

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

**PADRÃO DE OCUPAÇÃO DA BALEIA-  
FRANCA-AUSTRAL (*Eubalaena australis*)  
EM ENSEADAS DO LITORAL CATARINENSE  
E A INFLUÊNCIA DE ANOMALIAS  
CLIMÁTICAS EM SUA TAXA DE  
NATALIDADE**

**ELISA SEYBOTH**

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

Orientador: Luciano Dalla Rosa

Co-orientador: Eduardo Resende Secchi

**RIO GRANDE**

**Abril de 2013**

*Aos meus pais e ao meu irmão*

*" De nuestros miedos  
nacen nuestros corajes  
y en nuestras dudas  
viven nuestras certezas.  
Los sueños anuncian  
otra realidad posible  
y los delirios otra razón.  
En los extravíos  
nos esperan hallazgos  
porque es preciso perderse  
para volver a encontrarse. "*

*Eduardo Galeano*

## **AGRADECIMENTOS**

Uma combinação de acontecimentos, escolhas e encontros me permitiu chegar até aqui. Por isso, inicio agradecendo a Deus SU, por ter guiado meus passos para que as coisas acontecessem da maneira como aconteceram.

Meus sinceros agradecimentos a Karina Groch e ao Projeto Baleia Franca, que contribuíram para minha formação profissional, deram oportunidades, reconhecimento e viabilizaram esse trabalho, disponibilizando um extenso banco de dados. Espero que o resultado esteja compatível com minha gratidão.

Obrigada ao Luciano, por ter aceitado a orientação. Ao Edu por toda ajuda, apoio, disponibilidade e reconhecimento ao longo do caminho, e por manter as portas abertas.

Aos membros da banca, Kinas e Artur, muito obrigada pela disponibilidade, pelas correções e sugestões que enriqueceram e amadureceram o trabalho.

Agradeço também ao Programa de Pós Graduação em Oceanografia Biológica e a Universidade Federal do Rio Grande, por continuarem proporcionando uma excelente possibilidade de formação e qualificação profissional. Ao CNPq pela concessão de bolsa durante o período de desenvolvimento desse trabalho.

A toda a equipe do lab, obrigada pelo apoio e pela convivência durante o mestrado. Créditos especiais para as “meninas da salinha” (Thaise e Luara), Laís, Johnny e Jusp, que me ajudou com inúmeras “dúvidas modelísticas”.

A quem acompanhou de perto esse período: minas do Cassinão. Jana, Micheli, Bah, Flor, Thaís, Lumi, Dédi, Laís, Laurinha, Van, e, especialmente, Amirga, muito obrigada por tudo! Sem vocês teria sido beem mais difícil.

Agradecimentos especiais a quem me deu toda a base e nunca mediu esforços para que eu chegasse até aqui: minha família. Especialmente aos meus pais, Leonardo e Tânia e ao meu irmão Guilherme, minha eterna gratidão.

Finalmente, às francas, por proporcionarem momentos incríveis e inesquecíveis e por terem motivado essa etapa da minha vida.

## ÍNDICE

Resumo .....	1
Abstract .....	2
1. Introdução .....	3
1.1 Mamíferos marinhos: importância e conservação .....	3
1.2 A baleia-franca-austral .....	5
1.2.1 Distribuição e uso de habitat em áreas reprodutivas.....	7
1.2.2 Sucesso reprodutivo.....	9
2. Objetivos .....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3. Metodologia .....	14
3.1 Área de Estudo .....	14
3.2 Distribuição e Uso de habitat .....	16
3.3 Taxas Relativas de Natalidade .....	24
4. Síntese dos Resultados .....	28
4.1 Distribuição e Uso de habitat.....	28
4.2 Taxas Relativas de Natalidade.....	29
5. Discussão .....	30
5.1 Distribuição e Uso de habitat .....	30
5.2 Taxas Relativas de Natalidade.....	38
6. Referências Bibliográficas.....	44
Apêndice 1 .....	57

## RESUMO

A vulnerabilidade dos mamíferos marinhos a ameaças que comprometam a manutenção de suas populações é uma das razões que os levam a ser alvo de pesquisas que visam sua conservação. A baleia-franca-austral, *Eubalaena australis*, é uma dessas espécies, sendo que a caça foi uma forte ameaça a todas as suas populações. No Brasil, sua principal concentração reprodutiva ocorre no litoral de Santa Catarina, onde indivíduos da espécie são observados anualmente entre os meses de julho e novembro. Esses indivíduos pertencem a uma população compartilhada entre Brasil e Argentina e que se recupera a taxas significativas. Esforços vêm sendo realizados a fim de preservar essa importante área para a espécie, porém faz-se necessário um melhor conhecimento acerca do seu uso de habitat na região, bem como de fatores que podem influenciar a taxa relativa de nascimentos de indivíduos, a qual possui forte relação com a recuperação populacional. O objetivo do presente trabalho foi testar a influência de variáveis temporais e ambientais na distribuição da espécie no litoral sul de Santa Catarina e avaliar a influência de anomalias climáticas em sua taxa relativa de nascimentos através de Modelos Lineares Generalizados e correlação cruzada, respectivamente. Os resultados sugerem que tanto grupos de fêmeas com filhotes quanto de adultos desacompanhados preferem enseadas amplas, com declive suave e parecem evitar enseadas com grandes ângulos de inclinação quando ventos intensos da direção leste atuam sobre elas. O sucesso reprodutivo dos indivíduos parece influenciado por anomalias climáticas, relacionadas principalmente à temperatura superficial da água do mar, que afetam a disponibilidade de alimento em sua área de alimentação, no entorno das ilhas Geórgias do Sul.

**PALAVRAS-CHAVE:** cetáceos, distribuição, uso do habitat, taxa de natalidade, correlação cruzada, variáveis ambientais, modelos lineares generalizados.

## **ABSTRACT**

Vulnerability to threats that can compromise population maintenance is one of the reasons why many marine mammal species are targeted for conservation research. The southern right whale, *Eubalaena australis*, is one such species, and hunting was a strong threat to all of their populations. On the Brazilian coast, its main reproductive site is located along the Santa Catarina State, where individuals of the species are observed annually between July and November. These individuals belong to a population shared between Brazil and Argentina, which recovers at significant rates. Efforts have been made to preserve this important area for the species, but the habitat use of right whales in the region needs to be better known, as well as factors that may be influencing their relative birth rates, which are strongly related to population recovery. The objective of this study was to test the influence of temporal and environmental variables on species distribution at the southern coast of Santa Catarina and whether climate anomalies influence their relative birth rate using Generalized Linear Models and cross correlation, respectively. Our results suggest that both cow-calf and unaccompanied adult groups prefer large bays with gentle slope and they seem to avoid bays with great inclination angles when strong east winds are acting on them. The reproductive success of individuals appears to be influenced by climate anomalies, mainly the ones related to sea surface temperature, which affect food availability on the species feeding area, in the vicinity of South Georgia Islands.

**KEY-WORDS:** cetaceans, distribution, habitat use, birth rate, cross correlation, environmental variables, Generalized Linear Models.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Mamíferos marinhos: importância e conservação**

Os mamíferos aquáticos são especialmente vulneráveis a diversas ameaças devido às suas baixas taxas intrínsecas de aumento populacional, consequentes da maturação sexual tardia, intervalos longos entre as gestações e a geração de apenas um filhote em cada uma delas (Perrin 2002). Esta vulnerabilidade é um dos fatores que fazem com que muitas espécies desse grupo apresentem sérios problemas de manutenção de populações e sejam o foco de muitos estudos que visam sua conservação. Entre as ameaças que podem levar a efeitos negativos sobre as populações de cetáceos estão interações com a indústria pesqueira (como enredamento em aparatos de pesca), colisões com embarcações, degradação e perda de habitat (por exemplo, devido à presença humana e à sua atuação na alteração de ambientes), poluição química (que pode reduzir a capacidade reprodutiva e debilitar o sistema imunológico, aumentando a propensão dos cetáceos a doenças) e mudanças climáticas (através de alterações na temperatura do mar, na cobertura de gelo de regiões polares e nas descargas de água doce) (Reeves *et al.* 2003).

Outro fator que impulsiona esforços para conservação desses animais está relacionado à sua importância, tanto ecológica como econômica. Ambientes marinhos em geral têm sua complexidade reconhecida e a presença de predadores de níveis tróficos elevados, como cetáceos, tem sido considerada relevante na manutenção do



equilíbrio desses ambientes (Bowen 1997, Estes *et al.* 2010, Roman & McCarthy 2010). A remoção de espécies do sistema onde ela ocorre pode causar alterações na composição e abundância da estrutura faunística dos ecossistemas, podendo causar um efeito cascata nos mesmos (Heithaus *et al.* 2008, Baum & Worm 2009).

A capacidade dos cetáceos em atrair a atenção das pessoas e de sensibilizá-las permite a sua utilização como fonte de renda para instituições e comunidades em diferentes regiões do mundo. Esses usos incluem, por exemplo, atividades de natação com os animais em ambiente natural e a sua observação a partir de embarcações. Essa última atividade, conhecida como *whalewatching*, inclui a observação de baleias e golfinhos, e atualmente movimenta cerca de 2,1 bilhões de dólares por ano, globalmente (O'Connor *et al.* 2009).

Ainda devido ao seu carisma, mamíferos marinhos são utilizados como espécies-bandeira em planos de conservação que envolvem causas ambientais mais abrangentes. É o caso, por exemplo, da Unidade de Conservação denominada Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca, criada pelo Decreto Federal s/nº de 14 de setembro de 2000, no litoral centro-sul do estado de Santa Catarina. A proposta da criação desta unidade de conservação foi principalmente motivada pela intenção de proteger um ambiente essencial à conservação da baleia-franca-austral, *Eubalaena australis*, no litoral brasileiro. Apesar de a determinação da APA ter levado a aparentes benefícios para a espécie através, por exemplo, da regulamentação da atividade de *whalewatching* na região e na determinação de áreas refúgio para a espécie, onde essa atividade não pode ser realizada (Instrução Normativa nº 102/2006), a conservação de qualquer grupo de espécies é um processo contínuo. Assim, as medidas vigentes

devem ser frequentemente reavaliadas tanto para verificar sua eficácia como para identificar novas ameaças reais ou potenciais (Reeves *et al.* 2003). Além disso, a identificação das áreas ecologicamente importantes para as populações é fundamental para o conhecimento e a interpretação dos aspectos da ecologia da espécie, sendo ainda fundamental para a execução de ações que objetivem mitigar ou minimizar os impactos humanos quando necessário (*e.g.* Hooker *et al.* 1999, Hastie *et al.* 2003).

### **1.2 A baleia-franca-austral**

A baleia-franca-austral, *Eubalaena australis*, pertence à ordem Cetartiodactila (=Cetacea), grupo mais adaptado ao ambiente aquático dentre os mamíferos marinhos, e também o mais diverso, com cerca de 84 espécies viventes divididas em duas subordens, a Odontoceti e a Mysticeti (Mead & Brownell 2005).

O grupo dos misticetos engloba espécies de grandes baleias cuja principal característica é a presença de cerdas bucais ou barbatanas, que, em substituição aos dentes, funcionam como um eficiente filtro no ambiente aquático (Rice 2002).

Dentre as 14 espécies de misticetos, estão as três que representam o gênero *Eubalaena*: *E. japonica*, do Pacífico Norte, *E. glacialis*, do Atlântico Norte e *E. australis*, que ocorre em todos os oceanos do Hemisfério Sul. O reconhecimento das duas primeiras como espécies distintas ocorreu principalmente com base nas análises filogenéticas de mtDNA (Rosenbaum *et al.* 2000).

Uma das características marcantes das espécies desse gênero é a presença de calosidades na região da cabeça (Fig. 1). Essas são constituídas por espessamentos da epiderme colonizados por crustáceos anfípodos da família Cyamidae, conhecidos

popularmente como piolhos-de-baleia, que se alimentam dos restos de pele nessa região. O padrão de distribuição e o tamanho das calosidades em cada animal é único, sendo possível a identificação de cada indivíduo através de fotos da região superior da sua cabeça (Payne *et al.* 1986).



*Figura 1: Vista dorsal de uma fêmea de baleia-franca Eubalaena australis com seu filhote, no litoral catarinense. Fonte: Projeto Baleia Franca.*

A cada gestação, que dura por volta de 12 meses (Payne *et al.* 1986), a fêmea gera apenas um filhote, o qual é amamentado por cerca de um ano. Após esse período, a maioria das fêmeas apresenta um período de descanso de 12 meses até a próxima gestação, fechando um ciclo reprodutivo de aproximadamente três anos, que é o período de intervalo entre gestações mais comum entre as fêmeas de baleia-franca

monitoradas em diferentes estudos (Payne *et al.* 1986, Burnell 2001, Cooke *et al.* 2001, Best *et al.* 2001, Groch 2005).

As baleias-franca, assim como a maioria dos mysticetos, realizam migrações sazonais entre áreas de alimentação, em altas latitudes, durante os meses de verão, e áreas de reprodução, em regiões tropicais e temperadas, onde acasalam e dão à luz seus filhotes principalmente durante o inverno (Cummings 1985).

Sua caça, no Brasil, cessou em 1973 (Palazzo & Carter 1983), apesar de a atividade estar mundialmente proibida, desde 1935, pela IWC. A baleia-franca-austral está atualmente classificada como espécie de baixa preocupação (em relação à ameaça de extinção) pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN 2012).

### **1.2.1 Distribuição e uso de habitat em áreas reprodutivas**

Para a baleia-franca-austral, quatro principais locais de concentração reprodutiva são reconhecidos: África do Sul, Austrália, América do Sul e região sub-Antártica da Nova Zelândia (IWC 2001). No Brasil, a espécie apresentava, historicamente, uma distribuição muito ampla, do Rio Grande do Sul até a Bahia (Ellis 1969, Palazzo & Flores 1999). Com a grande diminuição da sua população, ao longo dos quase 400 anos em que foi alvo da caça (Palazzo & Flores 1999), atualmente sua ocorrência restringe-se à região sul do Brasil, onde os indivíduos concentram-se para cria e reprodução anualmente entre os meses de julho e novembro (Groch *et al.* 2005). Ainda assim, registros menos frequentes são realizados ao longo de toda sua área de ocorrência histórica (*e.g.* Santos *et al.* 2001, Lodi *et al.* 2007).

A população de baleias-franca que frequenta o litoral catarinense vem sendo estudada, desde 1982, pelo Projeto Baleia Franca. Com base em dados coletados a

partir de seus esforços, estudos têm demonstrado que algumas enseadas parecem apresentar maiores concentrações de indivíduos do que outras, dentro da área reprodutiva. Por exemplo, em duas temporadas reprodutivas consecutivas (1998 e 1999), Groch (2000) observou que a enseada da praia de Laguna se destacava pelo grande número de animais avistados. A continuidade desse estudo, a fim de testar se há um padrão preferencial de distribuição dos indivíduos ao longo do tempo, se mostra importante para o manejo dessa população, especialmente se envolver a avaliação de fatores (*e.g.* ambientais, espaciais e temporais) que podem estar influenciando esse padrão.

Estudos relativos à distribuição das espécies são importantes, pois entender esse fator ecológico, bem como os hábitos e os parâmetros demográficos de uma espécie, pode ser fundamental para sua conservação. Considerando a ocorrência geral dos cetáceos, tanto em áreas reprodutivas quanto em áreas de alimentação, sabe-se que sua distribuição é determinada por diversos fatores, dentre eles os abióticos (por exemplo, climatológicos e geomorfológicos), os bióticos (como distribuição das presas, predação e relações sociais entre os animais) e os antropogênicos (incluindo tráfego de embarcações, poluições sonora e química) (Borcard *et al.* 1992, Jaquet 1996, Forcada 2002, Hastie *et al.* 2004). O conhecimento de quais desses fatores afetam a distribuição de determinada espécie é também importante para a compreensão de possíveis alterações de sua distribuição ao longo do tempo, podendo levar à identificação de distúrbios que estejam ocorrendo em seu habitat (Rowntree *et al.* 2001, Austin 2002).

Variações em relação à distribuição da baleia-franca nas áreas reprodutivas podem estar relacionadas, por exemplo, a alterações de condições ambientais como topografia de fundo (causada por fortes tempestades capazes de destruir a proteção de locais contra a atuação de correntes oceânicas paralelas à costa) e a fatores antropogênicos como o aumento do tráfego de navios e do esforço de pesca, que podem inclusive levar os animais a abandonarem áreas onde geralmente são encontrados (Rowntree *et al.* 2001, Elwen & Best 2004b).

No presente trabalho, a fim de testar se e quais fatores apresentam influência na distribuição dos indivíduos de baleia-franca no litoral catarinense, variáveis ambientais e temporais foram associadas aos dados de observação de indivíduos na região. A hipótese testada foi a de que os indivíduos apresentam preferência por praias arenosas, com declive suave (dissipativas), com alto grau de proteção contra vento e ondulação e com os maiores valores de temperatura superficial da água do mar (TSM). Outra hipótese testada foi a de que há diferença entre a distribuição de fêmeas acompanhadas de filhotes e de adultos não acompanhados de filhotes, considerando que áreas reprodutivas mais protegidas devam ser priorizadas aos filhotes para aumentar suas chances de sobrevivência.

### **1.2.2 Sucesso reprodutivo**

As áreas de alimentação da baleia-franca-austral permanecem sem definição concreta, mas sabe-se que se localizam em regiões de alta produtividade nas proximidades da Convergência Antártica, sendo o entorno das Ilhas Geórgias do Sul a mais importante delas (Leaper *et al.* 2006). As condições encontradas nas áreas de alimentação são importantes para os indivíduos, sendo que é nesse ambiente que eles

encontram alimento para estocarem energia (na forma de gordura) a fim de realizarem as longas migrações até as áreas de reprodução.

As condições nutricionais dos indivíduos variam conforme as condições encontradas nas áreas de alimentação e podem influenciar o sucesso reprodutivo dos mesmos (Cooke *et al.* 2003, Leaper *et al.* 2006). Reeves *et al.* (2001), em uma revisão sobre causas de falha reprodutiva em baleias-franca do Hemisfério Norte, afirmaram que a nutrição dos indivíduos da espécie pode afetar muitos estágios reprodutivos em ambos os sexos. Em machos, pode influenciar a idade de primeira maturação dos indivíduos, a produção, qualidade e viabilidade espermática e o sucesso na cópula com as fêmeas. Para elas, a nutrição também é fundamental para que atinjam a maturação sexual, e ainda influencia a ovulação, a fertilidade, a qualidade e quantidade de leite produzido e o tempo entre gestações. Além disso, o estado nutricional é importante para a sobrevivência e crescimento dos filhotes. Como a reprodução é considerada uma atividade energeticamente custosa e não essencial (ao menos ao nível de indivíduos), acredita-se que ela possa ser suprimida durante períodos de estresse nutricional, sendo restabelecida apenas quando as condições nutricionais voltam a ser favoráveis para o animal (Reeves *et al.* 2001).

Para a baleia-franca-austral, as principais fontes de energia são krill (*Euphausia superba*) e copépodos, suas presas preferenciais (Gaskin 1982). O krill é reconhecido como um importante recurso no oceano austral em geral, sendo considerado um componente chave da cadeia trófica da região (Atkinson *et al.* 2004, Rowntree *et al.* 2008). Outras espécies marinhas, incluindo mamíferos e aves, dependem do krill como recurso alimentar nas Geórgias do Sul, apresentando sucesso reprodutivo e tendências

populacionais dependentes de sua disponibilidade e abundância nesse ambiente (Guinet *et al.* 1994, Murphy *et al.* 1998, Forcada *et al.* 2005). A abundância de krill na região está associada a variações físicas, tanto oceânicas quanto atmosféricas, no Pacífico equatorial (Trathan *et al.* 2006).

Estas variações dizem respeito principalmente ao ENOS (*El Niño Oscilação Sul*), que pode ser definido como um sistema de interações entre o oceano Pacífico equatorial e a atmosfera acima dele. O estado desse sistema varia temporalmente e uma das principais maneiras de observar seu desenvolvimento é através de alterações na TSM nessa região do Pacífico (Oliveira 1999). Os conhecidos fenômenos *El Niño* e *La Niña* constituem estados opostos do sistema ENOS: o primeiro quando a TSM do Pacífico equatorial apresenta valores maiores do que o considerado normal e a segunda quando esses valores se mostram mais baixos do que o normal (Philander 1990). As interações existentes entre oceano e atmosfera são parte essencial desses fenômenos. Durante períodos de *El Niño*, a pressão ao nível do mar tende a ser menor no Pacífico leste do que no Pacífico oeste, enquanto o contrário tende a ocorrer durante períodos de *La Niña* (Philander 1990). Essa variação na pressão atmosférica entre as duas regiões é conhecida como Oscilação Sul (OS) (Trenberth 1997). A medida padrão da OS é tomada como a diferença da pressão ao nível do mar entre o Tahiti e Darwin, na Austrália. Como o *El Niño* e a OS estão relacionados, os dois termos são comumente combinados, gerando o termo ENOS, que apresenta, então, duas fases opostas, uma durante eventos de *El Niño* (fase quente) e outra quando ocorre *La Niña* (fase fria). Assim, o ENOS pode ser dividido em duas componentes, uma oceânica (*El Niño*) e



outra atmosférica (OS), que podem ser medidas através de índices, o *Oceanic Niño Index* (ONI) e o *Southern Oscillation Index* (SOI), respectivamente.

Isso ocorre porque, uma vez que se desenvolvem, eventos de *El Niño* e *La Niña* afetam a TSM em sua região de origem, levando a alterações de pressão atmosférica capazes de alterar padrões de precipitação e, conseqüentemente, de ventos.

Ainda devido às interações existentes entre oceano e atmosfera, as alterações causadas por eventos *El Niño/La Niña* são transferidas para diferentes regiões do globo, em processos conhecidos como teleconexões. Essas conexões foram detectadas entre as regiões *El Niño* do Pacífico e as Geórgias do Sul, por exemplo, em relação à TSM (Trathan & Murphy 2003, Forcada *et al.* 2005). Com base nessas relações, e naquelas encontradas entre a disponibilidade de krill e valores de TSM, a disponibilidade de alimento para as baleias-franca no Hemisfério Sul pode variar de acordo com fenômenos que ocorrem no Oceano Pacífico equatorial.

Leaper *et al.* (2006) testaram a relação entre anomalias de temperatura nas regiões *El Niño* e a quantidade de filhotes produzidos por fêmeas de baleia-franca na área reprodutiva da região da Península Valdés, na Argentina. Seus resultados indicam que há relação negativa entre as variáveis testadas, sendo que menores valores de TSM estão relacionados com maiores quantidades de filhotes observados. Isso parece razoável, uma vez que quanto menor a temperatura, maior a abundância de krill no ambiente, como já demonstrado por Trathan *et al.* (2006); e quanto maior a disponibilidade de alimento, maiores as chances de os indivíduos apresentarem boas condições para reprodução.

Considerando que há relação entre a população de baleias-franca que se reproduz na Argentina e aquela que utiliza o litoral catarinense como área reprodutiva e, ainda, que essa também parece utilizar a região das Geórgias do Sul como área de alimentação, acredita-se que elas também estejam suscetíveis às variações de TSM nesse ambiente, incluindo aquelas decorrentes de mudanças climáticas.

Além do ENOS, outro índice relacionado com a variabilidade climática parece apresentar forte influência sobre as forçantes físicas que atuam no oceano austral: o Modo Anular do Sul (SAM) (Forcada & Trathan 2009). Também conhecido como Oscilação Antártica (AAO), o SAM é baseado na variação da pressão média ao nível do mar entre médias e altas latitudes, podendo ser medido através de um índice, assim como o ENOS.

Esses índices (ONI, SOI e SAM), bem como dados de anomalias de temperatura na região das Geórgias do Sul e na região *El Niño 4* do Pacífico, foram utilizados para avaliar a influência de mudanças climáticas sobre as taxas de natalidade das baleias-franca que se reproduzem no litoral sul brasileiro. A hipótese testada foi de que anos com baixas taxas de nascimento nesta área reprodutiva estão relacionados com anos de anomalias positivas de TSM, com valores positivos de SOI e negativos de ONI e SAM.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar o padrão de ocupação da baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) em enseadas do litoral sul catarinense e a relação entre as taxas de natalidade da espécie observadas na região e anomalias climáticas em sua área de alimentação.

### **2.2 Objetivos Específicos**

I. Determinar se variáveis temporais e ambientais interferem no uso de habitat da espécie;

II. Verificar se há diferenças no uso de habitat entre adultos desacompanhados e pares de fêmea com filhote;

III. Determinar a influência de índices climáticos e de anomalias de TSM na região sub-antártica sobre o sucesso reprodutivo da baleia-franca-austral, *Eubalaena australis*, no litoral sul brasileiro.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Área de Estudo**

A área monitorada está inserida na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca e se localiza na porção centro sul da costa do estado de Santa Catarina, entre a Praia do Cardoso e a Praia de Pântano do Sul (28°36'35" S e 27°47'00"S, respectivamente), ao sul da Ilha de Florianópolis (*Figure 1*, Apêndice 1).

A região está localizada na Plataforma Continental Sudeste (PCSE), definida como a plataforma continental atlântica entre Cabo Frio, no Rio de Janeiro, e Cabo de Santa Marta, em Santa Catarina (Rossi-Wongtschowski & Madureira 2006).

Essa porção do litoral catarinense é constituída por áreas sedimentares descontínuas separadas por elevações rochosas que constituem os costões observados na costa, que por sua vez dividem a região em diversas praias (Duarte 1988) através da formação de muitos embaiamentos.

A principal forçante física que atua na região é a Corrente do Brasil, juntamente com o vento e a maré (Rossi-Wongtschowski & Madureira 2006). Porém, em sua porção mais ao sul e que, portanto, inclui a área de estudo, a variação de maré não parece ser muito significativa, sendo menor que um metro no litoral centro-sul catarinense.

Em relação ao vento, a direção predominante na região é NE na maior parte do ano, porém as direções W-SW-S são as que apresentam maior intensidade, estando associadas à passagem de tempestades (Tomazelli 1990). A PCSE apresenta entre 50 e 230 km de largura, sendo a região do Cabo de Santa Marta uma das mais estreitas, com cerca de 70 km (Rossi-Wongtschowski & Madureira 2006). Este estreitamento da plataforma favorece a ocorrência de ressurgência na região do Cabo de Santa Marta. Este fenômeno ocorre principalmente durante a primavera e o verão, quando ventos de direção nordeste são mais intensos, permitindo a penetração da Água Central do Atlântico Sul na plataforma continental (Acha *et al.* 2004). Pequeno aporte continental ocorre na região da PCSE, uma vez que os grandes rios da região sul do Brasil afluem para a Bacia do Prata, na Argentina (Carvalho *et al.* 1998).

As enseadas estudadas apresentam fundo arenoso, sendo que apenas quatro categorias de grão são reconhecidas para a região: lama, areia lamosa, areia fina e areia média (Programa Geológico Brasileiro, disponibilizado em mídia digital).

Atividades antrópicas no litoral catarinense que podem ser consideradas potencialmente impactantes para os cetáceos incluem pescarias, turismo de observação embarcado (*whalewatching*) e aquelas relacionadas ao tráfego de embarcações e atividades portuárias. Devido à aplicação de duas metodologias de coleta de dados em campo, houve variação na área amostrada para cada uma delas, como detalhado a seguir.

### **3.2 Distribuição e Uso do habitat**

As análises de distribuição e uso do habitat da espécie nas enseadas basearam-se em monitoramentos realizados a partir de pontos fixos elevados localizados em terra.

Foram utilizados dados de observações realizadas de 2002 a 2008 durante o período reprodutivo da espécie em Santa Catarina, entre junho e novembro de cada ano, em 14 praias (Tabela 1). O tempo total de observação variou devido a questões logísticas e aos fatores ambientais considerados limitantes para a atividade (velocidade do vento e estado de agitação do mar maior que quatro de acordo com a Escala Beaufort, ocorrência de precipitação e baixa visibilidade). Os dados a serem incluídos na análise foram filtrados e apenas foram considerados os turnos de monitoramento com no mínimo 60 minutos de observação.

*Tabela 1: Enseadas nas quais foram realizados monitoramentos para observação de indivíduos de baleia-franca, com a respectiva altitude de localização do ponto fixo e informações relativas ao esforço realizado e à média de avistagens para cada uma delas. O símbolo “-” foi utilizado para os locais onde a medição da altitude não pode ser realçada.*

<b>Praia</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Anos</b>	<b>Esforço Médio (h)</b>	<b>Esforço Total (turnos)</b>	<b>Média de Avistagens (turno)</b>
Cardoso	-	2002, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008	148.14 (±44.16)	317	1.03 (±2.42)
Prainha	-	2005 e 2007	168.58 (±39.29)	77	1.41 (±2.23)
Praia Grande	-	2004	148.5 (±49.65)	110	0.89 (±2.12)
Laguna	72.3592	2004 ~ 2008	160.76 (±37.35)	583	0.82 (±1.71)
Itapirubá Sul	55.561	2002 ~ 2008	98.22 (±35.35)	771	1.01 (±2.00)
Itapirubá Norte	53.4546	2002 ~ 2008	97.73 (±34.33)	772	1.63 (±2.94)
Vila	16.7091	2002, 2003, 2005, 2006, 2007 e 2008	167.05 (±39.64)	816	1.14 (±2.23)
Porto	91.7656	2002 ~ 2005	92.25 (±29.37)	313	0.43 (±1.14)
D'Água	55.778	2006 ~ 2008	69.43 (±18.64)	302	2.50 (±3.10)
Ribanceira	-	2002 ~ 2008	108.92 (±33.91)	736	6.73 (±8.49)
Silveira	47.9121	2002 ~ 2008	165.60 (±36.09)	393	0.62 (±1.62)
Garopaba	34.6593	2002 ~ 2008	169.43 (±47.40)	523	1.30 (±2.49)
Guarda do Embaú	-	2002 ~ 2004	153.64 (±44.89)	172	0.44 (±1.25)
Pinheira	-	2002, 2003, 2004 e 2008	131.75 (±45.96)	365	0.40 (±1.52)

Os pontos utilizados para observação estavam localizados de 20 a 90 metros acima do nível do mar, permitindo uma ampla visualização da área a ser estudada. Os

observadores (geralmente um por enseada), previamente treinados para o monitoramento, utilizaram binóculos da marca PENTAX, com aumento de 12 x 50, assim como planilhas padronizadas. Nestas, eram anotadas as condições ambientais (direção e velocidade do vento, cobertura de nuvens, estado de agitação do mar seguindo a Escala Beaufort e condição de visibilidade) e as informações relativas às avistagens realizadas (número de indivíduos e classificação do grupo). Os grupos avistados foram classificados em fêmeas com filhote (FeFi), adulto desacompanhado de filhote (Ad) e não determinado (ND), para os casos em que foi possível apenas determinar o número de animais no grupo. Indivíduos incluídos nessa última classe não foram incluídos nas análises.

A modelagem da distribuição e do uso de habitat das baleias-franca foi realizada através do método de Modelos Lineares Generalizados (GLMs) (McCullagh & Nelder 1997), utilizando o software R (R Development Core Team 2010) versão 2.13.1. Esses modelos trabalham geralmente com uma variável resposta  $Y$ , que é modelada segundo variáveis preditoras, às quais há um erro associado. Assim, o modelo apresenta dois componentes, um randômico e outro sistemático. O primeiro deles é a distribuição de probabilidade de  $Y$ , formada a partir de um vetor de observações  $y$  com  $n$  componentes que apresentam distribuição independente e média  $\mu$  (McCullagh & Nelder 1997). O outro é uma equação que liga o valor esperado de  $Y$  com uma combinação linear das variáveis preditoras (Dobson 2002). Ainda, uma função de ligação  $g(\mu)$  relaciona a média de  $y$  ao preditor linear  $\eta$ .

No presente estudo, a variável resposta foi o número de indivíduos de baleias-franca avistados por turno de monitoramento, enquanto as variáveis preditoras incluíram variáveis temporais e ambientais consideradas potencialmente influentes na distribuição

dos indivíduos (Tabela 2). Além disso, o esforço de observação em cada turno de monitoramento, medido em minutos, foi adicionado ao modelo como *offset*.

Formulou-se um modelo com a família Poisson de distribuição, considerando que esta é indicada quando se trabalha com dados relativos a contagens (Dobson 2002, Zuur *et al.* 2007), que, no caso, referiam-se ao número de indivíduos de baleia-franca avistados durante os monitoramentos de campo.

Assim, a equação geral que descreve o GLM utilizado pode ser escrita da seguinte maneira:

$$y_i \sim P(\mu_i)$$

$$g(\mu_i) = \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4}$$

Onde,

$\beta_0$  = intercepto

$\beta_i$  = vetores dos parâmetros

$x_i$  = preditores

$\mu_i = E(y_i)$  = média de  $y_i$  sob o modelo de probabilidade P

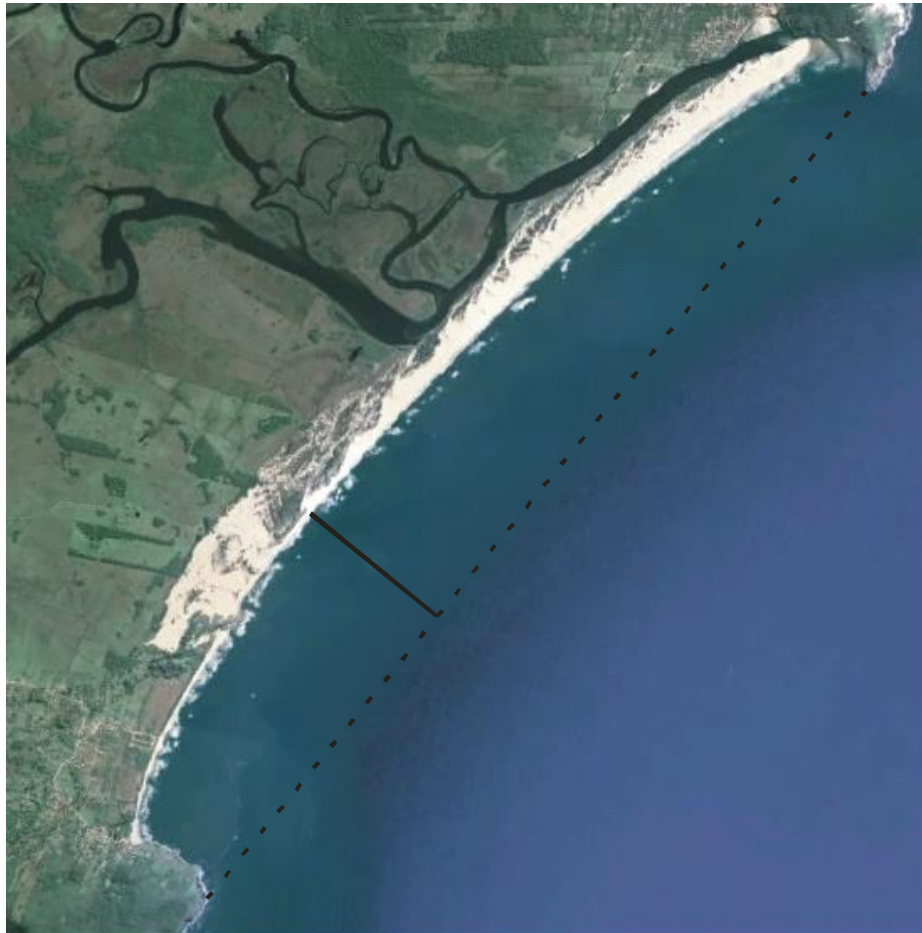
Porém, devido a sobre-dispersão dos dados a serem analisados, provavelmente gerada pelo excesso de zeros, foram também testados modelos gerados a partir de regressões com distribuição binomial negativa (Zuur *et al.* 2007), utilizando o pacote MASS (Zuur *et al.* 2009).



*Tabela 2: Covariáveis testadas nos modelos de uso de habitat da baleia-franca-austral no litoral catarinense.*

<b>Covariável</b>	<b>Tipo</b>	<b>Inclui</b>
<b>Ano</b>	Contínua	2002 a 2008
<b>Mês</b>	Contínua	7 a 11
<b>Morfotipo</b>	Catagórica	Dissipativa e Intermediária
<b>Tamanho da abertura enseada</b>	Contínua	0.70 ~ 12.35 km ( $\bar{x}$ = 4.40)
<b>Componente N-S vento</b>	Contínua	-4 a 4
<b>Componente E-W vento</b>	Contínua	-4 a 4
<b>Ângulo de inclinação da enseada</b>	Contínua	55° a 150° ( $\bar{x}$ =102.85°)
<b>TSM</b>	Contínua	15.37° a 22.30°
<b>Esforço</b>	<i>Offset</i>	60 a 360 min ( $\bar{x}$ =130.5173)

O tamanho da abertura e o ângulo de inclinação de cada enseada foram adicionados ao modelo por serem considerados influentes no grau de proteção contra vento e ondulação apresentado pelas mesmas. Ambos foram medidos com a utilização de ferramentas do programa *Google Earth* (Fig. 2).



*Figura 2: Esquema de como foram tomados os valores das covariáveis relacionadas ao tamanho de abertura da enseada (linha pontilhada) e ao ângulo de inclinação da enseada (linha sólida).*

Os dados relativos à direção do vento e à sua intensidade (obtidos em campo e medidos através da Escala Beaufort) foram utilizados para o cálculo dos componentes N-S e E-W do vento. Considerando uma rosa-dos-ventos, a direção do vento forneceu o ângulo e sua intensidade, o tamanho do vetor, permitindo um cálculo trigonométrico para a obtenção dos valores de seus componentes.

Em relação ao morfotipo das enseadas, foi considerada a classificação descrita por Silveira *et al.* (2011), que baseou-se em fotografias aéreas das praias analisadas, e considerou três estágios morfodinâmicos: dissipativo, intermediário e reflectivo. Em

geral, em praias dissipativas a alta energia de onda é atenuada pelo seu processo de quebra ao longo de uma extensa zona de surf. Já as reflectivas apresentam zonas de surf estreitas, onde a energia de onda geralmente é baixa, podendo ainda ser atenuada por refração. Praias intermediárias comumente apresentam zonas de surf estreitas e sequências de bancos praias. Na área de estudo considerada, apenas ocorrem praias dissipativas e intermediárias.

Médias mensais de dados de TSM, com resolução espacial de 4 km foram obtidas a partir de banco de dados do satélite MODIS-Aqua, disponíveis em <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/>. A resolução temporal mensal foi utilizada devido à considerável falta de valores para resoluções temporais curtas (diárias e semanais) em função da grande cobertura de nuvens, que impede as medições. Além disso, os valores de TSM não parecem variar significativamente entre as enseadas, devido ao tamanho (relativamente pequeno) da área de estudo, de maneira que uma única média mensal foi considerada para toda a região.

Todas as variáveis contínuas foram padronizadas através da subtração de seu valor pela média e posterior divisão desse valor pelo desvio padrão da variável. Com isso, as covariáveis ficam sem unidade, tornando comparáveis os coeficientes gerados pelo modelo (Zuur *et al.* 2009).

Com o objetivo de determinar possíveis variações no uso de habitat entre grupos de FeFi e grupos compostos apenas por Ad(s), foram selecionados dois modelos principais, um para cada classe de indivíduos.

A presença de correlação significativa entre as covariáveis a serem inseridas no modelo foi avaliada calculando-se os *variance inflation factors* (VIF), através do pacote

AED (Zuur *et al.* 2009). Segundo os autores, quando variáveis apresentam alta correlação, uma delas deve ser excluída das análises para evitar problemas de colinearidade.

A seleção de modelos foi realizada através do método *backward stepwise* com base no Critério de Informação de Akaike (AIC). O método *backward* de seleção de modelos consiste em elaborar um modelo que contenha todas as variáveis explicativas a serem testadas e eliminar, uma a uma, as variáveis que não se mostrarem significativas, de acordo com o seu p-valor no modelo (Faraway 2006), até que seja obtido o modelo que se considera como melhor, com base nos valores de AIC e na parcimônia. O AIC fornece uma medida de quão bem o modelo foi ajustado, através de um valor calculado a partir da seguinte fórmula:

$$AIC = -2 \ln(L) + 2q$$

Sendo

L = valor máximo da função de verossimilhança

q = número de parâmetros do modelo

Assim, esse critério considera a quantidade de informação perdida quando se fez o ajuste dos dados, e modelos com menores valores de AIC são considerados melhores (Faraway 2006). O primeiro fator da fórmula apresentada ( $-2\ln(L)$ ) favorece o modelo com melhor ajuste, enquanto o segundo ( $2q$ ) penaliza o modelo de acordo com o número de parâmetros nele incluídos. Com isso, o objetivo da modelagem estatística pode ser vista como uma maneira de extrair o máximo de informação dos dados disponíveis de maneira parcimoniosa (Dobson 2002).

A validação dos modelos que melhor explicaram a distribuição da espécie foi realizada através da avaliação dos resíduos de cada um deles (Zurr *et al.* 2009).

### **3.3 Taxas Relativas de Natalidade**

Para avaliar a relação entre as taxas de natalidade e a disponibilidade de alimento para os indivíduos da espécie durante o período de alimentação, foram utilizados dados de monitoramento da espécie realizados através de sobrevoos.

Observações de baleias-franca em Santa Catarina, a partir de sobrevoos, iniciaram em 1987, porém, devido a inconsistências metodológicas nos anos iniciais, apenas os dados adquiridos entre 1997 e 2012 foram considerados. Esses sobrevoos foram realizados com a finalidade de estimar o número de baleias-franca presentes na região durante sua temporada reprodutiva e também de foto-identificar os indivíduos encontrados. Os dados de foto-identificação não foram utilizados neste trabalho, mas auxiliaram para que não fossem consideradas contagens repetidas de um mesmo indivíduo.

No ano de 1997 foi utilizado um avião monomotor e a velocidade média de voo foi de 167 km/h. Nos demais anos os monitoramentos foram realizados com helicóptero e a velocidade de deslocamento da aeronave variou de 95 km/h a 120 km/h. A extensão total de costa sobrevoada variou entre os anos, mas uma faixa de 120 km entre a Ilha de Santa Catarina (Florianópolis) e o Cabo de Santa Marta (no município de Laguna) foi monitorada todos os anos. Assim, optou-se por considerar nas análises apenas as avistagens realizadas neste trecho da costa, entre 28°36'35''S e 27°47'00''S.

Em cada sobrevoo, de dois a três observadores realizaram esforço de avistagem. A posição do observador principal era ao lado do piloto, de maneira que seu esforço de observação era concentrado na região a sua frente. O segundo observador sentava-se

atrás do piloto, concentrava seus esforços do lado direito da aeronave e era responsável por fotografar os indivíduos avistados. O terceiro observador, quando presente, sentava-se ao lado do fotógrafo, monitorando a área à esquerda da aeronave. Essa área era observada pelo observador principal quando apenas dois observadores participaram dos levantamentos. Como a variável de interesse é a taxa relativa de nascimentos, assume-se que esta variação no esforço não afeta os resultados.

A altitude média dos voos foi de 300 metros, e o percurso era realizado paralelamente à linha de costa. Sempre que um grupo de baleias-franca era avistado, fazia-se uma aproximação, a uma distância mínima de 100 metros, para que fossem tomadas as fotografias. Considerando o hábito costeiro da espécie, a procura pelos grupos ocorreu desde a região após a linha de arrebentação até os 1500 metros de distância da costa.

Foram registradas as informações relativas à posição, ao número de indivíduos e a composição dos grupos avistados. A posição desses foi estimada utilizando-se um aparelho de GPS (*Global Positioning System*). A mesma classificação utilizada para as avistagens realizadas a partir de ponto fixo foi utilizada, de maneira que os grupos foram então definidos como fêmeas com filhote (FeFi) e adultos desacompanhados de filhotes (Ad). A classe ND não foi necessária porque a maior aproximação dos grupos e as fotografias tomadas facilitaram a classificação.

Apenas um sobrevoo de cada ano foi considerado para a análise, sempre o mais próximo possível do pico histórico de ocorrência da espécie na área de estudo, o qual ocorre no mês de setembro (Groch 2005). Dentro desse período, a equipe escolhia um dia com condições consideradas favoráveis - com alta visibilidade, vento fraco e mar pouco agitado – para realizar o monitoramento.

Considerando o total de indivíduos avistados em cada sobrevoo, foram calculadas taxas relativas de nascimento (TRN) para cada ano, através da fórmula:

$$TRN = \frac{N_{Fi}}{N_{Total}}$$

Sendo

N<sub>Fi</sub> = número de filhotes avistados

N<sub>Total</sub> = número total de indivíduos avistados

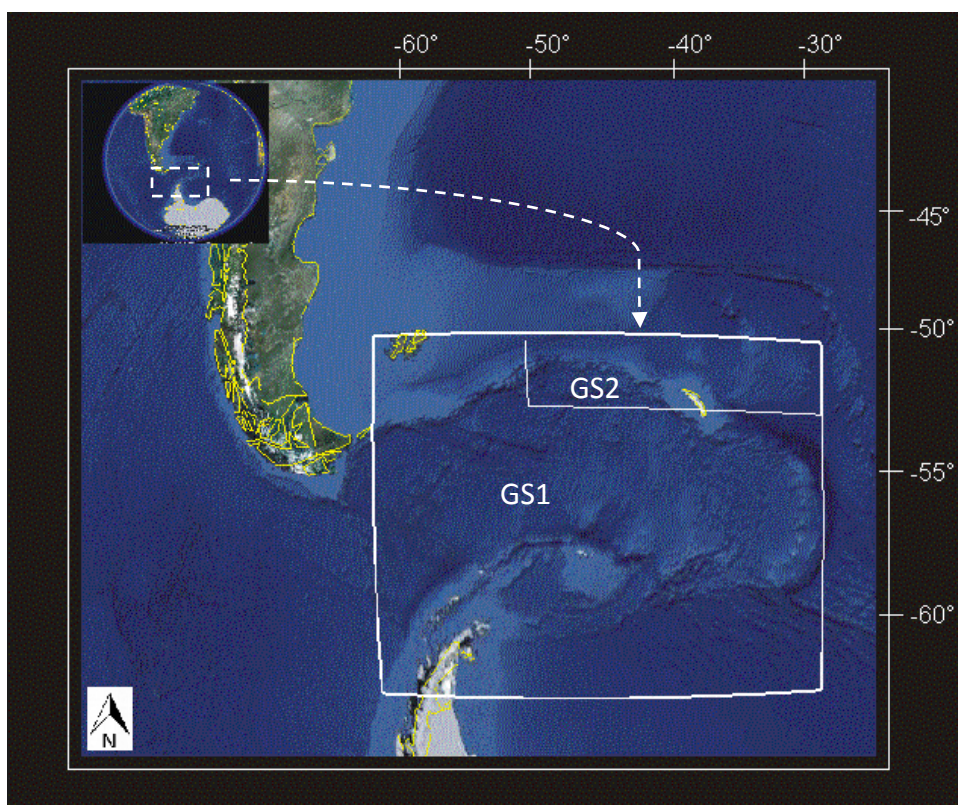
Para verificar a influência de variáveis climáticas nas taxas reprodutivas da espécie, foram utilizadas, como variáveis ambientais, os índices climáticos *Oceanic Niño Index*, *Southern Oscillation Index* e *Antarctic Oscillation* (ONI, SOI e AAO, respectivamente), além de anomalias de temperatura superficial da água do mar (TSM) na região das Geórgias do Sul e na região El Niño 4 do Oceano Pacífico. Esta região foi escolhida por apresentar maior correlação com a região das Geórgias do Sul, quando comparada com as demais regiões El Niño, em relação a dados de anomalias de TSM, como indicado por Trathan & Murphy (2003).

Os valores dos índices climáticos e de TSM para a região El Niño 4 foram obtidos através do banco de dados disponibilizado pelo *NOAA Climate Predict Center* (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>), enquanto os dados de anomalias de TSM para as Geórgias do Sul foram obtidos através da plataforma Kaplan (disponível em <http://www.esrl.noaa.gov/>).

Seguindo a metodologia utilizada em outros trabalhos que utilizaram índices climáticos para avaliar teleconexões (Liu *et al.* 2002, Leaper *et al.* 2006), foram

calculadas médias para o período de junho do ano anterior a maio do ano em questão para cada uma das variáveis incluídas nas análises.

Duas áreas nas proximidades das ilhas Geórgias do Sul foram delimitadas com base nas avistagens de baleias-franca registradas por Ohsumi & Kasamatsu (1986), Bannister *et al.* (1997), Tormosov *et al.* (1998) e Best *et al.* (2001). Considerando a área total de avistagens de indivíduos da espécie nesses trabalhos, delimitou-se uma área maior (GS1), com limites norte e sul nos 52°S e 65°S e leste e oeste nos 28°W e 62°W. Porém, uma área menor (GS2) também foi determinada, considerando a região com maior concentração de indivíduos indicada pelos registros dos estudos citados, e que teve como limites norte e sul os 52°S e 55°S e limites leste e oeste, 28°W e 50°W (Fig. 3).



*Figura 4: Áreas de alimentação consideradas para a baleia-franca, considerando avistagens da espécie disponíveis na literatura científica. A área GS1 refere-se à área mais ampla, que considera todas as avistagens realizadas, enquanto a área GS2, mais restrita, baseia-se na região de maior densidade de avistagens.*



As possíveis relações entre as taxas de nascimento e as variáveis ambientais foram testadas através de Correlação Cruzada (Legendre & Legendre 1998) utilizando o *software* PAST. Segundo os autores, essa análise permite a identificação do intervalo de tempo que maximiza a correlação entre as variáveis testadas, sendo esse intervalo chamado de *lag* e servindo de indicativo do tempo que a variável preditora leva para influenciar com significância a variável resposta.

#### **4. SÍNTESE DOS RESULTADOS**

##### **4.1 Distribuição e Uso de habitat**

Esta sessão apresenta apenas uma breve síntese dos resultados referentes às análises de distribuição e uso de habitat da baleia-franca no litoral sul catarinense. A apresentação completa dos resultados encontrados está inserido no Apêndice 1.

O esforço total de amostragem incluído nas análises foi de 6196 turnos de observação, durante os quais foram realizadas 13.595,55 horas de monitoramento. Nesse período 10978 indivíduos foram avistados (incluindo avistagens múltiplas) na área de estudo durante as temporadas reprodutivas da espécie nos anos de 2002 a 2008.

Considerando a área total de estudo, o número de indivíduos avistados por turno de monitoramento variou de 0 a 35 ( $\bar{x} = 1.75 \pm 4.04$ ). Avistagens de pares de fêmeas com filhotes foram predominantes em todos os anos incluídos na análise.

Na avaliação prévia dos ajustes dos modelos, aqueles gerados a partir de regressão com distribuição binomial negativa apresentaram melhores resultados em comparação

com regressões com distribuição Poisson e, portanto, foram utilizados na etapa da seleção de modelos.

Durante o período de estudo, adultos desacompanhados deixaram a área reprodutiva antes dos pares de fêmeas com filhotes, sendo que suas avistagens declinaram em Outubro e apenas dois indivíduos foram avistados nos meses de Novembro. Os indivíduos de ambas as classes parecem se concentrar em algumas enseadas em particular, de acordo com a média de avistagens por turno de monitoramento (Tabela 1).

Em geral, grupos/indivíduos de adultos e pares de fêmeas com filhotes mostraram-se influenciados pelas mesmas covariáveis, sendo que tanto variáveis ambientais quanto temporais parecem influenciar significativamente a distribuição de ambas as classes. Dentre as variáveis ambientais, estão morfotipo da praia, tamanho da abertura da enseada (quando em interação com o ângulo de inclinação da mesma) e o componente leste-oeste do vento (também quando em interação com o ângulo de inclinação da enseada).

#### **4.2 Taxas Relativas de Natalidade**

Taxas relativas de natalidade foram calculadas a partir da avistagem de 830 indivíduos em sobrevoos realizados entre 1997 e 2012. Os valores das mesmas variaram de 0.28 a 0.5 ( $\bar{x} = 0.4225 \pm 0.079$ ).

Correlações significativas foram encontradas entre as TRNs e dados de anomalias de TSM na área de alimentação utilizada pela espécie no entorno das ilhas Geórgias do Sul, anomalias de TSM na região El Niño 4 no Pacífico e SOI (Tabela 3); correlações com ONI e AAO não foram significativas. Como indicado, para as variáveis que se

mostraram significativas quanto à correlação com as TRNs da baleia-franca, dois *lags* foram encontrados.

*Tabela 3: Correlações cruzadas entre as variáveis explicativas com correlação significativa com a variável resposta (taxa relativa de nascimento). SOI = Southern Oscillation Index, TSMN4 = Temperatura Superficial da Água do Mar da Região El Niño 4 do Pacífico, TSMGS1 = Temperatura Superficial da Água do Mar para a área 1 nas Geórgias do Sul e TSMGS2 = Temperatura Superficial da Água do Mar para a área 2 nas Geórgias do Sul.*

Variável	Lag (anos)	R	p-valor
SOI	8	0.73582	0.037441
TSMN4	8	-0.7212	0.04348
TSMGS1	6	-0.75947	0.010827
TSMGS2	6	-0.80276	0.005179

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Distribuição e Uso de habitat

A distribuição de baleia-franca na área reprodutiva da espécie no litoral de Santa Catarina se mostrou não-uniforme durante o período de estudo, uma vez que houve variação na densidade de indivíduos avistados nas diferentes enseadas consideradas no presente estudo. O mesmo padrão de distribuição foi observado na área reprodutiva da África do Sul, onde os animais apresentam uma distribuição descontínua, porém altamente previsível (Elwen & Best 2004a) e com preferência por regiões costeiras específicas (Best 2000).

O grande número de pares de fêmeas com filhote (FeFi) (n=4336) observado durante os monitoramentos, em comparação com o número de adultos desacompanhados (Ad) (n=2081), destaca a importância da área de estudo como uma

região de nascimento para indivíduos da espécie. Embora na região ainda não tenha sido registrado um parto da espécie, essa inferência pode ser feita considerando-se o maior número de Ads nos primeiros meses da temporada reprodutiva, em comparação com o número de pares FeFi. Assim, o grande aumento no número de pares FeFi em comparação com Ads (*Table 1*, Apêndice 1) indica que os nascimentos ocorram na área de estudo, sendo que parte desses adultos avistados desacompanhados no início da temporada podem ser fêmeas gestantes. De fato, a avistagem de um parto de baleia-franca é um evento raro (Foley *et al.* 2011), tendo sido registrado apenas para a baleia-franca do Atlântico Norte, após muitos anos de monitoramento aéreo sistemático (Zani *et al.* 2008, Patrician *et al.* 2009, Foley *et al.* 2011).

A preferência que Ads e FeFis apresentaram por determinadas enseadas ao longo do período de estudo pode indicar que o padrão de distribuição preferencial da população esteja variando ao longo do tempo. Estudos anteriores apontaram Laguna como sendo a enseada com maior número de indivíduos avistados (Groch 2000, Groch 2005), enquanto nossos resultados mostram que Ribanceira, Praia D'Água, Itapirubá Norte e Itapirubá Sul são locais de maiores densidades de animais da espécie. Alterações de locais de concentração preferenciais da espécie podem estar relacionadas a fatores como preferência individual, coesão social ou distúrbios no seu habitat (Rowntree *et al.* 2001), podendo também ser um resultado do aumento do número de indivíduos que utiliza o litoral de Santa Catarina como área reprodutiva. Esse aumento ocorreu a uma taxa de aproximadamente 12% entre 1987 e 2010 (IWC 2012), e as observações realizadas durante os levantamentos desse trabalho parecem indicar a continuidade da tendência de aumento populacional.

O fato de as mesmas enseadas terem se destacado por maiores números de indivíduos, independente de categoria (Ad ou FeFi), sugere que as mesmas variáveis ambientais estejam influenciando sua distribuição. Os modelos gerados parecem corroborar essa hipótese, uma vez que as mesmas variáveis se mostraram significativamente influentes na distribuição de ambas as categorias. Estudos têm demonstrado que Ads e FeFis de baleia-franca parecem apresentar diferenças quanto à distribuição em áreas reprodutivas (*e.g.* Best 2000, Rowntree *et al.* 2001, Elwen & Best 2004a), sendo que nesses trabalhos grupos FeFis foram observados com maior frequência em águas mais rasas e em regiões mais protegidas contra vento e ondulação. Porém, algumas variáveis foram consideradas preferenciais para todos os indivíduos, como áreas com fundo arenoso em comparação com aquelas que apresentavam fundo rochoso.

A seleção das mesmas variáveis em nossos modelos para as diferentes categorias de baleia-franca pode estar relacionada à limitação da área de estudo ou à falta de covariáveis específicas que explicariam melhor a distribuição dos indivíduos em escalas espaço-temporais mais refinadas. Porém, deve-se ainda considerar que a presença de FeFis pode atrair para a mesma região indivíduos Ads à espera de oportunidades de cópula, considerando que grupos em atividades de acasalamento já foram observados nas enseadas monitoradas.

As variáveis temporais consideradas, ano e mês, apresentaram sinais opostos em seus termos quadráticos adicionados aos modelos. O sinal positivo para a covariável ano indica que a relação entre a mesma e a variável resposta (número de indivíduos avistados para cada categoria considerada) se dá através de uma curva côncava. De

fato, entre 2002 e 2003, os primeiros anos avaliados nesse trabalho, o número total de avistagens de ambas as categorias diminuiu e, a partir de 2004, o número de avistagens progressivamente aumentou, atingindo um máximo em 2007 e 2008, os últimos anos incluídos nas análises. Esse aumento pode ser mais um reflexo da recuperação da espécie na área de estudo, relatada por Groch *et al.* (2005) e IWC (2012).

O sinal negativo do termo quadrático da covariável mês corrobora o fato de que a relação entre ela e a variável resposta do estudo pode ser explicada por uma curva convexa. Nos primeiros meses de monitoramento, que correspondem aos primeiros meses da temporada reprodutiva da espécie, os indivíduos estão começando a chegar à região. Poucos meses depois, o pico de avistagens é atingido, em Setembro e, a partir de Outubro, o número de avistagens começa a diminuir (*Figure 4*, Apêndice 1). Um padrão similar foi observado para as temporadas de 1998 e 1999, nas quais o pico de avistagens foi observado entre Agosto e Setembro (Groch 2000).

Como os dados de TSM foram calculados através de médias mensais, a correlação significativa entre essa e a covariável mês era esperada. Devido à essa forte correlação, a covariável mês pode parcialmente incluir o efeito da TSM no uso de habitat dos indivíduos. A distribuição de cetáceos em áreas reprodutivas pode ser influenciada pela TSM, ao menos em grandes escalas espaciais, como acontece com a baleia-jubarte, *Megaptera novaeangliae*, (Rasmussen *et al.* 2007) e a baleia-franca do Atlântico Norte, *Eubalaena glacialis* (Keller *et al.* 2006).

Em relação ao morfotipo, os indivíduos da espécie parecem preferir praias dissipativas a intermediárias, provavelmente devido à declividade mais suave que praias dissipativas apresentam, o que pode ser particularmente favorável aos grupos

com filhotes. Elwen & Best (2004a) apontam alguns fatores que podem favorecer a presença desses grupos em regiões mais rasas e próximas à costa, características de praias dissipativas. Dentre eles estão o impedimento da aproximação de machos para acasalamento e a diminuição da direção a partir da qual predadores e indivíduos coespecíficos podem se aproximar. Embora essa preferência tenha sido observada tanto para indivíduos Ads como para FeFis, a posição de cada avistagem não foi registrada durante os monitoramentos, de maneira que, dentro de uma mesma enseada, grupos com filhotes possam estar concentrados em locais mais próximos da costa em comparação com Ads. Groch (2000) afirma que as avistagens da espécie nessa mesma área reprodutiva foram registradas com mais frequência na isóbata de 5 m de profundidade do que nas de 10 m e 20 m, e que a composição da grande maioria dos grupos observados era de FeFis. Payne (1986) e Best (2000) relataram que essa categoria parece se distribuir preferencialmente na região próxima da quebra das ondas, nas áreas reprodutivas da África do Sul e Argentina, respectivamente.

As interações que se mostraram significativas nos modelos indicam a influência de variáveis relacionadas à proteção das enseadas contra vento e ondulação. A interação entre o tamanho da abertura da enseada e seu ângulo de inclinação parece ter grande influência na distribuição da espécie na área de estudo, com maiores valores dessas variáveis parecendo contribuir para a presença de indivíduos. Maiores ângulos de inclinação, no contexto desse trabalho, representam enseadas com a boca mais voltada para a direção sul do que para a norte, sendo que os valores variaram de 55° a 150°. Porém, esses resultados podem ser tendenciosos, considerando que a maioria das enseadas estudadas são mais voltadas para sul e com grandes tamanhos de

abertura (Tabela 2). A outra interação incluída nos modelos selecionados, entre o ângulo de inclinação das enseadas e o componente E-W do vento, parece influenciar negativamente a ocorrência dos indivíduos. Isso significa que os indivíduos podem estar evitando enseadas com grandes ângulos de inclinação quando ventos com componentes E-W intensos estão atuando sobre elas. Esse resultado parece indicar que as enseadas com grandes ângulos de inclinação são mais suscetíveis a esse componente de vento do que ao componente N-S. O vento predominante na área de estudo, de direção nordeste, parece corroborar essa hipótese, sendo que enseadas com grandes ângulos de inclinação parecem ser protegidas do componente N-S do vento (da direção norte porque ele é oposto à abertura da enseada, de maneira a não agir diretamente sobre ela; e da direção sul por ser menos frequente na região). Assim, quando ventos intensos vindos de nordeste atuam na região, elas oferecem menos proteção contra o vento e a ondulação por ele gerada, o que provavelmente está relacionado ao fato de que fortes ventos vindos dessa direção apresentam grandes componentes E-W.

Algumas variáveis consideradas influentes na distribuição da espécie em outras áreas reprodutivas não puderam ser incluídas nas análises desse trabalho devido à limitação da área de estudo considerada. Entre elas está o tipo de fundo marinho, sendo que praias arenosas parecem ser preferenciais quando comparadas a praias rochosas, o que pode estar relacionado às propriedades de amortecimento sonoro ou ao menor risco de ferimento oferecido por esse tipo de sedimento quando comparado com projeções rochosas (Elwen & Best 2004a). Outro exemplo é a proximidade com áreas de descarga de água doce, medida através da proximidade com um ambiente



estuarino (como a foz de um rio), que pode influenciar a distribuição da espécie em função dos potenciais benefícios relacionados à esfoliação da pele dos indivíduos, da perda de parasitas externos devido ao substrato dessas regiões, resultado da deposição de sedimentos (Elwen & Best 2004b). O ataque de gaivotas (*Larus dominicanus*) também já foi citado como um fator influente na distribuição de animais da espécie na Península Valdés, Argentina (Rowntree *et al.* 1998, Sironi *et al.* 2009). No litoral catarinense, eventos relacionados à esse tipo de evento já foram observados, porém não parecem ser significativos no comportamento e na distribuição dos indivíduos (Groch 2001).

É importante salientar que fatores comportamentais e culturais da população estudada não foram considerados no presente estudo, sendo que os mesmos podem ser significativamente influentes na distribuição de cetáceos em geral, e, então, fundamentais para o completo entendimento do uso de habitat de uma espécie (Hastie *et al.* 2004). O comportamento pode ser avaliado, por exemplo, através da procura por alimento, da conduta sexual e de cortejo e de relações sociais (Tyack 2002). Como citado anteriormente, acredita-se que alguns desses aspectos possam atuar sobre o uso de habitat da população de baleia-franca estudada, uma vez que a proximidade da costa e a presença de grupos da espécie, por exemplo, podem estar relacionadas a eles. Além disso, fatores culturais podem ser importantes, como a filopatria. Esta é transmitida, dentro da população, através da fidelidade maternal a um local específico dentro da área reprodutiva (Clapham *et al.* 2008). Apesar de que, em geral, indivíduos de baleia-franca apresentam certa plasticidade em relação à ela (*e.g.* Rowntree *et al.* 2001), sua influência pode ser importante na compreensão do

uso de habitat da espécie na área de estudo. Porém, não foi possível a inserção de tais aspectos nas análises realizadas neste trabalho, pois os mesmos não foram considerados durante os monitoramentos em campo.

Historicamente, na costa do Brasil, a baleia-franca se distribuía entre o litoral de Santa Catarina e o da Bahia (Ellis 1969, Palazzo & Flores 1999). Após ser alvo de caça, a qual ocorreu ilegalmente até 1973, o número de indivíduos dessa população decresceu drasticamente, e sua distribuição ficou restrita ao litoral sul catarinense. Considerando a recuperação reportada por Groch *et al.* (2005), a população provavelmente irá expandir sua distribuição para o norte da área de estudo desse trabalho, reocupando parte da costa brasileira, de maneira a utilizar uma região mais heterogênea, possibilitando a inclusão de outras variáveis em futuros estudos relativos à sua distribuição e ao seu uso de habitat.

Os dados obtidos a partir do monitoramento da espécie utilizados para a realização do presente trabalho podem ser considerados um registro de sua distribuição em um período anterior à expansão do porto de Imbituba. Tal expansão parece constituir um potencial impacto para a distribuição da baleia-franca na região, devido ao aumento do tráfego de navios e de ruído aquático, que são conhecidos como influentes na distribuição de algumas populações de cetáceos (*e.g.* Wells & Scott 1997, Nowacek *et al.* 2001), incluindo a da baleia-franca que utiliza a Península Valdés, na Argentina, como área reprodutiva (Rowntree *et al.* 2001). A investigação da distribuição de cetáceos antes do desenvolvimento industrial em determinada região é importante para que possíveis alterações sejam detectadas e medidas de mitigação apropriadas sejam implementadas (Macleod *et al.* 2003).

Os resultados do presente trabalho fornecem informações sobre o uso de habitat da baleia-franca em sua área de reprodução no sul do Brasil. A distribuição geral dos indivíduos demonstra que algumas enseadas da região parecem ser preferenciais na região estudada. Os modelos selecionados para a modelagem de tal distribuição indicam que as mesmas variáveis temporais e ambientais parecem influenciar o uso de habitat tanto de grupos compostos apenas por indivíduos desacompanhados de filhotes quanto de pares de fêmeas com filhote. Porém, o limitado tamanho da área de estudo pode estar influenciando nos resultados encontrados, sendo que a região não se mostra muito heterogênea em relação a algumas das variáveis testadas e, além disso, não permitiu a inserção de algumas variáveis influentes na distribuição da espécie em outras áreas reprodutivas nos modelos testados. A continuidade do monitoramento da baleia-franca-austral em sua área reprodutiva da costa brasileira se mostra necessária para que sejam obtidas mais informações sobre variáveis ambientais que possam afetar seus padrões de distribuição e para que potenciais alterações na distribuição da espécie possam ser detectadas, levando a criação de medidas de manejo adequadas para a conservação da população nessa importante área para a espécie.

## **5.2 Taxas Relativas de Natalidade**

Em geral, os resultados indicam que anomalias climáticas parecem influenciar o sucesso reprodutivo da baleia-franca no litoral catarinense, apesar de nem todas as variáveis testadas se mostrarem significativas no teste de correlação cruzada realizado.

Em relação ao SOI, o sinal positivo da correlação encontrada indica que maiores valores desse índice resultam em maiores TRN da espécie. Maiores valores de SOI

estão relacionados com menores valores de TSM, o que de fato espera-se que apresente um efeito positivo sobre a reprodução da espécie. Da mesma maneira, a influência de TSMN4, cujo sinal da correlação foi negativo, conduz a incrementos na TRN da espécie. Para as anomalias de TSM da área de alimentação da espécie, a hipótese também era a de que menores valores das variáveis estivessem correlacionados com maiores valores de TRN. A relação entre anomalias negativas de TSM e aumento do sucesso reprodutivo da espécie era esperada devido à relação entre anomalias negativas de TSM nas Geórgias do Sul e a maior disponibilidade de krill no ambiente (Trathan *et al.* 2006).

A diferença entre os valores de *lag* encontrados para as diferentes variáveis que se mostraram significativas está provavelmente relacionada ao local de medição dessas variáveis. Duas delas, SOI e TSMN4, referem-se a medições realizadas no Oceano Pacífico, enquanto as outras duas tratam de anomalias de TSM na área de alimentação da espécie, no Oceano Austral. Assim, a diferença entre os *lags* encontrados poderia ser interpretada como o tempo que as anomalias que ocorrem no Pacífico levam para serem observadas no Oceano Austral.

Anomalias na região El Niño 4 levam aproximadamente 3 anos para serem observadas na porção Atlântica do Oceano Austral (Trathan & Murphy 2003). Porém, o tempo de transferência de anomalias de uma região para outra pode ocorrer em um período mais curto, de alguns meses, por exemplo, em eventos de ENSO intensos, como o ocorrido em 1997/1998 (*e.g.* Meredith *et al.* 2005). Assim, a diferença de *lag* de dois anos observada entre as variáveis originadas a partir de diferentes localidades parece estar compreendida dentro de um intervalo de variação esperado.

Leaper *et al.* (2006) encontraram uma correlação positiva com *lag* total de seis anos entre anomalias de TSM na região El Niño 4 e o número esperado de filhotes de baleia-franca na Península Valdés, Argentina. A relação é explicada levando em consideração o período de tempo que as anomalias dessa região levam para serem detectadas nas Geórgias do Sul (aproximadamente 3 anos segundo Trathan & Murphy 2003), a periodicidade apresentada por conjuntos de anomalias nessa região (cerca de três a quatro anos) e o tempo de resposta na reprodução das baleias frente a essas anomalias. Assim, três anos após anomalias positivas terem sido geradas no Pacífico Oeste, elas serão observadas na região das Geórgias do Sul. Cerca de um ano e meio depois, anomalias negativas de TSM serão observadas na região e, mais um ano e meio depois, as baleias-franca já estariam então apresentando número de nascimento de filhotes influenciado por essas anomalias, completando o *lag* de seis anos observado pelos autores.

O diferente *lag* encontrado no presente trabalho pode estar relacionado ao fato de que esses autores não consideraram o tempo que anomalias de TSM nas Geórgias do Sul levam para influenciar a disponibilidade de krill na região. Segundo Meredith *et al.* (2008), a população de krill na região das Geórgias do Sul não é auto-suficiente, sendo que o Mar de Weddell é uma das principais fontes desse recurso (Murphy *et al.* 2004). Parece haver um *lag* de aproximadamente dois anos entre anomalias positivas de TSM e o declínio de krill nas Geórgias do Sul, enquanto para anomalias negativas o aumento do krill na região parece ser imediato (Meredith *et al.* 2008). Contrariamente, Loeb *et al.* (2009) encontraram uma defasagem de tempo de aproximadamente um ano entre anomalias negativas de TSM na Península Antártica e o aumento no recrutamento de

krill na região, sendo ainda que deve-se considerar a existência de um intervalo de tempo para que esse aumento na disponibilidade de krill no ambiente seja observado nas Geórgias do Sul, pois o mesmo é transportado, provavelmente, pela Corrente Circumpolar Antártica (ACC). Esses mesmos autores acreditam que pequenas alterações na circulação, relacionadas à ACC, podem levar a variações significativas no transporte de krill na região antártica.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a característica não-estacionária da relação entre índices climáticos e o clima em determinado local, ou seja, essa relação pode variar ao longo do tempo (Stenseth *et al.* 2003). Assim, é possível que, mesmo testando-se a correlação entre as mesmas variáveis, se o período avaliado for alterado, as correlações encontradas não sejam as mesmas.

A diferença entre os resultados encontrados no trabalho de Leaper *et al.* (2006) e no presente estudo pode ainda estar associada à diferença no comprimento das séries temporais utilizadas, i.e., 30 anos contra 16 anos. Quando se trabalha com correlação cruzada, a fim de se determinar o *lag* entre duas variáveis, quanto maior o banco de dados, melhores serão os resultados (Legendre & Legendre 1998), sendo que é importante que o período compreenda ao menos dois ciclos completos de cada variável explicativa testada.

Essas diferentes possibilidades salientam a dificuldade de se estudar relações entre anomalias climáticas e ecologia. A relação entre as mesmas é complexa e variável ao longo do tempo e, portanto, possivelmente influenciável pelo tamanho do banco de dados disponível para a aplicação das análises.

O fato do SAM não ter apresentado correlação significativa com as TRNs vai ao encontro de tal complexidade, sendo que ele é conhecido por potencialmente afetar o ecossistema do Oceano Austral, incluindo alterações no sucesso de recrutamento de krill (Loeb *et al.* 2009). Além disso, a correlação entre TSM nas Geórgias do Sul e o SAM parece apresentar *lags* mais curtos que os demais índices utilizados nesse trabalho, com correlações positivas com uma defasagem de cerca de 1 a 2 meses, e também com correlações significativas para períodos mais longos (aproximadamente 2 a 3 anos) (Meredith *et al.* 2008). Porém, há ainda uma interação entre a influência do SAM e do ENSO sobre a TSM da região (Meredith *et al.* 2008), o que, considerando o banco de dados utilizado no presente trabalho, pode estar mascarando a influência direta do SAM na região.

Assim, apesar do reconhecimento de que o ENSO e o SAM são os principais forçantes físicos no Oceano Austral (Forcada & Trathan 2009), nem todos os índices relacionados a esses fenômenos e inseridos nas análises desse trabalho apresentaram influência significativa sobre a taxa relativa de natalidade da espécie.

Segundo Stenseth *et al.* (2003), cada índice considerado separadamente deve ser capaz de explicar apenas um parte do processo avaliado, e a identificação de qual índice é mais recomendado é difícil de ser realizada. O desempenho de um índice depende, em grande parte, do processo ecológico investigado.

Com base nessas considerações, destaca-se a importância da continuidade da realização de sobrevoos na área de estudo, com a finalidade de se obter TRNs para a espécie e assim permitir a melhor compreensão da influência de anomalias climáticas sobre o sucesso reprodutivo da baleia-franca. Além disso, um melhor entendimento da

interação entre as anomalias representadas pelos índices climáticos se faz necessário, considerando que, na região das Geórgias do Sul, diferentes índices são considerados como significativamente influentes nas condições ambientais e, conseqüentemente, na ecologia das espécies. A compreensão da relação entre anomalias climáticas e a TRN da baleia-franca pode ser importante para as estratégias de conservação da espécie, no sentido de auxiliar nas decisões acerca de medidas de proteção tomadas em diferentes temporadas reprodutivas da espécie na área reprodutiva do litoral brasileiro.

Apesar das incertezas acerca do processo através do qual as anomalias climáticas afetam as cadeias tróficas, sabe-se que, na região do Oceano Austral, efeitos climáticos podem afetar o ecossistema marinho como um todo. Aves marinhas e pinípedes, por exemplo, parecem ter seu sucesso reprodutivo dependente dessas condições ambientais (Guinet *et al.* 1994, Forcada *et al.* 2005, Reid & Forcada 2005, Forcada & Trathan 2009). Grande parte dessa dependência está relacionada ao fato de que as anomalias climáticas geram anomalias de TSM na região, as quais influenciam a disponibilidade do krill no ambiente (Trathan *et al.* 2006). Além disso, o krill é um importante recurso pesqueiro na região e, embora sua exploração tenha sido iniciada na década de 70, tem potencial para se tornar o recurso mais pescado do mundo (Gascón & Werner 2005).

A Convenção para Conservação dos Recursos Marinhos Antárticos Vivos (*Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources – CCAMLR*) é a responsável por determinar ações de conservação que levem em consideração o ecossistema antártico como um todo, incluindo aquelas relacionadas ao krill e as



espécies que dele dependem. Por isso, a CCAMLR dividiu o Oceano Austral em diferentes regiões e determinou cotas máximas de pesca de krill em cada uma delas. Considerando a sobreposição entre áreas de pesca e de alimentação de espécies krill-dependentes e a influência das anomalias climáticas na disponibilidade desse recurso, enfatiza-se a importância da consideração, nos planos de conservação da CCAMLR, das previsões dessas anomalias para a determinação de cotas de pesca de krill no Oceano Austral.

Os resultados encontrados no presente estudo contribuem para um melhor entendimento da relação entre taxas relativas de nascimento da população de baleias-franca que utilizam o litoral catarinense como área reprodutiva com anomalias climáticas, possibilitando a compreensão de um importante aspecto que atua sobre a variação dessas taxas nas diferentes temporadas reprodutivas da espécie na área de estudo. A continuidade dos estudos, a fim de que bancos de dados mais extensos sejam obtidos, faz-se importante para que a questão possa ser mais bem elucidada.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACHA, E, H MIANZAN, R GUERRERO, M FAVERO & J BRAVA. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. *J. Marine Syst.*, 44: 83-105.
- ATKINSON, A, V SIEGEL, E PAKHOMOV & P ROTHERY. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature*, 432: 100–103.
- AUSTIN, MP. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling. *Ecol. Model.*, 157: 101-118.

- BANNISTER, J, S BURNELL, C BURTON, & H KATO. 1997. Right whales off southern Australia: direct evidence for a link between onshore breeding grounds and offshore probable feeding grounds. Report of the International Whaling Commission, 47: 441-444.
- BAUM, JK & B WORM. 2009. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *J. Anim. Ecol.*, 78: 699-714.
- BEST, PB. 2000. Coastal distribution, movements and site fidelity of right whales *Eubalaena australis* of South Africa, 1969-1998. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 22: 43-55.
- BEST, PB, A BRANDÃO & DS BUTTERWORTH. 2001. Demographic parameters of southern right whales off South Africa. *J. Cetacean Res. Manage.* (Special Issue), 2: 161-169.
- BORCARD, D, P LEGENDRE & P DAPREAU. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73: 1045-1055.
- BOWEN, WD. 1997. Role of marine mammals in aquatic ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 158: 267-274.
- BURNELL, SR. 2001. Aspects of the reproductive biology, movements and site fidelity of right whales off Australia. *J. Cetacean Res. Manage.* (Special Issue), 2: 89-102.
- CARVALHO, JLB, CAF SCHETTINI & TM RIBAS. 1998. Estrutura termohalina do litoral centro-norte catarinense. *Notas Tec. Facimar*, 2: 181-197.
- CLAPHAM, PJ, A AGUILAR & L HATCH. 2008. Determining spatial and temporal scales for management: lessons from whaling. *Mar. Mamm. Sci.*, 24(1): 183-201.

- COOKE, JG, VJ ROWNTREE & R PAYNE. 2001. Estimates of demographic parameters for southern right whales (*Eubalaena australis*) observed off Península Valdés, Argentina. *J. Cetacean Res. Manage.* (Special Issue), 2: 125-132.
- COOKE, JG, VJ ROWNTREE & R PAYNE. 2003. Analysis of inter-annual variation in reproductive success of South Atlantic right whales (*Eubalaena australis*) from photo-identification of calving females observed off Península Valdés, Argentina, during 1971-2000. SC/55/O23 presented to the IWC Scientific Committee.
- CUMMINGS, WC. 1985. Right whales, *Eubalaena glacialis* (Müller, 1776) and *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822). In: RIDWAY, SH & SR HARRISON (eds.). Handbook of Marine Mammals. Volume 3: The Sirenians and Baleen Whales. Academic Press, London. p. 275-304.
- DOBSON, AJ. 2002. An Introduction to Generalized Linear Models. 2<sup>nd</sup> ed. Florida, Chapman & Hall/CRC. 231 p.
- DUARTE, GM. 1988. O futuro do litoral de Santa Catarina. *GEOSUL*, 6: 39-52.
- ELLIS, M. 1969. A baleia no Brasil Colonial. São Paulo, Melhoramentos. 235 p.
- ELWEN, SH & PB BEST. 2004a. Environmental factors influencing the distribution of southern right whales (*Eubalaena australis*) on the south coast of South Africa I: broad scale patterns. *Mar. Mamm. Sci.*, 20(3): 567-582.
- ELWEN, SH & PB BEST. 2004b. Environmental factors influencing the distribution of southern right whales (*Eubalaena australis*) on the south coast of South Africa II: within bay distribution. *Mar. Mamm. Sci.*, 20(3): 583-601.

- ESTES, JA, CH PETERSON & RS STENECK. 2010. Some effects of apex predators in higher-latitude coastal oceans. In: TERBORGH, J & JA ESTES (eds). *Trophic cascades: predators, prey and the changing dynamics of nature*. Island Press, Washington. Chap. 3: 37-53.
- FARAWAY, JJ. 2006. *Extending the Linear Model with R*. Florida, Chapman & Hall/CRC. 331 p.
- FOLEY, HJ, RC HOLT, RE HARDEE, PB NILSSON, KA JACKSON, AJ READ, DA PABST & WA MCLELLAN. 2011. Observations of a western North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) birth offshore of the protected southeast U.S. critical habitat. *Mar. Mamm. Sci.* 27(3): E234-E240.
- FORCADA, J. 2002. Distribution. In: PERRIN, WF, B WÜRSIG, JGM THEWISSEN (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, London. p. 327-333.
- FORCADA, J, PN TRATHAN, K REID & EJ MURPHY. 2005. The effects of global climate in pup production of Antarctic fur seals. *Ecology*, 86(9): 2408-2417.
- FORCADA, J & PN TRATHAN. 2009. Penguin responses to climate change in the Southern Ocean. *Global Change Biol.*, 15: 1618-1630.
- GASCÓN, V & R WERNER. 2005. Antarctic Krill: a case study on the ecosystem implications of fishing. Puerto Madryn (Argentina): An article prepared for the Lighthouse Foundation, Antarctic and Southern Ocean Coalition. 30 p.
- GASKIN, DE. 1982. *The ecology of whales and dolphins*. Califórnia, Heinemann. 459 p.
- GROCH, KR. 2000. Ocupação preferencial de áreas de concentração pela Baleia Franca Austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral

- sul do Brasil. Tese de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 58 p.
- GROCH, KR. 2001. Cases of harassment by kelp gulls (*Larus dominicanus*) on right whales (*Eubalaena australis*) in southern Brazil. *Biotemas*, 14(1): 147-156.
- GROCH, KR. 2005. Biologia populacional e ecologia comportamental da baleia franca austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 168 p.
- GROCH, KR, JT PALAZZO JR., PAC FLORES, FR ADLER & ME FABIAN. 2005. Recent rapid increases in the right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *LAJAM*, 4(1): 41-47.
- GUINET, C, P JOUVENTIN & J-Y GEORGES. 1994. Long term population changes of fur seals *Arctocephalus gazella* and *Arctocephalus tropicalis* on subantarctic (Crozet) and subtropical (St. Paul and Amsterdam) islands and their possible relationship to El Niño Southern Oscillation. *Antarct. Sci.*, 6(4): 473-478.
- HASTIE, GD, B WILSON, LH TUFFT, PM THOMPSON. 2003. Bottlenose dolphins increase breathing synchrony in response to boat traffic. *Mar. Mamm. Sci.*, 19 (1): 74-84.
- HASTIE, GD, B WILSON, LJ WILSON, KM PARSONS & PM THOMPSON. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Mar. Biol.*, 144(2): 397-403.

- HEITHAUS, MR, A FRID, AJ WIRSING, B Worm. 2008. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends Ecol. Evol.*, 23 (4): 202-210.
- HOOKER, SK, H WHITEHEAD & S GOWANS. 1999. Marine protected area design and the spatial and temporal distribution of cetaceans in a submarine canyon. *Conserv. Biol.*, 13: 592–602.
- IUCN. 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 01 February 2013.
- IWC (International Whaling Commission). 2001. Report of the workshop on the comprehensive assessment of right whales: a worldwide comparison. *J. Cetacean Res. Manage.* (Special Issue 2): 1-60.
- IWC (International Whaling Commission). 2012. Report of the workshop on the assessment of southern right whales. SC/64/Rep5. 34 p.
- JAUQUET, N. 1996. How spatial and temporal scales influence understanding of sperm whale distribution: A review. *Mamm. Rev.*, 26: 51-65.
- KELLER, CA, LI WARD-GEIGER, WB BROOKS, CK SLAY, CR TAYLOR & BJ ZOODSMA. 2006. North Atlantic right whale distribution in relation to sea-surface temperature in the southeastern United States calving grounds. *Mar. Mamm. Sci.*, 22(2): 426-445.
- LEAPER, R, J COOKE, P TRATHAN, K REID, V ROWNTREE & R PAYNE. 2006. Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biol. Letters*, 2: 289-292.
- LEGENDRE, P, L LEGENDRE. 1998. Numerical Ecology. Amsterdam, Elsevier. 853 p.

- LIU, J, X YUAN, D RIND & DG MARTINSON. 2002. Mechanism study of the ENSO and southern high, latitude climate teleconnections. *Geophys. Res. Lett.*, 29: 241-244.
- LODI, L & MT RODRIGUES. 2007. Southern right whale on the coast of Rio de Janeiro State, Brazil: conflict between conservation and human activity. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 87: 105-07.
- LOEB, VJ, EE HOFMANN, JM KLINCK, O HOLM-HANSEN & WB WHITE. 2009. ENSO and variability of the Antarctic pelagic marine ecosystem. *Antact. Sci.*, 21(2): 135-148.
- MACLEOD, K, MP SIMMONDS & E MURRAY. 2003. Summer distribution and relative abundance of cetacean populations off north-west Scotland. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 83: 1187:1192.
- MCCULLAGH, P & JA NELDER. 1997. Generalized Linear Models. London, Chapman & Hall. 511 p.
- MEAD, JG & RL BROWNELL JR. 2005. Order Cetacea. In: WILSON, DE & DM REEDER (eds.). Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference, 3<sup>rd</sup> ed. Baltimore, Johns Hopkins University Press. p. 723–743.
- MEREDITH, MP, EJ MURPHY, MA BRANDON, PN TRATHAN, SE THORPE, DG BONE, PP CHERNYSHKOV & VA SUSHIN. 2005. Variability of hydrographic conditions to the east and northwest of South Georgia, 1996–2001. *J. Marine Syst.*, 53: 143–167.
- MEREDITH, MP, EJ MURPHY, EJ HAWKER, JC KING & MI WALLACE. 2008. On the interannual variability of ocean temperatures around South Georgia, Southern

- Ocean: Forcing by El Niño/Southern Oscillation and the Southern Annular Mode. *Deep-Sea Res. II*, 55: 2007-2022.
- MURPHY, EJ, JL WATKINS, K REID, PN TRATHAN, I EVERSON, JP CROXALL, J PRIDDLE, MA BRANDON, AS BRIERLEY & E HOFMANN. 1998. Interannual variability of the South Georgia marine ecosystem: biological and physical sources of variation in the abundance of krill. *Fish. Oceanogr.*, 7: 381-390.
- MURPHY, EJ, SE THORPE, JL WATKINS & R HEWITT. 2004. Modeling the krill transport pathways in the Scotia Sea: spatial and environmental connections generating the seasonal distribution of krill. *Deep-Sea Res. II*, 51: 1435-1456.
- NOWACEK, SM, RS WELLS & AR SOLOW. 2001. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Mar. Mamm. Sci.*, 17 (4): 673-688.
- O'CONNOR, S, R CAMPBELL, H CORTEZ & T KNOWLES. 2009. Whale Watching Worldwide: tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits, a special report from the International Fund for Animal Welfare, Yarmouth MA, USA, prepared by Economists at Large. Disponível em: <http://www.ifaw.org/whalewatchingworldwide>.
- OHSUMI, S & F KASAMATSU. 1986. Recent off-shore distribution of the southern right whale in summer. Reports of the International Whaling Commission Special Issue 10: 177-186.
- OLIVEIRA, GS. 1999. El Niño e você: o fenômeno climático. São José dos Campos, Transtec. 116 p.



- PALAZZO JR., JT & LA CARTER. 1983. A caça de baleias no Brasil. Porto Alegre, AGAPAN. 25 p.
- PALAZZO JR., JT & PAC FLORES. 1999. Plano de Ação para a Conservação da baleia franca, *Eubalaena australis*, no estado de Santa Catarina. Projeto Baleia Franca – IWC/Brasil. 59 p.
- PATRICIAN, MR, IS BIEDRON, HC ESCH, FW WENZEL, LA COOPER, PK HAMILTON, AH GLASS, MF BAUMGARTNER. 2009. Evidence of a North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) birth in northeastern U.S. waters. *Mar. Mamm. Sci.*, 25(2): 462-477.
- PAYNE, R. 1986. Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). Report of the International Whaling Commission (Special Issue 10), 161-167.
- PERRIN, WF. 2002. Marine mammal research and conservation in South Asia. Proceedings of the 70<sup>th</sup> Anniversary Symposium of Japan Society of Fisheries Science.
- PHILANDER, SG. 1990. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation. San Diego, Academic Press. 293 p.
- R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <http://www.R-project.org>. Acesso em agosto de 2011.
- RASMUSSEN, K, DM PALACIOS, J CALAMBOKIDIS, MT SABORÍO, L DALLA ROSA, ER SECCHI, GH STEIGER, JM ALLEN, GS STONE. 2007. Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water

temperature into the longest mammalian migration. *Biol Lett.*  
doi:10.1098/rsbl.2007.0067.

REEVES, RR, R ROLLAND, PJ CLAPHAM (eds.). 2001. Causes of Reproductive Failure in North Atlantic Right Whales: New Avenues and Research. Northeast Fisheries Science Center Reference Document 01-16. Report of a Workshop Held 26-28 April 2000 in Falmouth, Massachusetts.

REEVES, RR, BD SMITH, EA CRESPO & GN DI SCIARA. 2003. 2002-2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans – Dolphins, Whales and Porpoises. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. 147 p.

REID, K & J FORCADA. 2005. Causes of offspring mortality in the Antarctic fur seal, *Arctocephalus gazella*: the interaction of density dependence and ecosystem variability. *Can. J. Zool.*, 83: 604-609.

RICE, DW. 2002. Baleen. In: PERRIN, WF, B WÜRSIG, JGM THEWISSEN (eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academia Press, London. p. 61-62.

ROMAN, J & JJ MCCARTHY. 2010. The whale pump: marine mammals enhance primary productivity in a coastal basin. *PLoS ONE* 5(10), e13255.

ROSENBAUM, HC, RL BROWNELL JR, MW BROWN, C SCHAEFF, V Portway, BN White, S Malik, LA Pastene, NJ Patenaude, CS Baker, M Goto, PB Best, PJ Clapham, P Hamilton, M Moore, R Payne, V Rowntree, CT Tynan & R DeSalle. 2000. Worldwide genetic differentiation of Eubalaena: questioning the number of right whale species. *Mol. Ecol.* 9: 1793-1802.

- ROSSI-WONGTSCHOWSKI, CLDB & MADUREIRA, LSP. 2006. O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo, Edusp. 466 p.
- ROWNTREE, VJ, P MCGUINESS, K MARSHALL, R PAYNE, M SIRONI & J SEGER. 1998. Increased harassment of right whales (*Eubalaena australis*) by kelp gulls (*Larus dominicanus*) at Península Valdés, Argentina. *Mar. Mammal Sci.*, 14(1):99-115.
- ROWNTREE, VJ, RS PAYNE & DM SCHELL. 2001. Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and their long-range movements. *J. Cetacean Res. Manage.* (Special Issue), 2: 133-143.
- ROWNTREE, VJ, LO VALENZUELA, P FRANCO FRAGAS, J SEGER. 2008. Foraging behavior of southern right whales (*Eubalaena australis*) inferred from variations of carbon stable isotope ratios in their baleen. International Whaling Commission Document SC/60/BRG23.
- SANTOS, MCO, S SICILIANO, SP SOUZA, & JLA PIZZORNO. 2001. Occurrence of southern right whales (*Eubalaena australis*) along southeastern Brazil. *J. Cetac. Res. Manage.* (Special Issue 2): 153-156.
- SILVEIRA, LF, AHF KLEIN & MG TESSLER. 2011. Classificação morfodinâmica das praias do estado de Santa Catarina e do litoral norte do estado de São Paulo utilizando sensoriamento remoto. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 15(2): 13-28.
- SIRONI, M, VJ ROWNTREE, CT SNOWDON, L VALENZUELA & C MARÓN. 2009. Kelp gulls (*Larus dominicanus*) feeding on southern right whales (*Eubalaena australis*) at Península Valdés, Argentina: updated estimates and conservation implications.

*J. Cetacean Res. Manage.* Paper SC/61/BRG19 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, Portugal, June 2009.

STENSETH, NC, G OTTERSEN, JW HURRELL, A MYSTERUD, M LIMA, K-S CHAN, NG YOCCOZ & B ADLANDSVIK. 2003. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 270, 2087–2096.

TOMAZELLI, LJ. 1990. Contribuição ao Estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos no Nordeste da Província Costeira do Rio grande do Sul - com ênfase no sistema Eólico. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 270 p.

TORMOSOV, DD, YA MIKHALEV, PB BEST, VA ZEMSKY, K SEKIGUCHI & RL BURNELL JR. 1998. Soviet catches of southern right whales, *Eubalaena australis*, 1951-1971. Biological data and conservation implications. *Biol. Conserv.* 86, 185-197.

TRATHAN, PN & EJ MURPHY. 2003. Sea surface temperature anomalies near South Georgia: Relationships with the Pacific El Niño regions. *J. Geophys. Res.*, 108: 1-10.

TRATHAN, PN, EJ MURPHY, J FORCADA, JP CROXALL, K REID & E THORPE. 2006. Physical forcing in the southwest Atlantic: ecosystem control. In: BOYD, IL, S WANLESS & CJ CAMPHUSEN (eds.). Top predators in marine ecosystems: their role in monitoring and management. Cambridge University Press. Chap. 3: 28-45.

TRENBERTH, KE. 1997. The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12): 2771-2777.

- TYACK, PL. 2002. Behavior, Overview. In: PERRIN, WF, B WÜRSIG, JGM THEWISSEN (eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academia Press, London. p. 101-108.
- WELLS, RS & MD SCOTT. 1997. Seasonal incidence of boat strikes on bottlenose dolphins near Sarasota, Florida. *Mar. Mamm. Sci.*, 13: 475-480.
- ZANI, MA, KD TAYLOR & SD KRAUS. 2008. Observation of a right whale (*Eubalaena glacialis*) birth in the coastal waters of the Southeast United States. *Aquatic Mammals*, 34:21–24.
- ZUUR, AF, EN IENO & GM SMITH. 2007. Analysing Ecological Data. New York, Springer. 672 p.
- ZUUR, AF, EN IENO, NJ Walker, AA SAVELIEV & GM Smith. 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. New York, Springer. 574 p.

## **APÊNDICE 1**

Artigo a ser submetido à revista ICES Journal of Marine Science

**HABITAT USE OF SOUTHERN RIGHT WHALE *Eubalaena australis* (DESMOULIN 1822)  
IN SOUTHERN BRAZIL BREEDING AREA**

E. Seyboth\*<sup>1</sup>; K. Groch<sup>2</sup>; E. Secchi<sup>3</sup> and L. Dalla Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós Graduação em Oceanografia  
Biológica, Instituto de Oceanografia, Rio Grande, RS, Brasil*

<sup>2</sup> *Centro Nacional de Conservação da Baleia Franca, Imbituba, SC, Brasil*

<sup>3</sup> *Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Laboratório de Tartarugas e  
Mamíferos Marinhos, Rio Grande, RS, Brasil*

\* Corresponding author: tel: +55 (53) 3233 65 37; e-mail: elisaseyboth@hotmail.com

**Key-words:** distribution, environmental variables, Generalized Linear Models, cetacean, habitat modeling, management.

**Abstract**

The coastal waters of southern Brazil are an important mating and calving ground for the southern right whale, *Eubalaena australis*. During the reproductive seasons of 2002 to 2008, we collected data on right whale distribution and habitat characteristics at 14 bays along the coastline of Santa Catarina State, the species main breeding area in Brazil. Our aim was to determine which environmental and temporal variables best explained the aggregation pattern of individuals. We used generalized linear models with a negative binomial error distribution. Our results suggest that physiographic variables, such as beach morphotype, bay inclination angle, bay mouth width and east-west wind component, along with the temporal variables month and year influence the distribution of both unaccompanied adults and cow-calf pairs. This can indicate that individuals prefer large bays with gentle slope and that they seem to avoid bays

with great inclination angles when strong east winds are acting on them. Moreover, that there were significant differences in the number of sightings between months during the breeding season, from July to November (with a peak in September) and a tendency of population increase during the study period. Among the 14 monitored beaches, one had considerable higher densities of animals and may be considered a preferential spot in this breeding ground. The similarity between the distribution of adults and cow-calf pairs may be in part related to the restricted range of the study area, though this is the region with higher density of individuals. Our findings contribute to a better understanding of the species habitat use in the breeding area of southern Brazil and should be taken into account if new management measures are implemented to further increase protection of southern right whales in the region.

## **Introduction**

Understanding the relationship between populations and their habitats is an important step in conservation of wild populations, as it can point to factors and variables that are guiding the habitat use by organisms (Redfern *et al.*, 2006), including potential impacts that are affecting the area where they are distributed (Austin, 2002; Rowntree *et al.*, 2001).

Studies on cetacean distribution have shown that habitat use can be influenced by several factors, such as environmental, biotic and anthropogenic ones (Borcard *et al.*, 1992; Forcada, 2002; Jaquet, 1996). Most of the previous studies on this subject has focused on areas where food availability determines animals aggregation patterns (*e.g.*



Cañadas *et al.*, 2002; Dalla Rosa *et al.*, 2012; Moore and Laidre, 2008; Sveegaard *et al.*, 2012).

However, some species, such as baleen whales, migrate seasonally between feeding (summering) and breeding (wintering) grounds (Gaskin, 1982). In the later the objective is to mate and give birth (Cummings, 1985), and habitat use can be determined by environmental factors that primarily favor calves wellbeing and survival (*e.g.* Elwen and Best, 2004a; Martins *et al.*, 2001; Rowntree *et al.*, 2001).

Studies demonstrate that southern right whale (*Eubalaena australis*) cow-calf pairs seem to have a different distribution than adults without calves in their breeding area off South Africa (*e.g.* Best, 2000; Elwen and Best, 2004a). Pregnant females tend to move to nearshore areas to give birth and stay for a post-partum period probably because of the protection offered by these regions (Burnell and Bryden, 1997).

Although individuals of southern right whales show a general preference for coastal areas, certain bays or stretches of coastline are favored over others (Best, 2000). Gentle slope and protection from wind and swell seem to influence their distribution in the breeding ground along the coast of South Africa (Elwen and Best, 2004b). Another variable that seems to be important to many cetacean species is temperature, even when not associated with food availability (Clapham *et al.*, 1999; Gaskin, 1982; Keller *et al.*, 2006; Rasmussen *et al.*, 2007).

A breeding ground for the species, located in southern Brazil, has been monitored since 1982. Based on the main occurrence area of individuals during their reproductive period (from July to November), an environmental protection area (EPA) was created in Santa Catarina State in 2000, with the major role of protecting a region that is

crucial to the life cycle of this species (Federal Decree of 14 September 2000). However, the variables that influence patterns of habitat use remain to be determined. Identifying factors that drive both adults and cow-calf pairs habitat selection can be relevant for establishing conservation strategies for the species. Habitat modeling can be a powerful tool to predict cetacean distribution and to understand ecological processes that can be involved on habitat selection (Redfern *et al.*, 2006).

The goal of this study was to investigate the relationship between southern right whale distribution and environmental and temporal variables in order to determine factors that may drive habitat selection for the species in its main breeding ground off Brazil.

## **Methods**

### ***Study area***

The study area encompasses the central-south sector of Santa Catarina State, southern Brazil (Fig. 1). This coastal region is an important breeding ground for southern right whales and is characterized by the presence of many embayments. The surveyed area includes 13 bays located within the EPA for the species.

Figure 1.

### ***Data collection***

Data on southern right whale distribution were collected from observations taken on elevated points located on shore along the study area between 2002 and 2008, during the species breeding season (July to November). Observers, generally one on each bay, used 12 x 50 binoculars to scan the area and were positioned from 20 to 90 m above

sea level, to allow a broad view of the bay, and, consequently, the appropriate monitoring of the individuals on each site. Information on environmental conditions (cloud cover, visibility, wind direction and Beaufort sea state) and sightings (number of groups and individuals and group composition) were recorded on standardized worksheets. Groups were classified as cow-calf pairs, adults (adults without calves) or undetermined (when the observer was not able to determine the composition).

Observation effort was halted when environmental conditions deteriorated to low visibility, precipitation or sea state above 4 on Beaufort scale. Data were divided in half-day-shifts of at least 60 minutes of observation.

### ***Data analysis***

Count data were modeled using Generalized Linear Models – GLMs (McCullagh and Nelder, 1997) under the R software (R Development Core Team 2010) version 2.13.1.

Poisson and negative binomial distributions were considered to fit models (Zuur *et al.*, 2007).

Tested models included temporal (month and year) and environmental (SST, bay morphotype, east-west and north-south wind components, bay inclination angle, bay mouth width) explanatory variables. The last three variables were included in the models in order to assess bay protection against wind and swell. Bay inclination angle were assessed using a line with 90° angle in relation to the mouth line of the bay. This variable was then measured using Google Earth tools, as the mouth width for each bay.

Wind components were determined based on speed and direction. In quadrants of a compass, the wind direction and speed give the angle and the length of the vector, respectively. The N-S and E-W components were obtained by trigonometry. Beach

morphotype was defined based on a classification that considers beaches as dissipative, intermediate or reflective (Silveira *et al.*, 2010). In general, a dissipative beach has its wave energy attenuated by the breaking process along a wide surf zone and with a gentle slope. Reflective beaches, on the other hand, have a very narrow surf zone, where the wave energy is generally low and the presence of beach cusps is common. The wave energy can be trapped by refraction. Intermediate beaches have narrow surf zones and generally exhibit sequence of beach banks. In the study area, just dissipative and intermediate types occur. Monthly SST data with a 4 km resolution were obtained from the MODIS-Aqua satellite (available at <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/>). The monthly means were used due to the high number of missing values for shorter temporal data, given cloud cover, which precludes measurements. Moreover, SST data do not seem to differ significantly between bays, given the relatively small size of the total study area.

Only morphotype was included in the models as factor; all other explanatory variables were numerical, and used in its standardized form  $(x - \bar{x} / \text{sd}(x))$ . Quadratic terms were added in the models for the variables month and year in order to consider the nonlinear pattern between them and the response variable. Monitoring effort, measured in minutes of observation, was added in the models as *offset*.

In order to look for differences between habitat use of cow-calf pairs and adults, separate models were built to each whale group category. Model selection was based on AIC (Akaike Information Criterion) using a backward stepwise approach (Zuur *et al.*, 2009).

Model validation followed graphical assessment of the standardized residuals of the models that better explain the species distribution (Zuur *et al.*, 2009), which are expected to be approximately Normal (Faraway, 2006).

## **Results**

### ***Sightings***

A total of 6196 half-day-shifts of monitoring were included in the analyses, resulting in a total of 10978 individuals sighted, including multiple counting, from 2002 to 2008. Multiple counting refers to the same individuals that could be counted more than one time in the same bay (most probably in different days) or in different bays. In all of these years, the number of cow-calf pairs was greater than the number of only adults. During the study period, adults not accompanied by calves left the breeding ground before cow-calf pairs, since the number of whales in this class declined in October and only two were seen in the study area in November. For groups with calves, the number of sightings also started to decline in October, but a considerable number of individuals was still present in the bays in November (Table 1).

Table 1.

Evaluating the overall distribution of the species in the bays, it is clear that one of them, Ribanceira, had a greater concentration of individuals than the other bays (Fig. 2).

Figure 2.

### ***Model selection***

Exploratory data analysis indicated that the explanatory variables month and SST were highly correlated ( $r > 0.7$ ). Therefore, the latter was not included in the models to avoid issues of collinearity.

The negative binomial distribution fitted better than the Poisson, based on AIC (not presented). Models built with this distribution, and the respective AIC are shown in Table 2. The selected model for each whale class is in bold, and they suggest that the same variables influence the distribution of cow-calf pairs and adult groups.

Table 2.

### ***Parameter estimates***

The parameters estimates of the selected models (for adult and cow-calf pairs) are listed in Table 3. The intercept provides estimate of the log-density (i.e. expected number of sighting per half-day-shift) for a dissipative beach type when all numeric variables are set equal to zero; that is, at their mean (used in standardization) for each whale class.

Table 3.

For cow-calf pairs and for adults, the negative coefficient regarding beaches with intermediate morphotype indicates that there were low sightings in these beaches compared to the dissipative ones. The positive coefficient of the quadratic term of the explanatory variable year indicates that during the years included in analyses, considering the entire study area, the total number of sightings decreases in the first years and then increases over time. Data plot on these variables allows the observation of this pattern (Fig. 3).

Figure 3.

The opposite occurs for the covariable month, which had a negative coefficient for the quadratic term, indicating that, during the breeding seasons, the number of animals sighted increases, reaching a peak, and then starts to decrease (Fig. 4).

Figure 4.

The explanatory variable bay angle alone (not considering the interaction terms) was significant only in model for adults and showed a positive coefficient, indicating an increase of sightings to higher inclination degrees. However, when associated with the bay mouth width, its coefficient and significance increased. When associated with the east-west wind component, the coefficient had negative signal, indicating a decrease in sightings in these conditions.

### **Discussion**

Right whale distribution was non-uniform between different bays in Santa Catarina breeding area during the study period, based on the different individuals concentrations in the analyzed sites. Elwen and Best (2004a) have reported the same distribution pattern in South Africa, where animals were considered to have a discontinuous but predictable distribution. Moreover, other studies have shown that in breeding areas some coastal regions seem to be preferred by individuals of the species (Best, 2000).

We ought to emphasize that the greater number of cow-calf pairs sighted during the study period (n=4336), compared to the total number of adults unaccompanied by calves (n=2081), demonstrates the importance of this area as a calving site. Although a

birthing event has not been observed so far in Santa Catarina breeding area, the number of unaccompanied adults is greater than cow-calf pairs in the first months of the breeding season. Thus, the inversion of the cow-calf pairs : unaccompanied adults (Table 1) indicates that births occur in the region. In fact some of the adults observed in the beginning of the season can be pregnant females. Witnessing a right whale birth is rare (Foley *et al.*, 2011), and there is no observation of such event for southern right whales. For northern right whales, some evidences of calf born were registered just after many years of systematic aerial surveys (Foley *et al.*, 2011; Patrician *et al.*, 2009; Zani *et al.*, 2008).

The preference for specific bays by adults and cow-calf pairs during the study period can indicate that the distribution pattern of this population is changing. In previous studies, Laguna bay stood out due to its great number of animals (Groch, 2000; Groch, 2005), and our results showed that Ribanceira, Praia D'Água, Itapirubá Norte and Itapirubá Sul were the preferred bays. Changes might be related to several factors such as individual preference, social cohesion or habitat disturbance (Rowntree *et al.*, 2001). Furthermore, it could be a result of the increasing number of animals using Santa Catarina as a calving and breeding ground, once this population has increased at a rate of 12% from 1987 to 2010 (IWC, 2012).

Moreover, the fact that some bays showed higher concentrations of individuals independently of the whale class suggests that the same environmental conditions may be influencing their distribution. Our models seem to corroborate this hypothesis, considering that the same variables were selected as significantly affecting individuals distribution. Many studies have shown differences between southern right whale cow-



calf pairs and adult distribution (*e.g.* Best, 2000; Elwen and Best, 2004a; Rowntree *et al.*, 2001). In general, cow-calf pairs were found in shallower waters, and in regions that offer higher degrees of protection from wind and swell. For some variables, however, the same preference was reported for both cow-calf pairs and adults, such as sandy over rocky beaches.

The selection of the same explanatory variables in both of our models may be due to the restricted study area or to the lack of specific variables that better explain their distribution at finer spatio-temporal scales. However, we cannot rule out that the presence of cow-calf pairs may attract unaccompanied adults waiting for the opportunity to mate with the cow or with other females in the area, considering that mating behavior had been observed in some occasions.

The temporal variables year and month presented opposite signals for the quadratic terms. The positive signal for year indicates that the relationship between these variables can be represented by a curve with a concave pattern. In fact, the number of total sightings for both cow-calf and adults decreased from 2002 to 2003. In 2004, sightings started to progressively increase, reaching its maximum in 2007 and 2008, the last year included in these analyses. The general increase in sighting numbers in the latter years agrees with population recovery registered in the breeding area (Groch *et al.*, 2005).

The negative signal in the quadratic term for month was expected, as it is known that in the first months of monitoring individuals were just starting to arrive in this breeding area, until a peak was reached. During the last months of the reproductive season, the individuals started their migration to the feeding areas. The peak of sightings,

considering all data included in this study, occurred in September (Fig. 4). A similar pattern, with the peak in number of individuals between August and September, was observed during the 1998 and 1999 seasons (Groch, 2000).

Since SST data were calculated as monthly means, a high degree of collinearity between SST and month was expected. Therefore, because of the significant correlation found, the variable month may partially include the influence of the SST on species habitat use. SST is known to influence the calving ground distribution of cetacean species (at least over large spatial scales) such as the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Rasmussen *et al.*, 2007) and the north Atlantic right whale, *Eubalaena glacialis* (Keller *et al.*, 2006). Regarding beach morphotype, individuals preferred dissipative rather than intermediate beaches, probably because of the slope that dissipative beaches have, which is gentler than intermediate ones and can be particularly favorable for cow-calf pairs. Elwen and Best (2004a) pointed out some factors that may favor the proximity to shore and shallowness of the water, characteristics of dissipative beaches, including the avoidance to males attempting to mate and the decrease of the number of directions from which either predators or conspecific harassers can approach. The position of the observed individuals was not recorded in our study, and, although this preference seems to be significant for both whale classes, cow-calf pairs occur closer to shore than adults. Groch (2000) states that southern right whales were seen in that area more frequently within the 5 m than 10 m and 20 m isobaths, and that most groups were composed by cow-calf pairs. Payne (1986) and Best (2000) have reported that groups with calves are distributed

just behind the breaking waves, in Argentina and South Africa breeding grounds, respectively.

The significant interactions in our models indicate an influence of variables that have relation to the protection of the bays against wind and swell (bay mouth width, bay inclination angle and the east-west wind component). The interaction between bay mouth width and bay inclination was the most significant for right whales, with the greater bay angles, and larger bay mouths apparently contributing to the presence of whales. Greater bay angle, in the context of the present study, means that the mouth is more directed to south than to north direction, once the values for this variable varied from  $55^{\circ}$  to  $150^{\circ}$ . Yet, these results could be biased by the high number of bays facing southward (once the mean angle of the bays included in the analyses is  $102.85^{\circ}$ ) and with larger mouths. The other interaction, between bay inclination angle and east-west wind component, seemed to negatively influence the number of sightings. It means that whales could be avoiding bays with great inclination angles when higher east-west wind components are acting on them. Such result may indicate that these bays with higher inclinations are more susceptible to this wind component or, as the majority of the studied bays have relatively high inclinations, that, in general, these bays are more susceptible to this wind component than the north-south one. The northeast predominant wind direction in the study area can corroborate this hypothesis, once bays with higher inclination angles may be protected from the north-south component (the north because is not opposite to the bay mouth, and the south because is less frequent in the region) and, when strong northeast wind act on the region, they offer less protection from the wind and the derived swell. This probably

occurs because a strong wind coming from this direction has a great east-west component, for which the bays seem to be less protected.

Some variables that are thought to influence species distribution in other breeding areas could not be included in the model because of the limitation of the study area. It is the case, for example, of seafloor type and proximity to freshwater discharge. Regarding seafloor type, sandy beaches seem to be preferred compared to rocky ones, what can be related either to the sound dampening properties that this floor type provides or to the low probability of injury compared to the rocky projections (Elwen and Best, 2004a). The freshwater discharge influence, measured by the proximity to an estuarine environment (as a river mouth), can influence species distribution because of the potential benefit of skin exfoliation or loss of external parasites (Elwen and Best, 2004b). However, these authors indicated that the fluvial transport in these features can benefit right whale individuals due to the nature of the substrate in the region, which is a result of the deposition of sediment. Kelp gulls (*Larus dominicanus*) harassments have been observed in the study area, but are relatively rare events thought not to significantly influence right whale behavior and distribution in the study area (Groch, 2001), as it occurs in Peninsula Valdés, Argentina (Rowntree *et al.*, 1998; Sironi *et al.*, 2009).

Moreover, behavioral and cultural factors may also influence cetacean distribution and would be required for a complete understanding of habitat use (Hastie *et al.* 2004). Behavioral influences on habitat use may include foraging, sexual (mating and courtship) or social contexts guiding species distribution (Tyack 2002). Cultural aspects, such as philopatry, are transmitted through the maternal fidelity to a specific location

within the reproductive area (Clapham *et al.* 2008). Although right whales seem to have plasticity in relation to this aspect (*e.g.* Rowntree *et al.* 2001), it could still have an important contribution towards the use of preferential areas. However, such data were not available and could not be included in our analyses.

Historically, in Brazilian coast the species was distributed from Santa Catarina to Bahia state (Ellis, 1969; Palazzo and Flores, 1999). Under whaling, which occurred illegally until 1973, this population drastically decreased in number of individuals, shrinking its distribution to Santa Catarina coast. Considering the population recovery registered by Groch *et al.* (2005), the population will probably expand its distribution to the north of the study area, re-occupying part of Brazilian coast and giving the opportunity to consider other variables in future studies on distribution and habitat use of the individuals because the area used by the species will become more heterogeneous.

This study can be considered a baseline of the species distribution in a wide area in the EPA (APA da Baleia Franca) prior to the expansion of the Imbituba harbor. This expansion is thought to have a potential impact on right whales distribution in the area because of the increase in vessel traffic and noise, that are known to have influence on cetacean population in some areas (*e.g.* Nowacek *et al.*, 2001; Wells and Scott, 1997), including right whale in Peninsula Valdes breeding area, Argentina (Rowntree *et al.*, 2001). Macleod *et al.* (2003) consider that cetacean distribution should be investigated before industrial development, so that changes can be detected and appropriate measures for mitigation implemented.

Our findings provide information about southern right whale habitat use in its southern Brazil breeding area. The general distribution of the individuals highlighted

the preference for some specific bay in the main concentration area of the species in Brazilian waters. The GLMs indicated that the same temporal and environmental variables seem to be influencing the habitat use of unaccompanied adults and cow-calf pairs. However, the limited size of the study area may be influencing the results, since some environmental variables known to potential influence species distribution in other breeding areas could not be included in our models. The continued monitoring of the species in southern Brazil breeding area is necessary to provide further information about the environmental variables that can be affecting its patterns of habitat use and to detect potential changes on its distribution, due to industrial and naval development in an area that is crucial for this population.

### **Acknowledgments**

We are grateful to all observers from Projeto Baleia Franca involved in data collection. We also thank Paul Kinas and Artur Andriolo for their valuable comments and suggestions. A scholarship was provided to the first author by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

### **References**

- Austin, M. P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling. *Ecological Modeling*, 157: 101-118.
- Best, P. B. 2000. Coastal distribution, movements and site fidelity of right whales *Eubalaena australis* of South Africa, 1969-1998. *South African Journal of Marine Science*, 22: 43-55.
- Borcard, D., Legendre, P., and Dapreau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73: 1045-1055.

- Burnell, S. R., and Bryden, M. M. 1997. Coastal residence periods and reproductive timing in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology*, 241(4): 613-621.
- Cañadas, A., Sagarminaga, R., and García-Tiscar, S. 2002. Cetacean distribution related to depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep-sea Research Part I*, 49: 2053-2073.
- Clapham, P. J. 1999 (ed.). Predicting right whale distribution: report of the workshop held on October 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup>, 1998 in Woods Hole, Massachusetts. Northeast Fishing Science Center Reference Document 99-11. 44 pp. Available from: National Marine Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543-1026.
- Clapham, P. J., Aguilar, A. and Hatch, L. 2008. Determining spatial and temporal scales for management: lessons from whaling. *Marine Mammal Science*, 24(1): 183-201.
- Cummings, W. C. 1985. Right whales, *Eubalaena glacialis* (Müller, 1776) and *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822). *In Handbook of Marine Mammals*. Volume 3: The Sirenians and Baleen Whales, pp. 275-304. Ed. by S. H. Ridway, and S. R. Harrison. Academic Press, London. 362 pp.
- Dalla Rosa, L., Ford, J. K. B., and Trites, A. W. 2012. Distribution and relative abundance of humpback whales in relation to environmental variables in coastal British Columbia and adjacent waters. *Continental Shelf Research*, 36: 89-104.
- Ellis, M. 1969. A baleia no Brasil Colonial. Melhoramentos, São Paulo. 235 pp.

- Elwen, S. H., and Best, P. B. 2004a. Environmental factors influencing the distribution of southern right whales (*Eubalaena australis*) on the south coast of South Africa I: broad scale patterns. *Marine Mammal Science*, 20(3): 567-582.
- Elwen, S. H., and Best, P. B. 2004b. Environmental factors influencing the distribution of southern right whales (*Eubalaena australis*) on the south coast of South Africa II: within bay distribution. *Marine Mammal Science*, 20(3):583-601.
- Faraway, J. J. 2006. *Extending the Linear Model with R*. Chapman & Hall/CRC, Florida. 331 pp.
- Foley, H. J. *et al.* 2011. Observations of a western North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) birth offshore of the protected southeast U.S. critical habitat. *Marine Mammal Science*, 27(3): E234-E240.
- Forcada, J. 2002. Distribution. *In* *Encyclopedia of Marine Mammals*, pp. 327-333. Ed. by W. F. Perrin, B. Würsig, and J. G. M. Thewissen. Academic Press, London. 1414 pp.
- Gaskin, D. E. 1982. *The ecology of whales and dolphins*. Heinemann, Califórnia. 459 pp.
- Groch, K. R. 2000. Ocupação preferencial de áreas de concentração pela Baleia Franca Austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. Tese de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 58 pp.
- Groch, K. R. 2001. Cases of harassment by kelp gulls (*Larus dominicanus*) on right whales (*Eubalaena australis*) in southern Brazil. *Biotemas*, 14(1): 147-156.



- Groch, K. R. 2005. Biologia populacional e ecologia comportamental da baleia franca austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 168 pp.
- Groch, K. R., Palazzo Jr., J. T., Flores, P. A. C., Adler, F. R., and Fabian, M. E. 2005. Recent rapid increases in the right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(1): 41-47.
- Hastie, G. D., Wilson, B., Wilson, L. J., Parsons, K. M. and Thompson, P. M. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Marine Biology*, 144(2): 397-403.
- IWC (International Whaling Commission). 2012. Report of the workshop on the assessment of southern right whales. SC/64/Rep5. 34 pp.
- Jaquet, N. 1996. How spatial and temporal scales influence understanding of sperm whale distribution: A review. *Mammal Review*, 26: 51-65.
- Keller, C. A., Ward-Geiger, L. I., Brooks, W. B., Slay, C. K., Taylor, C. R., and Zoodsma, B. J. 2006. North Atlantic *right whale* distribution in relation to sea-surface temperature in the southeastern United States calving grounds. *Marine Mammal Science*, 22(2): 426-445.
- Macleod, K., Simmonds, M. P., and Murray, E. 2003. Summer distribution and relative abundance of cetacean populations off north-west Scotland. *Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom*, 83: 1187:1192.

- Martins, C. C. A., Morete, M. E., Coitinho, M. H. E., Freitas, A., Secchi, E. R., and Kinas, P. G. 2001. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of Queensland Museum*, 47(2): 563-570.
- McCullagh, P., and Nelder, J. A. 1997. *Generalized Linear Models*. Chapman & Hall, London. 511 pp.
- Moore, S. E., and Laidre, K. L. 2008. Trends in sea ice cover within habitats used by bowhead whales in the western Arctic. *Ecological Applications*, 16(3):932–944.
- Nowacek, S. M., Wells, R. S., and Solow, A. R. 2001. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 17 (4): 673-688.
- Palazzo Jr., J. T., and Flores, P. A. C. 1999. Plano de Ação para a Conservação da baleia franca, *Eubalaena australis*, no estado de Santa Catarina. Projeto Baleia Franca – IWC/Brasil. 59 pp.
- Patrician, M. R. *et al.* 2009. Evidence of a North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) birth in northeastern U.S. waters. *Marine Mammal Science*, 25(2): 462-477.
- Payne, R. 1986. Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). Report of the International Whaling Commission Special Issue 10: 161-167.
- R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <http://www.R-project.org>. Acesso em agosto de 2011.

- Rasmussen, K. *et al.* 2007. Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. *Biology Letters*, 3: 302-305.
- Redfern, J. V. *et al.* 2006. Techniques for cetacean-habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310: 271-295.
- Rowntree, V. J., McGuinness, P., Marshall, K., Payne, R., Sironi, M., and Seger, J. 1998. Increased harassment of right whales (*Eubalaena australis*) by kelp gulls (*Larus dominicanus*) at Península Valdés, Argentina. *Marine Mammal Science*, 14(1): 99-115.
- Rowntree, V. J., Payne, R. S., and Schell, D. M. 2001. Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue)*, 2: 133-143.
- Silveira, L. F., Klein, A. H. F., and Tessler, M. G. 2011. Classificação morfodinâmica das praias do estado de Santa Catarina e do litoral norte do estado de São Paulo utilizando sensoriamento remoto. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 15(2): 13-28.
- Sironi, M., Rowntree, V. J., Snowdon, C. T., Valenzuela, L., and Marón, C. 2009. Kelp gulls (*Larus dominicanus*) feeding on southern right whales (*Eubalaena australis*) at Península Valdés, Argentina: updated estimates and conservation implications. *Journal of Cetacean Research and Management*. Paper SC/61/BRG19 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, Portugal, June 2009.

- Sveegaard, S., Nabe-Nielsen, J., Staehr, K., Jensen, T. F., Mouritsen, K. N., and Teilmann, J. 2012. Spatial interactions between marine predators and their prey: herring abundance as a driver for the distributions of mackerel and harbor porpoise. *Marine Ecology Progress Series*, 468: 245-253.
- Tyack, P. L. 2002. Behavior, Overview. *In* *Encyclopedia of Marine Mammals*, pp. 101-108. Ed. by W. F. Perrin, B. Würsig, and J. G. M. Thewissen. Academic Press, London. 1414 pp.
- Wells, R. S., and Scott, M. D. 1997. Seasonal incidence of boat strikes on bottlenose dolphins near Sarasota, Florida. *Marine Mammal Science*, 13: 475-480.
- Zani, M. A., Taylor, K. D., and Kraus, S. D. 2008. Observation of a right whale (*Eubalaena glacialis*) birth in the coastal waters of the Southeast United States. *Aquatic Mammals*, 34: 21–24.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., and Smith, G. M. 2007. *Analysing Ecological Data*. New York, Springer. 672 pp.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., and Smith, G. M. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York, Springer. 574 pp.

*Table 1: Number of cow-calf pairs and adults sightings per month, along the species breeding season, from 2002 to 2008.*

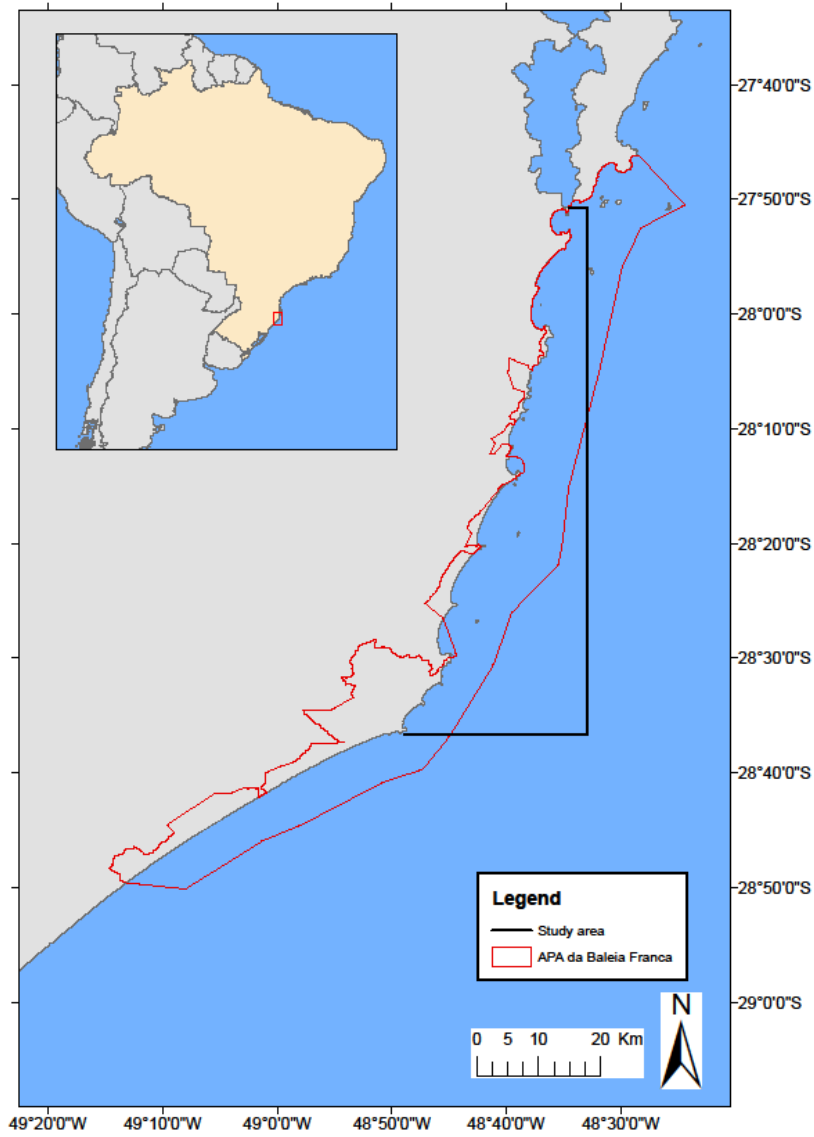
<b>Whale Class</b>	<b>July</b>	<b>August</b>	<b>September</b>	<b>October</b>	<b>November</b>
Cow-calf	67	970	1759	1250	290
Adults	208	994	819	58	2

Table 2: Models generated for cow-calf pairs and for adults in the step wise backward model selection with their respective AIC. The selected model in each whale class is in bold. “.q” indicates quadratic terms for some explanatory variables and “\*” refers to interactions between explanatory variables. morphotype = beach morphotype; bayangle = bay inclination angle; mouth = bay mouth width; east\_west = east-west wind component; north\_south = north-south wind component.

Class	Model	AIC
Cow-calf pairs	morphotype + year + year.q + month.q + month + north_south * bayangle + bayangle * mouth + east_west * bayangle + mouth * north_south + mouth * east_west	12345
	morphotype + year + year.q + month.q + month + bayangle * mouth.p + east_west * bayangle + mouth * north_south + mouth * east_west	12343
	morphotype + year + year.q + month.q + month + bayangle * mouth + east_west * bayangle + mouth * north_south	12341
	<b>morphotype + year + year.q + month.q + month + bayangle * mouth + east_west * bayangle</b>	<b>12342</b>
	morphotype + year + year.q + month.q + month + bayangle * mouth	12344
	morphotype + year + year.q + month.q + month	12396
	morphotype + month.q + month	12754
	morphotype	13028
	Adults	morphotype + year + year.q + month.q + month + north_south * bayangle + bayangle * mouth + east_west * bayangle + mouth * north_south + mouth * east_west
morphotype + year + year.q + month.q + month + north_south * bayangle + bayangle * mouth + east_west * bayangle + mouth * east_west		7613.9
morphotype + year + year.q + month.q + month + north_south * bayangle + bayangle * mouth + east_west * bayangle		7611.9
<b>morphotype + year + year.q + month.q + month + bayangle * mouth + east_west * bayangle</b>		<b>7608.0</b>
morphotype + year + year.q + month.q + month + bayangle * mouth		7610.9
morphotype + year + year.q + month.q + month		7638.4
morphotype + year + year.q		8250.4
morphotype		8378.5

Table 3: Estimates and p-values of coefficients for selected GLM fitted to right whale cow-calf and adults sightings. “.q” indicates quadratic terms for some explanatory variables and “\*” refers to interactions between explanatory variables. morphotype = beach morphotype; bayangle = bay inclination angle; mouth = bay mouth width; east\_west = east-west wind component.

Parameter	Cow-calf pairs		Adults	
	Estimate	p-value	Estimate	p-value
intercept	0.33227	2.67E-07	-1.17539	< 2e-16
morphotype(intermediate)	-1.59691	< 2e-16	-1.16467	< 2e-16
year	0.75555	< 2e-16	0.5216	< 2e-16
year.q	0.1122	0.003567	0.19827	3.20E-05
month.q	-0.75905	< 2e-16	-0.95041	< 2e-16
month	0.13574	0.000496	-1.76633	< 2e-16
bayangle	-0.00082	0.990224	0.25035	0.002358
mouth	0.08015	0.027017	0.15702	0.000569
east_west	-0.01478	0.517998	0.07498	0.009064
bayangle*mouth	0.39707	1.49E-06	0.38765	0.00013
bayangle*east_west	-0.06834	0.002796	-0.04988	0.079598



*Figure 1: Study area, in Santa Catarina State, Brazil. The monitored area is included in the EPA (APA da Baleia Franca) created to protect the species.*



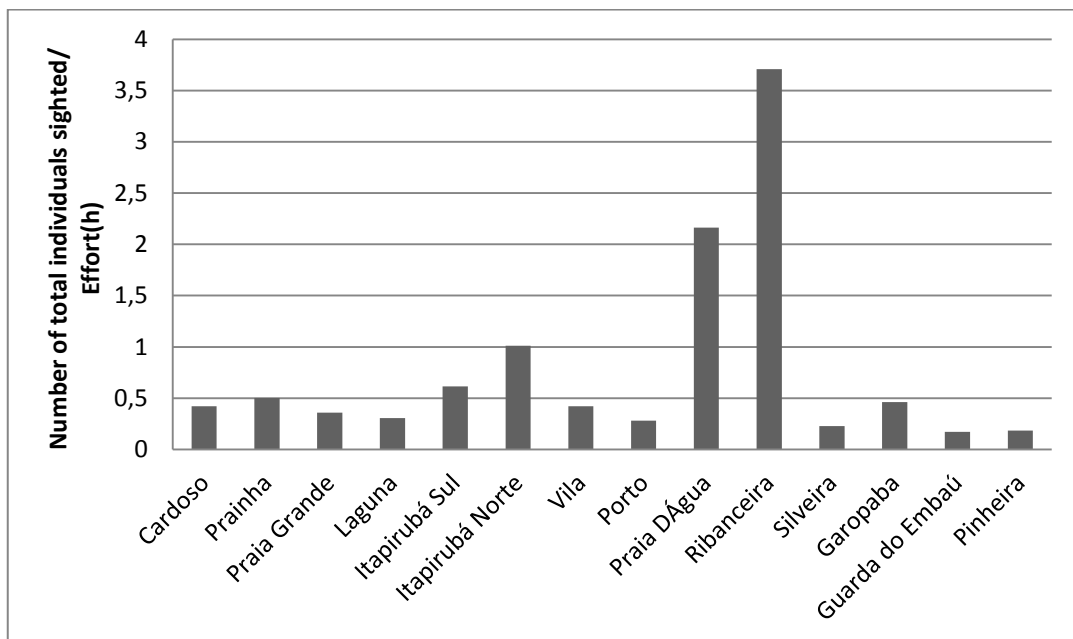
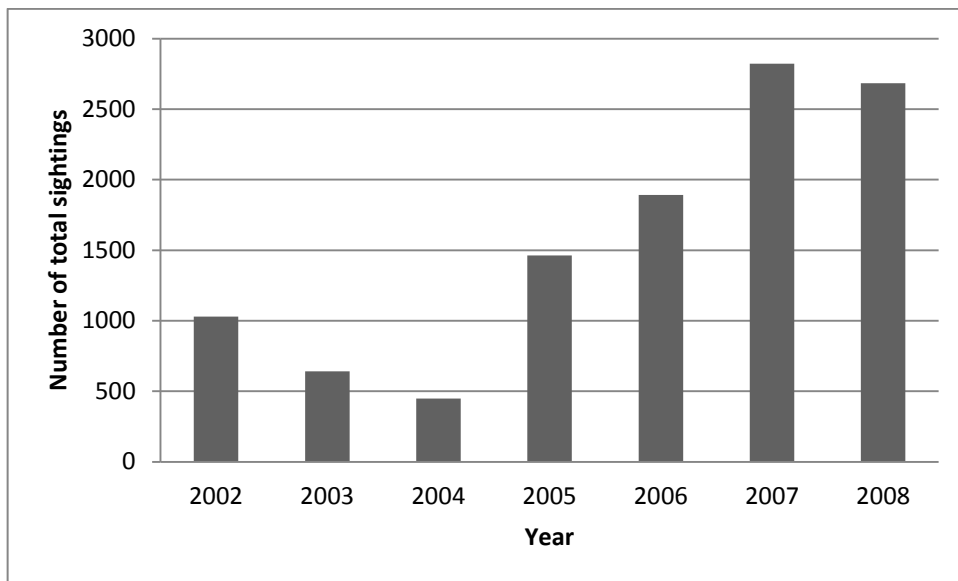
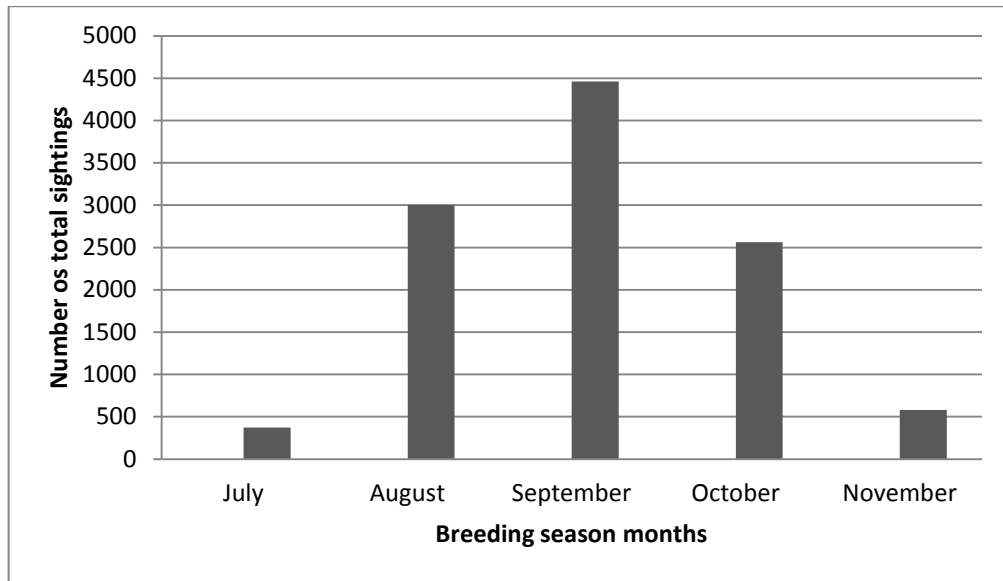


Figure 2: Number of total southern right whale individuals sighted during the study period (corrected by the effort) in different bays along Santa Catarina breeding ground.



*Figure 3: Number of total whale sighted during the study period.*



*Figure 4: Number of total individuals sighted per month, during the right whale breeding season in the study area.*