONOVER, WJ & RL IMAN. 1985. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *The American Statistician*, 35(3): 124-129.
- COSTA, PAS, AS MARTINS, G OLAVO, M HAIMOVICI & AC BRAGA. 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, 145-165.
- CRAWFORD, RE, C HUDON & DG PARSONS. 1992. An acoustic study of shrimp (*Pandalus montagui*) distribution near resolution Island (eastern Hudson Strait). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 842-856.
- EKAU, W & B KNOPPERS. 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.
- FIEDLER, PC & HJ BERNARD. 1987. Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Continental Shelf Research*, 7: 871–881.

- FOOTE, KG. 1982. Optimizing copper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment. *J. Acoust. Soc. Am.*, 71: 742-747.
- FRANCO, BC, JH MUELBERT & MM MATA. 2006. Mesoscale physical processes and the distribution and composition of ichthyoplankton on the southern Brazilian shelf break. *Fish. Oceanogr.*, 15(1): 37–43.
- FREIRE, O. 2003. Apresentação. In: CERGOLE, MC & CLB ROSSI WONGTSCHOWSKI. *Dinâmica das Frotas Pesqueiras - Análise das Principais Pescarias Comerciais do Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Evoluir. 3-4p.
- FRÉON, P, F GERLOTTO & M SORIA. 1996. Diel variability of school structure with special reference to transition periods. *ICES Journal of Marine Science*, 499-561.
- FRÉON, P & OA MISUND. 1999. *Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment*. Fishing News Books. Oxford. 360p.
- FRÉON, P, P CURY, L SHANNON & C ROY. 2005. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bulletin of Marine Science*, 76: 385-462.
- FUSE, IY. 2000. Estudo do parâmetro acústico vigor de alvo ou target strength (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, SA, JÁ LORENZZETTI, LB MIRANDA, SMM SUSINI-RIBEIRO, M POMPEU & CES ARAUJO. 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.
- GAETA, SA & BRANDINI, FP. 2006 Produção primária do fitoplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski, CL & Madureira, LSP (Org.). *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: EDUSP, p. 219-264.
- GANDINI FC, 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.

- GANDINI, FC & LSP MADUREIRA. 2007. Prospecção acústica de organismos pelágicos e sua integração com os processos físicos de enriquecimento no atlântico sudoeste brasileiro. In: AVILA, RB, CLDB ROSSI-WONGTSCHOWKI & LSP MADUREIRA. Prospecção pesqueira de espécies pelágicas de pequeno porte na Zona econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Instituto Oceanográfico. USP, Brasil. 136p.
- GEBER, FO. 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.
- GEORGAKARACOS, S & D KITSIOU. 2008. Mapping abundance distribution of small pelagic species applying hydroacoustics and Co-Kriging techniques. *Hydrobiologia*, 612: 155–169.
- GERLOTTO, F & E MARCHAL. 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.
- GORDON, AL. 1989. Brazil-Malvinas Confluence – 1984. *Deep Sea Res., Part A*, 36: 359-384.
- GREIG, AB. 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.
- HAMMAN, MG, MO NEVAREZ-MARTÍNEZ & Y GREEN-RUIZ. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: egg and larval distribution 1956–1957 and 1971–1991. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 39: 169-179.

- HAZIN, FHV, P TRAVASSOS & J SHOBER. 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.
- IOCCG. 2000. Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex waters. In: SATHYENDRANATH, S & V STUART. (orgs) Reports of the International Ocean Colour Coordinating Group. Dartmouth: IOCCG.
- IIDA, K, T MUKAI & D HWANG. 1996. Relationship between acoustic backscattering strength and density of zooplankton in the sound-scattering layer. ICES Journal of Marine Science, 53: 507-512.
- JOHANNESSON, KA & RB MITSON. 1983. Fisheries acoustics. A practical Manual for aquatic biomass estimation. FAO, Rome.
- JOLLIFFE, IT. 2002. Principal Components Analysis. Springer Series in Statistics. 2^a ed. Springer-Verlag. New York. 491 p.
- KAMPEL, M & EMLM NOVO. 2005. O Sensoriamento Remoto da cor da água. In: SOUZA, RB (Org). Oceanografia por Satélites. 1^a ed. São Paulo: Oficina de Textos. Cap. 12: 179-196.
- KIDDER, SQ & TH VONDER HAAR. 1995. Satellite Meteorology: An Introduction. Academic Press. 466p.
- LAURS, RM, PC FIEDLER & DR MONTGOMERY. 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. Deep-Sea Research, 31: 1085-1099.
- LAURS, RM & JT BRUCKS. 1985. Living marine resources applications. In: SALTZMAN, B. Advances in Geophysics. New York: Academic Press.
- LAEVASTU, T & ML HAYES. 1981. Fisheries Oceanography and Ecology. Fishing News Books Ltd., Farnham (UK). Oxford. 199p.
- LAEVASTU, T, DL ALVERSON & RJ MARASCO. 1996. Exploitable marine ecosystems: their behaviour and management. Fishing News Books. 321p.

- LASKER, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California Current: identification of factors contributing to recruitment failure. Rapport Réunion du Conseil International pour l' Exploration de la Mer, 173: 212-230.
- LE FÈVRE, J. 1986. Aspects of Biology of Frontal Systems. In: Advances in Marine Biology 23. Academic Press.
- LEGECKIS, RA. 1978. A survey of worldwide sea surface temperature fronts detected by environmental satellites. Journal of Geophysical Research, 83(C9): 4501-4522.
- LLUCH-BELDA, D, S HERNÁNDEZ-VAZQUEZ, DB LLUCH-COTA, CA SALINAS-ZAVALA & RA SCHWARTZLOSE. 1992. The recovery of the California sardine as related to global change. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep., 33: 50-59.
- MCCLATCHIE, S, PJ ROGERS & L MCLEAY. 2007 Importance of scale to the relationship between abundance of sardine larvae, stability, and food. Limnol. Oceanogr., 52: 1570-1579.
- MACLENNAN, DN & DV HOLLIDAY. 1996. Fisheries and plankton acoustics: past, present and future. ICES, Journal of Marine Science, 53: 513-516.
- MACLENNAN, DN & A MENZ. 1996. Interpretation of *in situ* target-strength data. ICES Journal of Marine Science, 53: 233-236.
- MACLENNAN, DN & EJ SIMMONDS. 1992. Fisheries Acoustics. Fish AND Fisheries Series 5. Chapman e Hall, London. 325p.
- MADUREIRA, LSP, RP HABIAGA, A GONÇALVES, AB GREIG, AC DUVOISIN, CF SOARES, IY FUSE, FC GANDINI, LR CARVALHO, SC WEIGERT, PA SALDO & CS FERREIRA. 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 p.
- MADUREIRA, LSP & CLDB ROSSI-WONGTSCHOWSKI. 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. 144p.

- MADUREIRA, LSP, RP HABIAGA, AC DUVOISIN, SC WEIGERT, CS FERREIRA & MP de PINHO. 2009. Prospecção hidroacústica sobre a plataforma e o talude da ZEE do Nordeste do Brasil, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e nos Bancos Oceânicos do Ceará. Programa REVIZEE– Score Nordeste, 3. Editora Martins e Cordeiro. 49-110.
- MAFALDA JR., PO, GF MOURA, GN MELO, JAA SAMPAIO, FA FEITOSA, JZ PASSAVANTE, MO MOREIRA & CS SOUZA. 2009a. Oceanografia Biológica: Biomassa fitoplanctônica na ZEE da Região Nordeste do Nordeste do Brasil. Programa REVIZEE- Score Nordeste. Vol.2. 11-26.
- MAFALDA JR., PO, JBF NETO, C SANTOS, CS SOUZA, JJ SANTOS & DL LIMA. 2009b. Oceanografia Biológica: Biomassa zooplanctônica na ZEE da Região Nordeste do Nordeste do Brasil. Programa REVIZEE- Score Nordeste. Vol.2. 27-47.
- MALUF, S. 1978. O sensoriamento remoto aplicado a um modelo de carta de pesca. São José dos Campos (INPE-1379-pre/176).
- MATSUURA, Y. 1995. Exploração pesqueira: ambiente marinho no litoral brasileiro. In: Ecossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento: Subsídios ao Planejamento da Gestão Ambiental: Min. Meio Amb Rec Hidr Amaz Legal/Scama/Pnma. 4:42-48.
- MEDEIROS, C, SJ MACEDO, FAN FEITOSA, & ML KOENING. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east brazilian waters. Archive of Fishery and Marine Research, 47(2/3):133-151.
- METZLER, PM, PM GILBERT, SA GAETA & JM LUDLAM. 1997. New and regenerated production in the south Atlantic off Brazil. Deep Sea Res., 44(3): 363-384.
- MILLIKEN, GA & DE JOHNSON. 2009. Analysis of messy data. Designed Experiments. 2^o ed. CRC Press. Boca Raton. 1: 674p.
- MIRANDA, LB.1982. Analise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP). Tese de livre docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 194p.

- MÖLLER, OO, AR PIOLA, AC FREITAS & EJ CAMPOS. 2008 The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental Shelf Research* , 28, 1607-1624.
- MONGER, B, C MCCLAIN & R MURTUGUUE. 1997. Seasonal phytoplankton dynamics in the eastern tropical Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, 102: 12389-12411.
- MONTGOMERY, DC. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. 5nd Ed. John Willey and Sons. New York, USA. 684p.
- MOSGOVOY, VA & VE BEKKER. 1991. Volume sound scattering and the composition of sound-scattering layers in the Canary Basin region. *Oceanol. Acad. Sci. USSR*. 31: 293-298.
- MULLER, TJ, Y IKEDA, N ZANGENBERG & LV NONATO. 1998. Direct measurements of Western boundary currents off Brazil between 20°S and 28°S. *Journal of Geophysical Research*, 103: 5429-5437.
- MURPHY, EJ, DJ MORRIS, JL WATKINS & J PRIDDLE. 1988. Scales of interaction between antarctic krill and the environment. *Antarctic Ocean and Resources Variability*, 120-130.
- NEUMANN-LEITÃO, S, LMO GUSMÃO, TA SILVA, DA NASCIMENTO-VIEIRA & AP SILVA. 1999. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic waters off north-eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2/3): 153-165.
- NONAKA, RH. 1999. Distribuição e abundância de karvas de oeuxes narubgis da região do Banco de Abrolhos e águas adjacentes e sua relação com as condições oceanográficas. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo – IOUSP. 144p
- NONAKA, RH, Y MATSUURA, & K SUZUKI. 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region of eastern Brazil. *Fishery Bulletin*, 98(4): 767-784.

- OOZEKI, Y, A TAKASUGA & H KUBOTA. 2007 Characterizing spawning habitats of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) and Pacific round herring (*Etrumeus teres*) in the northwestern Pacific. *CalCOFI Rep.*, 48: 191–203.
- PARAMO, J, RA QUIÑONES, A RAMIREZ & R RODRIGOWIFF. 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: 239-245.
- PEREIRA, A F, AL BELÉM, BM CASTRO, & R GEREMIAS. 2005. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. *Continental Shelf Research*, 25: 1521-1539.
- PETERSON, RG & L STRAMMA. 1991. Upper level circulation in the South Atlantic Ocean. *Prog. Oceanogr.*, 26: 1-73.
- PIOLA, AR, OO MÖLLER, RA GUERRERO & EJ CAMPOS. 2008. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research* , 28, 1639-1648.
- PUSCH, C, A BECKMANN, FM PORTEIRO & HV WESTERNHAGEN. 2004. The influence of seamounts on mesopelagic fish communities. *Archive of Fishery an Marine Research*, 51(1-3): 165-186.
- RIJAVEC, L & JC AMARAL. 1977. Distribuição e abundância de peixes pelágicos na costa sul e sudeste do Brasil. *PDP-SUDEPE Documentos Técnicos*, 24: 55p.
- ROBINSON, IS. 1985. *Satellite Oceanography - an introduction for oceanographers and remote-sensing scientists*. Chichester: Ellis Horwood Ltd.455p.
- ROSSI-WONGTSCHOWSKI, CLDB & MC CERGOLE. 2003. A área de dinâmica de populações e avaliação de estoques na região sudeste sul. In: CERGOLE, MC & CLBR WONGTSCHOWSKI. *Dinâmica das Frotas Pesqueiras - Análise das Principais Pescarias Comerciais do Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Evoluir. 7-12.
- SALVANES, AG & JB KRISTOFFERSEN. 2001. Mesopelagic Fishes. In: STEEL, J, S THORPE & K TUREKIAN. (eds): *Encyclopedia of Ocean Sciences*, San Diego: Academic Press, 1711-1717.

- SAMEOTO, DD, NA COCHRANE & AW HERMANN. 1985. Response of biological acoustic backscattering to ship's lights. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1535-1543.
- SÁNCHEZ-VELASCO, L, B SHIRASAGO, & MA CISNEROS-MATA. 2000. Spatial distribution of small pelagic fish larvae in the Gulf of California and its relation to the El Niño 1997-1998. *J. Plankton Res.*, 22: 1611-1618.
- SANTOS, AMP. 2000. Fisheries oceanography using satellite and airborne remote sensing methods: a review. *Fisheries Research*, 49: 1-20.
- SANTOS, AMP, AFG FIÚZA, & RM LAURS. 2006. Influence of SST on catches of swordfish and tuna in the Portuguese domestic longline fishery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(15): 3131-3152
- SHARP, GD & DR MCLAIN. 1993. Fisheries, El Niño southern oscillation and upper-ocean temperature records: an Eastern Pacific example. *Oceanography*, 6: 13–22.
- SILVA JR & M KAMPEL. 1996. Observação da penetração do ramo costeiro da Corrente das Malvinas na costa sul sudeste do Brasil a partir de imagens AVHRR. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto. Salvador, Bahia (CD-Rom).
- SILVA, LCF & JB ALVARENGA. 1996a. 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, LCF & JB ALVARENGA. 1996b. 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, AMR & OO JR MÖLLER. 1998. Caracterização do processo de ressurgência costeira na região do Cabo de Santa Marta Grande (SC). Resumos expandidos da XV Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande, de 18 a 24 de outubro, 363-365.

- SILVEIRA, ICA, ACK SCHMIDT, EJD CAMPOS, SS GODOI, & Y IKEDA. 2000. The Brazil Current off the Eastern Brazilian Coast. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2): 171-183.
- SIMMONDS, J & D MACLENNAN. 2005. *Fisheries Acoustics. Fish and Aquatic Resources Series 10*. 2ª ed, Blackwell, London. 437p
- SOARES, CF. 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.
- SOUZA, RB & IS ROBINSON. 2004. Satellite and Lagrangian observations of the Brazilian Coastal Current. *Continental Shelf Research*, 24: 241-262.
- SOUZA, RB. 2005. *Oceanografia por Satélites*. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos. 336p.
- SUND, O. 1935. Echo sounding in fishery research. *Nature, Lond.*, 135(3423): 953.
- THORNE, RE.1983. Hydroacoustics. In: NIELSEN & D JOHNSON, eds. *Fisheries Techniques*, 239-259.
- TRAVASSOS, PEPF, FHV HAZIN, JR ZAGAGLIA, RA ROCHA & J SCHOBER. 1999. Thermohaline structure around seamounts and islands off Northeast Brazilian coast. *Archive of Fishery an Marine Research*, 47(2/3): 211-222.
- VALENTIN, JL. 2001. The Cabo Frio Upwelling System, Brasil. In: SEELIGER, U & BJN KJERFVE. (orgs). *Ecological Studies: Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 144: 97-105.
- WARE, DM & RE THOMSON. 2005. Bottom-Up Ecosystem Trophic Dynamics Determine Fish Production in the Northeast Pacific. *Science*, 308: 1280-1285.
- WEBSTER, R & MA OLIVER. 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists*. Wiley, Chichester.330p.

- WEIGERT, SW. 2006. 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. Dissertação de mestrado. Departamento de Oceanografia Universidade Federal do Rio Grande – FURG, 114p.
- WEIGERT, SW & LSP MADUREIRA. (no prelo). Registros acústicos biológicos detectados na Zona Econômica Exclusiva da região nordeste do Brasil – uma classificação em ecotipos funcionais.
- WOOTTON, RJ. 1990. Ecology of teleost fishes. London New York, Chapman and Hall, 404p.
- ZAGAGLIA, CR & HV HAZIN. 2005. Sensoriamento remote aplicado à pesca. In: SOUZA, RB. 2005. Oceanografia por Satélites. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos. 275-285.
- ZAVIALOV, PO, RD GHISOLFI, & CAE GARCIA. 1998. An inverse model for seasonal circulation over the southern brazilian shelf: near surface velocity from the heat budget. J. Phys. Oceanogr., 28: 545-561.