Daniela Rodrigues Abras

**Efeito de parâmetros ambientais na migração de
baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre
Mar de Scotia e Banco dos Abrolhos**

Dissertação apresentada ao Instituto
Oceanográfico da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ciências,
área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Phan Van Ngan

São Paulo

– 2014 –

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

**Efeito de parâmetros ambientais na migração de baleias-
jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre
Mar de Scotia e Banco dos Abrolhos**

Daniela Rodrigues Abras

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Julgada em ____/____/____

Prof. Dr. Phan Van Ngan

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

SANTA BARBARA DOS ABROLHOS.

Fonte: HARTT, C.F. 1868. A naturalist in Brazil.

Abras os olhos, o paraíso está adiante.

Dedico esta dissertação a duas mulheres memoráveis, com fome de viver:

Vovó Gail e Vovó Judith (*in memoriam*).

Agradecimentos

Agradeço a todos os que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Instituto Oceanográfico da USP.

Ao CNPq, pela bolsa de mestrado concedida. À Pró-Reitoria de Pós Graduação da USP, pelo auxílio financeiro para participar da XV Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul (RT) e o 9º Congresso da Sociedade Latinoamericana de Especialistas em Mamíferos Aquáticos (SOLAMAC). Ao William Rossiter e à Cetacean Society International, pelos “grants” para a realização do Ponto Fixo em 2013 e 2014.

Ao meu querido e caloroso professor orientador, Phan Van Ngan. Conviver com você é de uma imensa sabedoria. Sua vivência, das milhares formas da ciência, desde a experimental à holística, me ensinou a ter vários olhares e perspectivas. Obrigada pela orientação calorosa, pela paciência, por me permitir realizar este projeto e por não desistir de mim. Por isso, serei eternamente grata. Cám ơn rất nhiều.

À Mia. Não há formas de dizer obrigada a você, nem em vietnamita, nem em baleiês! Você me proporcionou conhecer e viver uma vida que só existia no plano dos sonhos. Obrigada por me confiar o “Teo” e me conceder a honra de conhecer PF. Através dos seus olhos, vi a ética animal, como nenhuma outra pessoa havia me mostrado. Através do seu coração, pude ver que existem outras pessoas que compreendem que o amor mede 16 metros e pesa 40 toneladas.

Ao Milton Marcondes, pela hospedagem maravilhosa e pela oportunidade dos embarques. Obrigada por compartilhar seu conhecimento e incríveis relatos sobre o histórico da luta contra a caça das baleias no Brasil. Muito obrigada, e vá escrever um livro!

Ao Instituto Baleia Jubarte, por gentilmente ceder os dados para este projeto, e por ter me escolhido. Que comece uma nova fase, cheia de inspirações e muito trabalho! Aos funcionários Lucélia, Kiddy, Fábio, Seu Vavá e Espiga. Ao pessoal da EA. Aos estagiários Arnaldo, Gustavo, João Victor, Julieide,

Delphini, Ceci, aos veterinários Adriana e Hernani e biólogo João Paulo pelos incríveis momentos de trabalho e diversão.

Ao Leonardo Wedekin, pela ideia do projeto, auxílio na realização e análises dos modelos. À Cris Albuquerque, pela ajuda na concretização do projeto.

Ao Laboratório de Oceanografia por Satélite, em especial ao Professor Paulo Polito, por aceitar meu projeto e ao Wandrey Watanabe, pela aquisição dos dados de temperatura e principalmente pela disposição em me ajudar, me explicar e me ceder os dados mastigados.

Às meninas do PF: Isabel, Luíza, Ana Carolina, Camila, Joana, Paulinha e Débora. Pelas experiências no ponto fixo, durante nossa rotina de subir e fofocar, ficar e silenciar perante a soberania da natureza de Abrolhos, descer rindo, chorando, cansadas, mas felizes por ter visto tanta baleia.

Ao ICMBio – Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e aos monitores: Egno e Erley. À Berna Barbosa, a “enciclopédia ambulante de Abrolhos”, pela grande amiga que se tornou.

À Marinha do Brasil, por permitir que o trabalho do ponto fixo seja possível. A toda a equipe dos anos de 2013 e 2014: Lucena, Adriana, Santana, Eduardo Queixo, Alves, Sávio, e em especial aos Lucianos, Papá e Almeida pelos auxílios na rotina na Ilha, seja carregando equipamento ou fazendo churrasco de batata e abacaxi.

Ao Lab 111A. Carol Vig, Carol Margot, Pri Sartório, Deb Cardim, Alex Machado, Arthur Rocha. Por todos os dias de convivência, risadas, cafés, paciência, conselhos (científicos ou não)... E à Ju e ao Fábio, que me aguentaram do início ao fim, com muito bom humor, paciência (e falta de) e amizade. Agradeço imensamente a todos os momentos que passamos juntos. Minha vida não seria nada sem os Fãs do Phan (que é muito Fun!)

À June, que me deu a chave para o mestrado, me apoiou e me aconselhou em diversas situações.

Ao Cafezinho do Mário. Ao Professor Mário, Lurdes, Isa e Túlia, por ceder espaço para o café, para as confissões, lamentos e desesperos. E pelos auxílios nas interpretações de dados de krill.

Ao Nécton. Marinella, Lídia, Camila e Riguel, pelos diversos almoços e papos variados, pelas caronas e pelo carinho.

Aos Bentos. Sandrinha, pelos cafés e conversas; Mau, pelas encheções, risadas e gracinhas diárias; ao Joan e Romina. Ao Arthur Guth, pela confecção dos mapas, por todas as dicas e conversas sobre projeto, bate papos e risadas de bar regadas a cervejas importadas, e pelo carinho. À querida Ju, quando nossas risadas espalhafatosas e nossa falação se unem... obrigada pela companhia e amizade! À Paulinha, pelas caronas, domingos de trabalho e todo apoio nesta reta final!

Ao Plâncton. À Jana Del Favero. Por brigar comigo. Você é das pessoas mais energéticas que já conheci, e isso contagia! Você me empurrou várias vezes, me alegrou, me entristeceu, me enlouqueceu. Mas obrigada por me dar a honra de ser sua amiga. À Claudia Nimiki, super vizinha e amiga, pelas caronas, e principalmente por todo o apoio que me deu durante o processo. Suas conversas e pontos de vista, com calma ou desespero me engrandeceram muito.

Às Ladies: Dani Brasil, Mari Alves, Luisa Chaves, Juliana Segadilha, Ana Paula, Beatriz, Bianca, Nat Lyra, Luciana Campello, Luisa Show, Amanda Quindim. Mesmo com a nossa distância, vocês estão presentes no meu dia a dia, por isso eu sei que nunca estou sozinha!

Ao Renato, meu *roommate*, que me apareceu na hora mais propícia, me acolheu e me ajudou muito cuidando da gatinha.

À Thienne, por me ajudar a reencontrar meu caminho e me colocar no eixo. Obrigada por todas as conversas, lágrimas e risadas, e muito obrigada pela amizade ao longo destes 2 anos.

À Julia Dromboski. Meu peixe. Minha amiga, companheira de aventuras, de trabalho, de baleias, de ponto fixo. Parceira de ideias, de viagens, de insanidades... Você, mais do que ninguém consegue me compreender. Nossa conexão é algo inexplicável. “Peixe, por que vc dormeeeee?”

À toda minha Família.

À Regina, minha irmã. Quanto mais o tempo passa, e a distância ultrapassa oceanos, vamos descobrindo o laço nos une.

Ao meu pai, Célio Abras. Uma das pessoas mais extraordinárias que já conheci. Você me ensinou a dar amor, de forma incondicional e mostrou o significado das palavras generosidade e altruísmo. Por tudo o que vc é, por tudo o que fez, e por tudo o que me ensinou.

À minha mãe, Vânia Rodrigues. Se sei que meus sonhos são possíveis, é porque você pegou na minha mão e me disse “Vá”. O seu apoio é algo imensurável. O seu amor é algo tão sincero, e sou abençoada por ter tido você como minha mãe.

Ao Jasão. Agradeço pela coleta dos pontos amostrais do corredor migratório. Agradeço os últimos 4 anos em que fez parte da minha vida. Tantas coisas boas, e tantas coisas ruins. Você me ajudou a crescer e me tornei mais forte, mais firme e aprendi muito, mesmo que de formas nem sempre agradáveis. Estrelas não brilham se não tiverem o escuro.

Às Baleias-Jubarte, estas majestosas que reinam no mar, que por muito me fascinaram de longe, e agora estão presentes na minha realidade. A elas, que nunca me decepcionam. Por todos os borrifos, batidas e saltos... foram tantas as lágrimas derramadas, obrigada pela emoção.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABELAS.....	xxii
RESUMO.....	xxiii
ABSTRACT	xxiii
I. INTRODUÇÃO	1
I.1 PRINCIPAIS ASPECTOS DA MIGRAÇÃO ANIMAL.....	1
I.2 BALEIA-JUBARTE.....	10
I.3 FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS QUE TEM EFEITO NA MIGRAÇÃO DA BALEIA-JUBARTE.....	14
I.3.1 FOTOPERÍODO	14
I.3.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR.....	16
I.3.3 DENSIDADE DE KRILL	16
II. HIPÓTESE	19
III. OBJETIVOS	19
IV. ÁREAS DE ESTUDO	20
IV.1. MAR DE SCOTIA.....	21
IV.2. BANCO DOS ABROLHOS	23
IV.3. CORREDOR MIGRATÓRIO DAS BALEIAS-JUBARTE	26
V. MATERIAL E MÉTODOS.....	28

V.1. REGISTROS DE AVISTAGENS DE BALEIAS-JUBARTE.....	28
V.2. PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO	32
V.2.1. PARÂMETROS ABIÓTICOS.....	33
V.2.1.1. FOTOPERÍODO	33
V.2.1.2. ÍNDICE DE OSCILAÇÃO DO OCEANO AUSTRAL (SOI)	34
V.2.1.3. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM).....	37
V.2.2. PARÂMETROS BIÓTICOS	39
V.2.2.1. CLOROFILA-A.....	39
V.2.2.2. KRILL.....	40
V.3. ANÁLISES DOS DADOS	43
VI.3.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA	43
VI.3.2. MODELOS ECOLÓGICOS	43
VI. RESULTADOS	45
VI.1. REGISTROS DE AVISTAGENS DE BALEIAS-JUBARTE	45
VI.2. ANÁLISES EXPLANATÓRIAS DOS PARÂMETROS ABIÓTICOS	50
VI.2.1. FOTOPERÍODO	50
VI.2.2. ÍNDICE DE OSCILAÇÃO DO OCEANO AUSTRAL (SOI) ..	52
VI.2.3. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM).....	54
VI.3. ANÁLISES EXPLANATÓRIAS DOS PARÂMETROS BIÓTICOS	58
VI.3.1. CLOROFILA-A.....	58

VI.3.2. KRILL.....	60
VI.4. INTERAÇÕES DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS COM O KRILL E COM AS BALEIAS-JUBARTE	61
VI.4.1. EFEITO DO FOTOPERÍODO NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE.....	61
VI.4.2. MODELOS ECOLÓGICOS	64
VI.4.2.1. EFEITOS DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS NO KRILL.....	66
VI.4.2.1.1. EFEITO DA CLOROFILA-A NA DENSIDADE DE KRILL NO MAR DE SCOTIA.....	69
VI.4.2.1.2.EFEITO DO SOI NA DENSIDADE DE KRILL NO MAR DE SCOTIA	69
VI.4.2.1.3. EFEITO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NA DENSIDADE DE KRILL NO MAR DE SCOTIA.....	72
VI.4.2.2. EFEITOS DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE EM ABROLHOS.....	73
VI.4.2.2.1. EFEITO DO ÍNDICE DE OSCILAÇÃO DO OCEANO AUSTRAL (SOI) NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA- JUBARTE.....	77
VI.4.2.2.2. EFEITO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE.....	78
VI.4.2.2.3. EFEITO DA CLOROFILA-A NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE	81

VI.4.2.2.4. EFEITO DO KRILL NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE.....	81
IV.5. INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DA CURVA DE ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE E PARÂMETROS AMBIENTAIS.....	83
VII. DISCUSSÃO	87
VIII. CONCLUSÃO	103
IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVHRR – *Advanced Very High Resolution Radiometer* (Radiômetro Avançado De Alta Resolução)

CCA – Corrente Circumpolar Antártica

CCAMLR – *Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources* (Comissão para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos da Antártica)

Cloa – Clorofila-*a*

ENSO – *El Niño Southern Oscillation* (Oscilação austral do *El Niño*)

GAM – Modelo Aditivo Generalizado

GHR SST – *The Group for High Resolution Sea Surface Temperature* (Grupo para Alta Resolução Da Temperatura Da Superfície Do Mar)

GLM – Modelo Linear Generalizado

IBJ – Instituto Baleia Jubarte

IWC – *International Whaling Commission* (Comissão Baleeira Internacional)

IOUSP – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

SSI – Ilhas Sandwich do Sul

KRILLBASE – Banco de dados histórico de densidade de krill

LM – Modelo Linear

LOS – Laboratório de Oceanografia por Satélites do IOUSP

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NODC – *National Oceanographic Data Center* (Centro Nacional de Dados Oceanográficos)

PF – Ponto Fixo, local de observação das baleias-jubarte

SOI – *Southern Oscillation Index* (Índice de Oscilação do Oceano Austral)

TIROS – *Television Infrared Observation Satellite* (Satélite Infravermelho de Observação Televisiva)

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática de um espécime de baleia-Jubarte. Fonte: FAO, 2014.	10
Figura 2 – Mapa de distribuição das baleias-jubarte no Hemisfério Sul. Áreas de reprodução (A a G) nas regiões tropicais em vermelho, áreas de alimentação (I a VII) nas regiões polares em verde, e população não migratória (X) em laranja. Fonte: IWC, 1998.	12
Figura 3 – Localização e batimetria do Mar de Scotia, a nordeste da Península Antártica.	21
Figura 4 – Localização e batimetria do Banco de Abrolhos, assinalando as principais estruturas sedimentares da região, com ênfase nos recifes de corais.	24
Figura 5 – Mapa do corredor migratório das baleias-jubarte entre a região de alimentação, no Mar de Scotia, e a área de reprodução, no Banco de Abrolhos, assinalando um ponto diário, a cada 80 km/dia, durante 60 dias.	27
Figura 6 – Área de estudo de 250 km ² ao redor do Arquipélago dos Abrolhos, no Banco dos Abrolhos. Localização do Ponto Fixo “PF” de observação de baleias-jubarte, na Ilha de Santa Bárbara. Áreas hachuradas representam as regiões encobertas pelas ilhas. (Fonte: MORETE, 2007).	29
Figura 7 – Curva teórica da flutuação do número de avistagens das baleias-jubarte ao redor do ponto fixo no Banco de Abrolhos, assinalando variáveis descritivas que foram analisadas. Variáveis: D _i) dia inicial da temporada – chegada; D _f) dia final da temporada – partida; A) D _f – D _i = duração da temporada, α) ângulo inicial – ascendente; β) ângulo final – descendente; h) altura do pico; P) dia do pico.	31

Figura 8 – Mapa das Áreas da Convenção Antártica, designadas pela CCAMLR, assinalando em vermelho as áreas 48.2, 48.3, 48.4.(Fonte: Gis online disponível em http://gis.ccamlr.org/home).....	41
Figura 9 – Contagens de baleias-jubarte adultas avistadas nas varreduras de 1 hora, ao redor do Arquipélago de Abrolhos durante as temporadas de 1998 a 2004, curva ajustada pelo modelo GLM (linha). ° representam dados brutos de avistagem. Temporada: (1° de julho a 30 de novembro). Fonte: MORETE <i>et al.</i> , 2008.	48
Figura 10 – Variação do fotoperíodo da região de Abrolhos de 1998 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da média, barra de erros indicam os valores de desvio padrão.....	50
Figura 11 – Variação do fotoperíodo da região do Mar de Scotia, de 1998 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da média, barra de erros indicam os valores de desvio padrão.....	51
Figura 12 – Ciclo anual do fotoperíodo ao longo do movimento migratório da baleia-jubarte entre o Mar de Scotia e Abrolhos.....	52
Figura 13 – Índice de oscilação do oceano austral de 1993 a 2004. Valores positivos indicam períodos frios (fenômeno La Niña) e valores negativos indicam períodos quentes (fenômeno El Niño).	53
Figura 14 – Variação da temperatura da superfície do mar na região de Abrolhos entre os anos de 1996 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos.○ indica valores extremos (outliers).....	55
Figura 15 – Variação da temperatura da superfície do mar na região do Mar de Scotia entre os anos de 1996 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. ○ indica valores extremos (outliers).	55

Figura 16 – Variação da temperatura da superfície do mar na região das Ilhas Sandwich do Sul entre os anos de 1996 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. ○ indica valores extremos (outliers). ...	56
Figura 17 – Variação anual da temperatura superficial do mar (dados brutos – linha sólida em cinza) ao longo da série amostral na região do Banco dos Abrolhos entre os anos de 1996 a 2004. Linha tracejada é a suavização da curva.	57
Figura 18 – Variação anual da temperatura superficial do mar (dados brutos – linha sólida em cinza) ao longo da série amostral, entre 1996 a 2004, na região do Mar de Scotia (linha de suavização pontilhada) e na região das Ilhas Sandwich do Sul (linha de suavização tracejada).	58
Figura 19 – Concentrações de clorofila-a (mg/m^3) ao longo das temporadas, na região do Mar de Scotia entre os anos de 1996 a 2003. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. ○ indica valores extremos (outliers).	59
Figura 20 – Fotoperíodo da região de Abrolhos (linha hachurada) e do Mar de Scotia (linha pontilhada) sobrepostos aos modelos ajustados de abundância relativa de baleias-jubarte na região de abrolhos, durante as temporadas de 1998 a 2004 (todas as linhas coloridas correspondem a um ano).	62
Figura 21 – Ciclo anual do fotoperíodo (linha preta) sobreposto aos modelos ajustados de abundância relativa de baleias-jubarte na região de reprodução, em Abrolhos, durante as temporadas de 1998 a 2004 (linhas coloridas).	63
Figura 22 – Relação entre densidade de krill e toneladas de krill capturadas e a concentração de clorofila-a (mg/m^3) no Mar de Scotia entre 1998 a 2004. Intervalo de confiança em cinza.	69

Figura 23 – Representação gráfica do modelo GLM gaussiano da relação entre o Índice da Oscilação Austral (SOI) e a densidade de krill (ind/m^2) no Mar de Scotia entre 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).	71
Figura 24 – Relação entre o Índice da Oscilação Austral (SOI) com defasagem de 2 anos, e a densidade de krill no Mar de Scotia entre 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).	71
Figura 25 – Relação entre o Índice da Oscilação Austral (SOI) com defasagem de 4 anos, e a estimativa de pesca do krill, em toneladas, no Mar de Scotia entre 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).	72
Figura 26 – Efeito da temperatura da superfície do Mar de Scotia ($^{\circ}\text{C}$) sobre a densidade do krill (ind/m^2) entre 1998 a 2003, através de GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).	73
Figura 27 – Representação do modelo GLM da relação entre o Índice de oscilação do oceano austral (SOI) e o número máximo de baleias-jubarte avistadas em Abrolhos, durante a temporada reprodutiva de 1998 a 2004, (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).....	77
Figura 28 – Modelo de influência das médias de temperatura no Mar de Scotia ($^{\circ}\text{C}$), com defasagem de 1 ano, e no número máximo de indivíduos a partir de ponto fixo em Abrolhos durante o inverno, nos anos de 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).....	79
Figura 29 – Temperaturas da superfície do mar ($^{\circ}\text{C}$) no Mar de Scotia (acima) e em Abrolhos (abaixo). As linhas pontilhadas correspondem às curvas suavizadas das temperaturas observadas nas duas regiões (eixo da esquerda) e as linhas sólidas correspondem à abundância relativa das baleias-jubarte avistadas nas varreduras de 1 hora, ao redor do Arquipélago de Abrolhos durante as temporadas reprodutivas de	

1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (eixo da direita). Temporada: (1° de julho a 30 de novembro).....	80
Figura 30 – Relação entre a disponibilidade de presas (krill) no verão e o número máximo de baleias-jubarte avistadas no ponto fixo durante a temporada reprodutiva no inverno dos anos de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).	82
Figura 31 – Relação entre a quantidade de krill capturada no verão de dois anos anteriores e o número máximo de baleias-jubarte avistadas no ponto fixo durante a temporada reprodutiva nos anos de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).	83
Figura 32 - Relação entre a quantidade de krill capturado no verão um ano anterior e o dia do pico de avistagem baleias-jubarte durante a temporada reprodutiva no inverno dos anos de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).....	83
Figura 33 – Diagramas de dispersão entre as variáveis descritivas extraídas do modelo GLM de abundância de baleias-jubarte (variáveis resposta) e os parâmetros ambientais (variáveis explanatórias). Linhas vermelhas indicam funções suavizadas não-lineares. Números indicam os coeficientes de correlação de Pearson, com tamanho da fonte proporcional ao grau de correlação.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eventos de El Niño e La Niña desde 1950 a 2011. (Fonte: http://ggweather.com/enso/oni.htm)	36
Tabela 2 – Descrição e abreviaturas das variáveis resposta e parâmetros ambientais utilizados nos modelos lineares generalizados.	44
Tabela 3 – Número de varreduras realizadas, total de adultos e grupos avistados nos anos de amostragem, entre 1998 e 2004, ao redor do Arquipélago de Abrolhos. Variáveis: D_i) dia inicial da temporada – chegada; D_f) dia final da temporada – partida; A) amplitude ($D_f - D_i$ = duração da temporada), α) ângulo inicial – ascendente; β) ângulo final – descendente; h) altura do pico; P) dia do pico.	49
Tabela 4 – Valores de SOI (Southern Ocean Index) nos anos analisados e com defasagem de tempo de 1 a 5 anos.....	53
Tabela 5 – Concentração média, máxima e mínima de clorofila na área do Mar de Scotia, coletadas à partir de imagens combinadas mensalmente, de nível 3 do SeaWiFs (NASA), entre dezembro e março, Fonte: KRILLBASE (Atkinson <i>et al.</i> , 2008) (N = número de redes amostradas, nd = sem dados disponíveis).....	59
Tabela 6 – Densidade média de krill, com médias de janeiro e fevereiro (fonte: KRILLBASE) e captura de krill, em toneladas (fonte: Boletim da CCAMLR, vol. 17)...	61
Tabela 7 – Variáveis descritivas extraídas dos modelos de abundância relativa de baleias-jubarte ao redor de Abrolhos, e as médias dos parâmetros ambientais que foram utilizados para a construção dos modelos de interações. ND = dados não disponíveis.....	65
Tabela 8 – Modelos GLM (família gaussiana) dos efeitos dos parâmetros ambientais na densidade de krill (KB) no Mar de Scotia. Em destaque, os modelos selecionados. Legenda: gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais	

parcimonioso, peso. CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar..... 67

Tabela 9 – Modelos GLM (família binominal negativa) dos efeitos dos parâmetros ambientais na estimativa de pesca de krill (KC) no Mar de Scotia. Em destaque, os modelos selecionados. Legenda: family =família NB, init.theta = gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar 68

Tabela 10 – Modelos GLM (família gaussiana) dos efeitos dos parâmetros ambientais no número máximo de baleias-jubarte avistadas em Abrolhos. Em negrito, os modelos selecionados. Legenda: gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. BAL = número máximo de baleias-jubarte, KB = KRILLBASE, KC = quantidade de krill capturada, CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar..... 75

Tabela 11 – Modelos GLM (família gaussiana) dos efeitos dos parâmetros ambientais no dia do pico de abundância de baleias-jubarte em Abrolhos. Em negrito, os modelos selecionados. Legenda: gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. DIA = dia do pico de abundância de baleias-jubarte, KB = KRILLBASE, KC = quantidade de krill capturada, CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar 76

RESUMO

Fatores exógenos, como fotoperíodo, temperatura da superfície do mar e abundância de presas, e endógenos, como os ciclos circadianos e circanuais e alterações metabólicas são conhecidos como iniciadores dos movimentos migratórios. Este trabalho tem como objetivo estabelecer os principais parâmetros iniciadores da migração das baleias-jubarte. Foram analisados o fotoperíodo, índice de oscilação do oceano austral (SOI), temperatura da superfície do mar, concentração de clorofila-a e densidade de krill em relação ao número máximo de indivíduos avistados e o dia do pico de avistagem. O fotoperíodo mostrou ser o principal fator que influencia a migração da Antártica em direção a Abrolhos, enquanto que o caminho contrário, além de fotoperíodo, parece ser influenciado também pelo os fatores tais como temperatura da superfície do mar e a quantidade de presas disponíveis no verão anterior. Quanto maior a densidade de krill, maior o número máximo de indivíduos avistados e a temporada reprodutiva mais longa. O SOI mostrou ter influência no ciclo reprodutivo do krill. Valores negativos registraram maior densidade de krill e valores positivos, menor densidade de krill, através do modelo GLM. Altos valores de TSM apresentaram correlação negativa com a densidade de krill, e com o número de baleias avistadas e o tempo de permanência na área reprodutiva, indicando que o aquecimento da região antártica impõe condições não favoráveis para a temporada reprodutiva das baleias.

Palavras-chave: gatilho migratório, baleia-jubarte, fotoperíodo, krill, modelos lineares generalizados.

ABSTRACT

Exogenous factors, such as photoperiod, sea surface temperature and abundance of prey, and endogenous, such circadian and circannual cycles and metabolic changes are known as initiators of migratory movements. This work aims to establish the main parameters initiators of the migration of the humpback whales. The photoperiod, the Southern Ocean Index (SOI), the sea surface temperature, the chlorophyll-a concentration and the density of krill were analyzed in relation to the maximum number of individuals sighted and the duration of the reproductive season. The photoperiod showed to be the main factor that influences the migration from Antarctica to Abrolhos, while the opposite way, besides photoperiod, seemed to be influenced also by other factors such as sea surface temperature and the amount of prey available in the previous summer. The higher the density of krill, the greater the maximum number of individuals sighted and the longer the reproductive season. The SOI showed to have influence on the reproductive cycle of krill. Negative values correspond to higher density of krill, and positive values, lower density of krill, through the GLM model. High values of TSM presented negative correlation with the density of krill, and with the number of whales sighted and the reproductive season duration in the reproductive area, indicating that the Antarctic warming impose unfavorable conditions for the reproductive season of whales.

Keywords: migration trigger, humpback whale, photoperiod, krill, generalized linear models.

I. INTRODUÇÃO

I.1. PRINCIPAIS ASPECTOS DA MIGRAÇÃO ANIMAL

A migração pode ser descrita como uma função na vida de algumas espécies, que se baseia nos processos comportamentais e fisiológicos que coevoluíram com os padrões espaciais e temporais (DINGLE, 1996). É um comportamento especializado de deslocamento dos indivíduos no tempo (DINGLE; DRAKE, 2007) e entre duas localidades, tipicamente em resposta às alterações sazonais na abundância de recursos (DINGLE; DRAKE, 2007; HOBSON, 2008).

A migração pode incluir movimentos de ida e volta (*to-and-fro*) ou unidirecionais (*oneway*) (DINGLE, 1996). Uma migração oscilatória ou de ida e volta pode ser caracterizada por animais que retornam ao mesmo local e pelo mesmo caminho, seguindo um padrão de migração em *loop* (HOBSON, 2008).

O principal motivador da migração é a busca constante por características físicas ótimas para o organismo, dependendo do comportamento, seja ele o ambiente reprodutivo, ou para o forrageio. O movimento migratório assegura condições ótimas durante todo o tempo, permitindo a exploração de diferentes habitats que se alteram sazonalmente ou pelo resultado de depleção de algum recurso (DINGLE, 1996).

A migração dos animais é iniciada através de fatores exógenos (ambientais), ou endógenos (PRENDERGAST *et al.*, 2002), que têm uma importante função nos organismos em indicar o momento em que devem iniciar os movimentos migratórios (QUINN; ADAMS, 1996).

Os gatilhos ambientais incluem mudanças no fotoperíodo, alternâncias das estações do ano e a disponibilidade e abundância de alimento. O fotoperíodo é alterado de acordo com as mudanças nas estações do ano, devido à inclinação e ao movimento rotacional do planeta, apresentado dias mais longos no verão, e dias curtos no inverno (BRADSHAW; HOLZAPFEL, 2007; CHUINE, 2010). Este regime de mudanças é o principal gatilho para muitos dos animais migratórios. Menos luz solar indica temperaturas mais baixas, assim como o aumento da incidência de luz indica aumento das temperaturas ambientais. As mudanças nas estações do ano estão ligadas ao fotoperíodo, por causa das alterações da temperatura e da precipitação, alternando entre estações secas ou chuvosas (CHUINE, 2010).

Além dos gatilhos exógenos ou ambientais, o início ou término do movimento migratório pode incluir mecanismos endógenos, também conhecidos como a síndrome de migração, e inclui mecanismos de ativação e inibição através de respostas metabólicas e mudanças hormonais necessárias para preparar o migrante para a sua viagem (DINGLE, 2006; DINGLE; DRAKE, 2007).

Mudanças nas vias metabólicas para a reserva de energia para a migração são as alterações endógenas básicas. Durante o pico de fotoperíodo, há um aumento no apetite, e o metabolismo para o estoque de energia são mais requeridas pelo organismo (LOUDON, 1994). Quando há a diminuição das reservas de energia, e aumento da utilização de combustíveis oxidáveis mobilizados a partir do tecido adiposo, os animais se movem em direção aos locais de suprimento de alimento (SCHNEIDER, 2004).

Outros fatores endógenos são definidos pelos relógios biológicos. O ciclo circadiano funciona como um calendário interno do sistema nervoso que indica ao animal o momento de migrar. Os ritmos circadianos são determinados pelo ciclo diário de 24 horas, que é afetado pelo regime rotacional da Terra (GOLDMAN, 1999). O ciclo circanual é um calendário semelhante, mas que funciona através das alterações das estações do ano e do fotoperíodo, causados pelo movimento de translação em torno do sol. Mesmo com a ausência de estímulos externos, muitos dos animais têm um senso inerente de iniciar os movimentos por causa destes calendários. Alguns cientistas não entendem completamente estes ritmos, mas sabe-se que eles estão diretamente ligados a padrões de atividades cerebrais, produção de hormônios, comportamento de sono e alimentação que se alteram dependendo do ritmo diário, do fotoperíodo ou das estações do ano (VISSER *et al.*, 2010).

Animais que vivem uma parte do ano em locais de clima temperado e o evitam durante o inverno talvez sejam os exemplos mais conhecidos de migração (GREENBERG; MARRA, 2005).

O Trinta-réis-Ártico (*Sterna paradisaea*) migra das áreas de reprodução no Ártico para invernar na Antártica, uma viagem anual com deslocamento de 40.000 km (EGEVANG *et al.*, 2010).

Os peixes possuem diversos tipos de migração, e podem ser classificados em anádromos, catádromos e oceanódromos. Anádromos são aqueles que crescem no mar, mas reproduzem-se em água doce (do grego: ana = cima), já os catádromos realizam o movimento contrário, vivem em água doce, mas reproduzem-se no mar (do grego: cata = baixo). Os do tipo oceanódromo são aqueles que migram apenas na água salgada (HARDEN

JONES, 1968; MCKEOWN, 1984). Os salmões-vermelhos (*Oncorhynchus nerka*) geralmente seguem um padrão regular de rotas migratórias e são classificados como anádromos. A população do pacífico norte segue as rotas migratórias costeiras durante seu primeiro ano no oceano (TRUDEL *et al.*, 2009; WELCH *et al.*, 2011). Eles retornam aos milhões para seus locais de nascimento, geralmente em águas interiores, no final de suas vidas, depois de passarem anos se deslocando milhares de quilômetros em mar aberto (QUINN *et al.*, 2000). Uma importante adaptação de populações de peixes é o momento da migração e da desova, que podem estar associadas aos regimes de temperatura e mudanças sazonais, além da abundância de presa ou predadores (QUINN; ADAMS, 1996).

Os tubarões brancos do pacífico (*Carcharodon carcharias*) possuem ciclos anuais distintos, apresentando alta fidelidade de habitats de forrageio, em águas tropicais. Viajam milhares de quilômetros para um ambiente pelágico e retornam para a região costeira (JORGENSEN *et al.*, 2010).

O lobo-marinho-sul-americano (*Arctocephalus australis*) é oriundo principalmente das ilhas costeiras do Uruguai, Argentina e Ilhas Malvinas (VAZ FERREIRA, 1976; SILVA, 2008). No início do verão, estes pinípedes realizam migrações de longas distâncias com objetivos reprodutivos, em busca de águas com temperaturas mais elevadas e regiões com grandes concentrações populacionais, nos trópicos. Estes eventos migratórios e os eventos de reprodução geralmente coincidem com o período de maior disponibilidade de alimentos (RIEDMAN, 1990).

Fêmeas e machos jovens (de até 12 metros) de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) do hemisfério sul são encontradas nas médias latitudes, em

torno dos 40° S, locais de reprodução. Os machos adultos se encontram em altas latitudes, nas águas frias da Antártica; sendo assim, precisam migrar para áreas de reprodução, nas águas subtropicais (MATTHEWS, 1938).

Conhecer e compreender as conexões migratórias que as espécies realizam ao longo de suas vidas, os habitats que ocupam e os corredores migratórios que os ligam, é um passo importante no desenvolvimento de estratégias eficientes de conservação dos táxons migratórios em todo o mundo, incluindo insetos, aves, mamíferos e organismos marinhos (MARTIN *et al.*, 2007).

Algumas perguntas são muito pertinentes em relação ao estudo dos movimentos dos animais: “por que os animais migram?”, “o que levam os migrantes a perceberem quando têm que migrar”, “como os migrantes sabem pra onde tem que ir?”, “como sobrevivem com a enorme demanda energética que a migração exige?”. Encontrar respostas para estas e outras perguntas têm sido um enorme desafio entre os cientistas estudiosos do tema da migração animal (HOBSON, 2008).

Vários estudos correlacionam padrões de distribuição das baleias com parâmetros oceanográficos (LITTAYE *et al.*, 2004), ambientais (VISSER *et al.*, 2011), fatores fisiológicos (DINGLE, 1996), explorando a forma com que estes parâmetros podem influenciar nos movimentos migratórios entre as áreas de alimentação e de reprodução.

As baleias-jubarte do Atlântico norte recebem estímulos do meio para iniciarem seus movimentos para as áreas de reprodução (regiões tropicais e subtropicais), tais como alterações de temperatura do mar e duração de

fotoperíodo (VISSER *et al.*, 2011). Nas áreas de reprodução, as diferenças na temperatura e na duração do dia são mais sutis, o que pode indicar que o ciclo migratório sofre influência das alterações sazonais nas zonas de alimentação (regiões polares). No período em que se encontram nas áreas de reprodução, as baleias não se alimentam, se mantendo através das reservas energéticas que armazenaram no período de alimentação. Com isso, o consumo desta energia armazenada, a diminuição do estoque de gordura e o nível da energia disponível podem servir como um estímulo de migração em direção às áreas de alimentação (WADE; SCHNEIDER, 1992; LOUDON, 1994). A diminuição da energia disponível pode também alterar as funções reprodutivas, inibindo os hormônios reprodutivos, indicando que o período de investimento na reprodução está em fase de finalização (SCHNEIDER, 2004).

Lockyer e colaboradores (1985) e Lockyer (1986) relacionaram a distribuição da gordura, a tendência do aumento do peso corporal e o engordamento de baleias fin (*Balaenoptera physalus*) e sei (*Balaenoptera borealis*), através da produção de óleo de baleias caçadas, com a variação sazonal de abundância de presas. Além disso, a disponibilidade de alimento e o estoque de gordura corporal aumentaram significativamente a fecundidade e a taxa de ovulação. Segundo Burns *et al.* (2013) o tempo de permanência, a flutuação populacional, e investimento na reprodução das baleias-jubarte da costa leste da Austrália durante o inverno e primavera podem estar relacionadas às condições alimentares na Antártica (região entre as longitudes 130° a 170° E) do verão anterior.

Uma das principais metas na ecologia é avaliar o papel de fatores bióticos e abióticos que determinam a distribuição e abundância de populações

(CROLL *et al.*, 2005). Sabe-se que a presença sazonal das baleias coincide com aumento e disponibilidade de presas nas regiões de alimentação (VISSER *et al.*, 2011). Apesar de conhecidos os motivos para o início da migração, tanto para o retorno às áreas de reprodução em baixas latitudes, quanto para a saída, rumo às áreas de alimentação nas altas latitudes, faz-se necessário um melhor entendimento destes fatores. Especula-se que os gatilhos dos movimentos da migração estejam baseados em alguns fatores climáticos e oceanográficos (LITTAYE *et al.*, 2004; VISSER *et al.*, 2011). O aumento da produção primária pode ser um indício da sintonia entre a chegada das baleias nas áreas de alimentação e aumento da disponibilidade de presas, associadas ao acréscimo de temperatura das águas superficiais e ampliação do fotoperíodo (DAWBIN, 1966).

Um estudo de médio prazo realizado na região do Banco dos Abrolhos mostrou que o padrão temporal de avistagens de baleias-jubarte durante a temporada de reprodução aumenta gradualmente a partir de julho, chega a um pico entre agosto e setembro, e diminui gradualmente a partir de outubro. Porém este padrão e picos de avistagens variaram entre os anos. Morete e colaboradores (2008) sugeriram que estas flutuações podem ter sido causadas por mudanças espaço-temporais nas concentrações das baleias no Banco dos Abrolhos ou alteração nas condições ambientais nas áreas de alimentação desta população.

Desta forma, o entendimento de fatores abióticos, como: fotoperíodo, temperatura superficial do mar, e fatores bióticos, como concentração de clorofila-a, podem explicar a dinâmica das populações de krill e por

consequência a movimentação migratória (*i.e.* chegada, permanência, partida e concentração) das baleias-jubarte.

O conhecimento das relações entre esses parâmetros na área de alimentação e a presença das baleias-jubarte na região de Abrolhos gerarão informações a respeito da migração da espécie, fundamentais para a complementação de planos de manejo e conservação mais robustos em ambos os destinos migratórios dessa população de baleia-jubarte. O Mar de Scotia e Banco dos Abrolhos englobam importantes áreas de proteção ambiental, Área de Proteção Marinha das Ilhas Geórgia do Sul e Sandwich do Sul e o Parque Nacional Marinhos dos Abrolhos.

A espécie é uma importante ferramenta de manejo por se caracterizar como espécie guarda-chuva (*umbrella species*). Através da proteção de áreas grandes o suficiente para manter uma população viável e com área de vida extensa, protege-se indiretamente habitats que garantirão a viabilidade de outras espécies (WILCOX, 1984).

De acordo com o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos Aquáticos do Brasil (ICMBIO, 2011) a indústria pesqueira representa o fator antrópico com maior efeito sobre as baleias-jubarte, principalmente devido à caça predatória intensiva no passado e atualmente, da sobrepesca dos principais itens de suas dietas (NORTHRIDGE, 2009; ICMBIO, 2011). O hábito relativamente costeiro da espécie a tornou especialmente vulnerável aos métodos modernos da caça baleeira, tornando-a alvo da caça comercial em praticamente toda a sua área de abrangência, tendo suas populações reduzidas à quase extinção, chegando a 5% da original (ZERBINI *et al.*, 2010). Apesar de sua marcante resiliência, após a instauração da

moratória internacional da caça, as populações se recuperam, mas ainda não atingiram números estimados do período pré-exploratório (CLAPHAM *et al.*, 1999).

O ecossistema antártico também sofre os efeitos cumulativos de sobre-explorações de diversos recursos, além de alterações em escalas regionais e globais do ambiente físico e biológico. A resposta deste frágil ecossistema à exploração e mudanças climáticas é pouco compreendida, ainda mais quando se trata dos processos na teia trófica, que afetam as populações das grandes baleias, predadores altamente dependentes do krill. Apesar da gradual recuperação das populações de baleia-jubarte que utilizam o ambiente antártico como habitat alimentar, o efeito das mudanças climáticas sobre a disponibilidade ou a quantidade de gelo afetará esta recuperação a médio e longo prazo. Dado à forte ligação entre as comunidades que habitam a região polar e a interação entre o gelo marinho e a produtividade do oceano austral é difícil mensurar a magnitude do impacto destas mudanças.

O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta que tornou possível a aquisição de dados ambientais em amplas escalas espaciais e temporais, gerando uma gama de informações sobre fatores bióticos e abióticos. Imagens de satélites têm sido cada vez mais utilizadas para estudos ecológicos de diversas espécies de mamíferos marinhos, relacionando com distribuição e comportamento (CROLL *et al.*, 1998; CROLL *et al.*, 2005; VISSER *et al.*, 2011).

Esta ferramenta associada a estudo observacional de médio a longo-prazo pode possibilitar a correlação entre parâmetros abióticos e bióticos e suas possíveis influências entre seus destinos migratórios.

I.2. BALEIAS-JUBARTE

As baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) (figura 1) são os mysticetos mais conhecidos e estudados mundialmente e tem ampla distribuição em todos os oceanos (CLAPHAM, 1996; CLAPHAM; MEAD 1999). A família Balaenopteridae (rorquais) é formada por dois gêneros: *Balaenoptera* e *Megaptera*. Enquanto o gênero *Balaenoptera* compreende pelo menos sete espécies, o gênero *Megaptera* é monotípico, compreendendo a espécie *Megaptera novaeangliae*. O nome da espécie é devido às suas longas nadadeiras peitorais, que chegam a medir até um terço do comprimento corporal, as quais lhes confere o nome de origem grega, (*megaptera*: *mega* = grande, *ptera* = asas) (CLAPHAM, 1999; CLAPHAM, 2009). A baleia-jubarte é facilmente reconhecível. Dentre as características diagnósticas da espécie, listam-se: rostrum afilado, a presença de tubérculos ou nódulos na cabeça, e longas pregas ventrais, além da nadadeira dorsal pequena e altamente variável na forma (de baixa, virtualmente ausente, a alta e falcada) (CLAPHAM, 2009).

Figura 1 – Representação esquemática de um espécime de baleia-Jubarte. Fonte: FAO, 2014.

As fêmeas são, em geral, 1 a 1,5 metro maiores que os machos, podendo chegara medir 16 metros de comprimento, alcançando um peso de 30 a 40 toneladas. O filhote nasce com 4 a 4,5 metros, pesando entre 800 a 1000

quilos e cresce aproximadamente 45 cm/mês (CLAPHAM *et al.*, 1999). Esta taxa de crescimento está entre a maior dos vertebrados. Porém, a espécie pode ser considerada de vida longa e reprodução lenta (WEDEKIN, 2011).

As baleias-jubarte realizam migrações anuais de milhares de quilômetros entre áreas de alimentação nas altas latitudes durante o verão, e áreas de reprodução e cria de filhotes durante o inverno e primavera em regiões tropicais e subtropicais (e.g. KELLOG, 1929; MACKINTOSH, 1942; CHITTLEBOROUGH, 1965; DAWBIN, 1966; CLAPHAM *et al.*, 1999). Durante o período em que as baleias-jubarte se encontram fora da área de alimentação, elas se mantêm em jejum prolongado, de até 8 meses, com exceção de registros esporádicos de juvenis se alimentado na região tropical (BARAFF *et al.*, 1991; SWINGLE *et al.*, 1993; ALVES *et al.*, 2009).

A Comissão Baleeira Internacional (IWC – *International Whaling Commission*, em inglês) designou áreas de manejo das populações de baleias-jubarte no hemisfério sul e reconhece seis áreas de alimentação onde ocorrem os principais estoques nas águas antárticas durante o verão (Áreas I a VI) e sete estoques reprodutivos (*breeding stocks* – A a G) (CLAPHAM; MEAD, 1999; IWC, 1998; STEVICK *et al.*, 2004; STEVICK *et al.*, 2006) (figura 2). As baleias-jubarte que frequentam a costa brasileira são as do estoque reprodutivo A e se alimentam na área II da Antártica (IWC, 1998). As baleias jubarte brasileiras são fiéis às áreas de reprodução e alimentação (BARACHO-NETO *et al.*, 2012).

Figura 2 – Mapa de distribuição das baleias-jubarte no Hemisfério Sul. Áreas de reprodução (A a G) nas regiões tropicais em vermelho, áreas de alimentação (I a VII) nas regiões polares em verde, e população não migratória (X) em laranja. Fonte: IWC, 1998.

As baleias-jubarte encontradas em águas brasileiras têm como destino migratório no verão as áreas a leste do Mar de Scotia, na costa das Ilhas Geórgia do Sul e Sandwich do Sul (ZERBINI *et al.*, 2006; ENGEL *et al.*, 2008; ENGEL; MARTIN, 2009).

O Banco dos Abrolhos é a principal área de concentração das baleias-jubarte no Brasil (e.g. ANDRIOLO *et al.*, 2010). A área ao redor do Arquipélago dos Abrolhos tem alta porcentagem de grupos contendo filhotes (MARTINS *et al.*, 2001; MORETE *et al.*, 2003, 2008). Foram também reportadas outras áreas de reprodução de menor relevância ao longo da costa brasileira, tais como a Bacia de Campos e litoral centro-norte do estado da Bahia (LODI, 1994; SICILIANO, 1997; ANDRIOLO *et al.*, 2010).

A migração das baleias-jubarte na região tropical do Brasil para as áreas de alimentação na região polar ocorre seguindo a direção sul-sudoeste (SSW),

em um percurso de aproximadamente 4000-5000 km (ZERBINI *et al.*, 2006). O tempo de migração entre as duas áreas dura em torno de 40-60 dias, com poucas evidências de pausas durante este período (ZERBINI *et al.*, 2010). A migração representa um considerável investimento energético às baleias, mas a princípio justifica-se pelas baixas temperaturas e escassez de presas durante o inverno nas regiões polares (CORKERON; CONNOR, 1999; CLAPHAM, 2001). A gordura corpórea é fonte energética que as baleias utilizam durante a migração, na qual foi acumulada durante os 4 meses no oceano Austral ao redor da Antártica. Ao longo dos 8 meses de circuito migratório, entre sair da Antártica, ir à área de reprodução e ali permanecer por 4 meses e retornar à área de alimentação, as baleias não se alimentam, e não repõem energia, apenas a consomem. Desta forma, a quantidade de energia armazenada, ou o tempo em que elas serão capazes de permanecer em jejum estará relacionado à forma em que elas se alimentaram. Quando esta energia está em ritmo de diminuição, alcançando um limite mínimo, isso engatilhará o retorno para a área de alimentação.

A hipótese remanescente acerca das finalidades migratórias assume a parturição e cuidado parental como a principal forçante, pelos benefícios termoregulatórios concedidos ao filhote no nascimento (CLAPHAM, 1996). Dada à fina camada de gordura ao nascerem, suas chances de sobrevivência são maiores quando em águas quentes, onde a demanda energética para o metabolismo termoregulatório é menor (GASKIN, 1982).

As fêmeas entram no período de estro durante o inverno nas áreas de reprodução, e retornam no próximo ano para darem a luz a um único filhote, após 11-12 meses de gestação (MATTHEWS, 1937; CHITTLEBOROUGH,

1958). O tempo de lactação varia em torno de 10,5 meses (CHITTLEBOROUGH, 1958), e o par mãe-filhote se separa permanentemente quando o filhote completa um ano de idade (CLAPHAM; MAYO, 1987; 1990).

I.3.FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS QUE TEM EFEITO NA MIGRAÇÃO DA BALEIA-JUBARTE

I.3.1. FOTOPERÍODO

Mamíferos de vida longa exibem ciclos sazonais nas funções fisiológicas e sofrem alterações na sua morfologia de acordo com a estação do ano (MALPAUX *et al.*, 2001). Alterações morfológicas incluem alteração de plumagem em pássaros (BARTA *et al.*, 2007), muda e aumento da pelagem em mamíferos (*e.g.* ursos, focas) (MO *et al.*, 2000). No caso das baleias, o aumento do peso corporal e deposição da camada adiposa é a mudança mais evidente (LOCKYER *et al.*, 1985; LOCKYER, 1986; SCHNEIDER, 2004).

As mais comuns e frequentes mudanças ambientais estão associadas às estações do ano. Fora dos trópicos, o mais sólido indicador de mudança sazonal é a variação anual do comprimento do dia, o fotoperíodo (DINGLE, 1996), que tem se mostrado o mais forte sincronizador das funções sazonais nos organismos (GOLDMAN, 2001).

O uso do fotoperíodo como dica preditiva para as mudanças sazonais foi primeiramente proposto para os mamíferos por Baker e Ranson (1932) (GOLDMAN, 2001). Dawbin (1966) sugeriu que a variação no comprimento do dia pode estimular a migração das baleias. Com o passar do tempo, no fim da primavera, as baleias iniciam os movimentos em direção aos polos, o

fotoperíodo aumenta dramaticamente até meados do verão, quando o comprimento do dia é de, virtualmente, 24 horas, nas mais altas latitudes. Com o início do outono, o fotoperíodo diminui rapidamente, e isto pode iniciar os movimentos de volta às águas quentes dos trópicos.

O ciclo circanual, em adição ao regime do fotoperíodo, interage com o ambiente para produzir as respostas comportamentais e fisiológicas, que correspondam ao percurso migratório seguido (DINGLE, 1996). Dentre estas respostas fisiológicas, o ciclo circanual é influenciado por uma cascata hormonal importante tanto para as atividades reprodutivas quanto para as migratórias, incluindo a mobilização e estoque de energia, e a divisão da energia disponível entre estas duas atividades (DINGLE, 1996).

O organismo sente a variação do fotoperíodo através da estimulação da glândula pineal, uma área no cérebro sensível à luz, chamado de “terceiro olho” (TAMARKIN *et al.*, 1985). Nesta glândula a melatonina é produzida, e seus níveis no organismo ditarão as cascatas de diversos hormônios ligados às atividades reprodutivas. O hormônio luteinizante, responsável pela secreção de hormônios sexuais, e hormônio folículo-estimulante, o qual estimula o desenvolvimento folicular são alguns exemplos da regulação do fotoperíodo no ciclo reprodutivo dos mamíferos.

A resposta do fotoperíodo não é somente baseada no comprimento absoluto do dia e no ciclo circadiano, mas também da “história (memória) do fotoperíodo”, que combina a informação armazenada das experiências prévias de luz/escuro. (DAWSON; KING, 1994, BRANDSTÄTTER *et al.*, 2000). Esta “memória” permite ao organismo comparar estas experiências prévias do comprimento do dia para determinar se o fotoperíodo está aumentando ou

diminuindo, podendo suavizar o ruído fotoperiódico causados por condições meteorológicas que afetam amanhecer ou anoitecer.

I.3.2. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

Dados climáticos da Península Antártica mostram que a região é um dos lugares que mais se aquece no planeta, chegando a cerca de 0,5°C por década (VAUGHAN *et al.*, 2003), e em torno de 6°C nos últimos 50 anos durante o inverno austral (MURASE *et al.*, 2002). Em longo prazo, o aquecimento das águas da Antártica implicará na menor extensão da cobertura de gelo, o que poderá acarretar em alterações nas populações de krill (ATKINSON *et al.*, 2004; NICOL *et al.*, 2008). Consequentemente, é necessário examinar os impactos destas mudanças físicas sobre o ecossistema antártico principalmente as alterações regionais na extensão do gelo, e suas implicações para as populações de krill e organismos dependentes (predadores) do krill (NICOL *et al.*, 2008).

I.3.3. DENSIDADE DE KRILL

O krill (*Euphausia superba*), crustáceo da ordem Euphausiacea, é classificado como micronécton, devido à sua capacidade de nadar contra as correntes. Eles formam grandes agregações, com o objetivo de proteção do cardume desde os estágios larvais até a vida adulta (HAMNER *et al.*, 1989; HAMNER; HAMNER, 2000).

Estes euphasiáceos são de vida relativamente longa, com ciclo de vida que variam de pouco mais de um ano a sete anos (EVERSON, 2000; ROSS; QUETIN, 2000). Sua reprodução é contínua ou intermitente, embora a

intensidade da desova seja maior durante algumas épocas do ano. O período mais frequente de reprodução do *E. Superba* ocorre em novembro, e a desova ao final de dezembro (QUETIN; ROSS, 2003). O momento e a duração da desova estão diretamente relacionados com períodos de elevada produção primária e à duração do fotoperíodo (ROSS; QUETIN, 2000). Após a desova, o gameta afunda para profundidades de 2000 a 3000 metros em zonas oceânicas. O ovo eclode em uma larva náuplio, a sequência de metamorfose inclui os estágios metanáuplio, calytopsis, furcilia, e o juvenil inicia a migração vertical até a superfície, após um ano, a aonde irá se desenvolver até a fase adulta (QUETIN *et al.*, 1994; SIEGEL; LOEB, 1995; ROSS; QUETIN, 2000; QUETIN; ROSS, 2003).

A sobrevivência e o ciclo de vida do krill dependem das condições climáticas, extensão do gelo, e outros fatores físicos que poderão influenciar na agregação destes organismos (THIELE *et al.*, 2004; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006; 2008).

O efeito da extensão do gelo sobre as populações de krill foi inicialmente proposto por Loeb *et al.* (1997). O krill é organismo filtrador, mas durante o inverno quando o fitoplâncton está escasso, pode alimentar-se de algas associadas ao gelo, raspando-as da interface gelo-água do mar (FLORES *et al.*, 2012). Então, abundância do krill no verão está relacionada à presença do gelo durante o inverno anterior, já que sua desova e recrutamento dependem da extensão e duração do gelo (BRIERLEY *et al.*, 2002).

Nos anos com maior extensão e duração de cobertura de gelo, o alimento estará abundante, fornecendo mais tempo para o krill se alimentar. Assim, o desenvolvimento gonadal será acelerado, a fecundidade alta e a

desova ocorrerão mais cedo, de tal modo que as larvas poderão se aproveitar da floração de fitoplâncton na primavera seguinte, logo após o derretimento do gelo. Isto irá proporcionar o aumento, a sobrevivência e desenvolvimento de larvas, e assim o recrutamento da população. Postulou-se também que, um inverno com cobertura de gelo extensa, seguido de outro, amplifica este efeito, promovendo desova antecipada do krill, garantindo boa sobrevivência das larvas recrutadas no ano anterior (LOEB *et al.*, 1997; NICOL, 2006). Já nos anos com a extensão do gelo reduzida e a duração da cobertura curta, o krill terá pouco alimento disponível e menos tempo para se alimentar. O desenvolvimento gonadal durante o inverno será mais lento, a fecundidade baixa e a desova ocorrerá mais tardiamente. A eclosão das larvas ocorrerá já no fim da floração do fitoplâncton, o alimento estará reduzido, resultando em baixa sobrevivência e desenvolvimento retardado, reduzindo o recrutamento e a abundância da população (SIEGEL; NICOL, 2000). A manutenção dos estoques de juvenis depende da extensão do gelo para o crescimento das algas associadas a ele, e estes juvenis serão disponibilizados para os predadores de topo no ano seguinte. A temperatura da superfície do mar pode alterar os padrões de circulação, e por consequência a distribuição das populações de krill no Mar de Scotia (MASSOM; STAMMERJOHN, 2010, FACH; KLINCK, 2006).

Alguns autores, como Stammerjohn e colaboradores (2008) observaram que o fenômeno do *El Niño* pode influenciar as populações de krill até 5 anos após o seu acontecimento a partir de alterações na taxa de retração do gelo antártico.

A distribuição das baleias-jubarte nas águas do Mar de Scotia está diretamente associada à presença do krill (HEWITT; LIPSKY, 2009), sua principal presa na região. O ecossistema desta região está passando por algumas das mais rápidas mudanças ambientais e ecológicas regionais do que em qualquer área do oceano (MURPHY *et al.*, 2007). Devido a estas condições, torna-se imprescindível examinar os efeitos dos parâmetros ambientais na densidade do krill e na migração das baleias-jubarte.

II. HIPÓTESE

Variações no fotoperíodo, temperatura da superfície do mar, concentrações de clorofila-*a* e alterações na densidade das presas (krill) em sua área de alimentação afetam a migração das baleias-jubarte e podem servir como sinais iniciadores da migração entre a sua área de alimentação, no Mar de Scotia, e sua principal área de reprodução na costa brasileira, ao redor do Arquipélago dos Abrolhos.

III. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral estudar os efeitos de fatores bióticos e abióticos na migração de baleias jubarte entre sua área de alimentação, no Mar de Scotia, analisando a correlação entre os principais parâmetros ambientais e a variação da abundância relativa dos indivíduos das baleias-jubarte ao redor do Arquipélago de Abrolhos, uma importante área de reprodução da espécie na costa do Brasil.

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Relacionar a da abundância relativa de baleia-jubarte ao redor do Arquipélago dos Abrolhos durante a temporada reprodutiva (entre 1998 a 2004) com os parâmetros ambientais ocorridos no Mar de Scotia e em Abrolhos ao longo destes anos;
- Relacionar a densidade de presas (krill) nas altas latitudes com fatores ambientais (TSM, clorofila-*a*) e investigar se há influência no momento de chegada e no tempo de permanência das baleias na área de reprodução.
- Relacionar as abundâncias interanuais de krill com os parâmetros físicos, a fim de correlacioná-las a possíveis consequências das alterações climáticas nestas populações, e *a posteriori* nas populações de baleias-jubarte.

IV. ÁREAS DE ESTUDO

Este estudo abrangeu as duas áreas que compõem os destinos migratórios anuais das baleias-jubarte no Oceano Atlântico Sudoeste: o Mar de Scotia e a região do Banco dos Abrolhos. Além disso, a região que corresponde ao corredor migratório, área que liga as duas áreas de estudo também foi considerada. Estas três áreas serão definidas nos subtópicos desta seção.

IV.1. MAR DE SCOTIA

O Mar de Scotia (Figura 3), destino das baleias-jubarte durante o verão e outono para finalidades alimentares, apresenta uma área de mais de 1,3 milhões de km² e localiza-se entre as latitudes de 50 a 60°S e longitudes de 25° a 65°W, sendo limitado pelo Mar de Weddell ao sul, Oceano Atlântico Sul ao norte e leste, e pelo Oceano Pacífico a oeste da Passagem de Drake (BRANDON *et al.*, 2004).

Figura 3 – Localização e batimetria do Mar de Scotia, a nordeste da Península Antártica.

A geomorfologia do fundo sofre influência direta do Arco da Scotia, um arco de ilhas de abertura a oeste de cerca de 4.350 km de comprimento,

conectando a Terra do Fogo, na América do Sul com o norte da Península Antártica, no Arquipélago de Palmer (SCOTIA SEA, 2013). Esta cadeia submarina compreende as ilhas de *Shag Rocks*, Geórgia do Sul, Sandwich do Sul e *Orkney* do Sul. A profundidade do oceano circundante a essas ilhas aumenta bruscamente para 3000 – 5000 metros (MURPHY *et al.*, 1998).

O sistema de correntes é dominado pela Corrente Circumpolar Antártica (CCA), que corresponde ao fluxo principal, saindo de oeste, na Passagem de Drake, em direção a leste (CURTIS *et al.*, 2010). Há também uma forte componente de circulação de águas em direção ao norte, provenientes do Mar de Weddell, guiada pela topografia do Mar de Scotia (NAVEIRA GARABATO *et al.*, 2002; SCHODLOK *et al.*, 2002). A interação destas correntes (Confluência Wedell-Scotia – WSC) (MEREDITH *et al.*, 2001) aliada à topografia cria uma região de alta mistura (BRANDON *et al.*, 2004), modificando intensamente as massas de água (LOCARNINI *et al.*, 1993).

A temperatura superficial do mar (TSM) varia de 6 a -1°C (FOSTER; MIDDLETON, 1984). Os valores de TSM atingem aproximadamente 4 a 5°C na região mais a norte e 0 a -1°C em áreas mais ao sul (MEREDITH *et al.*, 2001; MURPHY *et al.*, 2007). Durante uma considerável parte do ano, a região sul do Mar de Scotia fica coberta por placas de gelo à deriva.

A extensão máxima do gelo no Mar de Scotia durante o inverno ocorre geralmente nos meses de setembro ou outubro, mas pode ocorrer a qualquer momento entre julho e novembro. A extensão mínima do gelo no verão ocorre no Mar de Weddell, não chegando a alcançar o Mar de Scotia, entre fevereiro e março (MURPHY *et al.*, 2007). A concentração média de gelo do mar durante o

inverno é entre 15 e 50%, apresentando entre 0,3 – 0,5 m de espessura e deriva para norte e leste a velocidades que variam de 1 a 15 cm/s (MURPHY *et al.*, 2007). O gelo é gerado principalmente no Mar de Weddell, e é derivado para norte conduzido pelas correntes oceânicas e ventos de superfície (MURPHY, 1995; HARMS *et al.*, 2001; PARKINSON, 2002).

A salinidade do Mar de Scotia é de aproximadamente 34, apresentando valores máximos próximo à plataforma continental da ponta da Península Antártica e mínimos próximo às ilhas durante descargas de água doce (PATTERSON; SIEVERS, 1980; FOSTER; MIDDLETON, 1984).

IV.2. BANCO DOS ABROLHOS

O Banco dos Abrolhos apresenta uma área de aproximadamente a 46 mil km² (CUNHA *et al.*, 2013). Localizada na costa leste do Brasil entre as latitudes de 16° a 19°S e longitudes de 37° a 39°W, a região é a área com maior concentração de baleias-jubarte durante a temporada reprodutiva no Atlântico Sudoeste (figura 4) (e.g. ANDRIOLO *et al.*, 2010). A principal característica da região é a projeção da plataforma continental, um alargamento que pode chegar a 200 km da linha de costa adiante da cidade de Caravelas, litoral sul da Bahia, diferindo da média de 50 km da largura da plataforma na costa nordeste e leste do Brasil (LEÃO; KIKUCHI, 2001; TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Figura 4 – Localização e batimetria do Banco de Abrolhos, assinalando as principais estruturas sedimentares da região, com ênfase nos recifes de corais.

O Banco de Abrolhos é composto por um mosaico de estruturas sedimentares, que englobam recifes de corais - os mais importantes do Atlântico Sul (MOURA *et al.*, 2013), recifes rasos (CUNHA *et al.*, 2013), algas calcáreas, lamas calcíferas e areias (LEÃO, 1982; IBAMA/FUNATURA, 1991). Além disso, cinco ilhas vulcânicas compõem o Arquipélago dos Abrolhos: Ilhas de Santa Bárbara, Guarita, Redonda, Siriba, Sueste (LEÃO *et al.*, 2003).

A região caracteriza-se por profundidades que raramente excedem os 30 metros, com inclinação de 0°08', podendo alcançar os 70 m na quebra da plataforma (SILVA, 2013). Na região do Banco de Abrolhos, atravessam dois canais principais (aproximadamente 20 km de largura e 50 km de comprimento), o Canal de Abrolhos e Canal de Sueste (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

A maré é caracterizada como semi diurna, com alturas que variam de um mínimo de 0,47 m (quadratura) e um máximo de 3,39 m (sizígia), com médias entre 1,6 – 1,7 m (LEÃO; KIKUCHI, 2001).

A região do Banco dos Abrolhos está sobre influencia da Corrente do Brasil, na direção norte-sul, e possui características oligotróficas (LEÃO; KIKUCHI, 2001; CUNHA *et al.*, 2013). A temperatura média da água varia entre 27° e 28°C no verão e 24° e 25°C no inverno, chegando às mínimas de 23°C durante eventos de frentes frias (LEÃO, 1988; IBAMA/FUNATURA, 1991; CUNHA *et al.*, 2013) e salinidade apresenta médias de 36 (LEÃO, 1988). No inverno austral durante a passagem de frentes meteorológicas provenientes do sul-sudeste, juntamente com a precipitação e a reversão da corrente costeira em direção ao norte, os valores de salinidade tendem a diminuir (33,5 – 36,0) (LEIPE, 1999). O clima é caracterizado como tropical úmido, com uma precipitação média anual de 1800 mm (LEÃO, 1988).

O regime de ventos em Abrolhos é influenciado pela migração da célula anticiclônica do Atlântico Sul em direção ao norte, causando ventos dos quadrantes nordeste (NE) e leste (E) de outubro a março. De abril a setembro, devido à migração das células do anticiclone em direção ao sul, favorecem ventos originários dos quadrantes sudeste (SE), e o avanço das frentes polares

no inverno adiciona ventos dos quadrantes sul-sudestes (SSE) (LEÃO; KIKUCHI, 2001).

As características oceanográficas da região, tais como sistemas coralinos e profundidades rasas, são semelhantes a áreas de reprodução de outras populações de baleias-jubarte ao redor do mundo (MARTINS, *et al.*, 2001; MORETE *et al.*, 2008).

IV.3. CORREDOR MIGRATÓRIO DAS BALEIAS-JUBARTE

O corredor migratório foi definido como a área de deslocamento entre os dois destinos migratórios anuais das baleias-jubarte, Abrolhos e o Mar de Scotia, estabelecido com base nos trabalhos de Zerbini *et al.*, 2006, a partir de dados de transmissão por satélites, o qual delimitou a rota padrão em que elas utilizam no Atlântico Sul para sua migração.

Levando-se em consideração que a distância média do corredor migratório entre as duas regiões é de 4500 km, e de acordo com os resultados encontrados por Zerbini e colaboradores (2011), as baleias jubarte o percorrem com uma duração média de 50 dias e velocidade média é de 80.2 km/dia. Desta forma, foram estabelecidos 60 pontos amostrais de coordenadas geográficas, determinados a cada 80 km, de acordo com a figura 5.

Figura 5 – Mapa do corredor migratório das baleias-jubarte entre a região de alimentação, no Mar de Scotia, e a área de reprodução, no Banco de Abrolhos, assinalando um ponto diário, a cada 80 km/dia, durante 60 dias.

V. MATERIAL E MÉTODOS

V.1. REGISTROS DE AVISTAGENS DE BALEIAS-JUBARTE

As avistagens de baleias-jubarte utilizados neste trabalho foram coletados durante um estudo de médio prazo (ver MORETE *et al.*, 2008) na região do Banco dos Abrolhos, e tiveram como objetivo descrever a abundância relativa, distribuição temporal e comportamento de baleias-jubarte adultas e filhotes em uma área amostral ao redor do Arquipélago de Abrolhos. Abundância relativa refere-se à regularidade temporal da distribuição dos indivíduos de uma espécie dentro de uma comunidade (BEGON *et al.*, 2006). Estes dados foram concedidos através de colaboração estabelecida com o Instituto Baleia Jubarte.

Os registros foram realizados na Ilha de Santa Bárbara, a maior das 5 ilhas do Arquipélago de Abrolhos. A área amostral englobou um raio de 9,3 km ao redor de um ponto fixo (PF), de latitude 17°57'44"S, e longitude 38°42'22"W (figura 6), totalizando uma área de estudo de 250 km², com profundidade máxima de 20 metros (MORETE *et al.*, 2008), com exceção de dois setores ocultados pela porção leste da própria Ilha de Santa Bárbara e pela Ilha Redonda, formando arcos de 8° e 14°, respectivamente, de áreas encobertas. O PF localiza-se a uma altitude de 37,8 metros acima do nível do mar, na elevação mais ocidental da ilha. Apesar da área de amostragem ao redor do arquipélago ser pequena em relação à área de ocupação das baleias-jubarte na costa brasileira, estudos mostraram que a região representa bem o padrão de distribuição temporal, migratório e comportamental da espécie (MORETE *et al.*, 2003; 2007; 2008).

Figura 6 – Área de estudo de 250 km² ao redor do Arquipélago dos Abrolhos, no Banco dos Abrolhos. Localização do Ponto Fixo “PF” de observação de baleias-jubarte, na Ilha de Santa Bárbara. Áreas hachuradas representam as regiões encobertas pelas ilhas. (Fonte: MORETE, 2007).

Durante sete anos consecutivos, de 1998 a 2004, ao longo da temporada reprodutiva de 01 de julho (dia 1 da temporada) a 31 de novembro (dia 150 da temporada), varreduras de 1 hora foram realizadas diariamente (exceto em dias chuvosos, dias com vento acima de 17 nós ou quando as condições de observação eram consideradas pobres, devido a névoas, cobertura de nuvens ou brilho intenso) com o objetivo de quantificar e caracterizar o comportamento das baleias-jubarte na área amostral (MORETE *et al.*, 2008).

Cada varredura contou com pelo menos três observadores treinados, que se posicionaram a fim de examinar toda a extensão da área, percorrendo-a

a olho nu ou portando binóculos reticulados *Tasco*[®] *Off Shore* 7x50. As baleias eram localizadas através de borrifos, comportamento superfície ou algum movimento na água que pudesse caracterizar a presença de um indivíduo. Quando um grupo era avistado, o observador principal, com auxílio de teodolito *Sokkia*[®] DT5 (monóculo com aumento de 30x), registrava o número de indivíduos componentes do grupo, o comportamento no momento da avistagem, e o posicionava através dos ângulos vertical e azimutal. O grupo foi acompanhado pelo observador principal por pelo menos três subidas à superfície, anotando quaisquer marca ou característica distinta (*i.e.* cicatrizes, marcas, padrão de coloração de nadadeira caudal), a fim de evitar recontagem. Se houvesse concentração de grupos em uma área, causando confusão entre os observadores, a varredura era cancelada, e uma nova era iniciada, descartando-se os dados da varredura anterior.

Para este estudo só foram analisadas baleias adultas. Indivíduos com 1 ano ou mais de idade foram considerados adultos, assumiu-se que qualquer baleia que não fosse um filhote seria considerada um adulto, pela impossibilidade de medição do tamanho do corpo do animal usando o teodolito. “Filhote” foi definido como o animal que estava em proximidade a outra baleia, apresentando menos de 50% do tamanho corporal do indivíduo acompanhante (CHITTLEBOROUGH, 1965), e possivelmente nascido durante a presente temporada (MORETE *et al.*, 2003; 2007; 2008).

Análise dos dados através de modelagem

Os valores de contagens de baleias obtidos no pelas varreduras ponto fixo foram modelados através de modelo linear generalizado negativo binominal

(GLM_{nb}), previamente realizado por Morete *et al.*, 2008. O modelo foi selecionado a partir do menor AIC (*Akaike Information Criteria*), de acordo com a equação: (dT = dia da temporada, ano= ano da temporada reprodutiva):

$$GLM_{nb} = \text{contagem de baleias} \sim \text{ano} + dT + dT^2 + \text{ano} * dT + \text{ano} * dT^2$$

A partir das 7 curvas de distribuição geradas pelos valores previstos pelo modelo acima, algumas características (variáveis) foram extraídas através da equação quadrática (Figura 7), de acordo com a formulação abaixo.

Figura 7 – Curva teórica da flutuação do número de avistagens das baleias-jubarte ao redor do ponto fixo no Banco de Abrolhos, assinalando variáveis descritivas que foram analisadas. Variáveis: D_i) dia inicial da temporada – chegada; D_f) dia final da temporada – partida; Δ) D_f – D_i = duração da temporada, α) ângulo inicial – ascendente; β) ângulo final – descendente; h) altura do pico; P) dia do pico.

$$\text{Contagemdebaleias} = \text{constante} + \text{coef}_1 * dT + \text{coef}_2 * dT^2$$

Onde:

$$\text{constante} = \text{intercepto} + \text{ano}$$

$$\text{coef}_1 = \text{ano} * dT$$

$$coeff_2 = ano * dT^2$$

Os valores do intercepto, e os coeficientes são obtidos através do ajuste do modelo. Os valores de D_i e D_f são as raízes da equação quadrática, e o valor de A é a subtração destes dois valores ($D_f - D_i$). $Coef_1$ e $coeff_2$ correspondem às duas angulações da parábola, denotando os valores de α e β . A altura e dia do pico de avistagem são extraídos através de comando de número máximo do ajuste da curva e a posição em que este valor encontra-se dentro do conjunto de valores resposta deste ajuste.

De acordo com a figura 7, a angulação da curva ascendente (α), angulação da curva descendente (β), a altura (h) e dia do pico da curva (P), amplitude de presença de baleias (valores de y onde as curvas tocam o eixo x $D_i - D_f = A$), refletiram a chegada, permanência e partida das baleias-jubarte na região de Abrolhos. Sabe-se que as baleias-jubarte gastam entre 40 e 60 dias para completar o percurso migratório da área de reprodução até a área de alimentação (ZERBINI *et al.*, 2011), considerando que esse seja também o tempo gasto para a migração de volta da área de reprodução, os registros de fotoperíodo, TSM, clorofila-*a* e krill obtidos pelo sensoriamento remoto foram relacionados, através de modelos de regressão linear, com as variáveis das curvas do respectivo ano a fim de analisar suas influências na distribuição temporal e abundância relativa.

V.2. PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO

Os parâmetros ambientais foram divididos em duas seções: abióticos, que incluem fotoperíodo, índice de oscilação do oceano austral (SOI) e

temperatura da superfície do mar; e bióticos: concentração de clorofila-a, a densidade de krill e quantidade de krill capturada por ano.

Os parâmetros abióticos foram adquiridos através da rede mundial de computadores, de diferentes fontes. Os dados de temperatura da superfície do mar foram concedidos através da colaboração estabelecida junto ao Laboratório de Oceanografia por Satélites (LOS), do Instituto Oceanográfico da USP, tendo como responsável o Professor Dr. Paulo Polito e colaboração de Msc. Wandrey Watanabe, que forneceu os dados de imagens satelitais já processados.

Dados de densidade de krill e clorofila-a foram fornecidos pelo KRILLBASE, que é uma compilação de dados de diversos programas antárticos de instituições dos países que incluem EUA, Ucrânia, Alemanha, Reino Unido, Austrália, Japão, África do Sul, Espanha, Chile e Polônia. Este banco foi construído a partir de dados provenientes de diversas metodologias e foram padronizados para posterior comparação por Atkinson *et al.*, (2008).

V.2.1. PARÂMETROS ABIÓTICOS

V.2.1.1. FOTOPERÍODO

Os dados diários de fotoperíodo da região do Mar de Scotia e do Banco dos Abrolhos, dos anos de 1998 a 2004, foram calculados, através das diferenças entre os horários de pôr e nascer do sol, utilizando o software livre do R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Estes valores encontram-se disponíveis online, gratuitamente, no site do Laboratório de Pesquisa de Sistema da Terra (*Earth System Research Laboratory*) da Administração Nacional do Oceano e Atmosfera (*National Oceanic & Atmospheric*

Administration, EUA, NOAA, sigla em Inglês)
(<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>).

O ciclo anual (365 dias) do fotoperíodo estipulado neste estudo para o movimento migratório completo das baleias-jubarte foi calculado da seguinte maneira: 4 meses (janeiro a abril) no área de alimentação, obtendo-se o fotoperíodo diário na coordenada geográfica fixada no Mar de Scotia (57°57'23"S e 27°31'17"W); 2 meses (maio e junho) de migração para norte (subida), obtendo-se um valor de fotoperíodo em cada dia e em cada ponto amostral, conforme a figura 5, na direção Antártica-Abrolhos; 4 meses (julho a outubro) na área de reprodução, obtendo-se um valor de fotoperíodo na coordenada geográfica de Abrolhos (17°57'44"S e 38°42'22"W); 2 meses (novembro e dezembro) de migração para o sul (descida), obtendo-se um valor de fotoperíodo em cada dia e em cada ponto amostral na direção Abrolhos-Antártica.

V.2.1.2. ÍNDICE DE OSCILAÇÃO DO OCEANO AUSTRAL (SOI)

O fenômeno do *El Niño* (*ENSO – El Niño Southern Oscillation*) é o maior ciclo climático em escalas de tempo de décadas e sub-décadas (DIAZ; MARKGRAF, 1992), podendo afetar as condições climáticas e oceanográficas não só no Pacífico Sul (onde é gerado), mas em regiões bem mais distantes, como o Oceano Austral (KILADIS; DIAZ, 1989). Mullan (1995) foi o primeiro a sugerir que o ENSO poderia afetar condições oceânicas de altas latitudes via forçante atmosférica da CCA (Corrente Circumpolar Antártica).

O principal efeito do ENSO no Oceano Austral se reflete na extensão do gelo antártico, a principal e mais interessante característica das altas latitudes

(SIMMONDS; JACKA, 1995). O gelo tem grande importância em todo o ecossistema antártico, principalmente durante sua retração. O ENSO pode acelerar ou retardar este processo, alterando assim as condições do Oceano Austral. Já o fenômeno de *La Niña* refere-se a períodos de esfriamento anormal das temperaturas superficiais do mar (TSM), variabilidade climática natural. Esta situação é oposta aos eventos de aquecimento das águas, típico de eventos de *El Niño* (GLANTZ, 2002).

O índice de oscilação do oceano austral (*Southern Oscillation Index* – SOI) indica o desenvolvimento e a intensidade dos eventos de ENSO – *El Niño* ou *La Niña* no Oceano Pacífico. O SOI é calculado usando as diferenças de pressão entre o Tahiti e Darwin (Austrália) (TURNER, 2004).

Valores negativos de SOI indicam fenômenos de *El Niño*, enquanto que valores positivos indicam *La Niña*. A tabela de SOI, que inclui valores mensais e anuais, registrados desde 1866 até 2001, foi obtida através de dados previamente publicados pela Divisão de Ciências Físicas do NOAA, disponíveis em <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/mei.html>. Estes valores foram discriminados por médias mensais e anuais.

A tabela 1 mostra os anos em que ocorreram os fenômenos de *El Niño* e *La Niña*, classificando-os como fraco, moderado ou forte.

O SOI foi utilizado para identificar a influência da variabilidade climática na temperatura da água no Mar de Scotia, e sua possível influência na extensão do gelo e disponibilidade de krill. Além disso, os dados de SOI foram analisados quanto à sua possível influência no número máximo de baleias avistadas no ano, e no dia do pico de sua ocorrência, a fim de compreender a

dinâmica migratória das baleias-jubarte em relação às variações climáticas. Os valores de SOI foram pareados aos valores de dia do pico e número máximo de baleias no mesmo ano e com defasagem de tempo de 1 a 5 anos anterior aos anos de coleta, e assim sucessivamente, analisando-se sua influência através de modelos lineares generalizados (GLM). Estas defasagens foram selecionadas a fim de analisar a influência do SOI, já que alguns autores postularam que o fenômeno do *El Niño* pode influenciar as populações de krill em até 5 anos após o seu acontecimento a partir de alterações na taxa de retração do gelo antártico (STAMMERJOHN *et al.*, 2008).

Tabela 1 – Eventos de *El Niño* e *La Niña* desde 1950 a 2011. (Fonte: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>)

<i>El Niño</i>			<i>La Niña</i>		
Fraco	Moderado	Forte	Fraco	Moderado	Forte
1952	1951	1957	1950	1955	1973
1953	1964	1965	1954	1970	1975
1958	1968	1972	1956	1998	1988
1969	1986	1982	1964	2007	1999
1976	1987	1997	1967		2010
1977	1991		1971		
2004	1994		1974		
2006	2002		1983		
	2009		1984		
			1995		
			2000		
			2005		
			2008		
			2011		

V.2.1.3. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM)

Desde a década de 1970, os satélites da série TIROS (*Television Infrared Observation Satellite*), operados pela NOAA, oferecem ao público medidas de temperatura da superfície do mar (TSM), as quais têm aplicação direta em oceanografia em geral (SOUZA *et al.*, 2005).

A maior série de dados temporal contínua de medidas meteorológicas do espaço provém do sensor AVHRR-Pathfinder (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) (DEVASTHALE *et al.*, 2012). Este sensor é um radiômetro multiespectral que opera a bordo dos satélites da série TIROS-N da NOAA. O AVHRR opera em cinco bandas, sendo uma centrada no espectro visível, uma no infravermelho próximo e três no infravermelho termal (SOUZA *et al.*, 2005). *Pathfinder* é uma atividade de pesquisa conjunta da NOAA e da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, EUA), a qual foi iniciada na década de 90, com o propósito de reprocessar conjuntos de dados de satélites de TSM (CASEY *et al.*, 2010).

Neste estudo, foram utilizados os dados de nível 3 do *Pathfinder* versão 5.2 (PFV5.2). Este conjunto representa um produto aprimorado de TSM, com resolução espacial de 0,05° e temporal de uma semana, com cobertura global de novembro de 1981 até dezembro de 2010, demais detalhes e a descrição completa do conjunto podem ser encontrados em Casey *et al.* (2010). Estes dados foram obtidos do NODC (*National Oceanographic Data Center*, EUA) e GHR SST (*The Group for High Resolution Sea Surface Temperature*) (<http://pathfinder.nodc.noaa.gov>).

O intervalo temporal utilizado foi entre 1 de janeiro de 1996 a 31 de dezembro de 2004, totalizando 3288 mapas diários de TSM de cada área amostrada. Espacialmente, foram definidas três regiões, uma para representar a TSM de Abrolhos, entre as latitudes de 19°30'S a 16°40'S e entre as longitudes de 39°45'W a 37°25'W, outra para representar a TSM do Mar de Scotia, no intervalo de 70° a 45°S de latitude e 70° a 25°W de longitude, e uma terceira região, dentro da área do Mar de Scotia, englobando apenas as Ilhas da Geórgia do Sul e as Ilhas Sandwich do Sul (54° a 60°S e 23° a 33° W).

Inicialmente, de cada região foram removidos valores espúrios de temperatura em todo o intervalo de tempo. A faixa de valores válidos para Abrolhos foi definida entre 20°C e 30°C e para o Mar de Scotia, entre -0,4°C e 10°C. Na sequência, para cada mapa diário de TSM, foi calculada a média de temperatura em cada área.

Devido à cobertura de nuvens, em 624 dias não houve nenhum valor medido de temperatura dentro da área definida para representar Abrolhos. Para a região do Mar de Scotia, apenas em 3 dias não se obteve um valor médio de temperatura. Para completar estas lacunas, ambas as séries foram interpoladas linearmente no tempo.

Ressalta-se que nos resultados obtidos para Abrolhos, é possível que haja um erro da ordem de 0,3°C devido à diferença entre a temperatura medida pelo satélite (primeiros milímetros da coluna d'água) e a temperatura da água imediatamente abaixo (SCHLUESSEL *et al.*, 1990).

A série temporal anual de temperatura superficial do mar (TSM) foram processadas no software ArcGIS 9.3 ®ESRI, e os dados foram suavizados

através da função “lowess” pacote “stats” software R, que se utiliza de uma regressão polinomial ponderada, e determina o grau de suavização conforme o ajuste desejado aos dados.

V.2.2. PARÂMETROS BIÓTICOS

V.2.2.1. CLOROFILA-A

Como o comportamento espectral do pigmento clorofila-a (clo-a) é bem definido, com um pico de absorção na faixa do azul e pouca absorção na faixa do verde, quanto maior a concentração de fitoplâncton em uma região, mais luz azul será removida se comparada à luz verde (CIOTTI, 2005). Assim, é possível estimar a concentração de clo-a a partir de dados de radiância da superfície do mar via algoritmos empíricos (O'REILLY *et al.*, 1998).

A série temporal de dados de concentração de clo-a utilizada nas análises deste trabalho foram cedidos pelo Projeto KRILLBASE, através de colaboração estabelecida com o ICED (*Integrating Climate and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean* - <http://www.iced.ac.uk/science/krillbase.htm>), cujo responsável é o Dr. Angus Atkinson, da *British Antarctic Survey, Natural Environment Research Council* (Reino Unido).

Os valores de concentração de clorofila-a desta série foram obtidos a partir de imagens combinadas mensais de nível 3 do radiômetro SeaWiFS que operou a bordo do satélite GeoEye de agosto de 1997 a dezembro de 2010. Este conjunto de dados está disponível no *site Ocean Color* do GFSC/NASA (*Goddard Space Flight Center*) (<http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/>), onde há imagens diárias, compostas semanais e mensais, todas com resolução espacial de aproximadamente 9 km X 9 km para uma nova grade de

0,5° de latitude por 1° de longitude. Maiores detalhes dos dados do SeaWiFS podem ser obtidos em Campbell *et al.* (1996).

Os valores foram adquiridos a partir de imagens satelitais no mesmo período (janeiro e fevereiro de 1996 a 2003) e estações das coletas das densidades de krill, realizadas pelos pesquisadores colaboradores do KRILLBASE. Foram realizadas médias das concentrações de clorofila-a disponibilizados para cada ano, com o intuito de comparações entre os anos e suas possíveis influências na densidade de krill na mesma temporada.

V.2.2.2. KRILL

As análises realizadas neste estudo utilizaram dois bancos de dados de krill antártico, a CCAMLR e KRILLBASE.

As informações sobre a quantidade de krill capturada anualmente foram obtidas através da pesca comercial, compilados pela CCAMLR (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) disponível no Boletim Estatístico (CCAMLR, 2008) gratuitamente *online* no site <http://www.ccamlr.org/>. As sub-regiões designadas pela comissão para o Mar de Scotia são 48.2, 48.3, 48.4, como mostrado na figura 8. Cada sub-região possui uma estimativa de quantidade pescada, e estes valores foram agregados em uma média geral para cada ano estudado (1998 a 2004).

Figura 8 – Mapa das Áreas da Convenção Antártica, designadas pela CCAMLR, assinalando em vermelho as áreas 48.2, 48.3, 48.4. (Fonte: Gis online disponível em <http://gis.ccamlr.org/home>).

Os dados de densidade de krill são provenientes do banco multi-nacional de dados, KRILLBASE (ATKINSON *et al.*, 2008). Este banco de dados contempla informações de coleta de krill no Oceano Austral, de 1926 a 1939 e 1976 a 2004, sendo composto por 9922 estações de coleta, registradas entre os meses de outubro a abril. Cada estação inclui as seguintes informações: coordenadas geográficas da estação, temporada, ano e mês de coleta, período do dia (dia ou noite), tipo de rede (tamanho da malha, abertura e área da boca), contagem de indivíduos de krill (*Euphausia superba* – estágio pós-larval) em cada rede de coleta (indivíduos/m²), profundidade de coleta (96% das estações atingiram >100 m de profundidade). As redes de plâncton utilizadas para as coletas eram oblíquas ou verticais em localidades pré-determinadas e as

densidades de krill (ind/m^2) incluíram apenas estágio pós-larval, ou maior que 0,19 mm de comprimento.

O KRILLBASE, por ser um composto de informações coletados por diferentes instituições com diferentes metodologias, passou por um processo de padronização dos dados para um método de coleta comum, publicados por Atkinson *et al.*, (2008) (ver Apêndice 1 Standardisation of densities within KRILLBASE, disponível em material suplementar no *Marine Ecological Progress Series*, www.int-res.com/articles/suppl/m362p001_app.pdf).

Os dados de densidade de krill extraídos do KRILLBASE para este trabalho compreenderam as temporadas 1996 a 2003, apenas nos meses de janeiro e fevereiro, já que 95% dos dados amostrados se incluíram neste período e foram selecionados entre as coordenadas geográficas que compreendem o Mar de Scotia. Um subconjunto de dados foi construído para as análises e foram excluídas os pontos de coleta com valores de densidade iguais a 0, utilizando apenas as estações em que houveram registro de indivíduos (estações positivas). A média e desvio padrão de densidade de cada temporada foram determinados e posteriormente foram aplicados testes de variância para compreender a variação da população entre os anos amostrados.

Com finalidade de comparar a relação entre os dois bancos de dados de krill utilizados neste trabalho, foram aplicados testes de correlação linear de Pearson (ρ).

V.3. ANÁLISES DOS DADOS

VI.3.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Todos os dados foram analisados quanto à sua normalidade e homocedasticidade, para a melhor escolha dos testes estatísticos em cada caso. Os dados de fotoperíodo e TSM de todas as áreas foram submetidos ao teste ANOVA para verificar a diferença entre os anos (inter-temporadas), e aplicados teste *a posteriori* Tukey, necessários para identificar quais dos pares de grupos diferiram entre eles. Gráficos do tipo boxplot foram plotados para visualizar a distribuição dos valores, e verificar possíveis *outliers*.

Os dados de clorofila-a, por não obedecerem às premissas de normalidade e homocedasticidade, foram analisados através do teste de postos de *Spearman*.

VI.3.2. MODELOS ECOLÓGICOS

Todas as variáveis descritivas extraídas dos modelos de abundância relativa de baleias-jubarte e as médias de cada parâmetro ambiental foram analisadas através de modelos desenvolvidos no software livre “R”, versão 2.10.1 (R Development Core Team, 2012). “R” é definido como um ambiente, ou seja, um sistema coerente e planejado de programação com um conjunto integrado de ferramentas de software para manipulação de dados, cálculos e apresentação gráfica. É uma ferramenta de flexibilidade e capacidade para manipular virtualmente qualquer conjunto de dados (VENABLES *et al.*, 2007).

Foram criados modelos GLM com distribuição gaussiana e binominal negativa, a fim de analisar as correlações entre as variáveis “número máximo de baleias avistadas em Abrolhos” e “dia do pico de avistagem” com cada

parâmetro ambiental, separadamente. Os modelos foram agrupados em quatro conjuntos, de acordo com a variável-resposta (KB, KC, Max e DiaMax) As descrições e abreviações de cada variável ou parâmetro se encontram na tabela 2. Diferentes famílias de GLMs foram aplicadas de acordo com cada variável-resposta. O GLM Gaussiano (distribuição normal dos erros) para todas as análises, exceto aquelas para a variável-resposta KC, em que optou-se por utilizar o GLM Binomial Negativo. Para o parâmetro SOI, foi utilizado o valor do ano, e com defasagens de 1 a 5 anos. Para TSM, foi utilizado o valor do ano e defasagens de 1 e 2 anos.

Tabela 2 – Descrição e abreviaturas das variáveis resposta e parâmetros ambientais utilizados nos modelos lineares generalizados.

Parâmetro ou variável	Abreviatura	Descrição
Número máximo de baleias avistadas em Abrolhos	BAL	Número máximo de baleias em Abrolhos no dia do pico de avistagem (altura da curva de abundância relativa)
Dia do Pico	DIAMAX	Dia do pico de avistagem (número máximo) de baleias jubarte
Densidade de Krill (ind/m ²)	KB	Dados de densidade de krill, medidas por ind/m ² , fornecidos pelo KRILLBASE
Toneladas de krill capturadas (ton/ano)	KC	Dados de toneladas de krill capturadas por ano, publicados pela CCAMLR
Concentração de clorofila-a(mg/m ³)	CLO	Concentração de clorofila-a pelo SeaWiFis, fornecidos pelo KRILLBASE
Temperatura da superfície do Mar(°C)	TSM	Temperatura da Superfície do Mar à partir de dados do sensor AVHRR-Pathfinder à bordo do satélite TIROS-N da NOAA
Índice de oscilação do oceano austral	SOI	Índice de indicação da intensidade de eventos de <i>El Niño</i> (valores negativos) ou <i>La Niña</i> (valores positivos) no Oceano Pacífico

As relações entre as variáveis-resposta e o conjunto de dados abióticos foram estudadas através de modelos baseados no “princípio de parcimônia”, em que o modelo deve conter o menor número de parâmetros com explicação plausível para os dados (LEBRETON *et al.*, 1992). A seleção do modelo foi baseada no menor valor do AIC (BURNHAM; ANDERSON, 2002). O AIC é uma medida de distância relativa entre o modelo verdadeiro dos dados e o modelo proposto, sendo mais plausível quanto menor este valor. Os modelos foram calculados através do pacote “MASS” (VENABLES; RIPLEY, 2002) e selecionados através do pacote “MuMIn” (BOLKER; R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Os modelos de influência ambientais tiveram como variáveis-resposta ou dependentes as variáveis descritivas de abundância relativa de baleias, e os parâmetros ambientais como variáveis explanatórias ou independentes. Também foi criado um diagrama de dispersão com finalidade de analisar as colinearidades entre as variáveis. Além da exploração visual do diagrama, a colinearidade foi analisada através de coeficiente de correlação de *Pearson*, que pode variar de -1 (correlação negativa) a 1 (correlação positiva), e 0 indica a ausência de correlação (correlação neutra).

VI. RESULTADOS

VI.1. REGISTROS DE AVISTAGENS DE BALEIAS-JUBARTE

Um total de 930 varreduras, totalizando 7996 avistagens de baleias adultas foram analisados por Morete *et al.*, 2008, usando modelos lineares generalizados (GLM) (MCCULLAGH; NELDER, 1989) que incluiu as variáveis:

período do dia, dia da temporada e interações entre elas como possíveis preditores. Nos sete anos estudados, o padrão temporal de avistagens de baleias intra-temporada observado foi um aumento gradual, a partir de julho, chegando a um pico entre agosto e setembro e uma diminuição gradual a partir de outubro. Esses padrões e picos de avistagens variaram entre os anos (figura 9).

O modelo ajustado gerou uma equação conveniente para capturar a essência do aumento e diminuição das contagens de baleias. A partir desta equação, foram calculadas as variáveis: dia inicial da temporada - chegada (D_i), dia final da temporada – partida (D_f), duração da temporada ($A = D_f - D_i$), ângulo inicial – ascendente (α), ângulo final – descendente (β), altura do pico (h), dia do pico (P). Estas variáveis, o número de varreduras, de adultos e grupos avistados, se encontram dispostas na tabela 3. A variável do dia inicial de cada temporada variou entre -10,13 a -37,02, uma diferença de 27 dias. Já o dia final variou entre 127,01 a 146,08, apresentando uma menor diferença, de 19 dias entre as temporadas. Assim, a amplitude das temporadas variou de 138,78 (2004) a 181,38 (2003), com uma diferença de 42,6 entre as temporadas mais curta e mais longa.

As angulações da curva ajustadas pelo modelo, ângulo inicial – ascendente (α) e ângulo final – descendente (β), indicam respectivamente a velocidade de incremento e declínio da população ao longo da temporada. Os menores ângulos ocorreram em 2003, indicando uma menor taxa de aumento e diminuição ao longo da temporada. Já no ano de 2004, essas angulações

foram maiores, indicando maior velocidade de chegada e partida dos indivíduos.

A altura do pico (h) da curva ajustada pelo modelo, o que indica o número máximo de indivíduos avistados variou de 11,17 (2000) a 21,4 (2004). O dia do pico (P) dessas avistagens variou de 53 (ano em que o pico ocorreu mais cedo, em 2003) e 68 (ano em que mais tardou a ocorrer, em 1998), com uma diferença de 15 dias entre os anos.

Figura 9 – Contagens de baleias-jubarte adultas avistadas nas varreduras de 1 hora, ao redor do Arquipélago de Abrolhos durante as temporadas de 1998 a 2004, curva ajustada pelo modelo GLM (linha). ° representam dados brutos de avistagem. Temporada: (1° de julho a 30 de novembro). Fonte: MORETE *et al.*, 2008.

tabela 3 – Número de varreduras realizadas, total de adultos e grupos avistados nos anos de amostragem, entre 1998 e 2004, ao redor do Arquipélago de Abrolhos. Variáveis: D_i) dia inicial da temporada – chegada; D_f) dia final da temporada – partida; A) amplitude ($D_f - D_i$ = duração da temporada), α) ângulo inicial – ascendente; β) ângulo final – descendente; h) altura do pico; P) dia do pico.

				Variáveis descritivas						
ANO	Varreduras	N° Baleias adultas	N° Grupos	Dia i	Dia f	Amplitude/ Duração da temporada	Ângulo α	Ângulo β	Altura	Dia do Pico
1998	161	1242	688	-10.33	146.08	156.41	0.058370	-0.000430	13.78	68
1999	134	1123	586	-19.81	127.01	146.82	0.052314	-0.000488	15.76	58
2000	154	972	573	-17.32	142.79	160.11	0.047360	-0.000377	11.17	62
2001	127	1068	573	-16.33	137.47	153.80	0.055945	-0.000462	15.27	60
2002	118	1057	578	-22.86	144.58	167.44	0.049644	-0.000408	17.35	61
2003	124	1270	621	-37.02	144.36	181.38	0.037660	-0.000351	17.84	53
2004	112	1264	669	-10.13	128.66	138.78	0.075360	-0.000636	21.24	58

VI.2. ANÁLISES EXPLANATÓRIAS DOS PARÂMETROS ABIÓTICOS

VI.2.1. FOTOPERÍODO

No período de 1998 a 2004, o fotoperíodo de Abrolhos apresentou pouca amplitude, e variou de 11,05 horas no inverno a 13,22h no verão, (média = 12,11h, dp = 0,74). Já na região do Mar de Scotia, os valores tiveram maior variação, de 6,35h no inverno a 18,3h no verão (média 12,17h, dp = 4,01). A variação do fotoperíodo de Abrolhos e Mar de Scotia encontram-se demonstradas respectivamente figuras 10 e 11. O fotoperíodo flutua ao longo do ano, com dias mais longos no verão e mais curtos no inverno, e essa característica é constante, não havendo diferença significativa entre os anos, por se tratar de um fenômeno planetário.

Figura 10 – Variação do fotoperíodo da região de Abrolhos de 1998 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da média, barra de erros indicam os valores de desvio padrão.

Figura 11 – Variação do fotoperíodo da região do Mar de Scotia, de 1998 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da média, barra de erros indicam os valores de desvio padrão.

O ciclo anual do fotoperíodo ao longo do movimento migratório é demonstrado na figura 12. O período de alimentação foi caracterizado por declínio gradual, mas de grande amplitude no comprimento do dia, que variou de 18 horas no mês de janeiro a 8,53 horas no mês de abril. Neste período, inicia-se o movimento de subida em direção à área de reprodução, em que há um aumento gradual no fotoperíodo até o retorno à Antártica, voltando às 18 horas de luz. No corredor migratório, tanto durante a subida quanto a descida, a amplitude é maior que o observado na área de Abrolhos. Isso se dá ao deslocamento latitudinal das baleias, diferente da área de reprodução, onde permanecem em uma região sem grandes deslocamentos, consequentemente sem grandes variações latitudinais.

Figura 12 – Ciclo anual do fotoperíodo ao longo do movimento migratório da baleia-jubarte entre o Mar de Scotia e Abrolhos

VI.2.2. ÍNDICE DE OSCILAÇÃO DO OCEANO AUSTRAL (SOI)

Os valores do índice de oscilação do oceano austral disponibilizados estão dispostos na figura 13. Os anos de 1996, 1999 e 2000 apresentaram valores positivos, indicando ocorrência de períodos mais frios que a média, enquanto os anos restantes demonstraram valores negativos, indicando a ocorrência do fenômeno do *El Niño*. O ano de 1997 foi o ano em que apresentou o valor do índice mais baixo, classificando-o como “forte”.

Os valores obtidos do SOI foram coletados a fim de inseri-los nos modelos ecológicos e avaliar a sua influência na migração das baleias-jubarte e na disponibilidade de krill na Antártica. Esses valores foram organizados como demonstrado na tabela 4, mostrando o valor do ano, e repetindo-se os valores com defasagens de 1 a 5 anos.

Figura 13 – Índice de oscilação do oceano austral de 1993 a 2004. Valores positivos indicam períodos frios (fenômeno *La Niña*) e valores negativos indicam períodos quentes (fenômeno *El Niño*).

Tabela 4 – Valores de SOI (*Southern Ocean Index*) nos anos analisados e com defasagem de tempo de 1 a 5 anos.

Valores de SOI com defasagem de tempo						
ANO	SOI	- 1 ano	- 2 anos	- 3 anos	-4 anos	- 5 anos
1998	-0.23	-1.29	0.56	-0.33	-1.35	-1.11
1999	0.79	-0.23	-1.29	0.56	-0.33	-1.35
2000	0.72	0.79	-0.23	-1.29	0.56	-0.33
2001	-0.08	0.72	0.79	-0.23	-1.29	0.56
2002	-0.72	-0.08	0.72	0.79	-0.23	-1.29
2003	-0.43	-0.72	-0.08	0.72	0.79	-0.23
2004	-0.63	-0.43	-0.72	-0.08	0.72	0.79

VI.2.3. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM)

Ao todo, 9867 imagens satelitais foram coletadas ao longo dos anos de 1996 a 2004 no Banco de Abrolhos, no Mar de Scotia e na região das Ilhas Sandwich do Sul. No Banco de Abrolhos, a temperatura média da superfície do mar foi de 27,02°C, com valores de mínimo e máximo de 25,40° e 29,75°C respectivamente, no verão. No inverno, a média apresentou valor de 24,35°C, mínimo de 23,48°C e máximo de 27,17°C. No Mar de Scotia a média no verão foi de 2,65°C, mínima de -1,66°C e máxima de 6,69°C. No inverno, as temperaturas registraram médias de 1,01°C e variaram entre -2,81°C e 5,82°C. Nas Ilhas Sandwich, as temperaturas apresentaram menores variações quando comparadas às das TSM do Mar de Scotia. A média do verão registrou -1,01°C e variação de mínima e máxima de -3 a 5°C, e no inverno, a média foi de -1,96°C e mínimas e máximas de -3° e 0,61°C.

As temperaturas tanto no Banco dos Abrolhos (figura 14) quanto no Mar de Scotia e Ilhas Sandwich do Sul (figuras 15 e 16, respectivamente) foram significativamente diferentes entre os anos de 1996 a 2004 (teste ANOVA $p < 0,05$).

Figura 14 – Variação da temperatura da superfície do mar na região de Abrolhos entre os anos de 1996 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. ◯ indica valores extremos (outliers).

Figura 15 – Variação da temperatura da superfície do mar na região do Mar de Scotia entre os anos de 1996 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. ◯ indica valores extremos (outliers).

Figura 16 – Variação da temperatura da superfície do mar na região das Ilhas Sandwich do Sul entre os anos de 1996 a 2004. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. ○ indica valores extremos (outliers).

A figura 17 mostra a variabilidade sazonal da temperatura da superfície do mar na região de Abrolhos, entre 1996 a 2004. A curva da variação da temperatura mostrou um padrão sazonal, com temperaturas altas do verão variando em torno dos 28°C e as baixas temperaturas do inverno chegando aos 24°C todos os anos. O ano de 1997 foi o que apresentou valores máximos mais baixos da série. Ao longo de cada ano, houve oscilações na temperatura, como mostrado na linha sólida em cinza claro. A linha tracejada representa a suavização dos dados.

Figura 17 – Variação anual da temperatura superficial do mar (dados brutos – linha sólida em cinza) ao longo da série amostral na região do Banco dos Abrolhos entre os anos de 1996 a 2004. Linha tracejada é a suavização da curva.

A figura 18 representa a variação da temperatura da região do Mar de Scotia (SC) (linha pontilhada) e da região próximo às Ilhas Sandwich do Sul (SSI) (linha tracejada). As linhas sólidas em cinza representam os dados brutos. A região do Mar de Scotia apresentou valores mais altos de temperatura superficial do mar em relação à região das SSI. Mas, como o padrão sazonal permaneceu o mesmo nas duas regiões. Devido à geomorfologia das Ilhas Sandwich do Sul e das baixas profundidades nesta região, há maior concentração de blocos de gelo ao longo do ano, o que deixa a região com as temperaturas superficiais do mar mais baixas.

Figura 18 – Variação anual da temperatura superficial do mar (dados brutos – linha sólida em cinza) ao longo da série amostral, entre 1996 a 2004, na região do Mar de Scotia (linha de suavização pontilhada) e na região das Ilhas Sandwich do Sul (linha de suavização tracejada).

VI.3. ANÁLISES EXPLANATÓRIAS DOS PARÂMETROS BIÓTICOS

VI.3.1. CLOROFILA-A

As concentrações de clorofila-a disponibilizadas pelo KRILLBASE apresentaram valores entre 0,121 a 2,243 mg/m³ na região do Mar de Scotia. Os valores de média, máximo e mínimo de cada ano e a variação das concentrações de clorofila-a ao longo do ano podem ser observados na tabela 5 e figura 19. Como os valores de concentração de clorofila-a não obedeceram às premissas de normalidade foi utilizado o teste não paramétrico de correlação de postos de *Spearman*, resultando em diferença significativa ($p=0,0021$) entre os anos.

Tabela 5 – Concentração média, máxima e mínima de clorofila na área do Mar de Scotia, coletadas à partir de imagens combinadas mensalmente, de nível 3 do SeaWiFs (NASA), entre dezembro e março, Fonte: KRILLBASE (Atkinson *et al.*, 2008) (N = número de redes amostradas, nd = sem dados disponíveis)

TEMPORADA	Concentração de Clorofila-a mg/m^3		
	Média	Máximo	Mínimo
1996	0,570	2,243	0,175
1997	0,615	2,243	0,201
1998	0,642	2,243	0,155
1999	0,669	2,243	0,138
2000	0,561	2,202	0,121
2001	0,591	2,243	0,138
2002	0,747	2,243	0,167
2003	0,550	2,239	0,167

Figura 19 – Concentrações de clorofila-a (mg/m^3) ao longo das temporadas, na região do Mar de Scotia entre os anos de 1996 a 2003. Caixas representam valores de 25 e 75% dos valores, linha sólida no interior da barra indica o valor da mediana, barra de erros indicam os valores máximos e mínimos. $\circ$ indica valores extremos (outliers).

VI.3.2. KRILL

Ao todo, 2188 estações de coleta do KRILLBASE foram selecionadas em uma janela de dois meses (janeiro e fevereiro) entre os anos de 1996 a 2003 na região do Mar de Scotia. A densidade de krill variou entre 0,002 e 5.122,687 ind/m². As médias da densidade variaram entre 7,139 e 104,057 ind/m². O ano de 2002 foi o que mais apresentou variabilidade na amostra, e o que obteve a maior quantidade de captura de krill, 125.988 toneladas, pelo CCALMR. O ano de 1997 foi o de menor densidade, e também o de menor captura de krill, estimado em 75.653 toneladas.

As médias da densidade do krill na região do Mar de Scotia, nos anos de 1996 a 2003 disponibilizado pelo KRILLBASE e os valores de captura de krill pelo CCAMLR, no Mar de Scotia estão demonstrados na tabela 6. O ano de 2004 não continha dados disponíveis dentro a área de estudo, sendo então descartado de todas as análises posteriores. Nota-se que há muita variação na densidade média e o desvio padrão é bastante elevado em todos os anos.

Com finalidade de analisar a correlação entre os dados de densidade e captura de krill provenientes do KRILLBASE e CCAMLR, foi aplicado o teste de Pearson. Os dados não apresentaram correlação significativa entre os anos amostrados, somente uma fraca correlação positiva ($p=0,56$).

Tabela 6 – Densidade média de krill, com médias de janeiro e fevereiro (fonte: KRILLBASE) e captura de krill, em toneladas (fonte: Boletim da CCAMLR, vol. 17).

TEMPORADA	KRILLBASE					CCAMLR
	Número de coletas	Média (ind/m ²)	Desvio Padrão	Mínimo (ind/m ²)	Máximo (ind/m ²)	Toneladas de krill capturadas
1996	163	53,792	175,913	0,105	1837,221	91150
1997	114	19,411	43,140	0,068	252,517	75653
1998	227	41,828	163,973	0,018	1335,970	90024
1999	110	7,139	25,607	0,002	228,277	101957
2000	117	26,499	99,670	0,013	962,084	114425
2001	253	35,894	160,521	0,013	1728,653	104182
2002	108	104,057	558,364	0,003	5122,687	125988
2003	189	53,207	155,832	0,051	1544,589	117728
2004	--	--	--	--	--	118167

VI.4. INTERAÇÕES DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS COM O KRILL E COM AS BALEIAS-JUBARTE

VI.4.1. EFEITO DO FOTOPERÍODO NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE

Os valores de fotoperíodo anual dos dois destinos migratórios das baleias-jubarte, Mar de Scotia e Banco de Abrolhos foram sobreplotados às curvas de abundância relativa das baleias em Abrolhos (linhas sólidas coloridas) (figura 20). A amplitude do fotoperíodo do Mar de Scotia (linha pontilhada) é bem mais acentuada que a do Banco dos Abrolhos (linha

tracejada). Observa-se que a chegada das baleias em Abrolhos se dá no período de menor fotoperíodo no Mar de Scotia. Apesar das mudanças sazonais ao longo do ano, há sutil diferença do fotoperíodo entre os anos nas duas regiões, por se tratar de um fenômeno planetário.

Figura 20 – Fotoperíodo da região de Abrolhos (linha hachurada) e do Mar de Scotia (linha pontilhada) sobrepostos aos modelos ajustados de abundância relativa de baleias-jubarte na região de abrolhos, durante as temporadas de 1998 a 2004 (todas as linhas coloridas correspondem a um ano).

Na Figura 21, observa-se o ciclo anual do fotoperíodo (linha sólida) sobreposto às curvas de abundância relativa de baleias-jubarte em Abrolhos (linhas sólidas coloridas). Entre janeiro e abril, período em que as baleias se encontram na área de alimentação, no Mar de Scotia, o fotoperíodo declina abruptamente, diminuindo de 18 a 8,53 horas. Durante os meses de maio e junho, as baleias iniciam a migração, e/ou se encontram no corredor migratório. Apesar da aproximação do inverno (estação do ano com menor fotoperíodo ao longo do ano), à medida que as baleias se deslocam para o norte, a latitude diminui, o fotoperíodo aumenta, entre 8,89 a 11,01 horas. As baleias-jubarte se

encontram na sua área de reprodução, em Abrolhos, e permanecem durante os meses de julho a outubro, novembro. A variação do fotoperíodo na região de Abrolhos, durante a temporada reprodutiva, é pequena, entre 11,08 em julho a 12,7 no fim de outubro. Em outubro/novembro, as baleias iniciam a migração para a Antártica. Ao longo do corredor migratório, e devido ao aumento de latitude e com a aproximação do verão, há um aumento brusco do fotoperíodo de 12,73 para as 18 horas em novembro e dezembro, até a chegada ao Mar de Scotia, finalizando o ciclo anual de migração.

Figura 21 – Ciclo anual do fotoperíodo (linha preta) sobreposto aos modelos ajustados de abundância relativa de baleias-jubarte na região de reprodução, em Abrolhos, durante as temporadas de 1998 a 2004 (linhas coloridas).

VI.4.2. MODELOS ECOLÓGICOS

As variáveis descritivas extraídas das curvas de abundância relativa de baleias-jubarte e as médias dos parâmetros ambientais foram utilizados para a criação dos modelos lineares generalizados, e encontram dispostos na tabela 7.

Através das análises explanatórias dos parâmetros ambientais, foram realizadas as médias de janeiro e fevereiro dos anos de 1998 a 2003 dos dados de clorofila-*a* e densidades de krill (fonte KRILLBASE). A estimativa de pesca de krill (fonte CCAMLR) foi dada em toneladas capturadas em cada ano, entre 1998 a 2004. O SOI é um valor anual e a temperatura da superfície do mar foi uma média dos meses do verão (janeiro a março) para o Mar de Scotia e SSI é uma média dos meses de inverno (julho a agosto) para a região do Banco dos Abrolhos.

Tabela 7 – Variáveis descritivas extraídas dos modelos de abundância relativa de baleias-jubarte ao redor de Abrolhos, e as médias dos parâmetros ambientais que foram utilizados para a construção dos modelos de interações. ND = dados não disponíveis.

	Variáveis descritivas							Parâmetros Ambientais						
ANO	Dia <i>i</i>	Dia <i>f</i>	Duração da temporada	Ângulo α	Ângulo β	Altura	Dia do Pico	KRILL		Clo- α	SOI	TSM		
								KRILLBASE	CCAMLR			Mar de Scotia	SSI	Abrolhos
1998	-10,33	146,08	156,41	0,058370	-0,000430	13,78	68	41,83	90024	0,64	-0,23	2,42	-1,32	24,51
1999	-19,81	127,01	146,82	0,052314	-0,000488	15,76	58	7,14	101957	0,67	0,79	2,73	-0,70	24,31
2000	-17,32	142,79	160,11	0,047360	-0,000377	11,17	62	26,50	114425	0,56	0,72	2,55	-0,97	24,12
2001	-16,33	137,47	153,80	0,055945	-0,000462	15,27	60	35,89	104182	0,59	-0,08	3,07	-0,92	24,46
2002	-22,86	144,58	167,44	0,049644	-0,000408	17,35	61	104,06	125988	0,75	-0,72	2,48	-0,57	24,64
2003	-37,02	144,36	181,38	0,037660	-0,000351	17,84	53	53,21	117728	0,55	-0,43	2,39	-1,56	24,66
2004	-10,13	128,66	138,78	0,075360	-0,000636	21,24	58	ND	118167	ND	-0,63	2,62	-1,01	24,27

VI.4.2.1. EFEITOS DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS NO KRILL

Diversos modelos foram construídos a fim de analisar os efeitos dos parâmetros bióticos: clorofila-a, e abióticos: SOI e TSM sobre o krill no Mar de Scotia. Os dados foram agrupados em dois conjuntos, de acordo com as variáveis-resposta KRILLBASE (KB) e krill capturado (KC), e se encontram dispostos nas tabelas 8 e 9, respectivamente. Os modelos GLM da variável-resposta KB foram da família gaussiana, e KC, da família binominal negativa, devido à sobredispersão dos dados.

Através da seleção de modelos foi possível verificar que o parâmetro SOI foi o parâmetro que apresentou melhor relação com a variável KB (tabela 8), sendo o modelo de menor valor de AIC e com valor de $p = 0,0008$. O parâmetro SOI com defasagem de 2 anos pareceu apresentar efeito no krill, com o menor valor de delta AIC, e valor de $p = 0,045$. O parâmetro TSM apresentou fraca correlação com a densidade de krill ($p = 0,067$), resultando no terceiro menor valor de delta AIC da lista de modelos, parecendo ter um pequeno efeito sobre o krill.

Já na seleção dos modelos mais simplificados dentre os mais parcimoniosos da variável-resposta KC (tabela 9), foi possível verificar o efeito concentração de clorofila-a na captura de krill, modelo qual apresentou o menor valor de delta, e do SOI com defasagem de 4 anos, que apresentou relação significativa com a variável-resposta, $p = 0,0047$. Foram gerados gráficos de valores preditos para aqueles modelos que o coeficiente de regressão (ou delta) deu significativo. Serão falados de cada um destes modelos nos tópicos posteriores.

Tabela 8 – Modelos GLM (família gaussiana) dos efeitos dos parâmetros ambientais na densidade de krill (KB) no Mar de Scotia. Em destaque, os modelos selecionados. Legenda: gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar.

Modelos	gl	logLik	AIC	delta (Δ)	peso	Inclinação da reta	p
KBCLO	3	-24,287	66,600	18,200	0,000	29,492	0,7860
KBSOI	3	-15,185	48,400	0,000	0,995	-24,264	0,0008***
KBSOILag_1	3	-24,021	66,000	17,670	0,000	-6,112	0,5331
KBSOILag_2	3	-21,083	60,200	11,800	0,003	15,762	0,0484*
KBSOILag_3	3	-23,969	65,900	17,570	0,000	6,549	0,5025
KBSOILag_4	3	-24,341	66,700	18,310	0,000	-0,920	0,9195
KBSOILag_5	3	-24,298	66,600	18,230	0,000	2,657	0,8050
KBTSM	3	-21,530	61,100	12,690	0,002	-44,140	0,0669 .
KBTSM1	3	-23,746	65,500	17,120	0,000	26,940	0,3980
KBTSM2	3	-24,316	66,600	18,260	0,000	5,644	0,8410

Tabela 9 – Modelos GLM (família binominal negativa) dos efeitos dos parâmetros ambientais na estimativa de pesca de krill (KC) no Mar de Scotia. Em destaque, os modelos selecionados. Legenda: family =família NB, init.theta = gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar

Modelos	family	init.theta	gl	logLik	AIC	delta(Δ)	peso	Inclinação da reta	p
KCCLO	NB(85.6359)	85.6	3	-64.739	147.5	0.00	0.996	0.1804	0.7800
KCSOI	NB(107.0686)	107.0	3	-74.831	163.7	16.18	0	-0.0696	0.2790
KCSOILag_1	NB(101.279)	101.0	3	-75.026	164.1	16.57	0	0.0492	0.3650
KCSOILag_2	NB(91.3404)	91.3	3	-75.389	164.8	17.3	0	0.0400	0.4720
KCSOILag_3	NB(98.3611)	98.4	3	-75.129	164.3	16.78	0	-0.0034	0.9510
KCSOILag_4	NB(192.4947)	192.0	3	-72.776	159.6	12.07	0.002	0.0919	0.0047 *
KCSOILag_5	NB(95.2987)	95.3	3	-75.240	164.5	17.00	0	0.0267	0.5780
KCTSM	NB(91.4284)	91.4	3	-75.386	164.8	17.29	0	-0.0176	0.9170
KCTSM1	NB(92.9812)	93.0	3	-75.326	164.7	17.17	0	-0.0580	0.7160
KCTSM2	NB(97.3582)	97.4	3	-75.165	164.3	16.85	0	0.1073	0.4870

VI.4.2.1.1. EFEITO DA CLOROFILA-A NA DENSIDADE DE KRILL NO MAR DE SCOTIA

A relação entre o krill e a concentração de clorofila-a, resultado do modelo mais parcimonioso através do GLM (tabela 8) pode ser observada na figura 22. Ambas as variáveis tiveram uma tendência de correlação positiva. Quando maior foi concentração de clorofila-a, maior a quantidade de krill durante o verão, tanto pela densidade do krill (KB) quanto pela estimativa de pesca (KC).

Figura 22 – Relação entre densidade de krill e toneladas de krill capturadas e a concentração de clorofila-a (mg/m^3) no Mar de Scotia entre 1998 a 2004. Intervalo de confiança em cinza.

VI.4.2.1.2. EFEITO DO SOI NA DENSIDADE DE KRILL NO MAR DE SCOTIA

O SOI apresentou efeito significativo ($p = 0,0008$) na densidade de krill. O melhor modelo do grupo da variável-resposta KB (tabela 8), ou seja, aquele que melhor explica o efeito de um parâmetro sobre esta variável e que apresentou os menores valores de AIC, analisou a influência do fenômeno de *El Niño* e *La Niña* na densidade de krill. O resultado foi que anos mais quentes

(valores negativos de SOI – *El Niño*) apresentaram maior densidade de krill do que anos mais frios (valores positivos – *La Niña*). A representação gráfica deste modelo linear se encontra na figura 23.

Dois modelos se apresentam mais parcimoniosos quanto à influência do SOI, com defasagem de tempo, quer dizer, a influência de fenômenos de *El Niño* e *La Niña* em anos anteriores aos das amostragens, tanto na densidade e estimativas de pesca do krill.

A defasagem de maior efeito na densidade do krill parece ser a de dois anos, com relação direta e significativa ($p = 0,0484$). Valores positivos de SOI de 2 anos antes, anos frios, em que ocorreram fenômeno *La Niña*, apresentaram maior densidade de krill, enquanto que anos quentes, de *El Niño*, tiveram efeito negativo sobre a densidade de krill (figura 24). As outras defasagens de tempo não tiveram efeito aparente no krill. A defasagem de efeito significativo ($p = 0,0047$) sobre a estimativa de pesca do krill foi de 4 anos (figura 25), sendo que em anos frios, a pesca de 4 anos depois ao fenômeno de *La Niña* foi mais intensa e em maior quantidade do que em anos de *El Niño*.

Figura 23 – Representação gráfica do modelo GLM gaussiano da relação entre o Índice da Oscilação Austral (SOI) e a densidade de krill (ind/m²) no Mar de Scotia entre 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

Figura 24 – Relação entre o Índice da Oscilação Austral (SOI) com defasagem de 2 anos, e a densidade de krill no Mar de Scotia entre 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

Figura 25 – Relação entre o Índice da Oscilação Austral (SOI) com defasagem de 4 anos, e a estimativa de pesca do krill, em toneladas, no Mar de Scotia entre 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

VI.4.2.1.3. EFEITO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NA DENSIDADE DE KRILL NO MAR DE SCOTIA

A densidade de krill apresentou correlação inversa à TSM no Mar de Scotia durante o verão. Quando maiores as temperaturas registradas, menor foi a densidade de krill observada (figura 26).

Figura 26 – Efeito da temperatura da superfície do Mar de Scotia (°C) sobre a densidade do krill (ind/m²) entre 1998 a 2003, através de GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

VI.4.2.2. EFEITOS DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE EM ABROLHOS

Os efeitos dos parâmetros ambientais na abundância relativa de baleias-jubarte foram analisados através dos modelos apresentados na tabela 10, em que a variável-resposta foi o número máximo de baleias avistadas (altura da curva – h), e na tabela 11, cuja variável foi o dia do pico de avistagem em Abrolhos.

A seleção de modelos revelou que a densidade de krill é a variável que melhor explica o número máximo de baleias avistadas (tabela 10). Considerando margem de erro de 10%, três modelos apresentaram tendência

de correlação significativa. As variáveis: estimativa de pesca de krill, com defasagem de 2 anos, SOI, TSM com defasagem de 1 ano.

Dos modelos que tiveram o dia do pico de abundância como variável-resposta (tabela 11), somente um apresentou correlação significativa, com menor valor de AIC, que levou em consideração a quantidade de krill pescado com dois anos de defasagem.

Tabela 10 – Modelos GLM (família gaussiana) dos efeitos dos parâmetros ambientais no número máximo de baleias-jubarte avistadas em Abrolhos. Em negrito, os modelos selecionados. Legenda: gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. BAL = número máximo de baleias-jubarte, KB = KRILLBASE, KC = quantidade de krill capturada, CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar

Modelos	gl	logLik	AIC	delta (Δ)	peso	Inclinação da reta	p
BALCLO	3	-12,967	43,900	0,970	0,138	11,4460	0,4980
BALKB	3	-12,484	43,000	0,000	0,224	0,0804	0,3101
BALKBLag_1	3	-16,676	47,400	4,380	0,025	0,0853	0,2913
BALKBLag_2	3	-17,512	49,000	6,060	0,011	0,0149	0,8624
BALKC	3	-16,712	47,400	4,460	0,024	0,0001	0,3020
BALKCLag_1	3	-16,292	46,600	3,620	0,037	0,0001	0,2040
BALKCLag_2	3	-14,831	43,700	0,690	0,158	0,0001	0,0606 .
BALSOI	3	-15,268	44,500	1,570	0,102	-3,6048	0,0859 .
BALSOILag_1	3	-17,074	48,100	5,180	0,017	-1,5040	0,4400
BALSOILag_2	3	-17,359	48,700	5,750	0,013	-0,9041	0,6330
BALSOILag_3	3	-15,762	45,500	2,560	0,062	2,7260	0,1290
BALSOILag_4	3	-17,043	48,100	5,120	0,017	1,2800	0,4250
BALSOILag_5	3	-17,034	48,100	5,100	0,017	1,3390	0,4210
BALTSM	3	-16,917	47,800	4,870	0,020	-5,0570	0,3710
BALTSM1	3	-15,164	44,300	1,360	0,113	-8,4460	0,0790 .
BALTSM2	3	-16,852	47,700	4,740	0,021	5,0290	0,3470

Tabela 11 – Modelos GLM (família gaussiana) dos efeitos dos parâmetros ambientais no dia do pico de abundância de baleias-jubarte em Abrolhos. Em negrito, os modelos selecionados. Legenda: gl = graus de liberdade, logLik = Log-Likelihood, AIC = Critério de Informação de Akaike, delta Δ = diferença de AIC em relação ao modelo mais parcimonioso, peso. DIA = dia do pico de abundância de baleias-jubarte, KB = KRILLBASE, KC = quantidade de krill capturada, CLO = clorofila-a, SOI = índice de oscilação do oceano austral, TSM = temperatura da superfície do mar

Modelos	gl	logLik	AIC	delta (Δ)	peso	Inclinação da reta	p
DIACLO	3	-17.239	52.500	5.860	0.028	20,1500	0,5554
DIAKB	3	-17.534	53.100	6.450	0.021	0,0013	0,9941
DIAKBLag_1	3	-20,038	54,100	7,460	0,013	0,0145	0,9060
DIAKBLag_2	3	-20,048	54,100	7,480	0,012	-0,0039	0,9750
DIAKC	3	-18,716	51,400	4,820	0,047	-0,0002	0,1885
DIAKCLag_1	3	-16,307	46,600	0,000	0,525	-0,0002	0,0271 *
DIAKCLag_2	3	-19,846	53,700	7,080	0,015	-0,0001	0,6087
DIASOI	3	-20,018	54,000	7,420	0,013	0,6966	0,8430
DIASOILag_1	3	-19,998	54,000	7,380	0,013	-0,7344	0,7980
DIASOILag_2	3	-19,325	52,600	6,030	0,026	2,5260	0,3330
DIASOILag_3	3	-18,982	52,000	5,350	0,036	-3,1740	0,2390
DIASOILag_4	3	-18,117	50,200	3,620	0,086	-3,2950	0,1130
DIASOILag_5	3	-19,625	53,300	6,640	0,019	-1,7740	0,4590
DIATSM	3	-20,032	54,100	7,450	0,013	-1,2350	0,8838
DIATSM1	3	-18,293	50,600	3,970	0,072	10,8300	0,1310
DIATSM2	3	-18,450	50,900	4,290	0,062	-10,3580	0,1496

VI.4.2.2.1. EFEITO DO ÍNDICE DE OSCILAÇÃO DO OCEANO AUSTRAL (SOI) NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE

A influência do SOI no número máximo de indivíduos de baleias-jubarte observados em Abrolhos pode ser observada na figura 27. A relação entre estas duas variáveis apresentou fraca correlação, e apesar de não ser significativa ($p = 0,086$), há tendência de diminuição no número de baleias avistadas com valores positivos de SOI (ou seja, anos mais frios com eventos de *La Niña*). Ao contrário, quando os valores de SOI foram negativos (com anos quentes, com registro de fenômenos de *El Niño*), houve tendência de aumento de avistagens de baleias-jubarte.

Figura 27 – Representação do modelo GLM da relação entre o Índice de oscilação do oceano austral (SOI) e o número máximo de baleias-jubarte avistadas em Abrolhos, durante a temporada reprodutiva de 1998 a 2004, (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

Os modelos GLM gerados que tiveram o dia do pico de avistagem de baleias como variável-resposta não sofreram efeitos aparentes dos fenômenos de *El Niño* e *La Niña*, através do SOI.

VI.4.2.2.2. EFEITO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE

O modelo que melhor explicou a relação entre as médias de temperatura no Mar de Scotia e o número máximo de baleias foi aquele que utilizou as TSM com um ano de defasagem às avistagens em Abrolhos. Esta relação foi inversa, ou seja, o número máximo de baleias foi maior quanto as TSM foram mais baixas, e menores com as TSM mais altas (figura 28). Esta relação teve uma tendência a ser significativa, quando analisado à margem de erro de 10 % ($p = 0,079$). A defasagem de tempo de 2 anos não apresentou efeito significativo.

Os registros de TSM não apresentaram efeito aparente no dia do pico de abundância relativa das baleias através dos modelos GLM.

Ao longo do ano, a TSM do Mar de Scotia e de Abrolhos foram sobreplotados às curvas de abundância relativa de baleias-jubarte a fim de visualizar mais claramente sua influência (figura 29). O que se pode notar é que a presença das baleias em Abrolhos corresponde ao período de mais baixa temperatura, tanto no Mar de Scotia, quanto na região dos Abrolhos. Durante o verão, as oscilações da TSM no Mar de Scotia são mais altas, e essa amplitude vai diminuindo quando há o avanço do outono. Esta diminuição da amplitude corresponde ao período do início da migração das baleias em direção aos trópicos (abril e maio). O oposto ocorre, quando há a aproximação

do verão, e há o início da migração das baleias em direção à Antártica (novembro e dezembro), a amplitude da temperatura volta a aumentar.

Durante a temporada reprodutiva, em que as baleias-jubarte estão em Abrolhos, é o período de mais baixas temperaturas da superfície do mar. Ao final de novembro, a temperatura começa a subir, o que corresponde ao período em que as baleias deixam o banco dos Abrolhos em direção à Antártica.

Figura 28 – Modelo de influência das médias de temperatura no Mar de Scotia (°C), com defasagem de 1 ano, e no número máximo de indivíduos a partir de ponto fixo em Abrolhos durante o inverno, nos anos de 1998 a 2004 (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

Figura 29 – Temperaturas da superfície do mar (°C) no Mar de Scotia (acima) e em Abrolhos (abaixo). As linhas pontilhadas correspondem às curvas suavizadas das temperaturas observadas nas duas regiões (eixo da esquerda) e as linhas sólidas correspondem à abundância relativa das baleias-jubarte avistadas nas varreduras de 1 hora, ao redor do Arquipélago de Abrolhos durante as temporadas reprodutivas de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (eixo da direita). Temporada: (1° de julho a 30 de novembro).

VI.4.2.2.3. EFEITO DA CLOROFILA-A NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE

Os modelos GLM que analisaram o efeito da concentração de clorofila-a no Mar de Scotia no número máximo de baleias (h) e o dia do pico de avistagem (p) de baleias em Abrolhos apresentaram fraca correlação positiva não significativa para ambas as variáveis. Com o aumento da concentração de clorofila-a, maior foi o número de indivíduos avistados no pico da temporada, e o dia do pico foi mais tardio.

VI.4.2.2.4. EFEITO DO KRILL NA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE

O modelo que melhor se ajustou para a variável-resposta “número máximo de baleias-jubarte avistadas em Abrolhos” foi com relação entre a disponibilidade de presas (krill) no verão, que apresentou o menor AIC, como exposto tabela 10 e pode ser conferido na figura 30. Nesta figura, observa-se que a relação entre as variáveis é direta. Quanto maior a densidade de krill, medida em indivíduos/m² no verão anterior, maior foi o número máximo de indivíduos observados no ponto fixo durante a temporada reprodutiva, no inverno. Houveram indícios de que o número máximo de baleias-jubarte pode estar relacionado à quantidade de krill pescado do verão de 2 anos antes (figura 31).

Já no que concerne à variável-resposta “dia do pico de avistagem de baleias-jubarte”, não foi observada relação direta à densidade de krill através dos modelos gerados (figura 32). Já com a estimativa de pesca, esta relação foi inversa; quanto maior a quantidade capturada, mais cedo foi o dia do pico.

Figura 30 – Relação entre a disponibilidade de presas (krill) no verão e o número máximo de baleias-jubarte avistadas no ponto fixo durante a temporada reprodutiva no inverno dos anos de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

Figura 31 – Relação entre a quantidade de krill capturada no verão de dois anos anteriores e o número máximo de baleias-jubarte avistadas no ponto fixo durante a temporada reprodutiva nos anos de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

Figura 32 - Relação entre a quantidade de krill capturado no verão um ano anterior e o dia do pico de avistagem baleias-jubarte durante a temporada reprodutiva no inverno dos anos de 1998 a 2004, ajustada pelo modelo GLM (área em cinza corresponde ao intervalo de confiança).

IV.5. INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DA CURVA DE ABUNDÂNCIA RELATIVA DE BALEIA-JUBARTE E PARÂMETROS AMBIENTAIS

Para visualizar as relações entre as diversas variáveis descritivas do modelo de abundância relativa de baleias-jubarte e os parâmetros ambientais previamente descritos, foi criado um diagrama de dispersão possibilitando a análise das variáveis simultaneamente, suas possíveis correlações (através do coeficiente de Pearson ρ) e colinearidades (figura 33).

As variáveis descritivas das curvas de abundância de baleias-jubarte foram influenciadas por diversos parâmetros ambientais. O dia do início (D_i) da temporada não obteve nenhuma relação direta com os parâmetros quando analisados através do diagrama de dispersão. O dia final (D_f) da temporada sofreu influência da densidade de krill. Quanto maior a densidade de krill (KB) registrada no verão, mais tarde as baleias deixaram a área de reprodução (mais tardio foi o dia final da temporada). Essa relação não foi observada através das estimativas de pesca de krill (KC).

A amplitude ($D_f - D_i$) é a característica que indica o tempo de permanência das baleias em Abrolhos, ou a duração da temporada reprodutiva. Esta variável foi correlacionada diretamente com a densidade de krill ($\rho=0,59$), apresentando um padrão crescente quanto maior a densidade de krill até atingir o ápice. Após o máximo de densidade, a amplitude começa a declinar, mesmo com o aumento da disponibilidade de presa, indicando que a diminuição da amplitude possa ser devido a outro fator, e não apenas à densidade de krill. A amplitude também se correlacionou com a temperatura da superfície do mar em Abrolhos durante o inverno, pois quanto mais alta, maior foi o tempo de permanência na área reprodutiva.

Os ângulos da inclinação das curvas (ângulos α e β), que indicam a velocidade de chegada e partida das baleias na área reprodutiva não sofreram influência de nenhum dos fatores ambientais analisados.

O número máximo de baleias avistadas (altura da curva - h) mostrou relação positiva com a densidade de krill ($\rho=0,51$) e com o SOI ($\rho=0,69$) (anos mais frios, menor foi o número máximo de baleias avistadas). O dia do pico de

abundância (p) se relacionou com as estimativas de captura de krill, mas de forma mais amena.

Os parâmetros ambientais também apresentaram interação entre eles. As correlações mais acentuadas se deram entre as variáveis “densidade de krill” (KB) e o índice de oscilação do oceano austral (SOI), apresentando valor de correlação de Pearson mais alto entre os parâmetros analisados ($p=0,86$). Isto sugere que eventos climáticos de grande porte podem influenciar negativamente na quantidade de krill, e por consequência na disponibilidade de presas para as baleias. Valores negativos de SOI, anos quentes de *El Niño*, resultaram em maiores densidades de krill (ind/m^2), enquanto que valores positivos de SOI, anos frios de *La Niña*, apresentaram menores valores de densidade de krill. Este resultado corrobora aqueles encontrados pelo modelo GLM descrito anteriormente.

As concentrações de clorofila-*a* também apresentaram altos valores de coeficiente de correlação de Pearson ($p=0,70$) em relação à temperatura do Mar de Scotia, próximo às Ilhas Sandwich do Sul. Quanto mais altas foram as temperaturas da superfície do mar registradas, maiores foram as concentrações de clorofila-*a*.

Figura 33 – Diagramas de dispersão entre as variáveis descritivas extraídas do modelo GLM de abundância de baleias-jubarte (variáveis resposta) e os parâmetros ambientais (variáveis explanatórias). Linhas vermelhas indicam funções suavizadas não-lineares. Números indicam os coeficientes de correlação de *Pearson*, com tamanho da fonte proporcional ao grau de correlação.

VII. DISCUSSÃO

As contagens de baleia-jubarte apresentaram padrão semelhante em todos os anos, com aumento e declínio gradual e um pico de avistagem entre o final de agosto e início de setembro, como foi discutido por Morete *et al.*, 2008 de acordo com o proposto por Dawbin, 1966, sobre padrões migratórios. Esta variação intra e interanual que ocorre ao redor do Arquipélago de Abrolhos é um reflexo do que ocorre em todo o Banco de Abrolhos (FREITAS *et al.*, 2004; ANDRIOLO *et al.*, 2006; MORETE *et al.*, 2008). Apesar de a área amostral estar restrita a 250 km², a região apresenta grande importância para a pesquisa sobre as baleias-jubarte na costa brasileira, por estar na área de maior concentração de indivíduos, sendo bastante representativa em termos do comportamento da população ao longo da temporada reprodutiva.

Uma das maiores dificuldades encontradas neste trabalho foi em relação ao número de amostras disponíveis para as análises. Como estamos comparando a variação interanual da abundância relativa, um n amostral de 7 anos representa baixo poder estatístico. Porém, quando levado em consideração o tipo de animal que estamos trabalhando, seu ciclo de vida lento, e a duração da temporada na costa brasileira, este volume de dados se torna muito interessante, pois não existem trabalhos de médio prazo em anos consecutivos que acompanham diariamente a dinâmica da abundância relativa. A variação interanual e o aumento da população entre os anos de 2001 a 2004 deve ter sido um reflexo do crescimento da população, que ocorreu a uma taxa de aproximadamente 4,7% (4,3 a 11,8%) ao ano (WEDEKIN, 2011), e maior

densidade de baleias na região, entre os anos de 2001 a 2003 (MARTINS, 2004).

Já para a variação intranual e a compreensão das influências dos fatores ambientais na dinâmica migratória ao longo da temporada, este n amostral se torna extremamente robusto. A amostragem no ponto fixo ao longo de toda a temporada reprodutiva, durante 7 anos consecutivos, utiliza-se de uma metodologia padronizada, permitindo que comparações sejam válidas (SALDEN, 1988).

As curvas geradas pelos valores previstos pelo modelo GLM dos dados de avistagens de baleia-jubarte (MORETE *et al.*, 2008) entre os anos de 1998 a 2004 ilustram bem a fluidez da abundância de baleias ao longo dos cinco meses da temporada reprodutiva. As variáveis descritivas extraídas das curvas são atributos que as caracterizam, sendo condizentes com a realidade experimentada no ponto fixo, principalmente o dia do pico, que ocorre no intervalo de 10 dias, entre final de agosto e princípio de setembro (MORETE *et al.*, 2007) e o número máximo de baleias registradas, que é um valor absoluto retirado da curva. Os dias de início e fim da temporada, apesar de serem dependentes aos dias de início e fim da amostragem, foram extrapolados da curva, a fim de ajustar aos valores propostos pelo modelo.

A metodologia de análise do efeito do fotoperíodo através da sobreposição de sua variação anual à da abundância relativa das baleias-jubarte se mostrou bastante eficaz no âmbito visual, no que concerne à influência deste fenômeno sobre a dinâmica migratória das baleias. Apesar das mudanças sazonais ao longo do ano, há diferença sutil do fotoperíodo entre os anos, por se tratar de um fenômeno planetário. Observando-se o padrão das

abundâncias relativas das baleias em todos os anos, nota-se que o início da migração, tanto rumo a norte ou a sul, se dá de forma semelhante na população. O padrão das curvas preditas pelo modelo difere entre os anos, mas mantém a mesma estrutura de crescimento gradual, principalmente no início da temporada.

Quando o ciclo anual do fotoperíodo é colocado em perspectiva observa-se sua influência no movimento migratório. As curvas sobrepostas (figura 21) mostraram que quando o fotoperíodo no Mar de Scotia atinge um mínimo de 8,53 horas, parece funcionar como um gatilho para iniciar a migração para norte. Por outro lado, o movimento contrário (Abrolhos para Antártica) mostrou ter influência menos expressiva do fotoperíodo. A diferença da duração do dia entre o início e o final da temporada reprodutiva foi de 1,65 hora, diferença bastante sutil quando comparada à temporada de alimentação, em que esta diferença é de 9,12 horas.

A migração é uma resposta clássica para as previsíveis mudanças sazonais e anuais no ambiente (RAMENOFISKY; WINGFIELD, 2007). O efeito destas mudanças sazonais nas dinâmicas do movimento dos organismos é tão óbvio que muitas vezes não é mencionado explicitamente em estudos científicos (DAYTON, 2008), ainda mais quando se trata de um fenômeno geofísico cíclico de grandes escalas e com poucas alterações interanuais, como o fotoperíodo. O ciclo anual de fotoperíodo representa, portanto, o fator ambiental mais confiável, livre de ruídos, disponível para induzir ciclos reprodutivos sazonais (LOUDON, 1994).

O fotoperíodo se enquadra no fator de maior papel na sazonalidade de um ambiente, já que alterações no comprimento do dia podem afetar a

temperatura, o regime de chuvas e ventos e a produção primária (DAYTON, 2008), e conseqüentemente a disponibilidade de presas. Essas mudanças, por sua vez criam ambientes diferentes que, finalmente, desempenham um papel importante em influenciar a sobrevivência da população em um determinado cenário. Mudanças como disponibilidade de presas podem ser afetadas por fatores sazonais, e ainda mais em ambientes polares, onde estas alterações são extremas entre as estações do ano.

O fotoperíodo tende a ser um importante sinalizador para eventos que estão distantes no tempo ou no espaço, enquanto que outras dicas ecológicas tais como a temperatura ou o alimento disponível podem ser mais importantes quando ocorrem temporalmente mais próximos ao evento (BRADSHAW; HOLZAPFEL, 2008). Sendo assim, o fotoperíodo assinala ao organismo sobre condições futuras inadequadas daquele ambiente (*i.e.*, baixas temperaturas e baixa abundância de alimento), durante um período de tempo pré-determinado, forçando-o a iniciar o movimento migratório para a área que apresenta melhores condições (ANDERSON *et al.*, 2013).

Durante o período em que as baleias permaneceram na área de alimentação, as mudanças no fotoperíodo ao longo dos quatro meses foram muito bruscas (figura 12). Devido às altas latitudes do Mar de Scotia, registrou-se uma amplitude do fotoperíodo bastante acentuada entre o verão e outono, com duração do dia oscilando entre 18 e 08 horas. Dada à capacidade de os organismos em preverem os acontecimentos sazonais mediante a processos fisiológicos de periodicidade sazonal, o fotoperíodo desempenha um papel importante na regulação do sincronismo da migração (DAYTON, 2008).

A fenologia é o estudo de como as mudanças cíclicas e periódicas no ambiente afetam estágios críticos e importantes eventos no ciclo de vida das espécies. Drásticas alterações nos habitats e as interferências de fatores sazonais impõem respostas no ciclo de vida e em características básicas, tais como a reprodução (WALTHER *et al.*, 2002), e estão intimamente ligados aos padrões migratórios, impulsionados por mecanismos fisiológicos e comportamentais (RAMENOFISKY; WINGFIELD, 2007).

O calendário celular (*timekeeping*) é um dos mecanismos fisiológicos que permite ao organismo antecipar os eventos ambientais mensais ou anuais, otimizando a sobrevivência e sucesso reprodutivo (TAMARKIN *et al.*, 1985; ARENDT, 1998; LINCOLN, 2003). Este processo é ativado pela produção e inibição da melatonina pela glândula pineal, através da captação do fotoperíodo, que tem uma grande importância no mecanismo hormonal reprodutivo. A melatonina produzida regula a manutenção do hormônio luteinizante, através da quantidade de luz captada, estimulando então a secreção dos hormônios sexuais, estrógeno e progesterona (TAMARKIN *et al.*, 1985; MALPAUX *et al.*, 2001; POMEROY, 2011). Desta forma, o ritmo circanual de fisiologia e comportamento é regulado pelos ciclos sazonais de longo prazo (LINCOLN, 2003).

A resposta do fotoperíodo nos mamíferos não é baseada somente no número de horas de luz por dia, mas na “história (memória) fotoperiódica” do animal. O ciclo circanual e circadiano são combinados para regular a sazonalidade (GOLDMAN, 2001). Especificamente, a integração do comprimento absoluto do dia e sua alteração permitem aos animais determinarem precisamente a época do ano (LU *et al.*, 2007), e como

consequência auxiliam na predição das mudanças ambientais e variações sazonais (GOLDMAN, 2001), as quais induzem a alterações fisiológicas e comportamentais, tais como o desenvolvimento aparato reprodutivo e estoque de energia para a migração.

A quiescência reprodutiva das baleias-jubarte dura em torno de cinco meses (CHITTLEBOROUGH, 1958). Durante o período que as baleias estão na área de alimentação, o fotoperíodo diminuiu constante e bruscamente. Como visto na figura 21, o início da migração das baleias-jubarte do Mar de Scotia para Abrolhos se dá quando o fotoperíodo atinge um mínimo de 8,53 horas. Possivelmente, em resposta a esta diminuição do fotoperíodo no final do verão e início do outono, há um aumento na captura de presas e incremento de massa corporal (PRENDERGAST *et al.*, 2002). No final do período de alimentação, há o desencadeamento dos mecanismos de reserva energética, assim como a ativação da evolução gonadal, dos processos de espermatogênese, ovulação e comportamentos reprodutivos (CHITTLEBOROUGH, 1958).

O movimento contrário, de Abrolhos para o Mar de Scotia, mostrou ter influência menos expressiva do fotoperíodo e provavelmente associado a outros fatores, tais como à temperatura da superfície do mar de Abrolhos e a disponibilidade de presas no verão anterior (figura 33). Lockyer e colaboradores (1985) e Lockyer (1986, 1987) demonstraram que a condição corporal e tamanho da camada de gordura se relacionam com a quantidade de krill disponível no verão anterior em baleias minke, fin e sei (VÍKINGSSON, 1995; NÆSS *et al.*, 1998). De fato, os movimentos migratórios, tanto de ida quanto de retorno, não necessariamente precisam ser impulsionados pelo

mesmo fator ambiental. O gatilho ou a dica que orienta o comportamento migratório de uma espécie pode ser um fator ambiental em um habitat, enquanto que a programação genética pode ocorrer no outro habitat (VISSER *et al.*, 2010). Como o padrão de flutuação do fotoperíodo entre os dois destinos migratórios da baleia-jubarte é diferente, dado à diferença de latitude, acredita-se então que o fotoperíodo é o gatilho que orienta a migração da Antártica para Abrolhos, e a diminuição da energia armazenada pode ser então um dos gatilhos de retorno para a área de alimentação.

No caso das baleias-jubarte, o tempo de permanência na área de reprodução, entre julho e novembro, pareceu ser afetado pela densidade de presas no período de alimentação no verão anterior, apresentando uma fraca correlação positiva de ($p=0,59$) (figura 33). Durante o período de alimentação, as baleias-jubarte armazenam o máximo de energia em forma de gordura (CHRISTIANSEN *et al.*, 2013) para se manterem durante o longo período de jejum, desde a migração de ida à área de reprodução, o período reprodutivo e a migração de retorno à área de alimentação. Este intervalo de jejum dura cerca de 8 meses. A migração para as áreas de reprodução representam um considerável investimento energético (CRAIG *et al.*, 2003). Portanto, quanto melhores as condições alimentares durante o verão, melhor será seu *fitness* reprodutivo e mais tempo os indivíduos poderão permanecer investindo a energia armazenada na reprodução (NICOL, 2006; NICOL *et al.*, 2008).

Apesar de ser um comportamento pouco observado na espécie, não chegando a ser relevante em termos populacionais, existem relatos de alimentação ocasional de indivíduos durante o período reprodutivo em regiões tropicais, acredita-se que este comportamento é observado prioritariamente

nos juvenis (BARAFF *et al.*, 1991, SWINGLE *et al.*, 1993). Esta classe de indivíduos possui a camada de gordura mais fina, então, presume-se que isto ocorra devido ao despreparo em armazenar a energia em relação a indivíduos adultos, que toleram o período prolongado de jejum com maior facilidade (ALVES *et al.*, 2009). As diferentes classes de idade, em diferentes estágios reprodutivos requerem diferentes quantidades de energia armazenada, e isso pode influenciar no gatilho e comportamento da migração (CRAIG *et al.*, 2003).

É provável que o mecanismo de ativação e inibição da fome nunca seja completamente compreendido no cenário de jejum tão prolongado quanto o das grandes baleias (ALVES *et al.*, 2009). Mas alguns estudos mostram que a transdução do fotoperíodo pela glândula pineal tenha um efeito importante no consumo da reserva energética durante o período de privação prolongada de alimento, controlando o gasto energético, a fim de evitar que a reserva seja consumida antes da época propícia para o início da migração em direção à região de alimentação (ADAM; ATKINSON, 1984; ADAM *et al.*, 1986; LOUDON *et al.*, 1989; MILNE *et al.*, 1990).

Como se vê, o fotoperíodo, além de ter uma grande importância na regulação de diversos processos fisiológicos e biológicos de praticamente todos os organismos, influencia também os movimentos migratórios. Porém quando funciona como um gatilho para a migração é insensível às alterações ambientais (ANDERSON *et al.*, 2013), pois as mudanças climáticas afetam a temperatura, mas não o fotoperíodo. Espécies migratórias que se utilizam do fotoperíodo como principal gatilho migratório, e não de fatores ambientais que podem ser alterados pelas mudanças climáticas, poderão sofrer com alterações no clima que interferirão na disponibilidade de presas e

consequentemente nos momentos dos movimentos migratório. Desta forma, o uso das baleias-jubarte como estudo de caso para a análise dos efeitos de parâmetros ambientais na migração auxilia na compreensão da influência das mudanças climáticas dentro do escopo antártico, principalmente em um ecossistema *krill-cêntrico*.

Os registros de densidade de krill no Mar de Scotia apresentaram números oscilantes com grandes diferenças interanuais e altos valores de desvio padrão, que chegaram a cinco vezes o valor da média, provavelmente devido à heterogeneidade da amostra. Isto se deve ao fato do krill ser um animal que se aglomera em grandes cardumes, o que aumenta sua densidade em uma determinada área (KALINOWSKI; WITEK 1985) sobre uma gama de escalas temporais e espaciais (MURPHY *et al.*, 1988). As flutuações intranuais dos estoques de krill são devido à sazonalidade, emigração e imigração, tendo as correntes como o principal fator forçante (SIEGEL, 1988) que impulsiona a movimentação das populações. A variabilidade interanual também está diretamente ligada ao sucesso ou falha do recrutamento, que pode afetar o tamanho do estoque em geral (SIEGEL, 2010) e não somente a mortalidade de indivíduos de classes de idade avançadas (SIEGEL; LOEB, 1995).

O banco de dados do KRILLBASE, apesar de ser bastante complexo e extenso, possui algumas limitações que são importantes serem notadas. Todos os dados que compreendem o banco foram coletados por diversos grupos de estudos antárticos, em anos e localidades distintas, além de técnicas de coletas diferentes umas das outras. Alguns métodos de amostragem podem subestimar a densidade de krill por algumas ordens de magnitude (WATKINS *et al.*, 2000; ATKINSON *et al.*, 2008). O esforço para a padronização dos dados

para um único método de amostragem proveu um mapa válido de distribuição do krill ao redor da Antártica (ATKINSON *et al.*, 2008).

O Mar de Scotia e seu ambiente são conhecidos por serem as áreas mais biologicamente ricas do Oceano Austral e suporta grandes estoques permanentes de krill antártico (MARR, 1962). Devido à faixa estreita da Passagem de Drake, a área do Mar de Scotia experimenta grande dinamismo. Nesta área, é elevada a concentração de krill, sendo uma das maiores áreas de interesse pesqueiro (SIEGEL, 2010). Esta área do Atlântico Sudoeste é a maior região de desova e se encontra acima da média de concentração de biomassa (SIEGEL, 2010).

De acordo com Fach e Klinck (2006), devido ao sistema de correntes da região, foi feita uma seleção de todos os dados disponíveis na área do Mar de Scotia, incluindo a região da Península Antártica. Estes autores realizaram experimentos em que liberaram dispositivos flutuantes, com finalidade de simular a movimentação de um cardume de krill ao longo do Mar de Scotia. Foi verificado que o krill da Península Antártica se destinará às Ilhas Geórgia do Sul e Sandwich do Sul, com uma defasagem de tempo de 120 dias, aproximadamente. E de acordo com Atkinson e colaboradores (2008), a área destas ilhas é a região de maior concentração de krill, justamente devido ao sistema de correntes (FACH; KLINCK, 2006). A corrente circumpolar antártica, associada à corrente de Weddell, proporciona à região uma área de giro, o Giro de Weddell, o que faz com que a clorofila-a e os cardumes de krill se mantenham na região antes de se destinarem às áreas mais a leste.

A região da Península Antártica concentra o maior número de coletas justamente por ser uma área onde estão muitas estações de pesquisa,

permitindo aos pesquisadores o acesso a um grande volume de dados. Já as regiões da Geórgia do Sul e das Ilhas Sandwich do Sul, por serem áreas mais remotas, sem grandes estações antárticas, dificultam o acesso de pesquisadores. O Mar de Scotia possui grande interesse pesqueiro (ATKINSON *et al.*, 2001; SIEGEL, 2010), e a frota de pesca de krill se destina a essa região, justamente por ser uma área de grande concentração de krill. Sendo assim, os dados de estimativa de pesca do CCAMLR, que corresponde ao volume pescado de krill naquele ano foi interessante para este estudo. Porém, também precisam ser analisados com cautela, por se tratar de uma coletânea de dados de diversos países, os quais não são obrigados a fornecerem seus resultados à comissão. Devido a este fato, a estimativa de pesca pode se alijar da realidade da abundância, porque depende do esforço de pesca naquele ano. Se não há esforço, a estimativa será diminuída, o que pode gerar dados dúbios.

A densidade de krill pode ser estudada através de métodos indiretos, tais como taxas de consumo de predadores, abundância do zooplâncton em geral ou produtividade primária, clorofila-*a* (SIEGEL, 2010). Porém os modelos que englobaram os parâmetros de densidade de krill e quantidade de krill capturados com a clorofila-*a* não foram significativos neste trabalho, provavelmente devido a questões metodológicas na amostragem de krill e clorofila-*a*.

A concentração de clorofila-*a* apresentou médias abaixo de 1 mg/m³, entre 0,55 e 0,75 mg/m³, e valores máximos de 2,243 mg/m³, o que é esperado para a região do Mar de Scotia (RÖNNER *et al.*, 1983; JACQUES, 1989; JACQUES; PANOUSE, 1991; ATKINSON *et al.*, 2001), com exceções das

grandes florações, que podem atingir até 20 mg/m³ (WHITEHOUSE *et al.*, 1996; 1999; ATKINSON *et al.*, 2001). Porém, as técnicas de medidas de produção primária tendem a superestimar os valores reais. A medida de concentração de clorofila-a por satélite não é diferente. A acurácia do satélite SeaWiFis (utilizada neste estudo) tem sido debatida para o Oceano Austral (MARRARI *et al.*, 2008). O sensoriamento remoto para os dados de clorofila-a representam apenas os dados das águas superficiais, e não detectam as águas de sub-superfície. (SCHLUESSEL *et al.*, 1990). Apesar das comparações de técnicas de coleta *in situ* e via satélite mostrarem que a segunda é acurada, alguns estudos as compararam e perceberam que os dados satelitais superestimam os valores obtidos a bordo de embarcação, mais quando em altas concentrações (*i.e.* 50 mg/m³ - O'REILLY *et al.*, 1998), e apenas ligeiramente quando a clorofila-a está em torno de 0,2 mg/m³ (DIERSSEN; SMITH, 2000; KORB *et al.*, 2004; HOLM-HANSEN *et al.*, 2004). A calibração dos modelos para aplicação dos dados satelitais ainda permanecem um desafio (MOSES *et al.*, 2009). A correção dos efeitos da atmosfera nos dados satelitais e a acurácia da reflectância da superfície do oceano são cruciais para o melhor uso desta ferramenta e consequentemente os estudos a respeito.

O Mar de Scotia possui diversas zonas de alta concentração de clorofila-a, que tendem a ser próximas das regiões costeiras e adjacentes (ATKINSON *et al.*, 2008). Estes picos de concentração ocorrem principalmente nos meses de novembro e dezembro, quando ocorre o degelo em decorrência do avanço da primavera e verão. Assim há liberação das algas que estavam aprisionadas nos blocos de gelo, e a temperatura já está alta o suficiente para a reprodução

das células do fitoplâncton. Estas concentrações tendem a diminuir com o passar do verão em direção ao outono, por causa da diminuição da temperatura da água e incidência de luz para a fotossíntese. No caso deste estudo, as concentrações de clorofila-*a* usadas para as análises foram coletadas nos meses de janeiro e fevereiro, e em estações de coletas bastante espaçadas, o que provavelmente subestimou os valores utilizados nas análises deste trabalho.

Os resultados demonstraram forte relação entre o SOI e a densidade de krill, através do GLM, cujo modelo apresentou o menor valor de AIC e valor de $p = 0,0008$, e foram inversamente correlacionados, como verificado pelo coeficiente de Pearson ($\rho = 0,86$), de acordo com Smith e colaboradores (2003) para a região estudada. Os valores negativos do índice de SOI e o aumento da incidência de eventos de *El Niño* propiciou o aumento da densidade de krill no Mar de Scotia. Este resultado é corroborado por estudos prévios encontrados por Quetin e colaboradores (2007), que dizem que anos de *El Niño* e o aumento das temperaturas nas regiões tropicais proporcionam a incidência de ventos originários do quadrante sudoeste. Estes ventos fazem com que a formação do gelo seja ótima, o avanço da plataforma de gelo seja prematuro e a duração mais longa. Com isto, irá aumentar a produção primária na região costeira, proporcionando a sobrevivência das larvas de krill (QUETIN *et al.*, 2007), já que a camada de gelo fornece fonte de alimento para as larvas durante o período de baixa produtividade primária, quando as concentrações de alimento na coluna d'água estão baixas (MEYER *et al.*, 2002). Também, com o aumento da temperatura da superfície do mar, ocorrendo o degelo, há liberação de grandes quantidades de clorofila-*a* na água durante o verão,

servindo de alimento para os indivíduos adultos. Siegel e Loeb (1995) viram que o sucesso de recrutamento do krill ao longo da Península Antártica depende fortemente da extensão e duração do gelo no inverno precedente.

O ciclo reprodutivo do krill compreende desde o momento em que o ovo é formado, afunda para grandes profundidades, ressuspende em forma de *náuplio*, *metanáuplio* e *calytopsis* (estágios larvais pré-juvenil do krill), se mantém como juvenil, sub-adulto até atingir a maturidade sexual, a qual na espécie *E. superba* é em torno dos 2 anos (CUZIN-ROUDY, 1987; SIEGEL, 1987; SIEGEL; LOEB, 1994; NICOL; ENDO, 1997). A manutenção de boas condições no ambiente para a manutenção das populações de krill é importante em todas estas fases, mas principalmente no estágio juvenil, com 1 ano ou mais, que se alimenta de algas, principalmente no inverno, quando estas ficam aprisionadas no gelo (LOEB *et al.*, 1997; ATKINSON *et al.*, 2004).

Quando os valores do SOI foram positivos, indicando eventos de *La Niña*, a densidade de krill foi mais baixa. Isto se deve à maior incidência de ventos do quadrante nordeste, com temperaturas mais altas, que conferem condições ruins para a formação do gelo, com seu avanço tarde e a duração mais curta, diminuindo o tempo para a alimentação das larvas do krill (QUETIN *et al.*, 2007). A deficiência do gelo antártico em um ano pode ter consequências no recrutamento dos juvenis e irá afetar negativamente o estoque daquele ano. Porém, quando se tem invernos conseguintes pobres em gelo, o recrutamento de juvenis será desprovido, podendo acarretar em uma tendência de diminuição séria dos estoques (ATKINSON *et al.*, 2004, SIEGEL, 2010).

O SOI foi analisado quanto à sua influência com defasagem de tempo de 1 a 5 anos sobre as populações de krill. A escolha destas defasagens de tempo

foi arbitrária, e levou em consideração a duração do ciclo de vida do krill, que é entre 1 e 7 anos, com média de 5 anos, sendo um dos crustáceos de vida relativamente longa (ROSS; QUETIN, 2000). Outro motivo desta escolha é devido à possível influência do SOI até 5 anos após o seu acontecimento a partir de alterações na taxa de retração do gelo antártico (STAMMERJOHN *et al.*, 2008). Apesar disso, somente 2 modelos apresentaram influência significativa e direta do SOI: na densidade de krill e na estimativa de pesca, modelos com 2 e 4 anos de defasagem de tempo, respectivamente. A análise biológica destes resultados fica dificultada, pois no período amostral de 1996 a 2004, ocorreu tanto anos consecutivos de *El Niño* e *La Niña*, quanto em anos em que estes eventos se intercalaram (figura 13), fazendo com que os efeitos destes fenômenos no Mar de Scotia se incrementem ou se anulem, aumentando a complexidade da análise destas defasagens.

Esta relação com os valores de SOI corroboram os resultados encontrados da relação inversa entre a TSM e o krill ($p=0,0669$). Com o aumento da temperatura no Mar de Scotia, houve uma tendência de diminuição da densidade de krill, e vice versa (conforme observado no modelo apresentado na figura 26). Isso se deve ao aumento de incidência de ventos nordeste dos eventos de *La Niña*, que proporcionam um aumento da temperatura da superfície do mar, dificultando a formação do gelo e a manutenção dos estoques de juvenis. Desta forma, as melhores condições para a sobrevivência das larvas se encontram em temperaturas mais baixas. O aumento da temperatura no Oceano Austral irá afetar o sustento dos estoques de krill e é questionável a forma em que esta população conseguirá se aclimatar a esta mudança ambiental (SIEGEL, 2010).

O krill é um animal estenotérmico e tem seu ciclo de vida bastante associado ao gelo, o que o deixa em uma posição vulnerável às alterações climáticas (ATKINSON *et al.*, 2008). O ecossistema marinho antártico está passando por algumas das mais rápidas mudanças ambientais e ecológicas regionais do que em qualquer outra área do oceano (MURPHY *et al.*, 2007). Apesar disso, o krill sobreviveu durante milênios em condições mais quentes e mais frias do que as atuais (SPIRIDONOV, 1996; ATKINSON *et al.*, 2008), sendo que essas oscilações promoveram um aumento e encolhimento de habitat disponíveis para a espécie, incluindo a extensão do gelo e áreas de moderada concentração de alimento (ATKINSON *et al.*, 2008). Provavelmente, com o recuo das placas de gelo devido ao aquecimento global, o krill precisará buscar seu habitat de inverno cada vez mais ao sul, encolhendo o alcance do habitat, acarretando em alteração no tamanho dos estoques.

De acordo com as estimativas de pesca fornecidas pela CCAMLR, há um aumento progressivo de toneladas de krill capturadas a cada ano, indicando um interesse internacional crescente por esta espécie. Com o incremento do esforço de pesca, há tendência da disponibilidade de krill diminuir para os predadores de topo. As preocupações acerca dos estoques de krill vêm se acentuando com o desenvolvimento da indústria pesqueira, das novas técnicas de pesca e desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento e produção de sub-produtos provenientes do krill. Muitos países veem a urgência na regulamentação da pesca na região do Oceano Austral, que não pode manter o ritmo desenfreado em que se encontra, a fim de evitar danos futuros a longo prazo nos estoques de krill, nos predadores de topo “krill-dependentes” e no ecossistema como um todo (SIEGEL, 2010).

São justamente processos de origem antropogênica que podem interferir nas características do habitat das baleias-jubarte, que fazem com que o conhecimento sobre as relações dos fatores ambientais bióticos e abióticos nos seus ciclos migratórios seja importante. Já que o fotoperíodo parece ser o principal gatilho para a migração das baleias-jubarte, e é insensível às alterações climáticas, de que forma o aquecimento global ou a sobrepesca do krill poderão influenciar na alimentação das baleias-jubarte e por consequência nos seus movimentos migratórios e nas temporadas reprodutivas?

Tendo em vista que os planos de manejo e ações de proteção da espécie no Brasil se baseiam em estudos que caracterizam a temporada reprodutiva de baleias-jubarte entre os meses de julho a novembro, o conhecimento de seus padrões migratórios, permanência nas águas de Abrolhos e suas possíveis alterações, é importante para embasar atos conservacionistas e, se necessário, adequar a legislação vigente.

VIII. CONCLUSÃO

- Os resultados mostram que a diferença entre os dias do pico de avistagem de baleias-jubarte nas temporadas reprodutivas observadas em Abrolhos de 1998 a 2004 não apresenta correlação com a variação dos fatores ambientais examinados. O padrão de avistagens é muito semelhante, com diferença muito sutil e a análise dos fatores ambientais não conseguiu discernir a diferença entre os dias de início e fim da temporada.
- O fotoperíodo parece ser o principal gatilho para o início da migração das baleias-jubarte, da Antártica em direção a Abrolhos.

- A migração das baleias-jubarte de Abrolhos para a Antártica pode ser iniciada pelo fotoperíodo, além da soma dos fatores: temperatura da superfície do mar em Abrolhos e o mecanismo da fome, dado pela diminuição do estoque de gordura (energia disponível) armazenada.

- A densidade de krill no Mar de Scotia apresentou números oscilantes, com grandes diferenças interanuais de densidade e altos valores de desvio padrão.

- A alta densidade do krill no verão antártico parece refletir condições ótimas para a temporada reprodutiva das baleias e poderá influenciar diretamente no número de indivíduos de baleias e na duração da temporada reprodutiva.

- O evento de *El Niño* mostrou ter influência no ciclo reprodutivo do krill. Anos com valores negativos de SOI registraram maior densidade de krill e valores positivos de SOI, menor densidade de krill.

- A concentração de clorofila-a e as estimativas de krill, tanto pela densidade quanto pelas estimativas de pesca se correlacionaram positivamente, indicando que o estoque de krill é maior quando há maior concentração de clorofila-a na região do Mar de Scotia.

- A TSM não mostrou ter efeito iniciador da migração das baleias-jubarte, mas alterações na TSM podem influenciar na disponibilidade do krill. O aquecimento da região (indiretamente pelo evento *El Niño*) pode acarretar em menor disponibilidade de krill e conseqüentemente influenciará na duração da temporada reprodutiva das baleias-jubarte.

- Altos valores de TSM apresentaram correlação negativa com a densidade de krill, e com o número de baleias avistadas e o tempo de

permanência na área reprodutiva, indicando que o aquecimento da região impõe condições ruins para a temporada reprodutiva das baleias.

IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos de médio a longo prazo que permitam comparação com esse conjunto de dados são importantes para verificar se as mudanças climáticas podem alterar os padrões migratórios das baleias-jubarte. O uso da plataforma do ponto fixo durante toda temporada deve ser retomado, iniciando as varreduras no mês de junho, a fim de averiguar os padrões migratórios e uso do habitat na região dos Abrolhos ao longo dos anos.

Estabelecimento de parcerias com grupos de pesquisa de krill antártico, que realizem a amostragem sistemática na região de alimentação das baleias-jubarte, além da coleta *in situ* de clorofila-*a* e registros de temperatura da superfície do mar, a fim de incrementar o volume de dados e o *n* amostral.

A associação de dados ambientais e novos dados de varreduras obtidos a partir do ponto fixo, e amplificará a robustez das análises, aumentará o poder estatístico.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, C.L.; ATKINSON, T. 1984. Effect of feeding melatonin to red deer (*Cervus lupus*) on the onset of the breeding season. *Journal of Reproduction and Fertility*, **12**: 463 – 466.
- ADAM, C.L.; MOIR, C.E.; ATKINSON, T. 1986. Induction of early breeding in red deer (*Cervus elaphus*) by melatonin. *Journal of Reproduction and Fertility*, **75**: 569 – 573.
- ALVES, L.C.P.S.; ANDRIOLO, A.; ZERBINI, A.N.; PIZZORNO J.L.A.; CLAPHAM, P.J. 2009. Record of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in tropical waters off Brazil. *Marine Mammal Science*, **25**: 416 – 419.
- ANDERSON J.J.; GURARIE, E.; BRACIS, C.; BURKE, B.J.; LAIDRE, K.L. 2013. Modeling climate change impacts on phenology and population dynamics of migratory marine species. *Ecological Modelling*, **264**: 83 – 97.
- ANDRIOLO, A.; KINAS, P.G.; ENGEL, M.H.; MARTINS, C.C.A.; RUFINO, A.M. 2010. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: distribution and population size estimate. *Endangered Species Research*, **11**: 233 – 243.
- ANDRIOLO, A.; MARTINS, C.C.A.; ENGEL, M.H.; PIZZORNO, J.L.; MÁS-ROSA, S.; FREITAS, A.C.; MORETE, M.E.; KINAS, P.G. 2006. The first aerial survey of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to estimate

- abundance in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). *Journal of Cetacean Research and Management*, **8**: 307 – 311.
- ARENDT, J. 1998. Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction*, **3**: 13 – 22.
- ATKINSON, A.; SIEGEL, V.; PAKHOMOV, E.; ROTHERY, P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature*, **432**: 100 – 103.
- ATKINSON, A.; SIEGEL, V.; PAKHOMOV, E.A.; ROTHERY, P.; LOEB, V.; ROSS, R.M.; QUETIN, L.B.; SCHMIDT, K.; FRETWELL, P.; MURPHY, E.J.; TARLING, G.A.; FLEMING, A.H. 2008. Oceanic circumpolar habitats for Antarctic krill. *Marine Ecology Progress Series*, **362**: 1 – 23.
- ATKINSON, A.; WHITEHOUSE, M.J.; PRIDDLE, J.; CRIPPS, G.C.; WARD, P.; BRANDON, M.A. 2001. South Georgia, Antarctica: a productive, cold water, pelagic ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, **216**: 279 – 308.
- BAKER, J.R.; RANSON, R.M. 1932. Factors affecting the breeding of the field mouse (*Microtus agrestis*): I. Light. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **110**: 313 – 322.
- BARACHO-NETO, C.B.; SANTOS NETO, E.; ROSSI-SANTOS, M.R.; WEDEKIN, L.L.; NEVES, M.C.; LIMA, F.; FARIA, D. 2012. Site fidelity and residence times of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Brazilian coast. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, **92**: 1783 – 1791.

- BARAFF, L.S.; CLAPHAM, P.J.; MATTILA, D.K. 1991. Feeding behavior of a humpback whale in low-latitude waters. *Marine Mammal Science*, **7**: 197 – 202.
- BARTA, Z.; MCNAMARA, J.M.; HOUSTON, A.I.; WEBER, T.P.; HEDENSTRÖM A.; FERRO, O. 2008. Optimal moult strategies in migratory birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **363**: 211 – 229.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. 2006. Ecology: From Individuals to Ecosystems. 4th. Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 738 pp.
- BOLKER, B. M., R Development Core Team. 2012. bbmle: Tools for general maximum likelihood estimation. R package version 1.0.5.2. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=bbmle>.
- BRADSHAW, W.E.; HOLZAPFEL, C.M. 2007. Evolution of animal photoperiodism. *Annual Reviews of Ecology and Evolution Systems*, **38**: 1 – 25.
- BRADSHAW, W.E.; HOLZAPFEL, C.M. 2008. Genetic response to rapid climate change: it's seasonal timing that matters. *Molecular Ecology*, **17**: 157–166.
- BRANDON, M.A.; NAGANOBU, M.; DEMER, D. A.; CHERNYSHKOV, P.; TRATHAN, P.N.; THORPE, S.E.; KAMEDA, T.; BEREZHINSKIY, O.A.; HAWKER, E. J.; GRANT, S. 2004. Physical oceanography in the Scotia Sea during the CCAMLR 2000 survey, austral summer 2000. *Deep-Sea Research II*, **51**: 1301 – 1321.

- BRANDSTÄTTER, R.; KUMAR, V.; ABRAHAM, U.; GWINNER, E. 2000. Photoperiodic information acquired and stored in vivo is retained *in vitro* by a circadian oscillator, the avian pineal gland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **97**(22): 12324 – 12328.
- BRIERLEY, A.S.; FERNANDES, P.G.; BRANDON, M.A.; ARMSTRONG, F.; MILLARD, N.W.; MCPHAIL, S.D.; STEVENSON, P.; PEBODY, M.; PERRETT, J.; SQUIRES, M.; BONE, D.G.; GRIFFITHS, A.M. 2002. Antarctic krill under sea ice: elevated abundance in a narrow band just south of ice edge. *Science*, **295**: 1890 – 1892.
- BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd Edition. New York: Springer-Verlag. 488 pp.
- BURNS, D.; BROOKS, L.; CLAPHAM, P.; HARRISON, P. 2013. Between-year synchrony in migratory timing of individual humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. *Marine Mammal Science*, **29**: 228 – 235.
- CAMPBELL, J.W.; BLAISDELL, J.M.; DARZI, M. 1996. Level-3 SeaWiFS data products: spatial and temporal binning algorithms. *Oceanographic Literature Review*, **43**(9): 952.
- CASEY, K.S.; BRANDON, T.B.; CORNILLON, P.; EVANS, R. 2010. "The Past, Present and Future of the AVHRR Pathfinder SST Program". In: BARALE, V.; GOWER, J.F.R.; ALBEROTANZA, L. (Eds.) *Oceanography from Space: Revisited*, Springer. DOI: 10.1007/978-90-481-8681-5_16.
- CCAMLR. 2008. Statistical Bulletin Vol. 20 (Versão database). Hobart: CCAMLR. Disponível em: <http://www.ccamlr.org>

- CHITTLEBOROUGH, R.G. 1958. The breeding cycle of the female humpback whale, *Megaptera nodosa* (Bonnaterre). *Australian Journal of Marine & Freshwater Research*, **9**(1): 1 – 18.
- CHITTLEBOROUGH, R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **16**: 33 – 128.
- CIOTTI, A.M. 2005. “Fundamentos e Aplicações de dados Bio-ópticos em Oceanografia Biológica”, In: SOUZA, R.B. (Ed.). *Oceanografia por Satélites*. Oficina de Textos, 205 – 219.
- CLAPHAM, P. 2001. Why do baleen whales migrate? A response to Corkeron and Connor. *Marine Mammal Science*, **17**: 432 – 436.
- CLAPHAM, P. 2009. Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*). In: PERRIN, W.F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J.G.M. (Eds.). *Encyclopedia of marine mammals*. 2nd Edition. San Diego: Academic Press. 582 – 585.
- CLAPHAM, P.J; MEAD, J.G. 1999. *Megaptera novaeangliae*. *Mammalian Species*, **604**: 1 – 9.
- CLAPHAM, P.J. 1996. The social and reproductive biology of humpback whales: an ecological perspective. *Mammal Review*, **26**: 27 – 49.
- CLAPHAM, P.J.; WETMORE, S.E.; SMITH, T.D.; JAMES G.; MEAD. 1999. Length at birth and at independence in humpback whales. *Journal Of Cetacean Research And Management*, **1**(2): 141 – 146.
- CLAPHAM, P.J.; MAYO, C.A. 1987. Reproduction and recruitment of individually identified humpback whales, (*Megaptera novaeangliae*)

- observed in Massachusetts Bay, 1979–1985. *Canadian Journal of Zoology*, **65**: 2853 – 2863.
- CLAPHAM, P.J.; MAYO, C.A. 1990. Reproduction of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) observed in the Gulf of Maine. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 12*: 171 – 175.
- CLAPHAM, P.J.; YOUNG, S.B.; BROWNELL, R.L. 1999. Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammalian Review*, **29**: 35 – 60.
- CORKERON, P.J.; CONNOR, R.C. 1999. Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*, **15**(4): 1228 – 1245.
- CRAIG, A.S.; HERMAN, L.M.; GABRIELE, C.M.; PACK, A.A. 2003. Migratory timing of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central North Pacific varies with age, sex and reproductive status. *Behaviour*, **140**: 981 – 1001.
- CHRISTIANSEN, F.; VÍKINGSSON, G.A.; RASMUSSEN, M.H.; LUSSEAU, D. 2013. Minke whales maximise energy storage on their feeding grounds. *The Journal of Experimental Biology*, **216**: 427 – 436.
- CHUINE, I. 2010. Why does phenology drive species distribution? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, **365**: 3149 – 3160.
- CROLL, D.A.; TERSHY, B.R.; HEWITT, R.; DEMER, D.; HAYES, S.; FIEDLER, P.; POPP, J.; LOPEZ, V.L. 1998. An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. *Deep-Sea Research II*, **45**: 1353 – 1371.

- CROLL, D.A.; MARINOVIC, B.; BENSON, S.; CHAVEZ, F.P.; BLACK, N.; TERNULLO, R.; TERSHY, B.R. 2005. From wind to whales: trophic links in a coastal upwelling system. *Marine Ecology Progress Series*, **289**: 117 – 130.
- CUNHA, T.J.; GÜTH, A.Z.; BROMBERG, S.; SUMIDA, P.Y.G. 2013. Macrofauna associated with the brown algae *Dictyota* spp. (Phaeophyceae, Dictyotaceae) in the Sebastião Gomes Reef and Abrolhos Archipelago, Bahia, Brazil. *Continental Shelf Research*, **70**: 140 – 149.
- CURTIS, M.L.; FLOWERDEW, M.J.; RILEY, T.R.; WHITEHOUSE, M.J.; DALY, J.S. 2010. Andean sinistral transgression and kinematic partitioning in South Georgia. *Journal of Structural Geology*, **32**: 464 – 477.
- CUZIN-ROUDY, J. 1987. Sexual differentiation in the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana (Crustacea: Euphausiacea). *Journal of Crustacean Biology*, **7**: 518 – 524.
- DAWBIN, W. H. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. In: NORRIS, K. S. (Ed.). Whales, dolphins and porpoises. 1st Edition. Berkeley: University of California Press. 145 – 171.
- DAWSON, A.; KING, V. 1994. Thyroidectomy does not affect the daily or free-running rhythms of plasma melatonin in European starlings. *Journal of Biological Rhythms*, **9**: 137– 144.
- DAYTON, G.H. 2008. Seasonality. In: KROHNE, D.T. General Ecology. 2nd Edition. Cengage Learning. 3168 – 3171.

- DEVASTHALE, A.; KARLSSON, K.G.; QUAAS, J.; GRASSL, H. 2012. Correcting orbital drift signal in the time series of AVHRR derived convective cloud fraction using rotated empirical orthogonal function. *Atmospheric Measurement Techniques*, **5**: 267 – 273.
- DIAZ H.; MARKGRAF, V. (Eds.). 1992. *El Niño*: Historical and palaeoclimatic aspects of the Southern Oscillation. 1st Edition. Cambridge: Cambridge University Press. 476 pp.
- DIERSSEN, H.M.; SMITH, R. 2000. Bio-optical properties and remote sensing ocean color algorithms for Antarctic Peninsula waters. *Journal of Geophysical Research*, **105**: 26301 – 26312.
- DINGLE, H. 1996. Migration: The Biology of Life on the Move. 1st Edition. New York: Oxford University Press. 474 pp.
- DINGLE, H. 2006. Animal migration: Is there a common migratory syndrome? *Journal of Ornithology*, **147**: 212 – 220.
- DINGLE, H.; DRAKE, V.A. 2007. What is migration? *BioScience*, **57**: 113 – 121.
- EGEVANG, C.; STENHOUSE, I.J.; PHILLIPS, R.A.; PETERSEN, A.; FOX, J.W.; SILK, J.R.D. 2010. Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration. PNAS: published online (doi/10.1073/pnas.0909493107).
- ENGEL, M.H.; FAGUNDES, N.J.R.; ROSENBAUM, H.C.; LESLIE, M.S.; OTT, P.H.; SCHMITT, R.; SECCHI, E.; DALLA-ROSA, L.; BONATTO, S.L. 2008. Mitochondrial DNA diversity of the Southwestern Atlantic humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding area off Brazil, and

- the potential connections to Antarctic feeding areas. *Conservation Genetics*, **9**: 1253 – 1268.
- ENGEL, M.H.; MARTIN, A.R. 2009. Feeding grounds of the Western South Atlantic humpback whale population. *Marine Mammal Science*, **25**: 964 – 969.
- EVERSON, I. 2000. Krill: Biology, Ecology And Fisheries. 1st Edition. Oxford: Blackwell Science. 372 pp.
- FACH, B.A.; KLINCK, J.M. 2006 Transport of Antarctic krill (*Euphausia superba*) across the Scotia Sea. Part I: circulation and particle tracking simulations. *Deep Sea Research*, **53**: 987 – 1010.
- FAO. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/species/2745/en>>. Acesso em: 10 de novembro de 2014.
- FLORES, H.; VAN FRANEKER, J.A.; SIEGEL, V.; HARALDSSON, M.; STRASS, V.; MEESTERS, E.H.; BATHMANN, U.; WOLFF, W.J. 2012. The association of Antarctic krill *Euphausia superba* with the under-ice habitat. PLoS ONE 7:e31775
- FOSTER, T.D.; MIDDLETON, J.H. 1984. The oceanographic structure of the eastern Scotia Sea. *Deep-Sea Research*, **31**: 529 – 550.
- FREITAS, A.C.; KINAS, P.G.; MARTINS, C.C.A.; ENGEL, M.H. 2004. Abundance of humpback whales on the Abrolhos Bank wintering ground, Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, **6**: 225 – 230.

- FRIEDLAENDER, A.S.; HALPIN, P.N.; QIAN, S.S.; LAWSON, G.L.; WIEBE, P.H.; THIELE, D.; READ, A.J. 2006. Whale distribution in relation to prey abundance and oceanographic processes in the Western Antarctic Peninsula shelf waters. *Marine Ecology Progress Series*, **317**: 297 – 314.
- FRIEDLAENDER, A.S.; FRASER, W.R.; PATTERSON, D.; QIAN, S.S.; HALPIN, P.N. 2008. The effects of prey demography on humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) abundance around Anvers Island, Antarctica. *Polar Biology*, **31**: 1217 – 1224.
- GASKIN, D.E. 1982. The ecology of whales and dolphins. 1st Edition. **London**: Heinemann. 459 pp.
- GLANTZ, M.H. 2002. *La Niña*: An overview of the process. In: GLANTZ, M.H. (Ed.). *La Niña* and its impacts: facts and speculation. 1st Edition. Tokyo, New York: United Nations University Press. 3 – 24.
- GOLDMAN, B.D. 1999. The circadian timing system and reproduction in mammals. *Steroids*, **64**: 679 – 685.
- GOLDMAN, B.D. 2001. Mammalian photoperiodic system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. *Journal of Biological Rhythms*, **16**: 283 – 301.
- GREENBERG, R.; MARRA, P.P. (Eds). 2005. Birds of Two Worlds: The Ecology and Evolution of Migration. 1st Edition. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 488 pp.
- HAMNER, W.M.; HAMNER, P.P. 2000. Behavior of Antarctic krill (*Euphausia superba*): schooling, foraging, and anti-predatory behavior. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **57**: 192 – 202.

- HAMNER, W.M.; HAMNER, P.P.; OBST, B.S.; CARELTON, J.H. 1989. Field observations on the ontogeny of schooling of *Euphausia superba* furcillae and the relationship to ice in Antarctic waters. *Limnology and Oceanography*, **34**: 451 – 456.
- HARDEN JONES, F.R. 1968. Fish migrations. 1st Edition. London: Edward Arnold. 325 pp.
- HARMS, S.; FAHRBACH, E.; STRASS, V.H. 2001. Sea ice transports in the Weddell Sea. *Journal Geophysics Research Oceans*, **106**: 9057 – 9073.
- HARTT, C.F. 1868. A naturalist in Brazil. *In*: PACKARD, A.S.; MORSE JR, E.S.; HYATT, A.; PUTNAM, F.W. (Eds.). The American Naturalist, a popular illustrated magazine of natural history. 2(1): 1 – 13.
- HEWITT, R.; LIPSKY, J.D. 2009. Krill and other plankton. *In*: PERRIN, W.F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J.G.M. (Eds.). Encyclopedia of marine mammals. 2nd Edition. San Diego: Academic Press. 657 – 664.
- HOBSON, K.A.; NORRIS, D.R. 2008. Animal migration: a context for using new techniques and approaches. *In*: HOBSON, K.A.; WASSENAAR, L.I. (Eds.) Tracking animal migration with stable isotopes. 1st Edition. London: Academic Press. 1–19.
- HOLM-HANSEN, O.; KAHRU, M.; HEWES, C.D.; KAWAGUCHI, S.; KAMEDA, T.; SUSHIN, V.A.; KRASOVSKI, I.; PRIDDLE, J.; KORB, R.; HEWITT, R.P.; MITCHELL, B.G. 2004. Temporal and spatial distribution of chlorophyll-a in surface waters of the Scotia Sea as

determined by boths hipboard measurements and satellite data.

Deep-Sea Research II, **51**: 1323 – 1331.

IBAMA/FUNATURA. 1991. Plano de Manejo: Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Brasília: Aracruz Celulose S.A. 96 pp.

ICMBIO. 2011. Plano de ação nacional para conservação dos mamíferos aquáticos: grandes cetáceos e pinípedes: Versão III. CAMPOS, C.C., CÂMARA, I.G. (Eds.). Brasília: Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade, ICMBIO. 156 pp.

INTERNATIONAL WHALING COMMISSION (IWC). 1998. Chairman's report of the fifth annual meeting. *Report of the Scientific Committee*, **48**: 55 – 118.

JACQUES, G.; PANOUSE, M. 1991. Biomass and composition of size-fractionated phytoplankton in the Weddell-Scotia Confluence area. *Polar Biology*, **11**: 315 – 328.

JACQUES, G. 1989. Primary production in the open Antarctic Ocean during austral summer. A review. *Vie Milieu*, **39**: 1 – 17.

JORGENSEN, S.J.; REEB, C.A.; CHAPPLE, T.K.; ANDERSON, S.; PERLE, C.; VAN SOMMERAN, S.R.; FRITZ-COPE, C.; BROWN, A.C.; KLIMLEY, A.P.; BLOCK, B.A. 2010. Philopatry and migration of Pacific white sharks. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, **277**: 679 – 688.

KALINOWSKI, J.; WITEK, Z. 1985. Scheme for classifying aggregations of Antarctic krill. *BIOMASS Handbook*, 27. 9 pp.

- KELLOGG, R. 1929. What is known of the migration of some of the whalebone whales. *Smithsonian Institution Annual Report*, **1928**: 467 – 494.
- KILADIS, G.N.; DIAZ, H. 1989. Global climatic anomalies associated with extremes in the southern oscillation. *Journal of Climate*, **2**: 1069 – 1090.
- KORB, R.E.; WHITEHOUSE, M.J.; WARD, P., 2004. SeaWiFS in the Southern Ocean: spatial and temporal variability in phytoplankton biomass around South Georgia. *Deep-Sea Research II*, **51**: 99 – 116.
- LEÃO, Z.M.A.N. 1982. Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. Dissertations from ProQuest. Paper 1268. <http://scholarlyrepository.miami.edu/dissertations/1268>
- LEÃO, Z.M.A.N.; ARAUJO, T.M.F.; NOLASCO, M.C. 1988. The coral reefs of the coast of Eastern Brazil. *Proceedings, Sixth International Coral Reef Symposium, Australia*, **3**: 339 – 349.
- LEÃO, Z.M.A.N.; KIKUCHI, R.K.P. 2001. The Abrolhos reefs of Brazil. *In*: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. (Eds), Ecological Studies. Coastal Marine Ecosystems of Latin America, New York: Springer, Verlag Berlin Heidelberg. **144**: 83 – 96.
- LEÃO, Z.M.A.N.; KIKUCHI, R.K.P.; TESTA, V. 2003. Corals and coral reefs of Brazil. *In*: CORTÉS, J. (Ed.). Latin American Coral Reefs. 1st Edition. Amsterdam: Elsevier Science. 9 – 52.

- LEBRETON, J.D.; BURNHAM, K.P.; CLOBERT, J.; ANDERSON, D.R. 1992. Modeling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*, **62**(1): 67 – 118.
- LEIPE, T.; KNOPPERS, B.; MARONE, E.; CAMARGO, R. 1999. Suspended matter transport in coral reef waters of the Abrolhos Bank, Brazil. *Geo-Marine Letters*, **19**(3): 186 – 195.
- LINCOLN, G.A.; ANDERSSON, H.; LOUDON, A. 2003. Clock genes in calendar cells as the basis of annual timekeeping in mammals—a unifying hypothesis. *Journal of Endocrinology*, **179**: 1 – 13.
- LITTAYE, A.; GANNIER, A.; LARAN, S.; WILSON, J.P.F. 2004. The relationship between summer aggregation of fin whales and satellite-derived environmental conditions in the northwestern Mediterranean sea. *Remote sensing of environment*, **90**: 44 – 52.
- LOCARNINI, R.A.; WHITWORTH III, T.; NOWLIN, W.D. 1993. The importance of the Scotia Sea on the outflow of Weddell Sea Deep Water. *Journal of Marine Research*, **51**: 135 – 153.
- LOCKYER, C.H.; MCCONNELL, L.C.; WATERS, T.D. 1985. Body condition in terms of anatomical and biochemical assessment of body fat in North Atlantic fin and sei whales. *Canadian Journal of Zoology*, **63**: 2328 – 2338.
- LOCKYER, C.H. 1986. Body fat condition in northeast Atlantic fin whales, *Balaenoptera physalus*, and its relationship with reproduction and food

- resource. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43**: 142 – 147.
- LOCKYER, C.H. 1987. The relationship between body fat, food resource and reproductive energy costs in north Atlantic fin whales (*Balaenoptera physalus*). *Symposia of the Zoological Society of London*, **57**:343 – 361.
- LODI, L. 1994. Ocorrências de baleia jubarte, *Megaptera novaeangliae*, no arquipélago de Fernando de Noronha incluindo um resumo de registros de captura no nordeste do Brasil. *Biotemas*, **7**: 116 – 123.
- LOEB, V.; SEIGEL, V.; HOLM-HANSEN, O.; HEWITT, R.; FRASER, W.; TRIVELPIECE, W.; TRIVELPIECE, S. 1997. Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature*, **387**: 897 – 900.
- LOUDON, A.S.I. 1994. Photoperiod and regulation of annual and circannual cycles of food intake. *Proceedings of the Nutrition Society*, **53**: 477 – 489.
- LOUDON, A.S.I.; MILNE, J.D.; CURLEWIS, J.D.; MCNEILLY, A.S. 1989. A comparison of the seasonal hormone changes and patterns of growth, voluntary food intake and reproduction in juvenile and adult red deer (*Cervus elaphus*) and Père David's deer (*Elaphurus davidianus*). *Journal of Endocrinology*, **122**: 733 – 745.
- LU, Q.; ZHONG, W.Q.; WANG, D.H. 2007. Effects of photoperiod history on body mass and energy metabolism in Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*). *The Journal of Experimental Biology*, **210**: 3838 – 3847.
- MACKINTOSH, N.A. 1942. The southern stocks of whalebone whales. *'Discovery' Reports*, **22**: 236 – 248.

- MALPAUX, B.; MIGAUD, M.; TRICOIRE, H.; CHEMINEAU, P. 2001. Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *Journal of Biological Rhythms*, **16**: 336 – 347.
- MARR, J.W.S. 1962. The natural history and geography of the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana. 'Discovery' Reports, **32**: 33 – 464.
- MARRARI, M.; DALY, K.L.; HU, C. 2008. Spatial and temporal variability of SeaWiFS chlorophyll *a* distributions west of the Antarctic Peninsula: implications for krill production. *Deep-Sea Research II*, **55**: 377 – 392.
- MARTIN, T.G.; CHADÈS, I.; ARCESE, P.; MARRA, P.P.; POSSINGHAM, H.P.; NORRIS, D.R. 2007. Optimal conservation of migratory species. *PLoS ONE* **2(8)**: e751. doi:10.1371/journal.pone.0000751.
- MARTINS, C.C.A.; MORETE, M.E.; ENGEL, M.H.; FREITAS, A.C.; SECCHI, E.R.; KINAS, P.G. 2001. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum*, **47**: 563 – 570.
- MARTINS, C.C.A. 2004. O uso do sistema de informações geográficas como ferramenta na identificação de áreas prioritárias para a conservação da baleia jubarte, *Megaptera novaeangliae*, em seu habitat reprodutivo na Costa Leste do Brasil. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Universidade de Brasília, 119 pp.
- MASSOM, R.A.; STAMMERJOHN, S.E. 2010. Antarctic sea ice change and variability—Physical and ecological implications. *Polar Science*, **4**: 149 – 186.

- MATTHEWS, L.H. 1938. The Sperm Whale, *Physeter catodon*. 'Discovery' Reports, **17**: 93 – 168.
- MATTHEWS, L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. 'Discovery' Reports, **17**: 7 – 92.
- MCCULLAGH P.; NELDER J.A. 1989. Generalized linear models, 2nd Edition. London: Chapman & Hall. 261 pp.
- MCKEOWN, B.A. 1984. Fish Migration. 1st Edition. London: Croom Helm. 224 pp.
- MEREDITH, M.P.; NAVEIRA GARABATO, A.C.; STEVENS, D.P.; HEYWOOD, K.J.; SANDERS, R.J. 2001. Deep and bottom waters of the eastern Scotia Sea: Rapid changes in properties and circulation. *Journal of Physical Oceanography*, **31(8)**: 2157 – 2168.
- MEYER, B.; ATKINSON, A.; STÜBING, D.; OETTL, B.; HAGEN, W.; BATHMANN, U.V. 2002. Feeding and energy budgets of Antarctic krill *Euphausia superba* at the onset of winter - I. Furcilia III larvae. *Limnology and Oceanography*, **47**: 943 – 952.
- MILNE, J.A.; LOUDON, A.S.I.; SIBBALD, A.M.; MCNEILLY, A.S. 1990. Effects of melatonin and a dopamine agonist and antagonist on seasonal changes in voluntary food intake, reproductive activity and plasma concentrations of prolactin and tri-iodo thyronine in red deer hinds. *Journal of Endocrinology*, **125**: 241 – 249.
- MO, G.; GILI, C.; FERRANDO, P. 2000. Do photoperiod and temperature influence the molt cycle of *Phoca vitulina* in captivity? *Marine Mammal Science*, **16(3)**: 570 – 577.

- MORETE, M.E.; PACE III, R. M.; MARTINS, C.C.A.; FREITAS, A.C.; ENGEL, M.H. 2003. Indexing seasonal abundance of humpback whales around Arquipélago dos Abrolhos, Bahia, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, **2**: 21 – 28.
- MORETE, M.E. 2007. Caracterização temporal da estrutura de grupos e do comportamento de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na área de reprodução da região do Arquipélago dos Abrolhos (Bahia Brasil). Tese de doutorado em Ciências, Universidade De São Paulo. 147 pp.
- MORETE, M.E.; BISI, T.L.; ROSSO, S. 2007. Temporal pattern of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) group structure around Abrolhos Archipelago breeding region, Bahia, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **87**: 87 – 92.
- MORETE, M.E.; PACE, R.M.; ROSSO, S. 2008. Fluctuating abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in a calving ground off coastal Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **88**: 1229 – 1235.
- MOSES, W.J.; GITELSON, A.A.; BERDNIKOV, S.; POVAZHNYI, V. 2009. Estimation of chlorophyll-a concentration in case II waters using MODIS and MERIS data—successes and challenges. *Environmental Research Letters*, **4**: 8pp.
- MOURA, R.L.; SECCHIN, N.A.; AMADO-FILHO, G.M.; FRANCINI-FILHO, R.B.; FREITAS, M.O.; MINTE-VERA, C.V.; TEIXEIRA, J.B.; THOMPSON, F.L.; DUTRA, G.F.; SUMIDA, P.Y.G.; GUTH, A.Z.; LOPES, R.M.; BASTOS, A.C. 2013. Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation

- planning in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, **70**: 109 – 117.
- MULLAN, A.B. 1995. On the linearity and stability of Southern Oscillation-climate relationships for New Zealand. *International Journal of Climatology*, **15**: 1365 – 1386.
- MURASE, H.; MATSUOKA, K.; ICHII, T.; NISHIWAKI, S. 2002. Relationship between the distribution of euphausiids and baleen whales in the Antarctic (35E–145W). *Polar Biology*, **25**: 135 – 145.
- MURPHY, E.J. 1995. Spatial structure of the Southern Ocean ecosystem: predator-prey linkages in southern ocean food webs. *Journal of Animal Ecology*, **64**: 333 – 347.
- MURPHY, E.J.; WAKINS, J.L.; REID, K.; TRATHAN, P.N.; EVERSON, I.; CROXALL, J.P.; PRIDDLE, J.; BRANDON, M.A.; BRIERLEY, A.S.; HOFFMAN, E. 1998. Interannual variability in the South Georgia marine ecosystem: biological and physical sources of variation in the abundance of krill. *Fisheries Oceanography*, **7**: 381 – 390.
- MURPHY, E.J.; WATKINS, J.L.; TRATHAN, P.N.; REID, K.; MEREDITH, M.P.; THORPE, S.; JOHNSTON, N.M.; CLARKE, A.; TARLING, G.A.; COLLINS, M.A.; FORCADA, J.; SHREEVE, R.S.; ATKINSON, A.; KORB, R.; WHITEHOUSE, M.J.; WARD, P.; ENDERLEIN, P.; HIRST, A.G.; MARTIN, A.R.; HILL, S.L.; STANILAND, I.L.; POND, D.W.; BRIGGS, D.R.; CUNNINGHAM, N.J.; FLEMING, A.H. 2007. Spatial and temporal operation of the Scotia Sea ecosystem: a review of large-scale links in a

- krill-centred food web. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B*, **362**: 113 – 148.
- NÆSS, A.; HAUG, T.; NILSSEN, M. 1998. Seasonal variation in body condition and muscular lipid contents in Northeast Atlantic minke whale *Balaenoptera acutorostrata*. *Sarsia*, **83**: 211 – 218.
- NAVEIRA GARABATO, A.C.; MCDONAGH, E.L.; STEVENS, D.P.; HEYWOOD, K.J.; SANDERS, R.J. 2002. On the export of Antarctic Bottom Water from the Weddell Sea. *Deep-Sea Research II*, **49 (21)**: 4715 – 4742.
- NICOL, S. 2006. Krill, currents, and sea ice: *Euphausia superba* and its changing environment. *Bioscience*, **56**: 111 – 120.
- NICOL, S.; ENDO, Y. 1997. Krill fisheries of the world. FAO Fisheries Technical Paper 367. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 100 pp.
- NICOL, S.; WORBY, A.; LEAPER, R. 2008. Changes in the Antarctic sea ice ecosystem: potential effects on krill and baleen whales. *Marine and Freshwater Research*, **59**: 361 – 382.
- NORTHRIDGE, S. 2009. Effects of Fishing Industry. In: PERRIN, W.F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J.G.M. (Eds.). Encyclopedia of marine mammals. 2nd Edition. San Diego: Academic Press. 443 – 447.
- O'REILLY, J.E.; MARITORENA, S.; MITCHELL, B.G.; SIEGEL, D.A.; CARDER, K. L.; GARVER, S.A.; KAHRU, M.; MCCLAIN, C. 1998. Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFis. *Journal of Geophysical Research*, **103**: 24937 – 24953.

- PARKINSON, C.L. 2002 Trends in the length of the Southern Ocean sea-ice season, 1979–99. *Annals of Glaciology*, **34**: 435 – 440.
- PATTERSON, S.L.; SIEVERS, H.A. 1980. The Weddell–Scotia Confluence. *Journal of Physical Oceanography*, **10**: 1584 – 1610.
- POMEROY, P. 2011. Reproductive cycles of marine mammals. *Animal Reproduction Science*, **124**: 184–193.
- PRENDERGAST, B.J.; NELSON, R.J.; ZUCKER, I. 2002. Mammalian seasonal rhythms: behavior and neuroendocrine substrates. *In*: PFAFF, D.W. (Ed.) *Hormones Brain and Behavior*. 1st Edition. San Diego: Elsevier Science. 93–156.
- QUETIN, L.B.; ROSS, R.M. 2003. Episodic recruitment in Antarctic krill *Euphausia superba* in the Palmer LTER study region. *Marine Ecology Progress Series*, **259**: 185 – 200.
- QUETIN, L.B.; ROSS, R.M.; CLARKE, A. 1994. Krill energetics: seasonal and environmental aspects of the physiology of *Euphausia superba*. *In*: EL SAYED, S.Z. (Ed.) *Southern Ocean ecology: the BIOMASS perspective*. 1st Edition. Cambridge: Cambridge University Press. 165 – 184.
- QUETIN, L.B.; ROSS, R.M.; FRITSEN, C.H.; VERNET, M. 2007. Ecological responses of Antarctic krill to environmental variability: can we predict the future? *Antarctic Science*, **19**: 253 – 266.
- QUINN, T.P.; UNWIN, M.J.; KINNISON, M.T. 2000. Evolution of temporal isolation in the wild: genetic divergence in timing of migration and breeding by introduced Chinook salmon populations. *Evolution*, **54**: 1372 – 1385.

- QUINN, T.P.; ADAMS, D.J. 1996. Environmental changes affecting the migratory timing of American shad and Sockeye salmon. *Ecology*, **77**(4): 1151 – 1162.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: março de 2013.
- RAMENOFSKY, M.; WINGFIELD, J.C. 2007. Regulation of migration. *BioScience*, **57**: 135–143.
- RIEDMAN, M. 1990. The Pinnipeds: Seals, Sea Lions and Walruses. 1st Edition. Los Angeles: University of California Press. 439 pp.
- RÖNNER, U.; SÖRRENSON, F.; HOLM-HANSEN, O. 1983. Nitrogen assimilation by phytoplankton in the Scotia Sea. *Polar Biology*, **2**:137–147.
- ROSS, R.M.; QUETIN, L.B. 2000. Reproduction in Euphausiacea. In: EVERSON, I. (Ed.) Krill: Biology, Ecology and Fisheries. 1st Edition. Oxford: Blackwell Science.150 – 181.
- SALDEN, D.R. 1988. Humpback whale encounter rates offshore of Maui, Hawaii. *Journal Of Wildlife Management*, **52**(2): 301 – 304.
- SCHLUESSEL, P.; EMERY, W.J.; GRASS, H.; MAMMEN, T. 1990. On the bulk-skin temperature difference and its impact on satellite remote sensing of sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research*. **95** (C8): 13341 –13356.

- SCHNEIDER, J.E. 2004. Energy balance and reproduction. *Physiology & Behavior*, **81**: 289 – 317.
- SCHODLOK, M.P.; HELLMER, H.H.; BECKMANN, A. 2002. On the transport, variability and origin of dense water masses crossing the South Scotia Ridge. *Deep-Sea Research II*, **49** (21): 4807– 4825.
- SCOTIA SEA. 2013. *Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica Online Academic Edition. Encyclopædia Britannica Inc.* Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/529436/Scotia-Sea>>. Acesso em: 14 de outubro de 2013.
- SICILIANO, S. 1997. Características da população de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na costa brasileira, com especial referência ao Banco de Abrolhos. Dissertação de Mestrado em Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 113 pp.
- SIEGEL, V. 1987. Age and growth of Antarctic Euphausiacea (Crustacea) under natural conditions. *Marine Biology*, **96**: 483 – 495.
- SIEGEL, V. 1988. A concept of seasonal variation of krill (*Euphausia superba*) distribution and abundance west of the Antarctic Peninsula. In: SAHRHAGE, D. (Ed.) Antarctic Ocean and Resources Variability. 1st Edition. Berlin: Springer-Verlag. 219–230.
- SIEGEL, V. 2010. The Antarctic krill: resource and climate indicator, 35 years of German krill research. *Journal of Applied Ichthyology*, **26** (1): 41–46.
- SIEGEL, V.; LOEB, V. 1994. Length and age at maturity of Antarctic krill. *Antarctic Science*, **6**: 479 – 482.

- SIEGEL, V.; LOEB, V. 1995. Recruitment of Antarctic krill *Euphausia superba* and possible causes for its variability. *Marine Ecology Progress Series*, **123**: 45 – 56.
- SIEGEL, V.; NICOL, S. 2000. Population parameters. *In*: EVERSON, I. (Ed.) Krill biology, ecology and fisheries. 1st Edition. Oxford: Blackwell Science. 103–149
- SILVA, A.P. 2008. Organização e arquitetura microscópica do sistema tegumentar do Lobo-marinho-sul-americano (*Arctocephalus australis*, Zimmermann, 1783). Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade de São Paulo, 161 pp.
- SILVA, A.S.; LEÃO, Z.M.A.N.; KIKUCHI, R.K.P.; COSTA, A.B.; SOUZA, J.R.B. 2013. Sedimentation in the coastal reefs of Abrolhos over the last decades. *Continental Shelf Research*, **70**: 159 – 167.
- SIMMONDS I.; JACKA, T.H. 1995. Relationships between the interannual variability of Antarctic sea ice and the southern oscillation. *Journal of Climate*, **8**: 637 – 647.
- SMITH, R.C.; FRASER, W.R.; STAMMERJOHN, S.E. 2003. Climate variability and ecological response of the marine ecosystem in the Western Antarctic Peninsula (WAP) region. *In*: GREENLAND, D., GOODIN, D.G.; SMITH, R.C. (Eds.). Climate variability and ecosystem response at Long-Term Ecological Research sites. 1st Edition. New York: Oxford University Press. 158 – 173.
- SOUZA, R. B.; LORENZZETTI, J. A.; LUCCA, E. V. D., 2005. “Estimativas da Temperatura da Superfície do Mar através do Sensoriamento Remoto no

Infravermelho”, *In: SOUZA, R.B. (Ed.). Oceanografia por Satélites. Oficina de Textos.* 102 – 116.

SPIRIDONOV, V.A. 1996. Scenario of the late-Pleistocene-Holocene changes in the distributional range of Antarctic krill (*Euphausia superba*). *PSZN I: Marine Ecology*, **17**: 519 – 541.

STAMMERJOHN, S.E.; MARTINSON, D.G.; SMITH, R.C.; YUAN, X.; RIND, D. 2008. Trends in Antarctic annual sea ice retreat and advance and their relation to *El Nino*-Southern Oscillation and Southern Annular Mode variability. *Journal of Geophysical Research*, **113** (C03S90) doi:10.1029/2007JC004269

STEVIK, P.T.; AGUAYO, A.; ALLEN, J.; AVILA, I.C.; CAPELLA, J.; CASTRO, C.; CHATER, K.; DALLA ROSA, L.; ENGEL, M. H.; FELIX, F.; FLOREZ-GONZALEZ, L.; FREITAS, A.; HAASE, B.; LLANO, M.; LODI, L.; MUNOZ, E.; OLAVARRIA, C.; SECCHI, E.; SCHEIDAT, M.; SICILIANO, S. 2004. Migrations of individually identified humpback whales between the Antarctic Peninsula and South America. *Journal of Cetacean Research And Management*, **6**(2): 109 – 13.

STEVIK, P.T.; PACHECO DE GODOY, L.; MCOSKER, M.; ENGEL, M.H.; ALLEN, A. 2006. A note on the movement of a humpback whale from Abrolhos Bank, Brazil to South Georgia. *Journal of Cetacean Research and Management*, **8**(3): 297 – 300.

SWINGLE, W.M.; BARCO, S.G.; PITCHFORD, T.D.; MCLELLAN, W.A.; PABST, D.A. 1993. Appearance of juvenile humpback whales feeding in

- the near shore waters off Virginia. *Marine Mammal Science*, **9**: 309 – 315.
- TAMARKIN, L.; CURTIS, J.B.; ALMEIDA, F.X. 1985. Melatonin: A Coordinating Signal for Mammalian Reproduction? *Science*, **227**: 714 – 720.
- TEIXEIRA, C.E.P.; LESSA, G.C.; CIRANO, M.; LENTINI, C.A.D. 2013. The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18°S, Brazil. *Continental Shelf Research*, **70**: 13 – 26.
- THIELE, D.C.; CHESTER, E.T.; MOORE, S.E.; SIROVIC, A.; HILDEBRAND, J.A.; FRIEDLAENDER, A.S. 2004. Seasonal variability in whale encounters in the Western Antarctic Peninsula. *Deep-Sea Research II*, **51**: 2311 – 2325.
- TRUDEL, M.; FISHER, J.; ORSI, J.A.; MORRIS, J.F.T.; THIESS, M.E.; SWEETING, R.M.; HINTON, S.; FERGUSON, E.A.; WELCH, D.W. 2009. Distribution and migration of juvenile chinook salmon derived from coded wire tag recoveries along the continental shelf of Western North America. *Transactions of the American Fisheries Society*, **138**: 1369 – 1391.
- TURNER, J. 2004. Review: the El Niño - Southern oscillation and Antarctica. *International Journal of Climate*, **24**: 1 – 31.
- VAUGHAN, D.G.; MARSHALL, G.J.; CONNOLLEY, W.M.; PARKINSON, C.L.; MULVANEY, R.; HODGSON, D.A.; KING, J.C.; PUDSEY, C.J.; TURNER, J. 2003. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change*, **60(3)**: 243 – 274.

- VAZ FERREIRA, R. 1976. *Arctocephalus australis* (Zimmermann) South American fur seal. *Fao Scientific Consultation On Marine Mammals*, **49**: 13.
- VENABLES, W. N., RIPLEY, B. D. 2002. Modern Applied Statistics with S. 4th Edition. New York: Springer. 508 pp.
- VENABLES, W.N.; SMITH, D.M.; R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2007. An Introduction to R - Notes on R: a programming environment for data analysis and graphics. Version 2.5.1 (2007-06-27).
- VÍKINGSSON, G.A. 1995. Body condition of fin whales during summer off Iceland. *In*: BLIX, A.S.; WALLØE, L.; ULLTANG, Ø. (Eds.). Whales, seals, fish and man. Amsterdam: Elsevier. 361–369
- VISSER, F.; HARTMAN, K.L.; PIERCE, G.J.; VALAVANIS, V.D.; HUISMAN, J. 2011. Timing of migratory baleen whales at the Azores in relation to the North Atlantic spring bloom. *Marine Ecology Progress Series*, **440**: 267 – 279.
- VISSER, M. E.; CARO, S. P.; VAN OERS, K.; SCHAPER, S. V.; HELM, B. 2010. Phenology, seasonal timing and circannual rhythms: towards a unified framework. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **365**: 3113 – 3127.
- WADE, G.N.; SCHNEIDER, J.E. 1992. Metabolic fuels and reproduction in female mammals. *Neuroscience Biobehaviour Review*, **16**: 235 – 272.
- WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVERY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T.J.C.; FROMETIN, J.M.; HOEGH-GULDBERG, O. BAIRLEIN, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, **416**: 389 – 395.

- WATKINS, J.; MACAULAY, M.; EVERSON, I. 2000. Sampling krill. *In*: EVERSON, I. (Ed.) Krill: biology, ecology and fisheries. London: Blackwell Science. 8 – 39.
- WEDEKIN, L.L. 2011. Ecologia populacional da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1871) em sua área reprodutiva na costa do Brasil, Oceano Atlântico Sul. Tese de Doutorado em Zoologia. Universidade Federal do Paraná, 160 pp.
- WELCH, D.W.; MELNYCHUK, M.C.; PAYNE, J.C.; RECHISKY, E.L.; PORTER, A.D.; JACKSON, G.D.; WARD, B.R.; VINCENT, S.P.; WOOD, C.C.; SEMMENS, J. 2011. In situ measurement of coastal ocean movements and survival of juvenile Pacific salmon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**: 8708 – 8713.
- WILCOX, B. A. 1984. *In situ* conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. *In*: MCNEELY, J.; MILLER K.R. (Eds.). National parks, conservation and development: the role of protected areas in sustaining society. Washington: Smithsonian Institution Press. 639 – 647.
- WHITEHOUSE, M.J.; PRIDDLE, J.; BRANDON, M.A.; SWANSON, C. 1999. A comparison of chlorophyll/nutrient dynamics at two survey sites near South Georgia, and the potential role of planktonic nitrogen recycled by land-based predators. *Limnology Oceanography*, **44**: 1498 – 1508.
- WHITEHOUSE, M.J.; PRIDDLE, J.; SYMON, C. 1996. Seasonal and annual change in seawater temperature, salinity, nutrient and chlorophyll a

distributions around South Georgia, South Atlantic. *Deep-Sea Research, Part I*, **43**: 425 – 443.

ZERBINI, A.N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JØRGENSEN, M.P.; MOREIRA, S.; PIZZORNO, J.L.; MAIA, Y.G.; VANBLARICOM, G.R.; DEMAST D.P. 2011. Migration and summer destinations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. *Journal of Cetacean Research and Management Special Issue*, **3**: 113 – 118

ZERBINI, A.N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JØRGENSEN, M.P.; PIZZORNO, J.L.; MAIA, Y.G.; VANBLARICOM, G.R.; DEMASTER, D.P.; SIMÕES-LOPES, P.C.; MOREIRA, S.; BETHLEM, C. 2006. Satellite-monitored movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, **313**: 295 – 304.

ZERBINI, A.N.; CLAPHAM, P.J.; WADE, P. R. 2010. Assessing plausible rates of population growth in humpback whales from life-history data. *Marine Biology*, **157**: 1432 – 1793.