

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PÓS GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA
BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – *Eubalaena*
australis (Desmoulins 1822) – NO SUL DO
BRASIL**

EDUARDO PIRES RENAULT BRAGA

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
Maio, 2014

Para minha mãe e meus irmãos

*Esta história não termina
aqui... com o inverno elas
estão de volta... a cada
vinda trazem na mala
novas informações para
aprendermos um pouco
mais sobre sua história...
sejam bem vindas baleias-
franca!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a minha família, sem eles não seria nada! Pai (*in memoriam*), Mãe, Trombeta e Marfins... fico sem palavras... muito obrigado!

Aos amigos que foram inspiração para eu seguir este caminho, Brunão, Tutuias, Tiagão, Fefe e Paulo Fores, mas principalmente a Kari por acreditar em mim nessa empreitada com as baleias! Você foi uma referência que acabou se tornando uma grande amiga!

A todos que passaram pelo PBF nestes anos em que estive presente, mais especialmente para Dona Neiva, Nani, Rafa, Marquinhos, Amanda, Daniel, Cachorrão, Marília, Mari Max, Stê, Pat, Críscia, Baiano, Marianne, Vandeco, Thales e Tayná. Um agradecimento em especial para os grandes amigos que fiz em Itapira, Kati, Carol, Itamê, Seu Armando e Dona Nina (Sempre dando aquela força com a pousada!). Rodrigão, parceiro pra toda hora! Camila, sem palavras para dizer como foi importante tua presença nessa etapa da minha vida!

Aos amigos do cassinão: Letícia, Josi, Vanessa, Jeferson, Ana Carol, Chubaca, Mari, Karine, Felipe, Ana Luzia, Eurico, Bruna e Rodrigo. E um agradecimento especial para os parceiros de casa: Wesley, “Tutuzinho” e Lú!

Aos amigos do laboratório, mas em especial para o Edu, Lili, Carol, Marcelo, Lucas, Tatá, Laís e Suelen! Em especial ao meu grande mestre: Luciano. Você foi show de bola! Esteve presente em todos os momentos que precisei. Muito obrigado mesmo!

Um agradecimento especial para os membros da banca: Daniel Kinas e Sil!

Ao CNPQ pela bolsa de mestrado e a todos os membros do PPGOC!

Sumário

Resumo.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
Caracterização da espécie.....	9
Distribuição e habitat da Baleia-Franca-Austral	11
Conservação.....	15
Estrutura da Dissertação	17
OBJETIVOS.....	18
Objetivo geral	18
Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO 1: Estimativas de uso de área e variabilidade espaço-temporal nos padrões de distribuição da baleia-franca-austral, <i>Eubalaena australis</i>, na área reprodutiva do sul do Brasil.....	19
Introdução	19
Materiais e Métodos	22
Área de estudo.....	22
Coleta de dados.....	25
Análise dos dados	27
Resultados	30
Contagem de Baleias	30
Variação intra-anual na área de uso	31
Variação interanual na área de uso.....	36
Estimativa da área total de ocorrência.....	36
Coeficiente de Correlação	39
Discussão.....	40
Variação intra-anual no uso da área	40
Variação interanual no uso da área.....	42
Estimativa da área de uso total	47
Conclusão	49
CAPÍTULO 2: Modelagem de uso do habitat da baleia-franca-austral – <i>Eubalaena australis</i> (Desmoulins, 1822) na área reprodutiva no sul do Brasil.....	50
Introdução	50

Materiais e Métodos	54
Coleta de dados.....	54
Sobrevoos	54
Esforço amostral e dados de avistagens	57
Variáveis explanatórias	58
Análise dos dados	60
Análise exploratória dos dados	60
Modelos estatísticos	61
Modelo aditivo generalizado (GAM)	61
Modelo aditivo generalizado de duas partes (“<i>hurdle model</i>”)	62
Resultados	63
Contagem de baleias.....	63
Análise exploratória dos dados	63
Modelos aditivos generalizados.....	64
Modelos aditivos generalizados de duas partes (“<i>hurdle</i>”)	67
Modelo GAM binomial.....	67
Modelo GAM de contagem (gamma).....	69
Discussão.....	71
Conclusão	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
APÊNDICE 01	93
APÊNDICE 02	95
APÊNDICE 03	106
APÊNDICE 04	108

Resumo

A baleia-franca-austral realiza migrações sazonais entre áreas reprodutivas e áreas de alimentação. A costa sul do Brasil é uma das áreas reprodutivas da espécie. Compreender como as baleias se distribuem ao longo da costa brasileira é importante para o monitoramento da recuperação pós-caça da população e para definição de estratégias de manejo. Um dos objetivos deste trabalho foi delimitar a área principal de ocorrência da baleia-franca no sul do Brasil utilizando estimativas de densidade de Kernel com dados de censos aéreos e verificar como a área de uso se altera intra- e interanualmente. O estudo compreendeu a região de Palhoça/SC até Torres/RS. Observou-se que as baleias ocorrem de uma forma não uniforme. A área de ocupação se alterou intra-anualmente seguindo os mesmos padrões observados para a abundância. Também foram observadas alterações interanuais nos padrões de uso de área, porém determinadas enseadas foram consistentemente ocupadas. Adultos sem filhote apresentaram maior influência no tamanho da área estimada. Modelos aditivos generalizados e modelos em duas partes (*"hurdle"*) foram empregados para verificar quais variáveis ambientais e espaço-temporais que influenciaram na distribuição das baleias. Os resultados sugerem que a abundância variou em ciclos de 4 anos, e confirmam setembro como o mês de pico de baleias na região. Além disso, os modelos sugerem que as baleias-franca preferem áreas com baixa declividade e profundidade inferior a 10 metros, próximos a desembocadura de rios e apontam a região da Ribanceira/Ibiraquera como a área de maior concentração de baleias na região.

Palavras-chave: cetáceos, uso do habitat, distribuição, kernel, modelos aditivos generalizados, modelos zero-alterados

ABSTRACT

Southern right whales migrate seasonally between breeding and feeding grounds, and the southern coast of Brazil is one of their breeding grounds. Understanding how the whales are distributed along the coast is important for monitoring the post-whaling recovery and defining management strategies. Therefore, one of our objectives was to determine the main area used by the southern right whale using Kernel density estimators applied to aerial census data, and to check how this area changed intra- and interannually. The study area was from the city of Palhoça/SC to Torres/RS. Our results show that whales were non-uniformly distributed. Intra-annual changes in whale distribution followed the same patterns observed for abundance. Interannual changes in area usage were also observed, however some bays were consistently occupied. Adults without calves had the most influence in estimated area usage. Generalized additive models and hurdle models were used to check which environmental and spatio-temporal variables influence whale distribution. Our results suggest that whale abundance varied following a 4-year cycle, and confirmed September as the month with higher abundance. Also, whale numbers were higher in shallow areas with gentle slope and less than 10 meters deep, and closer to river mouths. Finally, Ribanceira/Ibiraquera region was the area with the highest whale concentration.

Key words: cetaceans, habitat use, distribution, kernel, generalized additive models, hurdle models

INTRODUÇÃO GERAL

Caracterização da espécie

Mamíferos marinhos são grandes consumidores de presas de diferentes níveis tróficos e, devido ao seu tamanho e abundância, exercem um importante papel na estruturação das comunidades marinhas (Bowen 1997). Além disso, tratam-se organismos vulneráveis devido a sua baixa taxa de crescimento populacional, uma vez que apresentam intervalos longos de maturação sexual e intervalos longos de gestação (Bannister 2002).

As baleias-franca são mamíferos marinhos pertencentes à Ordem Cetartiodactyla (Infraordem Cetacea). Os cetáceos estão divididos em duas superfamílias: Mysticeti (baleias com barbatanas) e Odontoceti (cetáceos com dentes). A superfamília Mysticeti conta atualmente com 14 espécies agrupadas em quatro famílias (Bannister 2002). Compreende o grupo formado pelas baleias cuja principal diferenciação dos demais cetáceos é a presença de cerdas bucais queratinizadas (tratadas, daqui para frente, como “barbatanas”), responsável pela filtração do alimento (Rice 2002, Bannister 2002). As quatro famílias existentes são Balaenidae, Balaenopteridae, Escrichtiidae e Neobalaenidae, sendo que as duas primeiras ocorrem em águas brasileiras (Bannister 2002, Churchill *et al.* 2012).

A família Balaenidae é caracterizada pela fusão das vértebras cervicais, o rostro estreito e boca muito arqueada, barbatanas longas e estreitas e ausência de nadadeira dorsal. São conhecidos dois gêneros: *Eubalaena* e *Balaena*, sendo o primeiro composto de três espécies (baleias-franca) e o segundo de apenas uma espécie (baleia da Groelândia) (Churchill *et al.* 2012).

As três espécies de baleias-franca são: a baleia-franca-austral - *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – que habita os oceanos do Hemisfério Sul; a baleia-franca-boreal – *Eubalaena glacialis* (Muller, 1776) – encontrada no Oceano Atlântico Norte; e a baleia-franca-japonesa – *Eubalaena japonica* (Lacépède, 1818) – que habita o Pacífico Norte (Kenny 2002, Churchill *et al.* 2012).

Estudos recentes demonstram diferenças expressivas no DNA mitocondrial destas três espécies, havendo porém uma maior proximidade filogenética entre *E. australis* e *E. glacialis* (Rosenbaum *et al.* 2000). As baleias-franca-austrais podem ser distinguidas facilmente de outros grandes cetáceos do Hemisfério Sul devido a características distintas como a ausência de nadadeira dorsal, e o característico borrito em forma de “V” durante a respiração (Cummings 1985, Evans 1987). Elas apresentam uma coloração preta podendo ocorrer manchas brancas no ventre e no dorso (Evans 1987). Alguns indivíduos podem apresentar modificações genéticas gerando uma coloração acinzentada. Estes indivíduos são também conhecidos como semi albinos, e, quando jovens apresentam o corpo branco com pequenas manchas pretas, escurecendo nos primeiros anos de vida (Payne *et al.* 1983, Schaeff, *et al.* 1999).

Uma característica única do gênero *Eubalaena* é o conjunto de calosidades localizadas na região da cabeça. Estas calosidades são espessamentos da epiderme infestados por colônias de crustáceos da família Cyamidae (piolhos de baleia), responsáveis pela coloração branca ou amarelada (Rowntree 1996). A distribuição das calosidades segue um padrão geral, porém,

o formato, tamanho e número variam de um indivíduo para o outro (Payne *et al.* 1983), proporcionando a possibilidade de identificação individual.

As fêmeas adultas são maiores que os machos atingindo até 18 metros de comprimento e pesando de 50 a 56 toneladas (Evans 1987). Os filhotes nascem com 4,5 a 6 metros de comprimento e pesando de quatro a cinco toneladas (Best 1994, Kenny 2002).

A maturidade sexual é atingida em torno dos seis anos, e a primeira gestação ocorre próximo aos nove anos. O período de gestação dura cerca de um ano, sendo que o intervalo médio entre uma gestação e outra é de três anos (Payne 1986). O desmame parece ocorrer após o primeiro ano de idade (Thomas & Taber 1984, Burnell 2001).

Distribuição e habitat da Baleia-Franca-Austral

Assim como a maioria dos mysticetos, as baleias-franca-austrais realizam migrações entre áreas de alimentação e reprodução. Durante o verão, se concentram em regiões próximas aos polos onde se alimentam e durante o inverno procuram águas mais quentes para acasalar e procriar (Evans 1987).

As áreas de alimentação estão associadas a regiões de alta produtividade, onde há grande concentrações de zooplâncton (Evans 1987). No Atlântico Sul, são reconhecidas as regiões próximas à convergência Antártica e no entorno das ilhas Geórgias do Sul (IWC 2001, Leaper *et al.*, 2006, Valenzuela *et al.* 2009).

Em 1998 foi definida a divisão das populações de baleias-franca do Hemisfério Sul em onze unidades de manejo: região subantártica da Nova

Zelândia, região continental da Nova Zelândia/Kermadec, Austrália, região central do Oceano Índico, Moçambique, África do Sul, Namíbia, Tristão da Cunha, Argentina, Chile/Peru e Brasil (IWC 2012). Na América do Sul, a principal concentração reprodutiva ocorre na região da Península Valdes, na Argentina, e no litoral dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, no sul do Brasil (Groch 2005, IWC 2012, Payne 1986). Além disso, uma significativa concentração de baleias vem sendo observada no Uruguai (Costa *et al.* 2005, IWC 2012). Reavistagens em águas brasileiras de baleias previamente identificadas na Argentina, bem como análises genéticas indicam ocorrer alguma relação entre estes dois estoques. Para o Brasil e Argentina são observados tanto baleias solitárias como fêmeas acompanhadas de filhotes, o que caracteriza a região como uma área de reprodução e acasalamento. Já no Uruguai existe uma predominância de adultos desacompanhados de filhotes, caracterizando a área como uma região de acasalamento (Costa *et al.* 2005, IWC 2012).

Áreas de reprodução são frequentemente relacionadas a águas calmas e rasas o que confere proteção contra predadores. A procura por águas mais calmas pode estar relacionada também à conservação de energia para mães e filhotes (Elwen & Best 2004a).

Estudos de foto-identificação de longo prazo demonstram haver certa fidelidade às áreas de reprodução. Fêmeas grávidas tendem a voltar a mesma região a cada 3 anos, em geral no mesmo local ou áreas adjacentes para a concepção de um novo filhote. Além disso, estudos genéticos associados a

análises de isótopos estáveis confirmam a existência desta fidelidade, que seria passada de mãe para filhote (Valenzuela *et al.* 2009).

No Brasil, há registros de baleias-franca desde a Baía de Todos os Santos até o litoral do Rio Grande do Sul. A maior concentração de indivíduos ocorre no litoral Sul de Santa Catarina até o norte do Rio Grande do Sul, entretanto maiores densidades de baleias ocorrem a partir do Cabo de Santa Marta/ SC até o sul da Ilha de Santa Catarina (Lodi *et al.* 1996, Santos *et al.* 2001, Greig *et al.* 2001 Groch *et al.* 2005). Nesta região, as baleias-franca são encontradas principalmente de julho a novembro. A maioria das avistagens consiste de fêmeas acompanhadas de filhotes. O registro de adultos acompanhados de neonatos indica que os nascimentos ocorrem na região (Groch 2000),

Nesta região está localizada a Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca. Criada por um decreto federal em 14 de setembro de 2000, esta unidade de conservação possui uma área de 156.100 hectares abrangendo desde o sul da Ilha de Santa Catarina (27°25'S, 48°30'W) até o Balneário Rincão (28°42'S, 49°16'W) (ICMBio). A APA da baleia-franca foi criada com o objetivo de proteger a principal área de concentração da espécie no Brasil, utilizando-a como bandeira para a conservação de todo o ecossistema costeiro da região.

A ocorrência de baleias-franca na região é estudada desde 1981 (Palazzo & Carter 1983). Inicialmente os estudos foram realizados em enseadas específicas. De 1998 a 1999, as enseadas e Laguna/SC se destacaram como a principal área de ocorrência da baleia-franca para a região (Groch 2000). Em estudos de maior escala espacial, por meio de sobrevoos, a enseada de Laguna/SC se destacou novamente como a principal área de ocorrência da

espécie (Groch 2005). Porém deve-se destacar que as baleias-franca apresentam flexibilidade em relação a ocupação de habitat (Rowntree *et al.* 2001) podendo então estes padrões de algum modo ter se alterado ao longo dos últimos anos. Além disso, o atual crescimento populacional pode, de algum modo, estar alterando estes padrões de distribuição. Na África do Sul, pequenas alterações na distribuição foram observadas nos últimos 30 anos, provavelmente decorrentes do crescimento populacional regional (Elwen & Best 2004a).

Recentemente, novos estudos foram realizados para descrever a atual distribuição das baleias-franca dentro desta área reprodutiva. Estes estudos também definiram algumas variáveis ambientais que possivelmente influenciam a distribuição das baleias. Novas áreas de maior ocorrência foram descritas, com a enseada da Ribanceira/Ibiraquera destacando-se como a principal área (Seyboth 2013, Silva 2013). Vale ressaltar, entretanto, que estes estudos ocorreram em uma escala espacial mais limitada, em enseadas específicas, não tratando continuamente a área reprodutiva. As descrições dos padrões de distribuição de baleias-franca utilizando uma escala espacial maior na área reprodutiva no sul do Brasil ocorreram até o ano de 2010 (Santo 2012), entretanto estas análises não avaliaram as modificações ocorridas nos padrões de distribuição intra e interanualmente. Conhecer como os padrões de distribuição das baleias-franca vêm se alterando ao longo dos últimos anos é fundamental para a definição de áreas prioritárias e outras estratégias para a conservação da espécie.

Os estudos mencionados acima destacaram variáveis como o morfotipo da enseada, o ângulo da baía, direção do vento e temperatura da superfície da

água como fatores influentes na distribuição e abundância desta espécie (Seyboth 2013, Silva 2013). Entretanto, estes estudos, além de abrangerem uma área menor e um período de amostragem menor, eram baseados em outra metodologia de amostragem (ponto fixo). Sendo assim, no presente estudo pretende-se testar variáveis ambientais e temporais que influenciam a distribuição e abundância desta espécie numa área e escala espacial e temporal maior acrescentando também variáveis explanatórias ainda não testadas nesta área reprodutiva. A latitude, temperatura da superfície da água, coeficiente de embaçamento e declividade foram testados e considerados significativos em trabalhos na região utilizando a metodologia de sobrevoo (Santo 2012), porém numa escala temporal menor. Estudos em outras áreas reprodutivas apontam para o tipo de substrato, declividade e a distância da desembocadura de rios como fatores que podem afetar a distribuição das baleias (Elwen & Best 2004a, 2004b). Os resultados deste estudo poderão gerar informações importantes para tomadas de decisões de manejo, garantindo a preservação da espécie e um desenvolvimento regional sustentável.

Conservação

As populações de baleia-franca foram alvo de exploração comercial no mundo inteiro até o início do século XX. No Brasil existem registros de atividades de caça às baleias-franca desde o século XVII, sendo que a caça se iniciou na Bahia e foi se deslocando até Santa Catarina a medida que os recursos (baleias) terminavam (Bitencourt 2005).

Por apresentar hábitos costeiros, lentidão e espessa camada de gordura, a baleia-franca era o principal alvo da atividade baleeira. A caça tinha como objetivo a retirada da gordura para a produção do óleo empregado na iluminação, lubrificação e fabricação de argamassa para construções (Ellis, 1969).

O último registro de caça de baleia-franca no Brasil foi em 1973, na cidade de Imbituba/SC (Palazzo & Carter 1983). Apenas em 1983, indivíduos da espécie foram novamente reavistados no litoral sul do Brasil (Palazzo *et al.* 2007). Apesar das baleias-franca estarem protegidas internacionalmente desde 1935 a proibição oficial de caça aos cetáceos no Brasil ocorreu apenas em 1987 (Lei Federal Nº. 7643, de 18 de dezembro de 1987).

O Catálogo Brasileiro de Foto-Identificação das Baleias-Franca (Projeto Baleia Franca, PBF/Brasil) contava com 332 baleias identificadas até 2003 (Groch 2005). Atualmente o catálogo conta com 670 baleias registradas (K. Groch – Projeto Baleia Franca, comunicação pessoal). Para esta região reprodutiva, o crescimento populacional está estimado em 12% (IWC 2012).

Apesar de protegidas, atualmente as baleias-franca ainda sofrem ameaças, principalmente devido aos hábitos costeiros da espécie e pelo fato das áreas reprodutivas estarem localizadas próximas a centros urbanos. Os principais fatores que podem interferir na recuperação desta espécie são: emalramento em artefatos de pesca, colisão com embarcações, distúrbios sonoros e degradação do habitat (ex: urbanização) (Palazzo *et al.* 2007). Além disso, existe a emissão de poluentes de origem antropogênica nos oceanos, os quais podem impactar os cetáceos direta ou indiretamente (Reijnders *et al.* 2002). Portanto, todas essas ameaças indicam a necessidade de um

monitoramento sistemático dessa população e um planejamento de uso sustentável das áreas reprodutivas da baleia-franca no Brasil.

Estrutura da Dissertação

Esta dissertação foi estruturada em dois capítulos, precedidos por uma introdução geral e objetivos. No primeiro capítulo foram estimadas as principais áreas de ocorrência da espécie, e os padrões de distribuição. A partir do método de estimativa de densidade de Kernel foi verificado como a área de ocorrência se altera ao longo da temporada reprodutiva e como ela vem se modificando ao longo dos anos. Além disso foi testado se existe uma relação entre cada classe de indivíduos (baleias solitárias, baleias com filhote ou subadultos) e o tamanho da área estimada. No capítulo 02 foram testadas a influência das variáveis temporais, ambientais e espaciais na distribuição e abundância relativa da espécie no sul do Brasil, utilizando modelos aditivos generalizados e modelos aditivos generalizados em duas partes (modelos “*hurdle*” ou zero-alterados). Os apêndices complementam os resultados observados dos capítulos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Investigar os padrões de uso do habitat da baleia-franca-austral no sul do Brasil e correlacionar sua distribuição com variáveis ambientais e temporais.

Objetivos específicos

- I. Verificar alterações intra- e interanuais no uso do habitat pela espécie (Capítulo 01);
- II. Definir a principal área de uso pela espécie (Capítulo 01);
- III. Correlacionar a área de uso pela espécie com as classes adultos com filhote, adultos sem filhote e subadultos (Capítulo 01);
- IV. Verificar quais fatores ambientais e temporais influenciam a distribuição e abundância relativa da espécie na área de estudo (Capítulo 02);

CAPÍTULO 1

Estimativas de uso de área e variabilidade espaço-temporal nos padrões de distribuição da baleia-franca-austral, *Eubalaena australis*, na área reprodutiva do sul do Brasil

Introdução

O modo como as populações se organizam no tempo e no espaço são temas importantes na pesquisa em ecologia. Para desenvolver e implementar programas de conservação, é necessário um conhecimento detalhado de sua distribuição espaço-temporal (Kaschner *et al.* 2006)

A baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – realiza migrações sazonais para regiões costeiras para acasalar, dar à luz e criar seus filhotes (Payne 1986, Burnell & Bryden 1997, Best 2000). No Hemisfério Sul foram definidas onze unidades de manejo para a espécie: região subantártica da Nova Zelândia, região continental da Nova Zelândia/Kermadec, Austrália, região central do Oceano Índico, Moçambique, África do Sul, Namíbia, Tristão da Cunha, Argentina, Chile/Peru e Brasil (IWC 2012). Mais especificamente, para a região do oceano Atlântico na América do Sul, as principais áreas de ocorrência são localizadas na Península Valdes, Argentina, na costa do Uruguai e, uma significativa concentração ocorre no litoral sul brasileiro (IWC 2012).

No Brasil, a espécie se distribui historicamente desde a Bahia até o litoral do Rio Grande do Sul. Entretanto a maior concentração reprodutiva ocorre no estado de Santa Catarina (Lodi *et al.* 1996). Apesar da existência de diferenças

genéticas em nível de DNA mitocondrial, comparando as baleias que utilizam a costa brasileira como área reprodutiva com as baleias-franca da Argentina, ainda é detectada uma alta homogeneidade a nível nuclear e um elevado número de haplótipos compartilhados, sugerindo então que se trate do mesmo estoque reprodutivo (Ott 2002). Além disso, a concentração reprodutiva observada no Uruguai acompanha os mesmos padrões sazonais de ocorrência observados na Argentina e Brasil, sugerindo a existência de um único estoque reprodutivo de baleias-franca na América do Sul. Entretanto, para esta área, existe uma predominância de adultos sem filhotes, levando a crer que a região representa uma importante área de acasalamento de baleia-franca (Costa *et al.* 2005).

Embora internacionalmente protegida desde 1935, a exploração ilegal ocorreu até o início do século passado (Palazzo & Carter 1983, Klinowska 1991). No Brasil, a atividade baleeira ocorreu desde meados do século XVII até o início do século XX (Ellis 1969), não se sabendo ao certo quantas baleias foram caçadas na região. Estima-se que a população original no Hemisfério Sul antes da caça era cerca de 90.000 indivíduos (Richards 1998). O último registro de caça de baleia-franca no Brasil ocorreu em 1973 na cidade de Imbituba/SC, quando então as atividades de caça foram encerradas devido à escassez de baleias na região, levando à inviabilidade econômica da atividade baleeira (Palazzo & Carter 1983).

Apenas no início da década de 80, novos registros de baleias-franca foram confirmados no Brasil (Lodi *et al.* 1996). Desde então as baleias vêm sendo monitoradas pelo Projeto Baleia Franca/PBF Brasil. Apesar da existência de registros nas regiões nordeste e sudeste (Lodi *et al.* 1996, Santos *et al.* 2001,

Rossi-Santos *et al.* 2003) a maior área de concentração reprodutiva no Brasil encontra-se no litoral sul brasileiro (Greig *et al.* 2001, Groch *et al.* 2005). Atualmente, a espécie é classificada como em perigo pela lista de espécies ameaçadas do Brasil (Subirá *et al.* 2012).

A temporada reprodutiva no Brasil ocorre de junho a novembro, com pico de abundância entre agosto e outubro (Groch *et al.* 2005). Adultos com filhote tendem a ficar um maior período nas áreas reprodutivas do que adultos sem filhote, estando este período relacionado com a amamentação e desenvolvimento do filhote (Burnell & Bryden 1997, Taber & Thomas 1982).

Até o ano de 2003, estudos definiram as principais áreas de ocorrência da espécie na região. Entretanto, as populações de baleias-franca vêm se recuperando (Best *et al.* 2001, Cooke *et al.* 2001, Groch *et al.* 2005), e o crescimento populacional está estimado em 12% para a área reprodutiva no Brasil (IWC 2012). Na África do Sul foram observadas alterações de pequena escala nos padrões de distribuição das baleias-franca ocasionado principalmente devido ao crescimento populacional (Elwen & Best 2004a). Além disso, mudanças mais drásticas nos padrões de distribuição das baleias-franca já foram observadas na Península Valdes (Rowntree *et al.* 2001).

Recentemente, novos estudos deram indícios de possíveis alterações nos padrões de distribuição das baleias-franca no sul do Brasil. Mais precisamente, novas enseadas foram destacadas como áreas de principal concentração da espécie (Seyboth 2013). Entretanto, tratam-se de estudos de menor escala espacial ou limitados a observações de ponto fixo. Portanto, torna-se

necessários novos trabalhos de maior abrangência espacial e temporal para uma investigação precisa sobre os atuais padrões de ocorrência da espécie.

Neste trabalho estimou-se a área de uso pela baleia-franca-austral no sul do Brasil, com a finalidade de investigar as tendências de expansão e retração da área de ocupação ao longo da temporada reprodutiva. Além disso, avaliamos alterações interanuais nos padrões de ocupação a fim de verificar se, com o crescimento populacional, a área de uso das baleias está aumentando. Nossa hipótese é de que a área de uso tenha uma relação positiva com o número de indivíduos registrados, indicando uma reocupação da distribuição, possivelmente original, anterior à caça.

Os resultados do presente estudo fornecem subsídios para que o foco de manejo e conservação sejam direcionados para estas principais áreas de ocorrência da espécie. Espera-se que o crescimento populacional venha a alterar o cenário de distribuição das baleias nesta área reprodutiva, sendo necessário então um estudo de longo prazo, como este, para definirmos áreas prioritárias para conservação.

Materiais e Métodos

Área de estudo

A área de estudo estendeu-se ao longo da costa iniciando no município de Torres/RS (29.367° S) até o município de Palhoça/SC (27.907° S). A região localiza-se entre a Plataforma Continental Sudeste e a Plataforma Continental

Sul Brasileira, sendo que o cabo de Santa Marta representa o ponto de divisão entre estas duas regiões da plataforma continental (Castro *et al.* 2006).

A região norte e central (limite norte até o Farol de Santa Marta) da área de estudo é caracterizada por uma costa recortada, com formação de pequenas baías arenosas medindo de 300m a 13 km de extensão separados por promontórios rochosos (Pereira *et al.* 2009, Carvalho e Rizzo 1994). A região sul é caracterizada por uma faixa contínua de areia. A linha de costa apresenta uma orientação N-S para a área norte e central (até o Farol de Santa Marta), e NE-SW até o limite sul (Fig.1.1).

Nesta região está localizada a Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Esta unidade de conservação foi estabelecida em 2000 por um Decreto Federal do Ministério do Meio Ambiente. A unidade de conservação possui uma área de 156.100 hectares abrangendo desde o sul da Ilha de Santa Catarina (27°25'S, 48°30'W) até o Balneário Rincão (28°42'S, 49°16'W) (ICMBio).

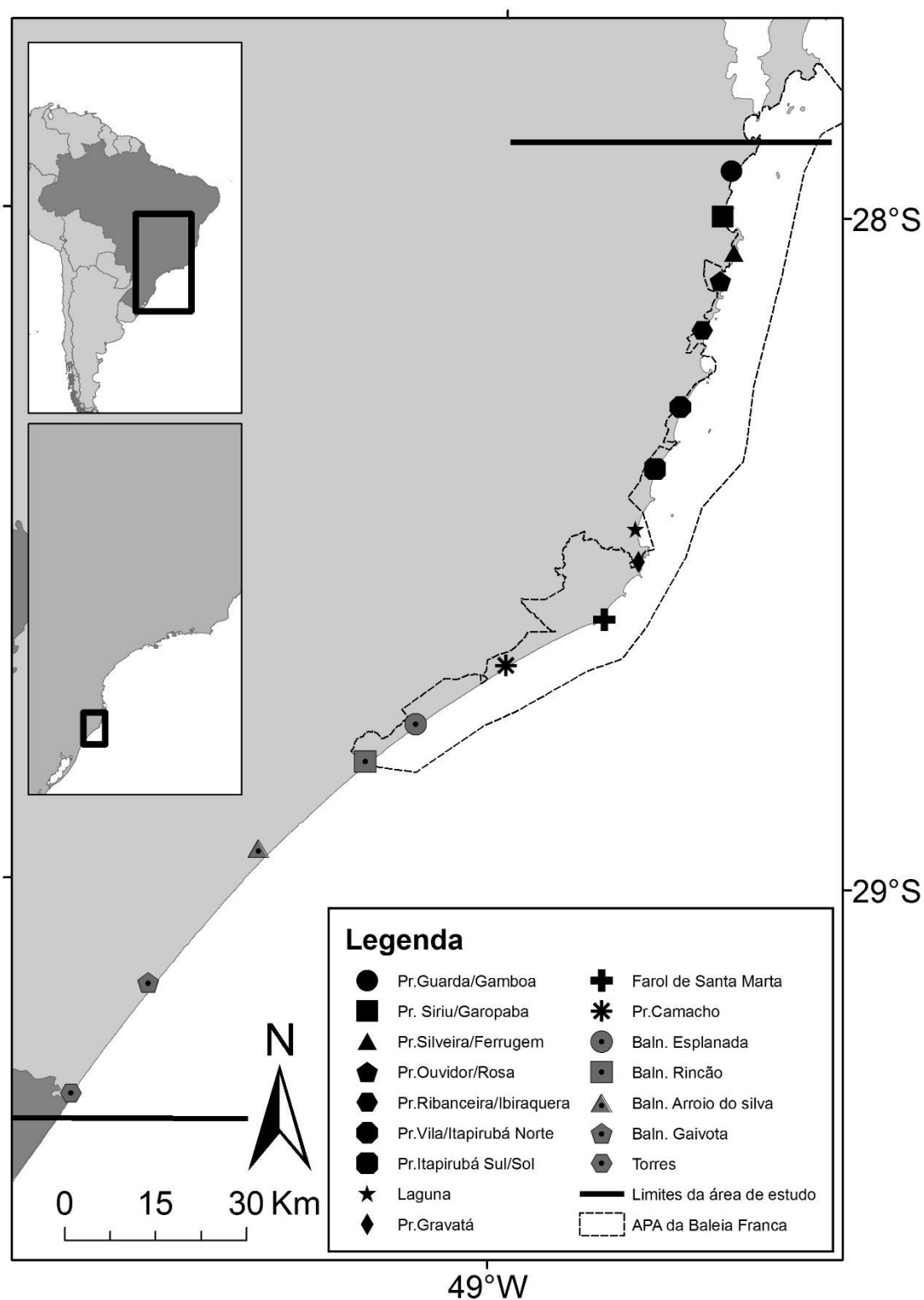


Figura 1.1: Área de estudo do monitoramento de baleias-franca. A área de monitoramento inclui a Unidade de Conservação APA da Baleia Franca

Coleta de dados

Os dados de distribuição e abundância de baleias-franca foram obtidos a partir de sobrevoos de helicóptero realizados no período de julho a novembro durante os anos de 2003 a 2012. De um total de 44 sobrevoos, 20 foram selecionados para as análises por percorrerem a mesma área de abrangência e o mesmo período temporal (Tabela 1.1). A coleta de dados fez parte de um estudo sistêmico de foto-identificação de baleia-franca realizado pelo Projeto Baleia Franca/PBF Brasil.

Os sobrevoos foram realizados a uma altitude média de 300 m, paralelamente à linha de costa, abrangendo uma faixa de aproximadamente 1,5 km de largura a partir da costa. Um outro estudo sistêmico envolvendo observações a partir de pontos fixos elevados com o uso de teodolito indica que, nesta região reprodutiva, poucos são os registros de baleias afastadas da costa, tornando essa área de 1,5 km de abrangência dos sobrevoos satisfatória para coleta dos dados (K. Groch – Projeto Baleia Franca, comunicação pessoal). De fato, este parece ser um padrão para a espécie no período reprodutivo. Na África do Sul, por exemplo, 90% das avistagens ocorrem em uma distância máxima de 1,85 km da costa, e, para adultos com filhote a maior distância registrada foi de 0,93 km da costa (Best 1990).

Os sobrevoos se mantiveram em uma rota contínua paralelamente a linha de costa durante todo o percurso. Desvios ocorriam somente para foto identificação sem realizar esforço para procura de novas avistagens. As condições ambientais de visibilidade (escala de 1-péssima a 5-ótima) e estado do mar (escala Beaufort) eram registradas no princípio do sobrevoo. Sempre que

possível, os sobrevoos eram realizados em estado do mar menor ou igual a 3 e com visibilidade ótima.

O helicóptero era tripulado por até 4 passageiros (2 dianteiros – um sendo o piloto – e 2 traseiros). O esforço de observação para a procura de grupos de baleias era realizado pelos passageiros dianteiros, que possuíam um maior campo de visão. Um fotógrafo, sentado na parte traseira, conduzia a foto-identificação, identificava a composição e quantificava os grupos avistados. O quarto passageiro, quando presente, auxiliava o fotógrafo no manuseio dos equipamentos.

A procura pelos grupos de baleias era realizada a olho nu, sendo que a porção frontal de todo o helicóptero era formada de vidro permitindo aos observadores um maior campo de visão da faixa de amostragem a frente e abaixo. As baleias avistadas eram quantificadas de acordo com a composição do grupo – adultos sem filhotes (Ad), adultos com filhotes (Ad+Fi) e subadultos (Sb) – fotografadas e suas posições eram marcadas num aparelho GPS.

Quando um sobrevoos era interrompido por alteração nas condições ambientais ou quando não era possível concluir o percurso com luminosidade adequada, era dada continuidade ao voo em dias consecutivos. Neste caso, o trecho já percorrido não era sobrevoado novamente, e as contagens duplicadas de indivíduos foram excluídas através de técnicas de foto-identificação, sendo mantida sempre a primeira avistagem registrada.

Análise dos dados

Para verificar variações intra-anuais nos padrões de distribuição de baleias-franca, foram utilizados os dados coletados durante os meses de julho, setembro e novembro de 2004, 2007, 2008, 2010 e 2011. Em todos estes anos os sobrevoos ocorreram nos meses analisados e abrangeram a mesma área de cobertura. Já para a análise de variações interanuais, foram selecionados apenas os sobrevoos de setembro, que é o período de maior abundância da espécie na região, de 2003 a 2012 (Tabela 1.1).

Tabela 1.1: Sobrevoos realizados para o monitoramento de baleias-franca na área reprodutiva no sul do Brasil de 2003 a 2012

Ano	Data
2003	12 / setembro
2004	25 / julho
2004	15 / setembro
2004	08 / novembro
2005	17 /setembro
2006	18 e 19 / setembro
2007	20 / julho
2007	20 / setembro
2007	09 / novembro
2008	25 / julho
2008	03 / setembro
2008	19 / novembro
2009	25 e 26 / setembro
2010	29 / julho
2010	15 / setembro
2010	6 / novembro
2011	22 / julho
2011	11 / setembro
2011	8 / novembro
2012	5 e 6 / setembro

A posição geográfica de cada avistagem foi plotada em mapas construídos no software ArcGIS 9.2 (ESRI, Redlands, CA). Os *shapefiles* para a elaboração dos mapas foram obtidos através do site <<http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>>. Para elaboração dos mapas optou-se por utilizar uma projeção UTM da zona 22

S uma vez que se trata de uma projeção mais fiel e de menor distorção da área estimada.

Para estimar a área de uso das baleias-franca-austral na área reprodutiva do sul do Brasil, utilizou-se o método de estimativa de densidade de Kernel (KDE) Fixo 95% e 50%. O KDE é um método não paramétrico para estimação de curvas de densidade onde cada observação é ponderada pela distância em relação a um valor central (núcleo, também denominado de kernel), gerando uma superfície suavizada que descreve a provável distribuição em um determinado momento (Worton 1986). O KDE pode então comparar variações qualitativas ao longo da área de estudo comparando os mapas elaborados (Wedekin 2011). O valor do parâmetro de banda (h) tem grande influência no resultado (Kernohan *et al.* 2001) pois irá determinar o grau de detalhamento da estimativa de densidade (Jacob & Rudran 2004), resultando em menor erro na estimativa de distribuição (Worton 1986). Para verificar a variabilidade intra-anual na área de uso das baleias, foram geradas superfícies de densidade contendo todas as avistagens agrupadas para cada um dos meses: julho, setembro e novembro nos anos selecionados. A partir da sobreposição das superfícies geradas foi possível verificar a expansão ou retração da área de uso das baleias ao longo do ano. As alterações interanuais no padrão de distribuição das baleias, por outro lado, foram avaliadas a partir das superfícies geradas para o mês de setembro de cada ano, e, as superfícies de anos consecutivos foram sobrepostas, permitindo verificar a expansão ou retração da área estimada.

Para todas as superfícies de densidade kernel geradas foram incorporadas a informação de tamanho dos grupos das avistagens. Entretanto, para melhor

exemplificar as alterações na área de uso da baleia-franca, as áreas estimadas pelo Kernel 95% e 50% foram quantificadas (em Km²) para retratar a expansão, retração e sobreposição das estimativas.

Os dados foram analisados no software ArcGIS 9.2 utilizando a extensão Hawth's Tools. O parâmetro de banda (h) foi definido como 2.5 quilômetros. O valor foi definido tomando como base o fato dos sobrevoos ocorrerem paralelamente à costa, e, de modo a extrapolar em 1 quilômetro a área de abrangência dos sobrevoos em relação a distância da costa. O tamanho de célula da superfície gerada foi adaptado de Rayment *et al.* (2012), e definido como 125 metros quadrados. A área sobreposta ao ambiente terrestre foi excluída da análise. As áreas de ocorrência foram quantificadas em quilômetros quadrados utilizando a ferramenta do ArcGIS "calculate geometry".

Um mapa contendo todas as avistagens dos dados interanuais (setembro de 2003 a 2012) foi construído para sintetizar o uso de habitat das baleias-franca no sul do Brasil e definir as principais áreas de ocorrência da espécie na região. Foi feito um Kernel fixo 95% e 50% utilizando os mesmos métodos descritos acima.

Com a finalidade de investigar se existem diferenças na área estimada para cada classe de indivíduos (ad, ad+fi e sb), utilizou-se a correlação de *Spearman* (Zar 2010). Entretanto, para esta análise, optou-se utilizar somente os dados dos sobrevoos ocorridos no mês de setembro, por este representar o pico de ocorrências de baleias na região, para todas as categorias observadas.

Resultados

Contagem de Baleias

As avistagens de baleias ocorreram em todos os sobrevoos de julho, entretanto, o pico de sempre ocorreu em setembro, com um marcado declínio no mês de novembro (tabela 1.2). Os resultados indicaram que adultos sem filhotes têm um menor tempo de permanência nesta área reprodutiva, os quais nunca foram registrados no mês de novembro (tabela 1.2).

Tabela 1.2: Avistagens de baleia-franca-austral padronizado para as análises intra-anuais

		Adultos sem filhote (Ad)	Adultos com filhote (Ad+Fi)	Filhotes (Fi)	Subadultos (Sb)	Total
2004	Julho	20 (62,5%)	6 (18,75%)	6 (18,75%)	0	32
	Setembro	8 (12,12%)	29 (43,94%)	29 (43,94%)	0	66
	Novembro	0	0	0	0	0
2007	Julho	42 (80,76%)	5 (9,62%)	5 (9,62%)	0	52
	Setembro	2 (2,57%)	37 (47,43%)	37 (47,43%)	2 (2,57%)	76
	Novembro	0	7 (50%)	7 (50%)	0	14
2008	Julho	9 (27,28%)	12(36,33%)	12(36,33%)	0	33
	Setembro	17 (20%)	34 (40%)	34 (40%)	0	85
	Novembro	0	0	0	0	0
2010	Julho	9(25%)	12(33,33%)	12(33,33%)	3(8,34%)	36
	Setembro	28 (29,47%)	33 (34,74%)	33 (34,74%)	1 (1,05%)	95
	Novembro	0	8 (50%)	8 (50%)	0	16
2011	Julho	7 (22,59%)	11(35,48%)	11(35,48%)	2(6,45%)	28
	Setembro	58 (40,55%)	41 (28,68%)	41 (28,68%)	3 (2,09%)	143
	Novembro	0	15 (50%)	15 (50%)	0	30

Quanto à variação interanual, o ano de 2006 foi o que apresentou maior abundância relativa de baleias. Entretanto, os três últimos anos analisados estão entre os quatro anos de maior abundância, sugerindo um crescimento populacional recente na região (fig. 2).

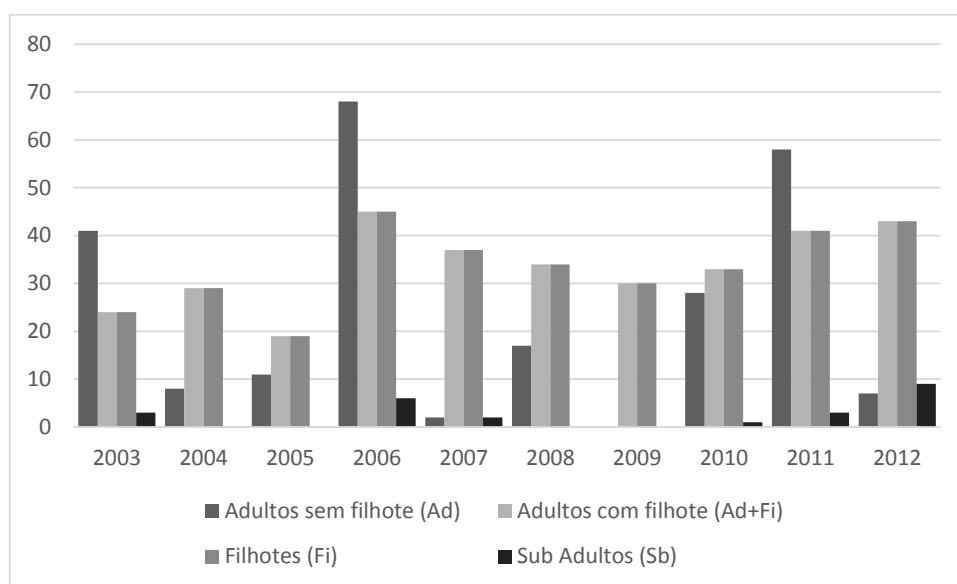


Figura 1.2: Variação interanual na contagem de baleias-franca na área reprodutiva no sul do Brasil de 2003 a 2012 para o mês de Setembro

Variação intra-anual na área de uso

Assim como observado com relação ao número de indivíduos avistados, a área de uso apresentou a mesma tendência de se ampliar de julho a setembro e diminuir entre setembro e novembro. Setembro apresentou uma maior área estimada, seguida de julho e depois novembro (tab. 1.3).

Tabela 1.3: Estimativa das alterações intra-aneais na área de uso estimada da baleia-franca austral na região reprodutiva no sul do Brasil.

Mês	Área estimada 95%	Área Sobreposta 95%	Área estimada 50%	Área Sobreposta 50%
Julho	670, 16 km ²	-	155,21 km ²	-
Setembro	810,31 km ²	72,02%	196,49 km ²	35,17%
Novembro	185,62 km ²	94,06%	25,78 km ²	99,34%

A sobreposição entre julho e setembro é maior para o KDE 95% com 72,02%, enquanto o KDE 50% sobrepôs em 35,17%. Entre setembro e novembro a sobreposição da área de uso é muito elevada chegando a 94,06% para o KDE 95% e 99,34% para o KDE 50%.

Os dados da área de uso mostram uma distribuição não-uniforme das baleias na região. Em julho, a área apresenta diversas lacunas tanto na área estimada em 95% como 50%. Para setembro, de acordo com a área estimada pelo KDE 95%, nota-se uma diminuição dessas lacunas dividindo a área de uso em apenas quatro fragmentos, indicando uma utilização mais contínua da área para este período. Novas regiões estimadas surgem para o KDE 50%, entretanto observa-se que a maioria das manchas apresentaram algum ponto de sobreposição ao mês anterior. Ao observar-se o mês de novembro, fica evidente a importância de duas regiões na área de estudo, entre Guarda/Gamboia - Siriu Garopaba e Ribanceira/Ibiraquera (KDE 50%), uma vez que estas foram ocupadas ao longo de toda a temporada reprodutiva.

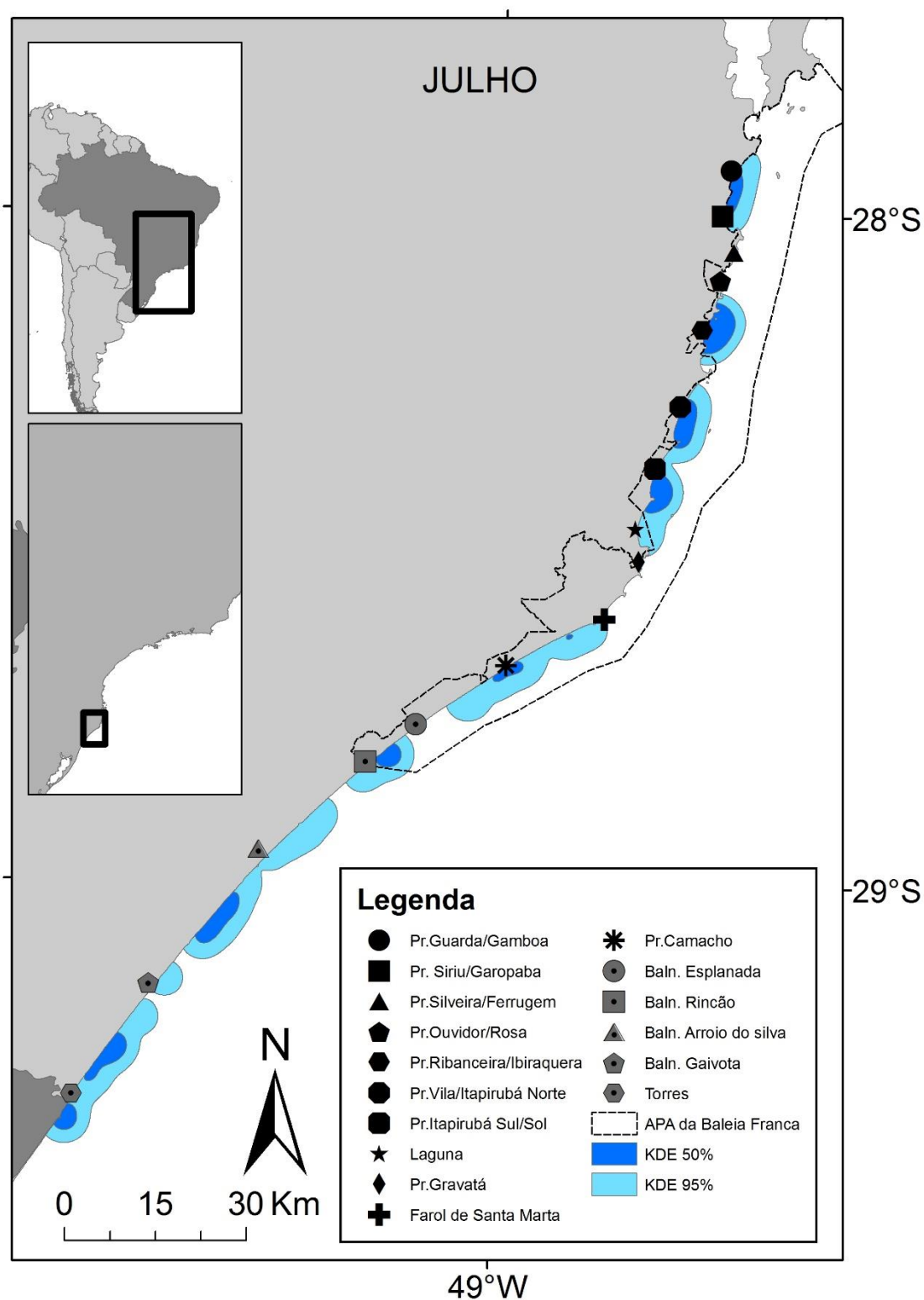


Figura 1.3: Estimativa da área de uso da baleia-franca-austral pelo método de Kernel fixo no mês de julho utilizando dados coletados em 2004, 2007, 2008, 2010 e 2011.

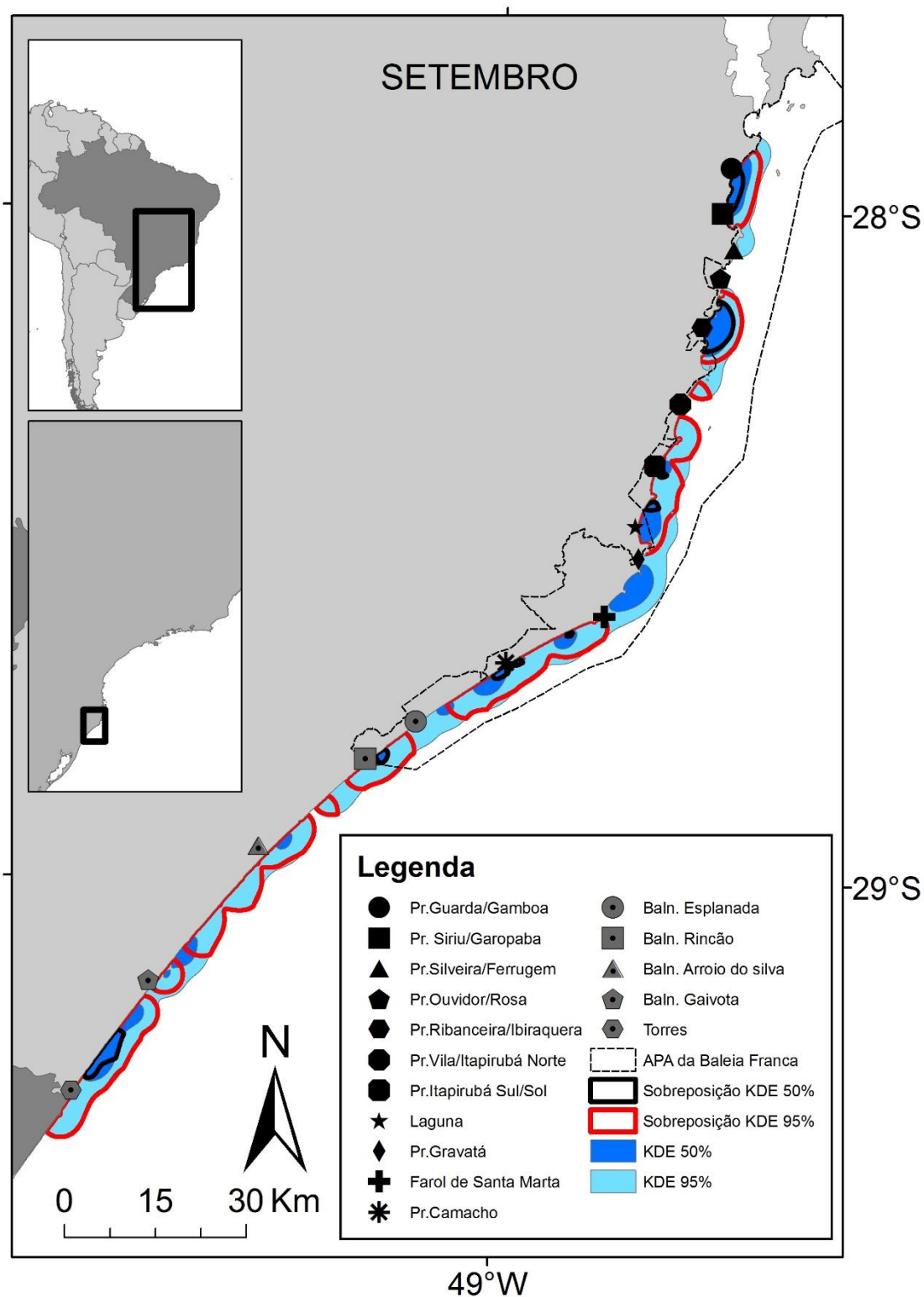


Figura 1.4 Estimativa da área de uso da baleia-franca-austral pelo método de Kernel fixo no mês de setembro utilizando dados coletados em 2004, 2007, 2008, 2010 e 2011.

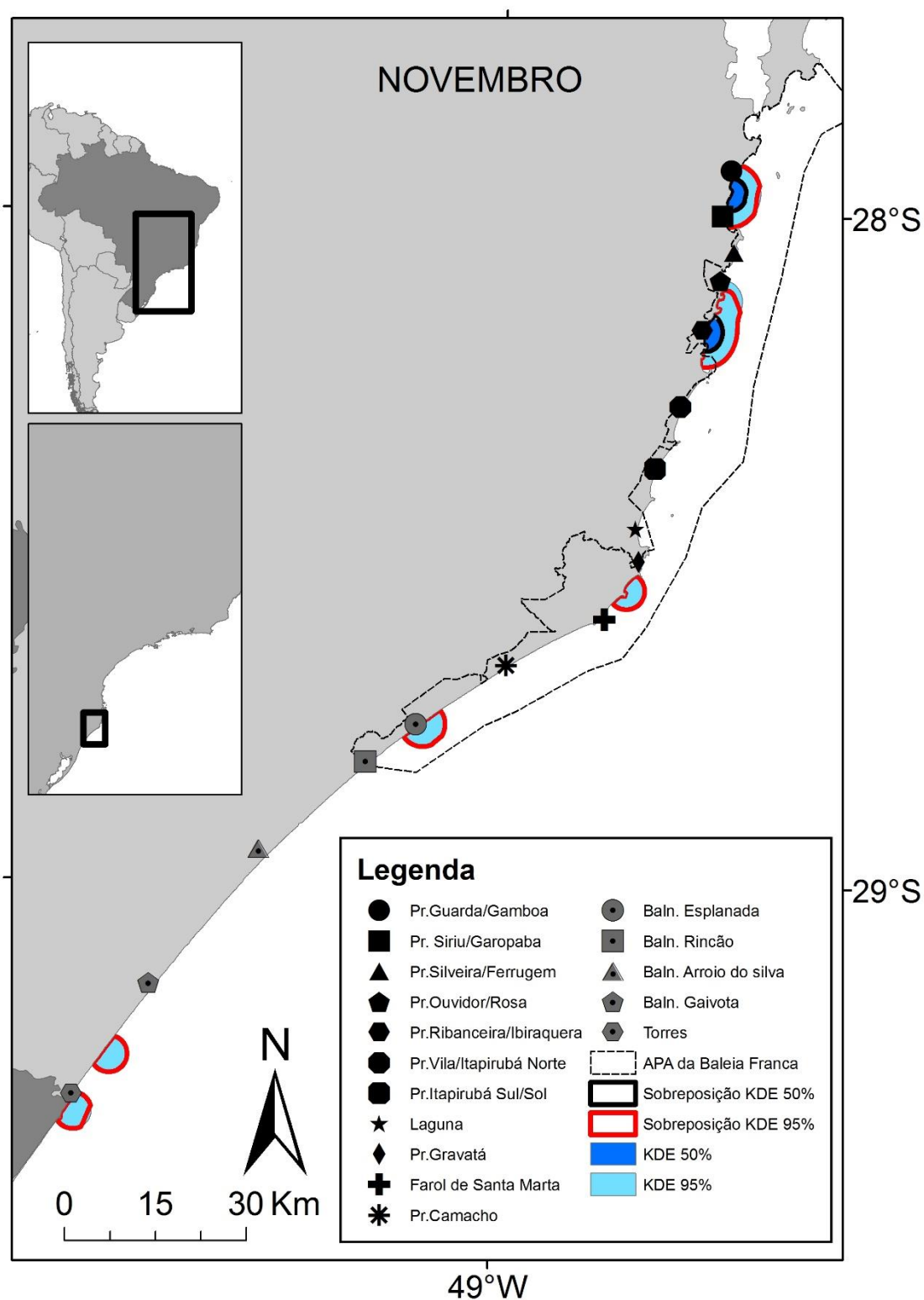


Figura 1.5: Estimativa da área de uso da baleia-franca-austral pelo método de Kernel fixo no mês de novembro utilizando dados coletados em 2004, 2007, 2008, 2010 e 2011.

Variação interanual na área de uso

A área estimada pelo KDE 95% variou de 224,66 km² (2007) a 574, 4 km² (2006). Em 2007 foi o ano que ocorreu a maior sobreposição, com 52,87% de área em comum a 2006. A menor sobreposição ocorreu entre 2010 e 2011 com 19,1% de área sobreposta. Para o KDE 50% a área variou entre 34,28 km² (2007) a 128,41 km² (2006). A maior sobreposição ocorreu entre 2008 e 2009 com 45,55% de área em comum para os dois anos e a menor entre 2005 e 2006 com 5,43% de área sobreposta. Além de possuir a maior área estimada, 2006 apresentou também uma maior abundância relativa. Entretanto, no ano de 2012, o terceiro maior em número de indivíduos avistados, a área estimada foi inferior aos anos de 2010 e 2003 (quarto e quinto ano de maior abundância respectivamente) (tab. 1.4).

Tabela 1.4: Variação Interanual da área de uso estimada da baleia-franca-austral na área reprodutiva no sul do Brasil.

Ano	Área estimada 95%	Área Sobreposta 95%	Área estimada 50%	Área Sobreposta 50%
2003	454,55 km ²	-	118,28 km ²	-
2004	402,06 km ²	39,9%	102,78 km ²	10,81%
2005	371,36 km ²	33,09%	86,09 km ²	12,09%
2006	574,34 km ²	36,01%	128,41 km ²	5,43%
2007	224,66 km ²	52,87%	34,28 km ²	18,58%
2008	421,85 km ²	32,17%	72,32 km ²	42,82%
2009	258,76 km ²	44,09%	43,53 km ²	45,55%
2010	484,23 km ²	23,59%	106,31 km ²	14,38%
2011	571,08 km ²	19,1%	122,99 km ²	34,95%
2012	325,55 km ²	49,01%	57,34 km ²	37,04%

Estimativa da área total de ocorrência

A área total de ocorrência estimada foi de 847,55 km² pelo KDE 95% e 225,14 km² pelo KDE 50%. Os resultados apontam a existência de áreas preferenciais de agregação pelas baleias-franca na área reprodutiva no sul do

Brasil, conforme evidenciado pelo KDE 50%. Porém o KDE 95% mostra que toda a área estudada apresenta potencial como área de uso da espécie (fig. 1.6). Apesar da maior parte das áreas preferenciais estar localizada dentro de da APA da Baleia Franca, grande parte da área de uso pela baleia-franca no litoral sul-brasileiro ainda se encontra fora dela (fig. 1.6). Três áreas preferenciais foram detectadas na região norte da área de estudo, enquanto para região ao sul foram detectadas diversas áreas fragmentadas de menor tamanho (fig. 1.6).

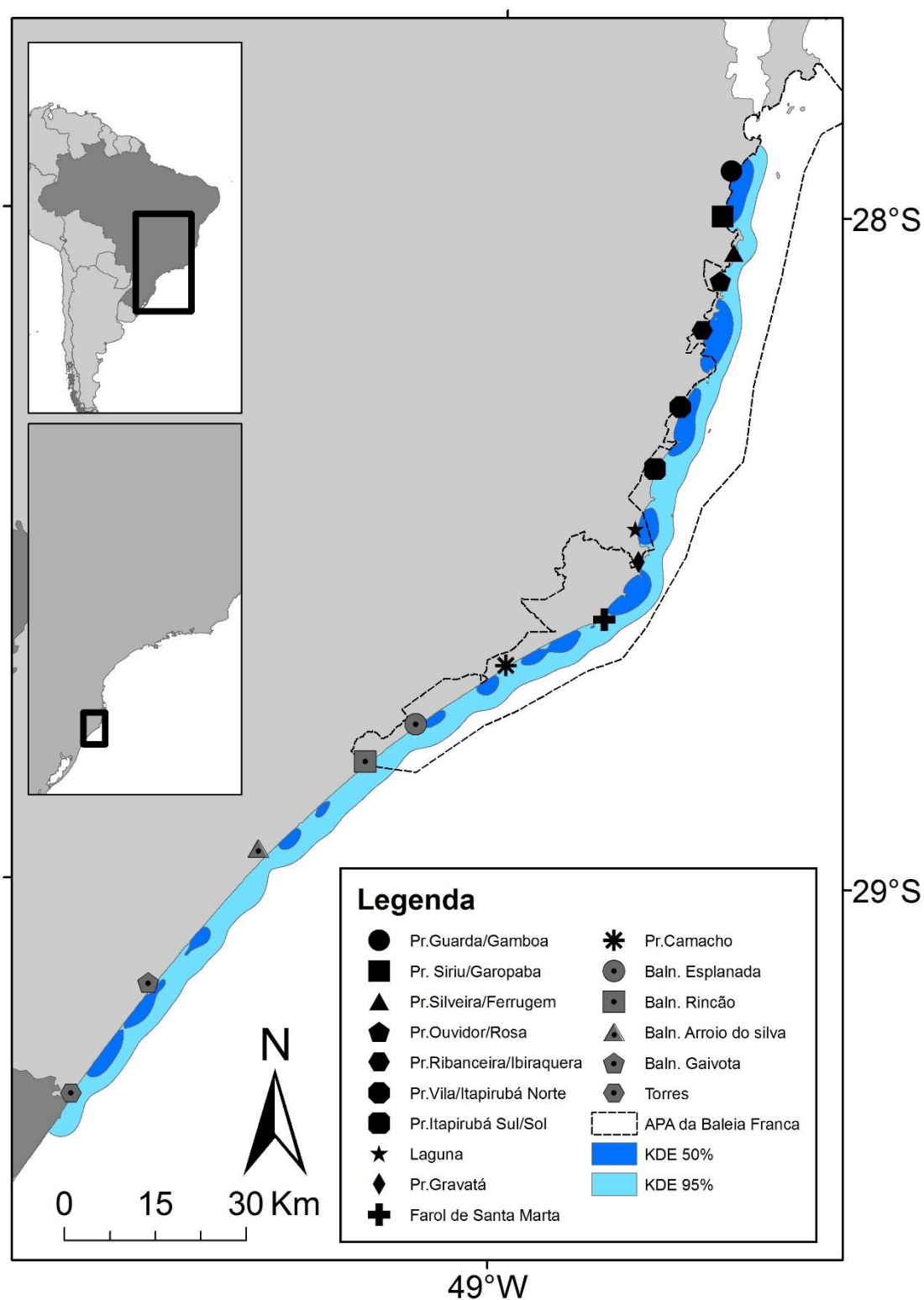


Figura 1.6: Estimativa da área de uso da baleia-franca-austral pelo método de Kernel fixo utilizando todos os dados de avistagens coletados em setembro de 2003 a 2012.

Coeficiente de Correlação

Há uma relação positiva entre o número total de baleias e a área estimada (Tab. 1.5; fig. 1.7). Entretanto, quando analisamos a correlação entre a área estimada em relação ao número de indivíduos de cada classe separadamente, verificamos que apenas o número de adultos sem filhotes apresentou correlação com a área estimada em ambas estimativas do KDE (tab. 1.5).

Devido ao baixo n amostral (12 indivíduos em 10 anos de estudo), esta análise não foi realizada para subadultos.

Tabela 1.5: Coeficiente de correlação de Spearman entre a da área de uso e o número de indivíduos de cada categoria de baleias durante o mês de setembro.

Categoria	Correlação Kernel 95%	p valor Kernel 95%	Correlação Kernel 50%	p valor Kernel 50%
Ad	0,9636*	<0.0001	0,9394*	<0.0001
Ad+Fi	0,2485	0.4888	0,1152	0.7514
Classes agrupadas	0,7576*	0.0111	0,6606*	0.0375

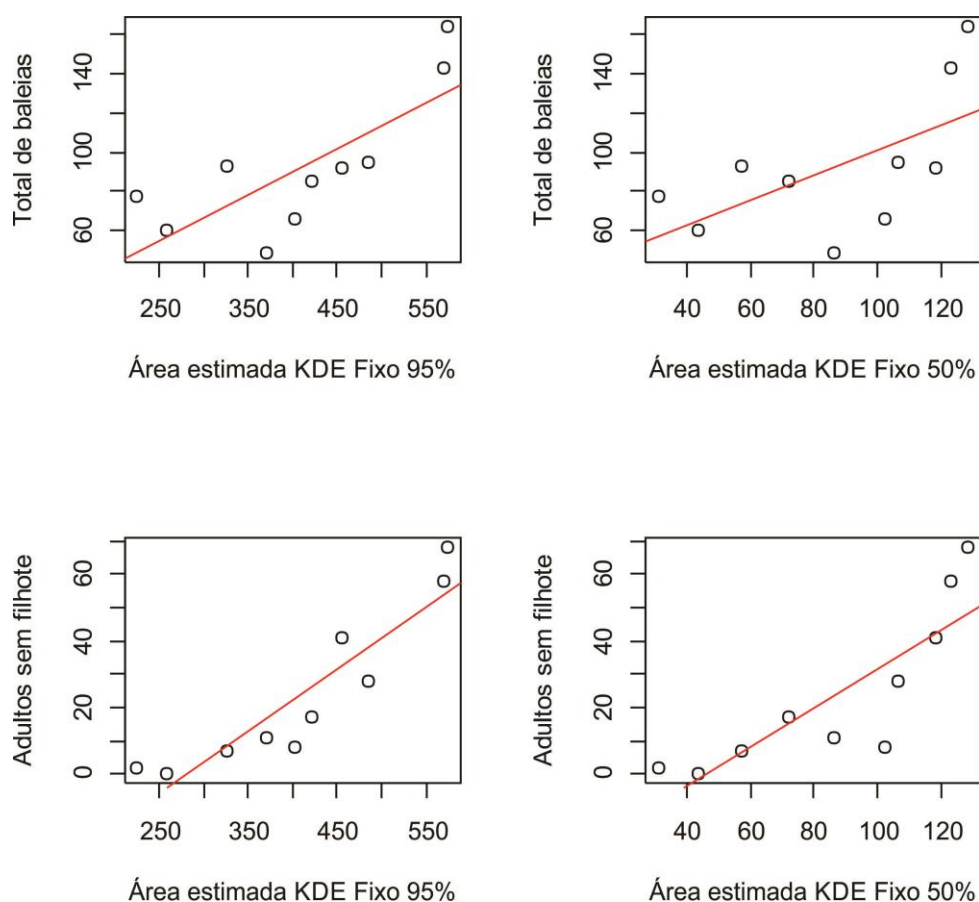


Figura 1.7: Coeficiente de Correlação de Spearman da área estimada (em Km²) pelo kernel em relação ao número de cada classe significativa de baleias registradas para o mês de setembro

Discussão

Variação intra-anual no uso da área

Historicamente, a área de uso da baleia-franca no Brasil estendia-se desde a Baía de Todos os Santos, na Bahia, até o Rio Grande do Sul. Censos aéreos realizados a partir da década de 80 para definir a principal área de ocorrência da baleia-franca após o período da caça constataram que a maior concentração atual das baleias ocorre entre o Cabo de Santa Marta, em Laguna (28°36' S, 48°49'W), e Florianópolis (27°25'S, 48°30'W) (Groch 2005, Santo 2012).

Entretanto, ainda não haviam sido feitas análises para avaliar como está distribuição se altera ao longo da temporada reprodutiva.

Observando a área estimada pela análise intra-anual do KDE (95% e 50%), fica claro que a mesma tendência observada na abundância ocorre também na área estimada. A área de uso se expande de julho a setembro e contrai de setembro a novembro. De fato espera-se que um aumento na abundância leve a um aumento na estimativa da área de uso. Entretanto, este aumento no número de indivíduos resultou em alterações pouco expressivas na área estimada pelo KDE 95%. A área estimada para setembro teve uma alta sobreposição em relação a julho (72,02%). De um período para o outro, a abundância total (5 anos somados) subiu de 181 para 465 indivíduos. Porém vale ressaltar que o aumento de adultos sem filhotes de um período para o outro não foi tão expressivo (de 87 para 103 baleias), sendo que, grupos formados por adultos e filhotes foram os responsáveis por esse expressivo aumento na abundância de baleias de um período para o outro (92 para 338 baleias). Em julho a menor proporção de filhotes observada foi de 9,6% (2007) enquanto que para setembro foi 28,68% (2011). Sendo assim a proporção mínima para cada mês de mãe e filhote observada foi de 19,24% para julho e 57,36% em setembro. Mãe e filhotes tendem a se agregar em regiões com grande densidade de fêmeas. Esse hábito pode conferir alguma proteção tanto para mãe quanto para o filhote, como também evita a interação entre fêmeas lactantes com machos a procura de parceiros para acasalamento (Whitehead & Mann 2000). Sendo assim, o aumento do número de indivíduos dentro desta classe gera uma maior influência nas áreas onde a maior densidade de baleias é detectada (KDE 50%).

De fato, a área estimada pelo KDE 50% apresentou uma baixa sobreposição entre julho e setembro (21%).

Em novembro não foram mais observados adultos sem filhote, onde 100% das avistagens foram de pares de adultos com filhote. O período médio de permanência de fêmeas e filhotes em áreas reprodutivas é de aproximadamente 2 a 3 meses (Burnell & Bryden 1997). Uma vez que a maioria dos filhotes nascem em agosto (Best 1994), em meados de novembro, a grande maioria das fêmeas com filhote já abandonaram as áreas reprodutivas, permanecendo na região provavelmente apenas fêmeas que deram à luz num período mais tardio da temporada. Portanto, para este período, esperava-se uma menor área estimada com alta sobreposição, uma vez que a maioria dos indivíduos já abandonaram a área reprodutiva.

Os resultados destacaram determinadas enseadas na região como áreas de alta densidade de baleias (KDE 50%) ao longo de toda a temporada reprodutiva. As enseadas da Guarda/Gamboa, Siriú/Garopaba e Ribanceira/Ibiraquera foram as únicas áreas onde a ocorrência de baleias foi constante durante toda a temporada (KDE 50%). Estudos anteriores já destacaram a região da Ribanceira/Ibiraquera como principal área de uso das baleias-franca nesta área reprodutiva (Seyboth 2013, Silva 2013). Entretanto, as demais áreas em destaque não haviam sido descritas anteriormente.

Variação interanual no uso da área

As baleias-franca apresentaram alterações interanuais nos padrões de uso na área reprodutiva do sul do Brasil. Os dados do KDE 50% indicam uma maior

densidade de indivíduos em enseadas específicas (Guarda/Gamboa, Siriu/Garopaba e Ribanceira/Ibiraquera). Isto sugere que estas enseadas são fundamentais para o ciclo reprodutivo das baleias na região, uma vez que além de serem ocupadas na maioria dos anos, as baleias se concentram nestas áreas ao longo de toda a temporada reprodutiva. Na área reprodutiva da Austrália, as baleias-franca também se distribuem em diversas áreas de densa concentração (Burnnel 2001). Existem diversas potenciais vantagens para o agrupamento das baleias em maiores densidades. Esse hábito confere maior proteção para mãe e filhote contra a ação de predadores e evita o molestarmento por adultos (Connor 2000, Whitehead & Mann 2000). Além disso, a permanência em grupo torna-se uma vantagem para adultos em ano de acasalamento, uma vez que reduz o custo energético na movimentação para procura de parceiros receptivos (Krause e Ruxton 2002). Entretanto, algumas vantagens para adultos sem filhote contradizem as observadas para pares de mãe e filhote. Sendo assim, espera-se a existência de uma segregação espacial entre grupos formados de mãe e filhote e adultos em ano de acasalamento. De fato, esta segregação foi observada anteriormente para a espécie na Austrália e Península Valdes (e.g. Burnell & Bryden 1997, Rowntree *et al.* 2001), porém não foi testada neste estudo. Portanto, sugere-se que novos trabalhos avaliem a segregação de grupos formados por mãe e filhote e adultos desacompanhados para a área reprodutiva no Brasil.

Estudos anteriores apontaram a Praia do Mar Grosso, na enseada de Laguna/SC, como a principal área de ocorrência (Groch 2000, 2005). Entretanto neste estudo, esta enseada não foi destacada durante todos os anos observados

pelo KDE 50%. A única enseada destacada em quase todos os anos (KDE 50%), ocorrendo sempre alguma sobreposição entre um ano e outro, foi a enseada da Ribanceira/Ibiraquera. O único ano em que esta região não se destacou foi 2003, mesmo ano do fim da série temporal analisada por Groch 2005. As enseadas da Guarda/Gamboia e Siriú/Garopaba (Garopaba/SC) começaram a receber destaque a partir do ano de 2009, e, desde então foram constantemente ressaltadas pelo KDE 50%. Desde 2009 são observadas sobreposições entre os anos nesta região dando indícios que se trate de uma nova área preferencial ocupada mais recentemente.

Estas três enseadas possuem uma morfodinâmica diferente (Ribanceira/Ibiraquera = dissipativa e Siriú/Garopaba, Guarda/Gamboia = intermediárias) (Silveira *et al.* 2011), entretanto apresentam o mesmo tipo de sedimento formado por areia argilosa (Martins & Correia 1996). A morfodinâmica e o tipo de sedimento influenciam os padrões de distribuição desta espécie (Elwen & Best 2004a, Seyboth 2013). Além disso, Ribanceira/Ibiraquera e Guarda/Gamboia estão conectadas a desembocaduras de cursos d'água de maior porte, que conferem a região uma maior turbidez e alterações na temperatura da água, variáveis que podem influenciar a distribuição dos animais (Elwen & Best 2004b). A enseada do Siriú/Garopaba, por outro lado, apresenta uma disposição menos exposta, provavelmente conferindo uma maior proteção da ação do vento e das ondas para as baleias. Estas características constituem excelentes condições para o desenvolvimento do filhote e economia energética para a mãe (Payne 1986).

Os padrões de ocupação das baleias-franca na região sofreram alterações recentes. Alterações nos padrões de distribuição desta espécie também foram observados na Argentina e África do Sul e podem estar relacionadas a fatores como preferência individual, coesão social, distúrbios no seu habitat ou o resultado do aumento do número de indivíduos que utiliza a região como área reprodutiva (Elwen & Best 2004a, Rowntree *et al.* 2001).

Como era esperado, observamos uma correlação positiva e significativa entre a área de uso e o número total de baleias-franca (classes agrupadas). Com a continuidade do crescimento populacional na região da América do Sul (Cooke *et al.* 2001, IWC 2012), espera-se, portanto, que a área de uso das baleias-franca se expanda nos próximos anos. Nossos resultados indicaram regiões extremas da área de estudo como áreas importantes para as baleias. Entretanto, regiões mais ao norte da área de abrangência deste estudo, como a enseada da Solidão (Florianópolis/SC), apresenta uma frequência de indivíduos semelhante a de Torres/RS (27% e 25,3%, respectivamente) (Silva 2012). Isto sugere que a expansão da área de uso possa estar ocorrendo em ambas as direções (norte e sul) na costa Brasileira.

Para a classe adultos sem filhotes observamos uma correlação mais forte em ambas as situações (KDE 95% e 50%). Esta classe pode se tratar de adultos que realizam migração com o objetivo de acasalar. Portanto é fundamental para essa classe de indivíduos o deslocamento na área reprodutiva a procura de parceiros receptivos. Uma vez que ocorre um maior deslocamento, conseqüentemente ocorre uma maior dispersão destes indivíduos na região, resultando numa maior influência dos resultados da área estimada.

A ausência de correlação entre de adultos com filhotes e a área estimada ocorre provavelmente pelo fato desta classe ter o hábito de permanecer em maiores agregações, o que pode vir a proporcionar certa proteção aos filhotes e diminuir a interação entre mãe lactante e adultos que procuram parceiros receptivos (Connor 2000, Whitehead & Mann 2000).

Os resultados sugerem, portanto, que as diferentes classes apresentam uma resposta distinta em relação ao crescimento populacional. Adultos sem filhote apresentam pouca variação nos valores de densidade e maior variação na área de uso. Já adultos e filhote apresentam uma maior variação nos valores de densidade, e pouca variação na área de uso. Isso leva a crer que áreas de maior densidade (KDE 50%) são as principais áreas de uso de adultos com filhote e que existe uma tendência de um aumento natural desta densidade devido ao crescimento populacional na região.

No Brasil, as principais interações entre baleias e atividades antrópicas estão relacionadas a emalramento em artefatos de pesca e colisões com embarcações (Greig *et al.* 2001, Pontalti & Danielski 2011, Zapes *et al.* 2013). As interações com a pesca artesanal geram prejuízo a atividade de pesca, uma vez que as redes emalhadas são perdidas (Zapes *et al.* 2013). Para as baleias, ainda não é bem definida a intensidade do dano causado por essa interação. Normalmente as redes ficam presas nas calosidades (Pontalti & Danielski 2011) e, em muitos casos, baleias previamente avistadas emalhadas foram identificadas em dias posteriores livres destas redes, dando indícios que elas se desemalhem naturalmente (K. Groch – Projeto Baleia Franca, com. pess.).

A evidência de colisão com embarcação em animais encalhados (em média 3 filhotes/ano nas últimas temporadas reprodutivas) demonstra que esta ameaça pode significar um risco para a recuperação da espécie (K. Groch – Projeto Baleia Franca, com. pess.). Além disso, lesões na região dorsal já foram registradas em baleias na região, com características típicas de colisão com embarcações de grande e médio porte (K. Groch – Projeto Baleia Franca, Comunicação pessoal).

Interações com estas duas atividades antrópicas já foram relatadas em duas das enseadas com as maiores concentrações de baleias (Guarda/Gamboa, Siriu/Garopaba) (Zappes *et al.* 2013), porém sem uma descrição confiável de intensidade. Já que estas regiões apenas se destacaram recentemente como principal área de ocorrência da espécie, mudanças nas estratégias de manejo na região devem ser adotadas, uma vez que o aumento na densidade de indivíduos na região possivelmente vai levar a um aumento nessas interações. Já na enseada da Ribanceira/Ibiraquera, o monitoramento a partir de ponto fixo realizado pelo Projeto Baleia Franca observou uma menor intensidade de redes que nas demais áreas, provavelmente devido ao conhecimento prévio dos pescadores regionais, evitando o prejuízo da perda da rede (K. Groch – Projeto Baleia Franca, com. pess.).

Estimativa da área de uso total

As baleias-franca apresentam alguma preferência por locais específicos dentro das suas áreas reprodutivas (Burnell 2001; Elwen & Best, 2004a), conforme observado neste trabalho. Entretanto, o mapa da área de uso total

estimada (fig. 1.6) destaca diversas áreas (KDE 50%) de maior concentração de abundância de baleias ao longo de toda a área reprodutiva. As duas maiores áreas estimadas pelo KDE 50% localizadas na região da Ribanceira/Ibiraquera e Vila/Itapirubá Norte, coincidem com os pontos de maior concentração de baleias estimados por Santo (2012). Além disso, novas áreas como a região da Guarda/Gamboa, Siriú/Garopaba e diversas regiões de menor tamanho nas áreas mais ao sul (Ex: Laguna, entre Gravatá e farol de Santa Marta, entre Balneário Gaivota e Torres) surgem neste estudo como importantes áreas para a espécie.

As regiões onde o KDE 50% apresentou uma maior área estimada estão associadas a regiões onde a linha de costa está caracterizada pela presença de baías e enseadas. A preferência de baleias por regiões com esta geografia (Best 2000, Elwen & Best 2004a, Patenaude & Baker 2001, Payne, 1986) parece resultar da proteção contra a ação das ondulações e do vento, resultando numa maior economia energética para as baleias (Payne 1986).

No geral, as baleias apresentaram preferência por determinadas enseadas (KDE 50%), entretanto esta espécie ocorreu ao longo de toda a área de estudo (KDE 95%). Uma grande parte desta área de uso se encontra fora da unidade de conservação APA da Baleia Franca. Portanto, nossos resultados apontam para a necessidade de uma revisão dos atuais limites da área de proteção da espécie ou a criação de novas unidades de conservação.

Conclusão

Conhecer os padrões de distribuição de uma espécie é fundamental para garantir uma proteção adequada da mesma. Os resultados apontaram que as baleias francas apresentam uma distribuição não uniforme nesta área reprodutiva. As variações intra-anuais no tamanho da área de uso acompanharam a variação da abundância. Três enseadas foram consistentemente ocupadas (Guarda/Gamboa, Siriu/Garopaba e Ribanceira/Ibiraquera).

O padrão de uso de área também apresentou alterações interanuais, com novas enseadas se destacando nos últimos anos. As mesmas enseadas ressaltadas pelas análises intra-anuais se destacaram, porém a Ribanceira/Ibiraquera desde 2004 e as demais a partir de 2009. Estes resultados dão indícios de que estejam ocorrendo mudanças na distribuição das baleias, provavelmente ocasionadas pelo crescimento populacional.

Enquanto adultos com filhote apresentam uma maior variação na densidade e menor área de uso, a variação na área para adultos sem filhote é superior. Isso indica que adultos com filhote tem preferência por se agruparem em determinadas enseadas enquanto que adultos sem filhotes se dispersam mais ao longo da área de uso.

Apesar de áreas de maior densidade da espécie estar localizada dentro de uma unidade de conservação, grande parte da área de ocorrência da baleia-franca ainda se encontra em áreas desprotegidas. Os resultados deste trabalho fornecem subsídios para novos planos de manejo na região reprodutiva da baleia-franca no sul do Brasil.

CAPÍTULO 2

Modelagem de uso do habitat da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) na área reprodutiva no sul do Brasil

Introdução

A baleia-franca-austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), como a maioria dos misticetos, realiza migrações entre áreas de alimentação, localizadas em altas latitudes, e áreas reprodutivas em médias e baixas latitudes (Burnell & Bryden 1997). A costa brasileira é utilizada pela espécie como uma área reprodutiva, onde a maior concentração de baleias-franca ocorre entre o litoral centro-sul de Santa Catarina (27°25'S, 48°30'W) e norte do Rio Grande do Sul (29°19'S, 49°43'W a 31°15'S, 50°54'W) (Castello & Pinedo 1979, Simões–Lopes & Ximenez 1993, Lodi *et al.* 1996, Greig *et al.* 2001, IWC 2001, Cherem *et al.* 2004).

A caça da baleia-franca no litoral brasileiro teve início no século XVII, e se estendeu desde o sul da Bahia até Santa Catarina (Ellis 1979, Groch 2005). Apesar da espécie estar protegida internacionalmente desde 1935, somente em 1987 a caça de cetáceos no Brasil foi oficialmente proibida (Lei Federal Nº. 7643, de 18 de dezembro de 1987). O último registro de caça de baleia-franca no Brasil ocorreu em 1973 na cidade de Imbituba/SC. Entre 1973 e 1982, poucos foram os registros de baleias-franca (Palazzo & Carter 1983, Castello & Pinedo 1979, Lodi *et al.* 1996), evidenciando o declínio populacional causado pela caça. Apenas no início da década de 80, quando se iniciaram os estudos com a

espécie no Brasil, novos registros deram pistas de que a população de baleias-franca poderia estar se recuperando e ocupando novamente o litoral sul do Brasil (Palazzo & Carter 1983).

Estudos mais recentes foram realizados para avaliar a distribuição e abundância da espécie utilizando técnicas de foto identificação (Groch 2005). A população de baleias-franca que frequentam o Brasil como área reprodutiva foi estimada em 137 baleias no ano de 1995 (IWC 2001), porém, em 2003, o Catálogo Brasileiro de Baleias-Franca (Projeto Baleia Franca/PBF Brasil) tinha 315 baleias registradas, das quais 130 eram fêmeas (Groch 2005). Atualmente o catálogo conta com 670 baleias identificadas (K. Groch – Projeto Baleia Franca, comunicação pessoal). Nos últimos anos, a taxa anual de crescimento populacional de baleias-francas que utilizam o litoral sul do Brasil foi estimada em 12% (IWC, 2012).

Os padrões de distribuição de muitas espécies de cetáceos podem ser influenciados devido a alterações no ecossistema marinho (Redfern *et al.* 2006). Para a baleia-franca, mudanças nos padrões de distribuição podem se tratar de respostas a modificações naturais ou antrópicas do ecossistema. Na Península Valdes, Argentina, baleias-franca abandonaram determinada região da península no início da década de 80, movendo-se para as regiões de Golfo San Jose e Golfo Nuevo (Rowntree *et al.* 2001).

A modelagem do uso do habitat é uma excelente ferramenta para avaliar e prever a distribuição dos cetáceos, bem como para entender os processos ecológicos que determinam a distribuição das espécies (Redfern *et al.* 2006). Conhecer os fatores que influenciam a distribuição das espécies pode ajudar a

predizer a possível distribuição e contribuir para tomadas de decisão sobre estratégias de conservação. Este método consiste em correlacionar um banco de dados de avistagens com variáveis ambientais e/ou biológicas que potencialmente explicam as variações na distribuição ou abundância da espécie ou grupo (e.g. Zuur *et al.* 2009). A partir dos resultados dos modelos estatísticos, é possível definir quais destas variáveis apresentam alguma relação com os padrões de distribuição da espécie estudada, podendo então definir áreas prioritárias para a conservação, ou até mesmo predizer o cenário de uma futura distribuição.

Estudos de modelagem do habitat realizados com a baleia-franca do Atlântico Norte, *Eubalaena glacialis*, demonstram que a distribuição desta espécie em áreas de alimentação está relacionada principalmente com a abundância de presas (e.g. Pershing *et al.* 2009). Entretanto, para espécies migratórias como a baleia-franca, modelos de uso do habitat elaborados para regiões de alimentação não predizem a sua distribuição em áreas reprodutivas (Redfern *et al.* 2006). No período reprodutivo, as baleias passam por um período de jejum, fazendo com que as condições ambientais tenham uma maior relevância na distribuição e abundância destes animais ao longo das áreas de reprodução (Elwen & Best 2004a). Portanto, diferentes variáveis explanatórias devem ser consideradas em áreas reprodutivas.

Na área reprodutiva na África do Sul, a distribuição da baleia-franca-austral está relacionada com fatores ambientais como profundidade, tipo de substrato oceânico, proteção da enseada em relação a ondulação e do vento, e distância da desembocadura de rios (Elwen & Best 2004a, 2004b). No Atlântico Norte, por

outro lado, parece existir uma forte relação entre a temperatura da superfície do mar (TSM) e a distribuição da baleia-franca naquele oceano (Keller *et al.* 2012, Gowan & Ortega-Ortiz 2014). A TSM também influencia a ocorrência de outras espécies de misticetos nas suas áreas reprodutivas, como por exemplo a baleia-jubarte, *Megaptera novaeangliae* (Rasmussen *et al.* 2007), e, de maneira mais geral, a diversidade de cetáceos (Whitehead *et al.* 2010).

No caso da baleia-franca-austral na costa brasileira, a abundância parece estar associada a determinados gradientes de temperatura (Santo 2012, Silva 2013). Além disso, o morfotipo da praia, o tamanho da abertura da enseada e direção do vento são variáveis que influenciam os padrões de distribuição da espécie em determinadas enseadas na área reprodutiva do sul do Brasil (Seyboth 2013). Entretanto, falta compreender melhor a variação na distribuição da espécie frente ao crescimento populacional, utilizando dados numa área e escala temporal maior, e levando em consideração outras variáveis explanatórias ainda não testadas.

Neste estudo analisou-se a distribuição e abundância da baleia-franca-austral em relação a variáveis ambientais e temporais na área reprodutiva localizada no litoral sul do Brasil, a partir de sobrevoos realizados entre 2003 e 2012, e utilizando modelos aditivos generalizados (GAM).

Materiais e Métodos

Coleta de dados

Sobrevoos

Os dados de distribuição e abundância de baleia-franca foram obtidos a partir de um estudo sistêmico de foto-identificação da espécie realizado pelo Projeto Baleia Franca/PBF Brasil, o qual envolveu 34 sobrevoos durante os anos de 2003 a 2012. Embora o objetivo principal dos sobrevoos fosse a foto-identificação, os dados foram coletados por observadores treinados seguindo protocolos padronizados. Ou seja, os sobrevoos incluíram o registro do esforço amostral (rota percorrida), padronização nas condições ambientais para realização dos voos e o número de indivíduos observados em cada grupo. Dados oportunistas coletados desta forma são válidos para estudos de modelagem de habitat (Redfern *et al.* 2006).

A área dos sobrevoos abrangeu desde Torres/RS (29.367°S) até Palhoça/SC (29.907°S). Esta área é caracterizada por uma costa recortada onde, a partir do Cabo de Santa Marta até o limite norte, ocorre a formação de diversas enseadas de substrato arenoso ou argiloso separadas por promontórios rochosos (Pereira *et al.* 2009, Carvalho e Rizzo 1994). Nesta região existe a predominância de enseadas com morfodinâmica dissipativa (Silveira *et al.* 2011). A partir deste ponto até o limite sul a região é caracterizada por uma faixa contínua de areia. Em toda a área a declividade é inferior a 3°, e são observadas diversas desembocaduras de rios ao longo de toda costa (fig. 2.1).

Os sobrevoos foram realizados sempre no período de julho a novembro, a bordo de um helicóptero que se deslocava paralelamente à praia, a uma altitude média de 300 m.

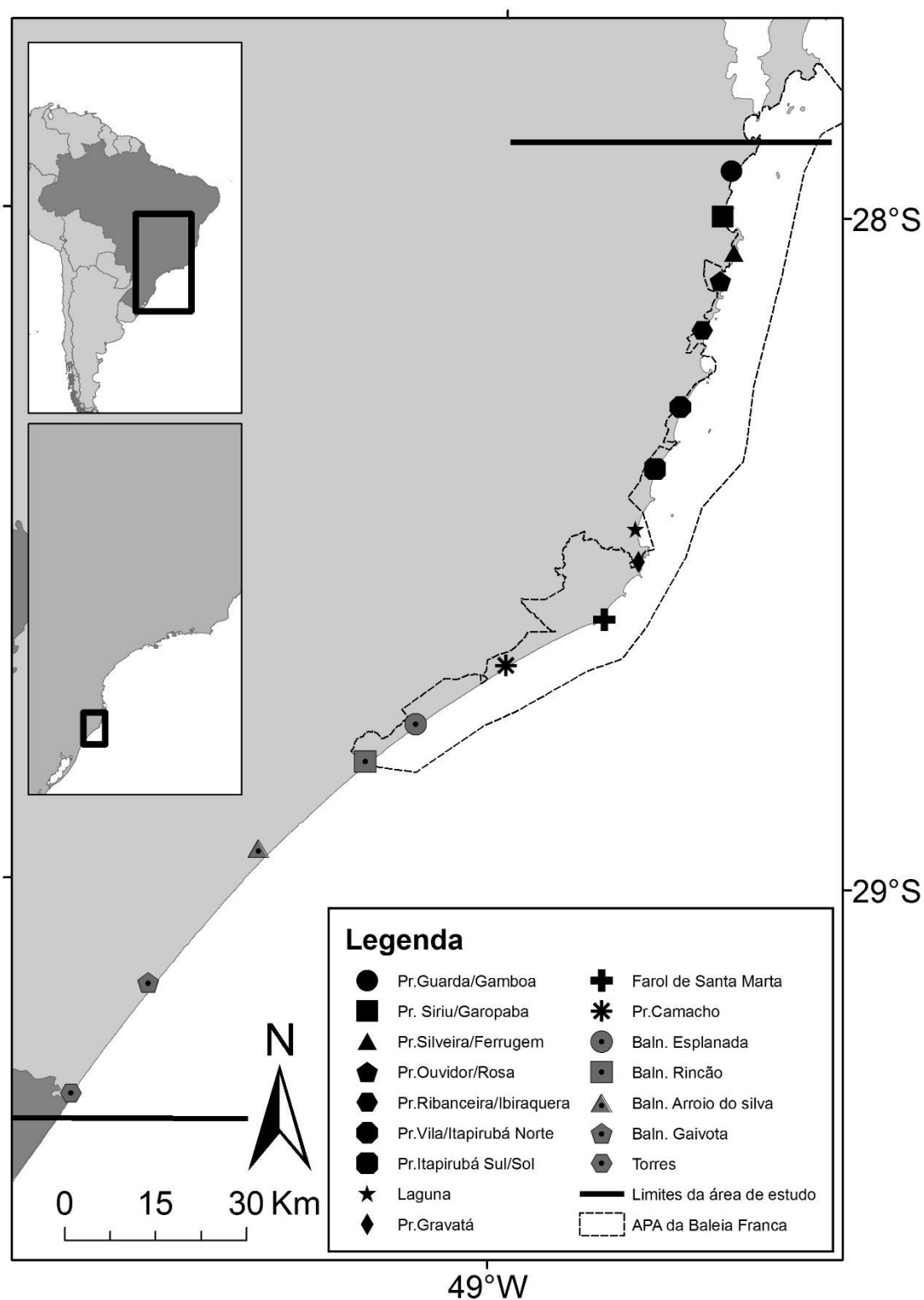


Figura 2.8: Área de estudo da baleia-franca-austral no litoral sul do Brasil. Note que a área de monitoramento inclui a Unidade de Conservação APA da Baleia-franca.

Esforço amostral e dados de avistagens

O esforço para procura de grupos de baleias era realizado pelos dois tripulantes dianteiros, abrangendo uma faixa de aproximadamente 1,5 km de largura a partir da costa. As avistagens eram classificadas quanto a composição o grupo (Adulto sem filhote, Adulto com Filhote e Subadulto), quantificadas, fotografadas e registrada a posição geográfica com o uso de um GPS. O estudo sistêmico através de pontos fixo com o uso de teodolito realizado pelo Projeto Baleia Franca indica que, nesta região reprodutiva, poucos são os registros de baleias afastadas da costa, tornando essa área de 1,5 km de abrangência dos sobrevoos satisfatória para coleta dos dados (K. Groch – Projeto Baleia Franca, comunicação pessoal).

As rotas dos sobrevoos foram registradas com o uso de um GPS. Os desvios da derrota para realização de foto-identificação foram excluídos das análises, uma vez que não era realizado esforço para procura de grupos durante esta atividade. As rotas foram divididas em segmentos de 5 quilômetros, sendo que cada segmento foi tratado como uma unidade amostral e o número de baleias por segmento representou a taxa de encontro. O ponto central de cada segmento foi extraído, e a partir daquele ponto, as variáveis explanatórias foram associadas. Os segmentos finais de cada rota, quando superiores a 2.5 quilômetros, foram tratados como novos segmentos, e, quando inferiores a 2.5 km foram somados ao segmento anterior.

Variáveis explanatórias

As variáveis ambientais contendo informações geográficas e climatológicas foram importadas para o ArcGIS 9.2 (ESRI, Redlands, CA) utilizando uma projeção UTM 22S WGS 1984. Variáveis espaciais (latitude) e temporais (mês e ano) também foram testadas.

Dados de temperatura da superfície do mar (TSM) foram obtidos através da plataforma MODIS (Moderate Resolution Image Spectroradiometer) com valores médios em intervalos de 8 dias disponível em (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). As imagens representam uma resolução de 4.63 km. O uso do intervalo de 8 dias foi o mais adequado uma vez que a cobertura de nuvens muitas vezes impediu a medição da TSM para determinadas regiões da área de estudo para as imagens diárias. Sendo assim a imagem utilizada foi daquele período em que o dia do sobrevoo estava incluso neste intervalo de 8 dias. As imagens foram convertidas em superfícies *Raster* utilizando a extensão MGET (Roberts *et al.* 2010) e os valores de temperatura em graus Celsius foram extraídos em relação ao ponto central de cada segmento.

Os dados de batimetria foram obtidos através da carta náutica digitalizada disponibilizada pelo Centro de Hidrografia da Marinha (escala 1:300,000). Cada ponto de profundidade foi plotado e, a ferramenta “*inverse distance weighed*” (IDW) foi utilizada para criar uma superfície da batimetria, a qual foi então convertida em uma projeção UTM 22S WGS 1984. Para obter as informações de declividade, a superfície projetada foi convertida através da extensão *3d analyst* utilizando a ferramenta *Slope*. Esta ferramenta converte a unidade de

cada célula em ângulos. A conversão da superfície em projeção UTM foi realizada para que os valores dos eixos do *Raster* (X, Y e Z) estivessem na mesma unidade (metros), podendo manter o fator $Z=1$ no momento da conversão.

Em anos recentes, a enseada da Ribanceira/Ibiraquera (Imbituba/SC) tem se destacado como a área de maior concentração de baleias na região (Seyboth 2013, este trabalho). Sendo assim, optou-se por testar se a distância desta enseada possui alguma influência na distribuição das baleias na região, i.e., se a abundância de baleias diminui gradualmente a medida que nos afastamos desta região.

Para obter a distância em relação a enseada da Ribanceira/Ibiraquera, foi definido um ponto na região central da enseada. De cada unidade amostral, foi definida a distância euclidiana. A partir desta distância, foi estimado uma semicircunferência evitando assim a sobreposição com o ambiente terrestre.

As distâncias em relação aos cursos d'água foram calculadas pelo mesmo método que o da distância da ribanceira. A posição geográfica de cada curso d'água foi obtida através de imagens georeferenciadas.

Tabela 2.1: Variáveis explanatórias utilizadas para construção dos modelos de distribuição de baleias-franca austrais na área reprodutiva no sul do Brasil

Variável Explanatória	Unidade	Resolução	Transformação	Referência no modelo
Mês	-	-	-	month
Temperatura da superfície do mar	°C	4 km	-	sst
Ano	-	-	-	year
Batimetria	Metros	1:300000	-	bat
Declividade	Grau	1:300000	-	slope
Tipo de substrato	Categórica	-	-	subst
Latitude	Decimal de grau	-	-	lat
Distância da enseada da Ribanceira/Ibiraquera	Metros	-	-	riba_dist
Distância de desembocadura de rios	Metros	-	log	river_dist
Obs: Nem todas as variáveis foram utilizadas para a construção do modelo final				

Análise dos dados

Análise exploratória dos dados

Uma análise exploratória dos dados foi realizada para identificar potenciais problemas que possam vir a afetar o ajuste ou a validade do modelo. *Boxplots* foram gerados para identificar *outliers*, e *pairplots* das variáveis explanatórias foram utilizados para identificar problemas de colinearidade entre os dados (Zuur *et al.* 2009). Variáveis com $r \geq 0,7$ foram consideradas com uma alta colinearidade e não foram utilizadas juntas em um mesmo modelo.

Uma vez que a análise exploratória dos dados demonstrou a presença de muitos zeros, optou-se por testar também um modelo zero-alterado.

Modelos estatísticos

Modelo aditivo generalizado (GAM)

O número de baleias avistadas foi modelado em função das variáveis explanatórias utilizando modelos aditivos generalizados - GAM (Zuur *et al.* 2009). O GAM é um modelo semi-paramétrico onde a variável dependente é ligada a um preditor aditivo através de uma função de ligação não-linear (Dalla Rosa *et al.* 2012). O modelo foi estruturado utilizando a distribuição binomial negativa, uma vez que detectou-se sobredispersão da variável resposta, função de ligação log e *splines* (*Thin plate regression splines*) como funções de suavização. Sendo assim, a estrutura do modelo foi:

$$y_i = \alpha + f(x_1) + f(x_2) + f(x_3) + \dots + f(x_i) + offset$$

Onde: α é o intercepto, f é a função de suavização das variáveis explanatórias, x_i , e o logaritmo do tamanho de cada segmento foi inserido no modelo como um offset. A seleção do modelo foi realizada com base no Critério de Informação de Akaike (AIC) e a validação foi feita através da avaliação dos resíduos de cada modelo (Zuur *et al.* 2009). Os modelos foram rodados no software R 3.0.2 (R Development Core Team 2010) utilizando o pacote *mgcv* 1.7-26 (Wood 2001).

A auto-correlação espacial nos resíduos foi analisada através de uma análise de variogramas utilizando o pacote *geoR* 1.6-34 (Ribeiro & Diggle 2001) para o modelo selecionado. O variograma da deviância residual foi comparado com o intervalo gerado por uma cadeia de Monte Carlo computada a partir de 300 permutações aleatórias dos resíduos (Diggle & Ribeiro 2007).

Modelo aditivo generalizado de duas partes (“*hurdle model*”)

Quando ocorre mais zeros do que o esperado para o tipo de distribuição considerada em dados de contagem (ex. poisson ou binomial negativa), pode-se utilizar tanto modelos zero-inflacionados (modelos de mistura) como modelos de duas partes (“*hurdle models*”), também chamados de modelos zero-alterados. O excesso de zeros pode gerar um viés nos parâmetros estimados por modelos que o ignoram (Zuur *et al.* 2009). O modelo zero-alterado de duas partes envolve o ajuste separado de dois modelos estatísticos (Zuur *et al.* 2009). Na primeira etapa um modelo Binomial de presença e ausência é construído para modelar a probabilidade de que um valor zero seja observado. O segundo passo envolve o ajuste de um modelo zero-truncado, onde a abundância, condicionada à presença é modelada em função das variáveis explanatórias (Zuur *et al.* 2009).

Neste trabalho, devido ao grande número de zeros presente nos dados, além do GAM binomial negativo padrão, um GAM de duas partes (“*Hurdle*”) foi rodado no software R 3.0.2 (R Development Core Team 2010) utilizando o pacote *mgcv* 1.7-26 (Wood 2001). Inicialmente, um modelo de presença-ausência foi ajustado utilizando uma distribuição binomial e função logit de ligação, com o tamanho do segmento inserido como um *offset*. Para o modelo de contagem condicionado na presença, utilizou-se uma distribuição gamma com função log de ligação. Esta distribuição pode ser usada com uma variável resposta contínua com valores positivos, neste caso a taxa de encontro (número de baleias por km para cada segmento). Assim, aqueles segmentos sem baleias não foram incluídos nesta etapa, e o tamanho do segmento não foi utilizado como *offset*. Vale ressaltar que não foi utilizada uma distribuição binomial negativa truncada em zero porque o

mgcv não contempla esta opção. Na verdade, poucos pacotes estatísticos para GAMs permitem este tipo de ajuste, e as opções disponíveis apresentavam outras limitações, de maneira que seu uso não se justificava para este trabalho. O objetivo da implementação deste tipo de modelo foi comparar as variáveis selecionadas e a forma das respectivas funções suaves com o GAM binomial negativo, investigando se o elevado número de zeros afeta marcadamente os resultados. Para a seleção final dos modelos utilizou-se o critério do menor AIC.

Resultados

Contagem de baleias

No total, 1642 baleias foram avistadas ao longo dos 35 sobrevoos e 7.047,5 quilômetros percorridos. Cada sobrevoo teve em torno de 36 a 43 segmentos, totalizando 1489 segmentos que foram incluídos nas análises (tab. 2.2).

Tabela 2.2: Esforço amostral e número total de avistagens de baleia-franca-austral na área reprodutiva no sul do Brasil				
Ano	Número de voos	Total de segmentos	Distancia total (km)	Total de baleias
2003	4	172	866,496	153
2004	5	217	1089,745	128
2005	4	175	875,571	129
2006	4	176	878,528	238
2007	5	219	881,451	277
2008	3	87	435,713	118
2009	1	44	219,234	60
2010	3	134	667,654	142
2011	3	132	465,687	204
2012	3	133	667,408	193

Análise exploratória dos dados

A análise exploratória dos dados indicou que as variáveis mês e temperatura da superfície do mar ($r = 0.75$), e também distância da enseada da

Ribanceira/Ibiraquera e latitude ($r = -0.96$) apresentaram alta correlação (Apêndice 03). Neste caso, de cada par de variáveis colineares, optou-se por considerar nos modelos apenas a variável com maior poder de explicação, testando-se para isso modelos GAM simples com uma única variável explanatória. As variáveis selecionadas foram mês e distância da enseada da Ribanceira/Ibiraquera uma vez que apresentaram maior poder de explicação (mês: 13.3%; tsm: 9,54%; distância da Ribanceira/Ibiraquera: 6,79%; latitude: 5,05%). A variável tipo de substrato apresentou colinearidade com a latitude, entretanto não apresentou alta correlação com a distância da Ribanceira/Ibiraquera, que foi a variável incluída no modelo. Sendo assim, esta variável foi mantida.

Modelos aditivos generalizados

Os cinco melhores modelos bem como os valores da deviência explicada e do AIC estão descritos na tabela 2.3. O modelo selecionado foi o que incluiu as variáveis mês, ano, batimetria, declividade, distância da Ribanceira/Ibiraquera e distância de desembocadura de rios, baseado no valor do AIC. O modelo selecionado apresentou um $r^2 = 0,158$ e 27% de deviência explicada.

Tabela 2.3: Melhores modelos aditivos generalizados (GAM) pelo critério de menor valor do AIC. Valores da deviência explicada também estão listados. O modelo selecionado aparece em negrito.		
Modelo	Deviância explicada	AIC
month** + year** + bat** + slope* + riba_dist** + river_dist**	27%	3759,1
month** + year** + slope** + riba_dist** + river_dist**	25.4%	3785,6
month** + year** + riba_dist** + river_dist**	24.9%	3796,1
month* + year* + bat* + slope + riba_dist*	25,2%	3797,9
month** + year** + bat** + riba_dist**	24,8%	3798,8

* indica variáveis explanatórias com $p < 0.05$; ** indica variáveis explanatórias com $p < 0.01$

As funções suaves das variáveis explanatórias selecionadas no melhor modelo estão apresentadas na figura 2.2. A curva da variável mês descreve um aumento da abundância alcançando o pico no mês de setembro (9), declinando a partir de então. A variável ano sugere a ocorrência de ciclos de abundância entre os anos, com um intervalo de aproximadamente 4 anos entre os maiores valores. Além disso, esta curva sugere uma leve tendência de aumento na abundância ao longo dos últimos anos.

A curva ajustada pelo modelo em relação a batimetria (fig. 2.2) demonstra uma maior abundância de indivíduos entre as profundidades de 2 a 5 metros, declinando a partir de então. Para a declividade, a curva demonstra, claramente, a existência de uma queda na abundância média de indivíduos a com o aumento da declividade (fig. 2.2). Para esta área reprodutiva nota-se uma maior abundância de baleias no intervalo de 0 a 0.3° .

A curva referente a distância da Ribanceira/Ibiraquera indica uma maior abundância de baleias próximo à esta área, e uma diminuição na abundância nas maiores distâncias desta área (fig. 2.2). Em relação a distância de rios, a curva demonstra um aspecto côncavo sugerindo um declínio na abundância seguido por um aumento com a distância de desembocadura de rios (fig. 2.2).

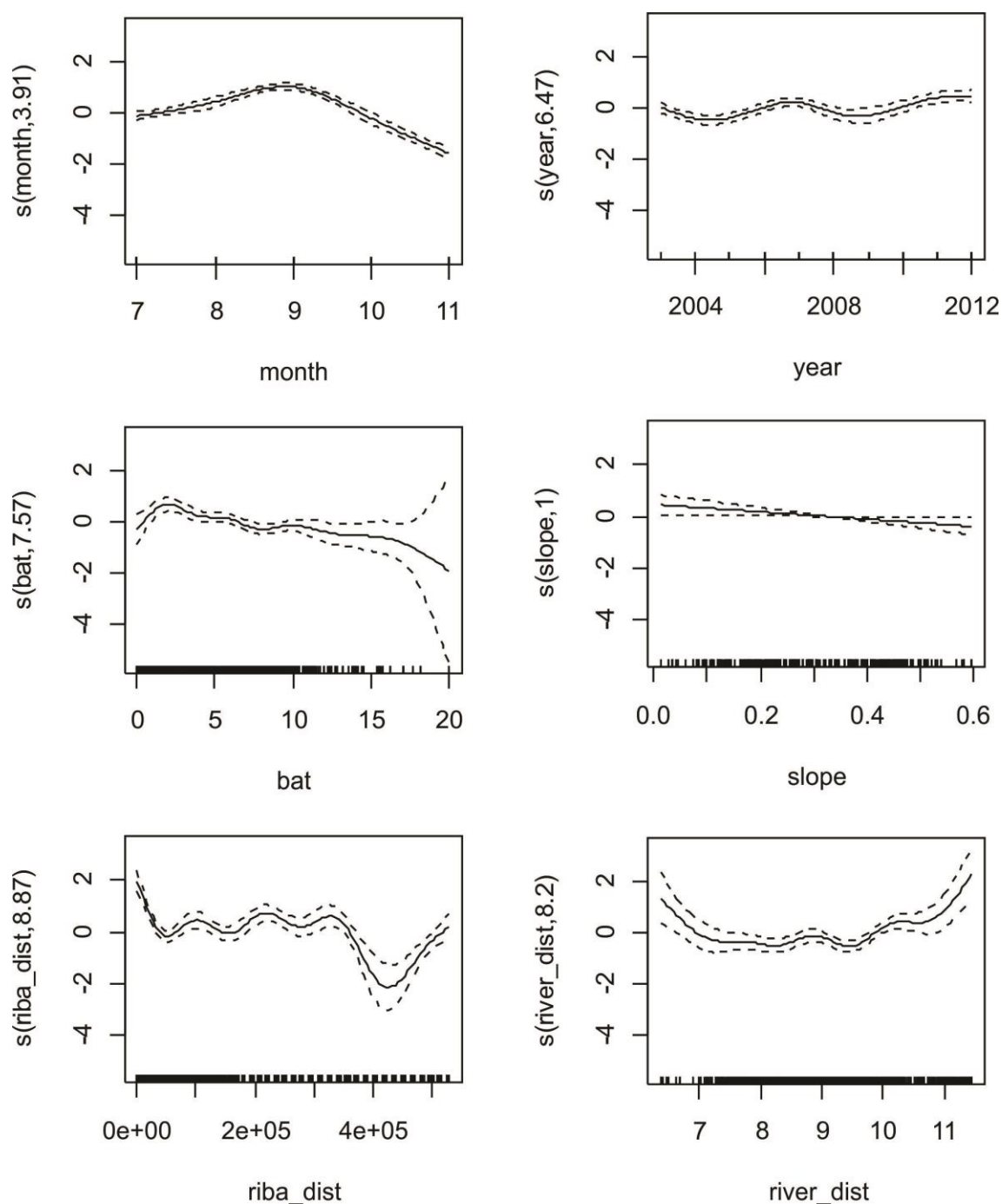


Figura 2.2: Curvas suavizadas para as variáveis explanatórias selecionadas para o melhor modelo GAM com distribuição binomial negativa.

A análise gráfica dos resíduos do GAM sugere um ajuste razoável (Apêndice 4.1), considerando a proporção de zeros presentes nos dados. Não foi

observada evidência de autocorrelação espacial nos resíduos do modelo selecionado, conforme demonstra o variograma (fig. 2.3).

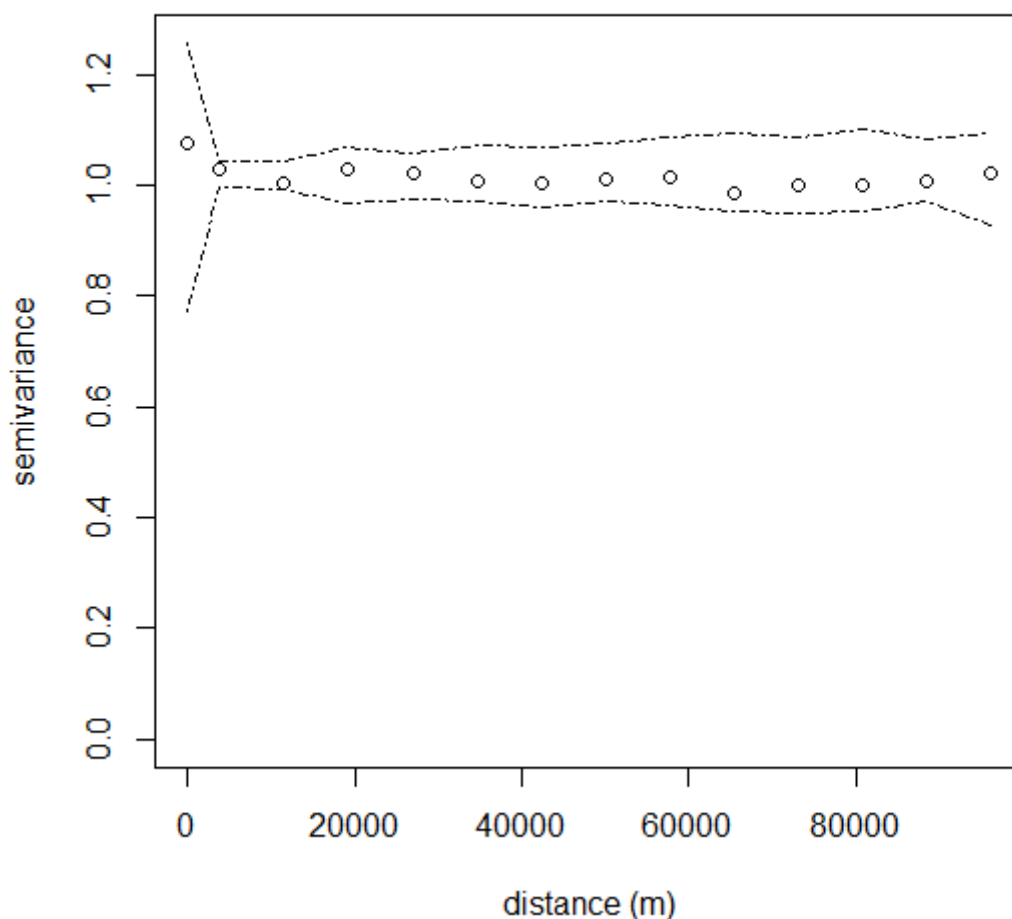


Figura 2.3: Variograma com os intervalos gerados pela Cadeia de Monte Carlo do modelo GAM selecionado para os dados de sobrevoo para os anos de 2003 a 2012

Modelos aditivos generalizados de duas partes (“*hurdle*”)

Modelo GAM binomial

Os cinco melhores modelos e os respectivos AICs e deviance explicada para a parte do modelo “*hurdle*” binomial estão descritos na tabela 2.5. O modelo

selecionado, incluiu mês, ano, batimetria, declividade, distância da Ribanceira/Ibiraquera e distância da desembocadura de rios (tab. 2.4).

Tabela 2.4: Melhores modelos GAM binomiais ("hurdle") selecionados através do critério de menor valor do AIC. Valores da deviança explicada também estão listados.		
Modelo	Deviança explicada	AIC
month **+ year** + bat** + slope + riba_dist** + river_dist	13,5%	1521,4
month **+ year** + bat** + slope + riba_dist** + river_dist + subst	13,3%	1522,5
month **+ year** + bat** + slope + riba_dist** + subst	12,6%	1525,4
month **+ year** + bat** + riba_dist*	12,7%	1526,6
month **+ year** + riba_dist** + river_dist*	12,4%	1531,6
* indica variáveis explanatórias com $p < 0.05$; ** indica variáveis explanatórias com $p < 0.01$		

As funções suaves do modelo binomial selecionado estão representadas na figura 2.4. Percebe-se que as variáveis mês, declividade, distância da ribanceira/Ibiraquera e distância de desembocadura de rios seguiram tendências bastante semelhantes às respectivas curvas no modelo GAM binomial negativo.

A função suave do variável ano do modelo binomial demonstra claramente uma relação linear positiva evidenciando o aumento na ocorrência de baleias-franca ao longo dos anos.

Para a variável batimetria, a maior ocorrência de baleias-franca está localizada em regiões de até 10 metros de profundidade, conforme demonstra a relação linear negativa (fig 2.4).

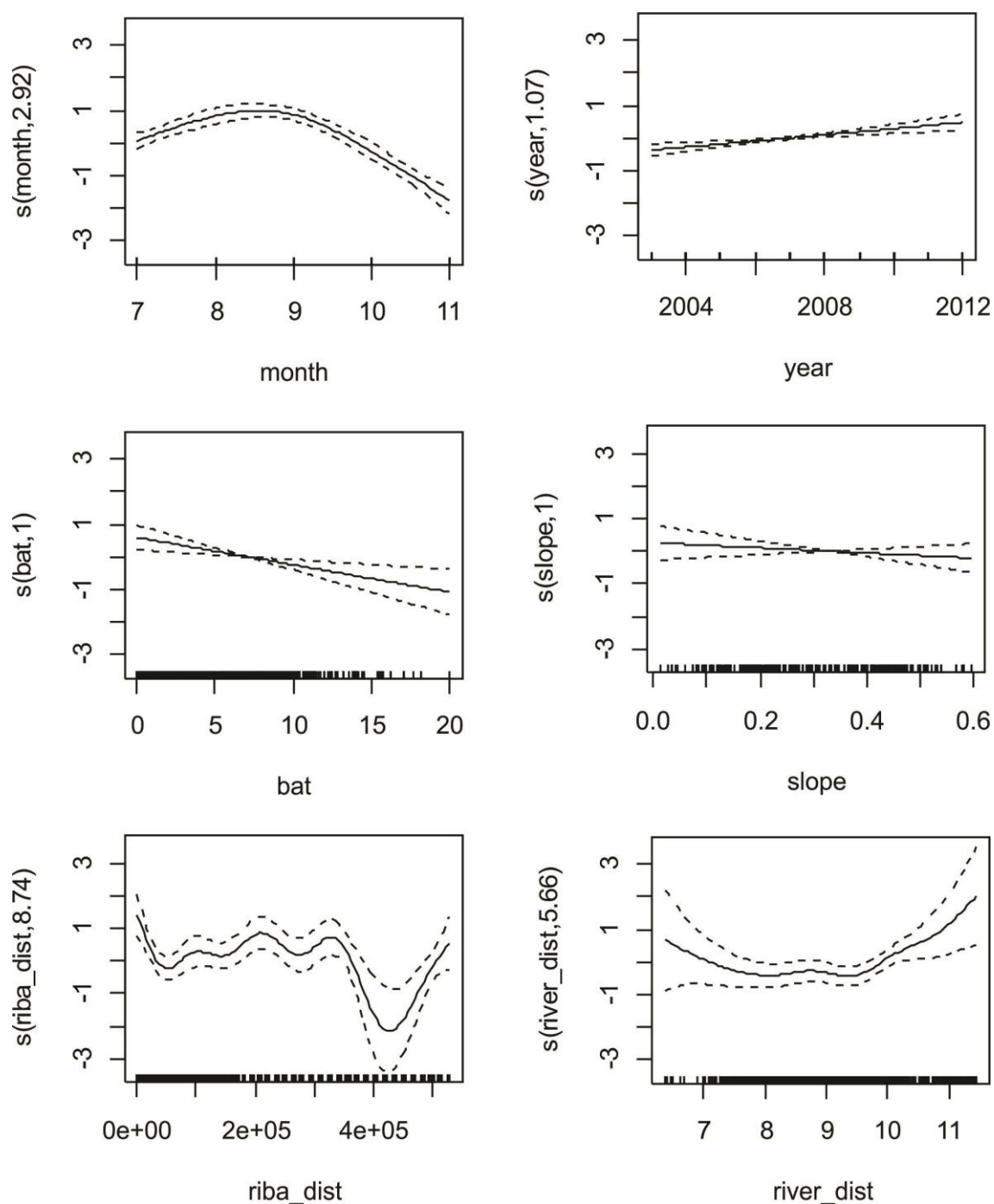


Figura 2.4: Curvas suavizadas para as variáveis explanatórias selecionadas para o melhor modelo GAM “hurdle” binomial

Modelo GAM de contagem (gamma)

Os cinco melhores modelos e os respectivos AICs e deviança explicada para a etapa do modelo “hurdle” gamma estão descritos na tabela 2.5. Assim como o

modelo binomial, o modelo selecionado foi aquele com menor AIC (tab. 2.5). As variáveis selecionadas foram mês e distância da Ribanceira/Ibiraquera.

Tabela 2.5: Melhores modelos GAM gamma (“hurdle”) selecionados através do critério de menor valor do AIC. Valores da deviança explicada também estão listados.

Modelo	Deviança explicada	AIC
month **+ riba_dist**	22,3%	-4704,405
month **+ slope + riba_dist**	22,7%	-4704,139
month **+ bat + riba_dist**	22,5%	-4703,082
month **+ riba_dist** + river_dist	22,3%	-4702,674
month **+ year + riba_dist**	22,3%	-4702,639

* indica variáveis explanatórias com $p < 0.05$; ** indica variáveis explanatórias com $p < 0.01$

As funções suaves deste modelo descrevem para a variável mês a mesma tendência observada nos outros modelos, alcançando o pico nas taxas de encontro em setembro. Entretanto, o aumento na densidade de baleias em relação apenas ao aumento na presença parece acontecer um pouco mais tarde, no mês de setembro. O declínio nas taxas de encontro não é tão acentuado como no modelo de presença-ausência, talvez porque embora a presença de um modo geral diminua ao longo de toda área, as baleias que permanecem tendem a se concentrar em algumas áreas específicas. Para a variável distância da Ribanceira/Ibiraquera, observamos um declínio nas taxas de encontro à medida que nos distanciamos desta região (fig. 2.5).

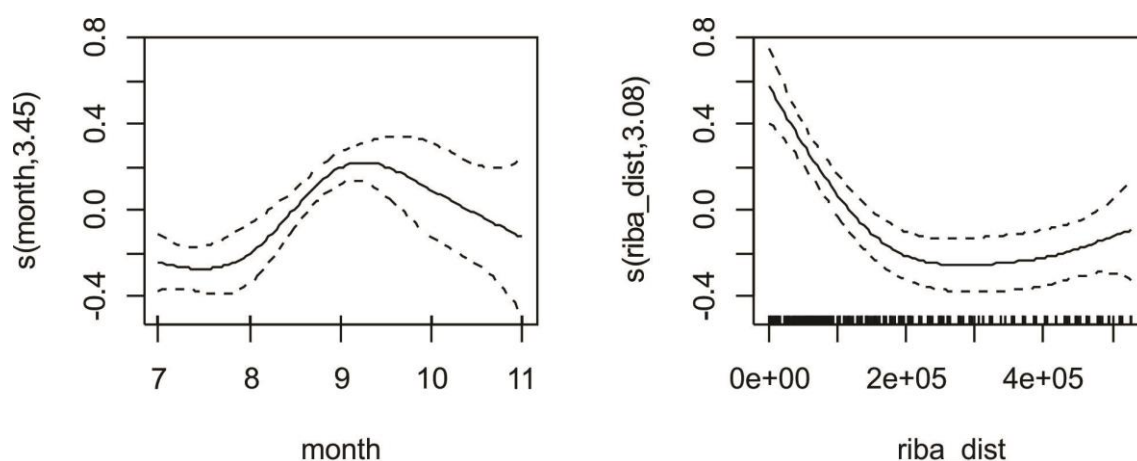


Figura 2.5: Curvas suavizadas para as variáveis explanatórias selecionadas para o melhor modelo GAM gamma (“hurdle”).

Discussão

Assim como outros estudos realizados para a baleia-franca do Atlântico Norte (e.g. Keller *et al.* 2012; Gowan & Ortega-Ortiz 2014), os modelos aditivos generalizados foram ferramentas úteis para relacionar a distribuição de baleias-franca-austral com variáveis ambientais e temporais. Ambos os modelos GAM binomial negativo e “*hurdle*”, selecionaram as mesmas variáveis explanatórias. Entretanto a etapa gamma do modelo “*hurdle*” não seleciona todas as variáveis da etapa binomial. As funções suaves geradas pela etapa binomial e gamma são muito semelhantes àsquelas geradas pelo modelo GAM binomial negativo. Apenas as variáveis ano e batimetria na etapa binomial apresentaram alguma diferença, entretanto, a interpretação da resposta gerada pela curva se assemelha aquela das funções suaves do modelo GAM binomial negativo.

A variável mês foi selecionada em todos os modelos (GAM e nas duas partes do “*hurdle*”). As curvas suaves desta variável demonstram um padrão já bem descrito da sazonalidade da baleia-franca-austral (e.g. Groch 2005).

Estudos indicam que as baleias-franca que se reproduzem na costa do Oceano Atlântico na América do Sul pertencem ao mesmo estoque reprodutivo

(Groch 2005, Ott 2002). Sendo assim, espera-se que ambas apresentem o mesmo período de ocorrência na área reprodutiva. Entretanto, são observadas pequenas diferenças. Na Península Valdes, Argentina, as avistagens ocorrem de março a dezembro (Rowntree *et al.* 2001, IWC 2012). No Uruguai as avistagens ocorrem de junho a outubro, com uma abundância similar ao longo dos meses, com exceção do mês de junho, com menos registros de indivíduos (Costa *et al.* 2005). O início mais cedo nestas regiões reprodutivas pode estar relacionado a posição geográfica do Uruguai e Argentina em maiores latitudes, e consequentemente mais próximas às áreas de alimentação. No Uruguai ocorre uma predominância de adultos sem filhote, classificando a região como uma área de acasalamento (Jorge *et al.* 2011). Sendo assim, o término mais cedo da temporada reprodutiva no Uruguai segue a tendência desta classe em abandonar as áreas reprodutivas mais cedo. Na Argentina, por outro lado, foi observado a ocorrência de comportamentos de forrageio antecedentes ao período migratório (Hoffmeyer *et al.* 2010), o que não ocorre em águas brasileiras. Portanto, a possibilidade de se alimentar, além da maior proximidade às principais áreas de alimentação, talvez permitam que as baleias permaneçam por um maior período na região.

As baleias-franca apresentam um ciclo reprodutivo médio tri-anual (Burnnel & Bryden 1997). A gestação dura em torno de 12 meses seguido por um período de amamentação e descanso de cerca de um ano. Após o acasalamento e um novo período de gestação completa-se um ciclo reprodutivo tri-anual (Payne 1986). Na África do Sul foram observados uma média de intervalo reprodutivo

variando de 3,00 a 4,09 anos (Best *et al.* 2001). Alterações neste ciclo estariam relacionados ao fracasso reprodutivo individual.

A curva gerada para a variável ano pelo modelo GAM binomial negativo sugerem um ciclo na abundância de aproximadamente 4 anos. É possível que esta variação tenha ligação com outros ciclos observados: o reprodutivo e o de produtividade nas áreas de alimentação. Apesar do ciclo reprodutivo das francas ser tri-anual, deve-se considerar que os adultos que migram para acasalar e as fêmeas que possam de algum modo ter tido um fracasso reprodutivo, influenciariam na ocorrência de um intervalo superior a três anos (Best *et al.* 2001).

Anomalias na temperatura da superfície da água na região da Antártica, são observadas em ciclos de 4 anos (Trathan & Murph 2003). A existência de uma relação negativa entre anomalias na TSM na região das ilhas Geórgias do Sul e na região “*El niño*” 4 no Pacífico oeste e a quantidade de filhotes de baleias-franca foi registrada na Península Valdes (Leaper *et al.* 2006). Portanto, este intervalo reprodutivo de aproximadamente quatro anos seria uma resposta adaptativa a estes ciclos de alterações climáticas em áreas de alimentação.

As curvas ajustadas pelos modelos GAM binomial negativo e GAM binomial para a variável ano indicam também um aumento na abundância e presença, respectivamente, de baleias-franca ao longo dos anos. Estes resultados corroboram com o crescimento populacional descrito anteriormente, estimado em cerca de 12% ao ano (IWC 2012). O fato da etapa do modelo “*hurdle*” gamma não ter selecionado a variável ano sugere que as taxas de encontro de baleias (medida em baleias/km) não têm se alterado significativamente ao longo dos

anos. Entretanto, o aumento da presença ao longo dos anos indica que, com o crescimento populacional, novas áreas estão sendo ocupadas (ou reocupadas), ou que a densidade está aumentando mas numa escala espacial maior, que não afeta as taxas de encontro. De fato, novas áreas de maior densidade de baleias vem se destacando na região nos últimos anos (este trabalho, cap. 01), levando a crer que este crescimento na abundância pode estar ocorrendo também fora da área de abrangência deste estudo.

A curva da variável batimetria nos modelos GAM binomial negativo e “*hurdle*” binomial demonstra claramente uma preferência da baleia-franca por águas mais rasas, com menos de 10 metros de profundidade. Este resultado corrobora com estudos realizados na África do Sul, onde as baleias-franca também preferem regiões de águas mais rasas (Elwen & Best 2004a). Acredita-se que regiões mais rasas favoreçam de alguma maneira fêmeas adultas com filhote, seja evitando o molestarmento por machos que queiram acasalar, ou talvez conferindo alguma proteção contra predadores (Elwen & Best 2004c). Em áreas reprodutivas, a baleia-franca do Atlântico Norte possui preferência por águas rasas entre 10 e 20 metros (Keller *et al.* 2012). Entretanto, na nossa área de estudo, do cabo de Santa Marta para o norte, a linha de costa é mais recortada e a isóbata de 10 metros se localiza praticamente fora das enseadas (Martins & Corrêa 1996), em área mais exposta a ação de ondulações e ventos. Na África do Sul, adultos com filhote raramente são avistados em águas com profundidade superior a 10 metros (Best 1990). Além disso, fêmeas com filhote tendem a permanecer em águas próximas à zona de arrebentação (Payne 1986). O modelo “*hurdle*” gamma selecionado não inclui a variável batimetria. Isso talvez ocorra devido à

baixa variação de profundidade dentro da área de estudo. De qualquer forma, a modelagem em duas partes sugere que a batimetria influencia a presença de baleias, mas não a abundância.

A variável declividade foi selecionada nos modelos GAM binomial negativo e “*hurdle*” binomial. As curvas suaves dos dois modelos foram semelhantes, descrevendo uma relação linear negativa entre a abundância de baleias e o aumento da declividade. De fato a região como um todo não apresenta muita variação na declividade, explicando o fato do modelo “*hurdle*” gamma não selecionar esta variável como ocorreu com a variável batimetria. Entretanto o estudo recente selecionou o morfotipo de praia como um fator significativo para explicar a distribuição das baleias na região (Seyboth 2013). Dentro da área de estudo, a maioria das enseadas a partir do Cabo de Santa Marta são classificadas como dissipativas (Silveira *et al.* 2011). A região de Torres/RS ao Cabo de Santa Marta/SC, apesar de não estarem descritas por Silveira *et al.* (2011) apresentaram valores de declividade semelhantes aos das praias classificadas ($< 3^\circ$), apresentando então características de praias dissipativas. Na África do Sul, as baleias-franca também possuem preferência por áreas de baixa declividade (Elwen & Best 2004a, 2004b).

A variável distância da Ribanceira/Ibiraquera foi selecionada em todos os modelos. Um declínio na abundância de baleias a medida que nos afastamos da região, conforme evidenciado principalmente pelo modelo “*hurdle*” gamma, era esperado, pois há vários anos a enseada da Ribanceira/Ibiraquera vem sendo a enseada com maior abundância de baleias na área reprodutiva do Brasil (e.g. Santo 2012, Seyboth 2013, este trabalho). Trata-se de uma enseada de baixa

declividade classificada como dissipativa (Silveira *et al.* 2011), e com o fundo formado por areia argilosa (Martins & Correa 1996). A enseada apresenta uma extensão aproximada de 7 km, e é limitada pela formação de costões rochosos. Em sua porção norte localiza-se a desembocadura da lagoa da Ibiraquera. Portanto, esta enseada apresenta características que favorecem a ocorrência de baleias-franca em áreas reprodutivas: baixa profundidade, proximidade da costa, substrato de formação arenosa e proximidade com a desembocadura de rios (e.g. Elwen & Best 2004a, 2004b, este estudo). Entretanto, outras enseadas na região apresentam estas mesmas características, sem as mesmas densidades de baleias, sugerindo que uma variável não testada, possivelmente comportamental, possa de algum modo influenciar com maior poder a distribuição das baleias. Mesmo assim, os modelos binomial negativo e “*hurdle*” binomial indicam outras regiões afastadas da enseada da Ribanceira/Ibiraquera como áreas com presença acima da média de baleias-franca (fig. 2.4).

Uma característica típica dos misticetos é a fidelidade pela área reprodutiva (Hoelzel 1998). Para as baleias-franca é observado uma fidelidade entre áreas reprodutivas e de alimentação. A preferência pela área pode estar relacionada com um aprendizado entre mãe e filhote, o qual vai passando de geração em geração (Valenzuela *et al.* 2009). Não está claro porém, se a região da Ribanceira/Ibiraquera corresponde a uma região historicamente (período pré caça) importante, e que com a recuperação recente da população está sendo ocupada em grande número novamente, ou se está surgindo uma nova área de importância para esta população. Estudos de genética e foto-identificação permitirão entender melhor a fidelidade ao local de indivíduos.

Na África do Sul, foi observada uma maior abundância de baleias em proximidades de desembocaduras de rios. A proximidade destas regiões pode influenciar a distribuição da espécie em função dos potenciais benefícios relacionados à esfoliação da pele dos indivíduos e consequentemente da perda de parasitas externos devido ao substrato diferenciado dessas regiões, resultado da deposição de sedimentos (Elwen & Best 2004b). Os resultados do modelo GAM binomial negativo indicaram um declínio na abundância de baleias a medida que nos distanciamos de desembocadura de rios, embora este declínio não seja significativo na curva do modelo *hurdle*. Além disso, a curva apresenta um formato côncavo, indicando também um aumento na abundância a distâncias maiores destas regiões, aumento este que é confirmado no modelo *hurdle*. Não fica claro, entretanto, o significado desse aumento, se ele surge devido à falta de alguma outra variável explicativa, ou se é um artifício das relações espaciais entre as múltiplas desembocaduras e talvez a presença de enseadas distantes de desembocaduras mas com altas densidades de baleias.

A variável categórica tipo de substrato não foi selecionada por nenhum modelo, o que poderia ser explicado pela pouca variação ao longo da área de estudo e predominância de fundo arenoso (Martins & Corrêa, 1996).

Apesar de todas as variáveis explanatórias inseridas no modelo GAM binomial negativo serem significativas, este apresentou um poder de explicação apenas razoável, de 27%, entretanto, apresentou um poder superior aos modelos utilizados para explicar a distribuição de baleia-franca do Atlântico Norte (21,3%), onde as variáveis TSM, profundidade e período do ano (dividido quinzenalmente) foram testados (Keller *et al.* 2012). Os modelos “*hurdle*”

também não apresentaram um alto poder de explicação. Modelos “*hurdle*” utilizados em áreas reprodutivas da baleia-franca do Atlântico Norte apresentaram maior poder de explicação para a etapa binomial (22,8%) comparando com o modelo selecionado (13,5%). Entretanto o modelo “*hurdle*” gamma apresentou um maior poder de explicação (22,3%) quando comparado com os resultados da baleia-franca do Atlântico Norte (12,2%) (Gowan & Ortega-Ortiz 2014).

O poder de explicação razoável dos modelos selecionados indica a ausência de uma ou mais variáveis importantes que influenciam a distribuição e abundância das baleias-franca na região. Questões comportamentais e culturais provavelmente estejam entre essas variáveis ausentes (e.g. Hastie *et al.* 2004), porém estas são difíceis de mensurar e inserir objetivamente como variáveis explanatórias em modelos deste tipo. A baleia-franca-austral possui uma certa filopatria em relação às áreas de alimentação (Valenzuela *et al.* 2009), e técnicas de foto-identificação confirmam a existência de fidelidade ao sítio em áreas reprodutivas na África do Sul (e.g. Best 2000) e também no Brasil (e.g. Groch 2005). Essas informações sugerem que fatores ambientais, culturais e comportamentais deveriam ser considerados conjuntamente para explicar a distribuição das baleias na região.

Conclusão

Compreender a distribuição espaço-temporal das baleias-franca na área reprodutiva no sul do Brasil é importante para fornecer subsídios para o monitoramento desta população e para um planejamento de manejo sustentável na região. Nossos modelos demonstraram que variáveis temporais e

fisiográficas como mês, ano, batimetria, declividade, distância da Ribanceira/Ibiraquera e distância da desembocadura de rios influenciaram os padrões de distribuição da espécie. Além disso, destacamos a necessidade de construir modelos que de alguma forma incorporem dados comportamentais e de uso individual do habitat que permitam alcançar um maior poder de explicação sobre a variabilidade nos padrões de abundância das baleias-franca na sua área reprodutiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANNISTER, JL. 2002. Baleen Whales. In: PERRIM, WF, B WÜRSIG & JGM THEWISSEN (ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, London, p. 80-89.
- BEST, PB. 1990. Trends in the inshore right whale population off South Africa, 1969-1987. *Marine Mammals Science*, 6(2): 93-108.
- BEST, PB. 1994. Seasonality of reproduction and length of gestation in southern right whales *Eubalaena australis*. *Journal Zoology*, 232: 175-189.
- BEST, PB. 2000. Costal distribution, movements and site fidelity off right whales *Eubalaena australis* off South Africa, 1969 – 1998. *South African Journal of Marine Science*, 22: 43-55.
- BEST, P, A BRANDÃO & DS BUTTERWORTH. 2001. Demographic parameters of southern right whales off South Africa. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 161-169.
- BITENCOURT, F. 2005. Armações Baleeiras: da Costa Basca a Garopaba. Garopaba. 199p.
- BOWEN, WD. 1997. Role of marine mammals in aquatic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 158: 267-274.
- BURNELL, SR. 2001. Aspects of reproductive biology, movements and site fidelity of right whales of Australia. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 89-102.

- BURNELL, SR & MM BRYDEN. 1997. Costal residence periods and reproductive timing in south right whale *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology, London*. 241: 613-621.
- CARVALHO, VC & H RIZZO. 1994. A zona costeira brasileira: subsídios para uma avaliação ambiental. Brasília, Ministério do meio ambiente. 211p.
- CASTRO, BM, JA LORENZZETTI, ICAS SILVEIRA & LB MIRANDA. 2006. Estrutura Termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowsk CLDB & LSP Madureira (ed.). O ambiente oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 11-120.
- CASTELLO, HP & MC PINEDO. 1979. Southern right whales (*Eubalaena australis*) along the southern Brazilian coast. *Journal of Mammalogy*, 60(2): 429-430.
- CHEREM, J.; SIMÕES-LOPES, P.C.; ALTHOFF, S.; GRAIPEL, M. 2004. Lista dos Mamíferos do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Mastozoologia Neotropical*, 11 (2): 151-184.
- CHURCHILL, M, A BERTA & T DEMÉRÊ. 2012. The systematics of right whales (Mysticeti: balaeniodae). *Marine Mammals Science*, 28(3): 497-521.
- CONNOR, RC. 2000. Group living in whales and dolphins. In: MANN, J, RC CONNOR, PL TYACK & H WHITEHEAD (ed.). Cetacean societies. University of Chicago Press, Chicago, 199–218.
- COOKE, JG, VJ ROWNTREE, & R PAYNE. 2001. Estimates of demographic parameters for southern right whales (*Eubalaena australis*) observed off

- Peninsula Valdés, Argentina. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 125-132.
- COSTA, P, R PRADERI, M PIEDRA & P FRANCO-FRAGUAS. 2005. Sightings of southern Right Whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(2): 157-161.
- CUMMINGS, WC. 1985. Right Whales: *Eubalaena glacialis* (Muller, 1776) and *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1982). In: RIDWAY, SH & R HARRISON (ed.). Handbook of Marine Mammals. Volume 3: The Sirenians and Baleen whales. Academic Press, London, p - 275-304.
- DALLA ROSA, L, JKB FORD & AW TRITES. 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.
- DIGGLE, PJ & PJ RIBEIRO. 2007. Model-based geostatistics, Springer-Verlag, New York.
- ELLIS, M. 1964. A baleia no Brasil colônia. São Paulo, Edições melhoramentos. 235p.
- 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. *Marine Mammal Science*, 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. *Marine Mammals Science*, 20(3): 583-601.
- ELWEN, SH & PB BEST. 2004c. Female southern right whale *Eubalaena australis*: Are there reproductive benefits associated with their costal distribution off South Africa? *Marine Ecology Progress Series*, 269: 289-295.
- EVANS, PGH. 1987. The natural history of whales and dolphins. New York, Facts On File. 105 p.
- GOWAN, TA & JG ORTEGA-ORTIZ. 2014. Wintering habitat model for the North Atlantic Right Whale (*Eubalaena glacialis*) in the southeastern United States. *Plos One*, 9.
- GREIG, AB, ER SECCHI, AN ZERBINI & LD ROSA. 2001. Stranding events of southern right whales, *Eubalaena australis*, in southern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 157-160.
- 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. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 62p
- 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. 168p.
- GROCH, KR, JT PALAZZO JR, PA FLORES, FR ADLER & ME FABIAN, M.E. 2005. Recent rapid increases in right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(1): 41-47.

- HARTEL, EF, R CONSTANTINE & LG TORRES. 2014. Changes in habitat use patterns by bottlenose dolphins over a 10-year period render static management boundaries ineffective. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater ecosystems*, Wiley Online library.
- 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. *Marine Biology*, 144(2): 397-403.
- HOELZEL, A. 1998. Genetic structure of cetacean populations in sympatry, parapatry, and mixed assemblages: implications for conservation policy. *Journal of Heredity*, 89, 451–458.
- HOFFMEYER, MS, MS LINDNER, A CARRIBERO, VK FULCO, MC MENÉNDEZ, MDF SEVERINI, SL DIODATO, AA BERASATEGUI, F BIANCALANA & E BERRIER. 2010. Planktonic food and foraging of *Eubalaena australis*, on Peninsula Valdés (Argentina) nursery ground. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(1): 131-139.
- ICMBio.____. Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/apabaleiafranca/>. Acesso em: 05/12/2013
- IWC (International Whaling Commission). 2001. Report of the workshop on the comprehensive assessment of right whales: a worldwide comparison. *Journal of Cetacean Research and Management*, (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.

- JACOB, AA, R RUDRAN. 2004. Radiotelemetria em estudos populacionais. In: CULLEN JR, L, R RUDRAN & C VALLADARES-PÁDUA (ed.). Métodos de estudos em Biologia da Conservação e manejo da vida silvestre. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 285-341.
- JORGE, G, F RIET-SAPRIZA & P COSTA. 2011. Status and behavior of southern right whales (*Eubalaena australis*) in the Uruguayan Atlantic coast. SC/S11/RW8 Presented to IWC Scientific Committee.
- KASCHNER, K, R WATSON, AW TRITES & D PAULY. 2006. Mapping world-wide distribution of marine mammal species using a relative environmental suitability (RES) model. *Marine Ecology Progress Series*, 316: 285-310.
- KELLER, CA, L GARRISON, R BAUMSTARK, LI WARD-GEIGER & E HINES. 2012. Application of habitat model of the North Atlantic right whale in the southeastern United States. *Endangered Species Research*, 18:73-87.
- KENNY, RD. 2002. Right whales: *Eubalaena glacialis*, *E. japonica* and *E. australis*. In: PERRIM, WF, B WÜRSIG & JGM THEWISSEN (ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, London, p. 962-972.
- KERNOHAN, BJ, RA GITZEN & J MILLSPAUGH. 2001. Analysis of animal space use and movements. In: MILLSPAUGH, J & JM MARZLUFF (ed.). Radio tracking and animal populations. Academic press, San Diego, 125-166.
- KLINOWSKA, M. 1991. Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book. Gland, Switzerland and Cambridge: IUVN, 492 p.
- KRAUSE, J & GD RUXTON. 2002. Living in groups. University Press, Oxford, 228p.

- LEAPER, R, J COOKE, P TRATHAN, K REID, V ROWTREE & R PAYNE. 2006. Global climate drives southern right whales (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biology Letters*, 2: 289-292.
- LODI, L, S SICILIANO & C BELLINI. 1996. Ocorrência e conservação de baleias-francas-do-sul, *Eubalaena australis*, no litoral do Brasil. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 39(17): 307-328.
- MARTINS, LR & ICS CORRÊA. 1996. Atlas. Morphology and sedimentology of the southwest Atlantic coast zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). Porto Alegre: UFRGS-IG-CECO 4p.: 20 maps.
- OTT, PH. 2002. Diversidade genética e estrutura populacional de duas espécies de cetáceos no Atlântico sul ocidental: *Pontoporia blainvillei* e *Eubalaena australis*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- PALAZZO JR, JT & LA CARTER. 1983. A caça às baleias no Brasil. AGAPAN: Porto Alegre, 25 p.
- PALAZZO JR, JT, KR GROCH & HA SILVEIRA. 2007. Projeto Baleia Franca: 25 anos de pesquisa e conservação, 1982-2007. Imbituba, IWC Brasil. 170 p.
- PATENAUDE, NJ & CS BAKER. 2001. Population status and habitat use of southern right whales in the sub-antarctic Auckland Island of New Zealand. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2: 111-116.
- PAYNE, R. 1986. Long-term behavioral studies of the southern right whales (*Eubalaena australis*). Report to International Whaling Commission, (Special Issue 10): 161-168.

- PAYNE, R, EMO BRAZIER, JS DORSEY, VJ ROWNTREE & A TITUS. 1983. External features in southern right whales (*Eubalaena australis*) and their use in identifying individuals. In: PAYNE, R (ed.). Communication and behavior of whales. Westview Press, Boulder, Colorado, 371-445.
- PAYNE, R, V ROWNTREE, JS PERKINS, JG COOKE & K LANKESTER. 1990. Population size, trends and reproductive parameters of right whales (*Eubalaena australis*) off Peninsula Valdes, Argentina. Reports to International Whaling Commission, (Special Issue 12): 271 – 278.
- PEREIRA, MD, CAF SCHETTINI & CY OMASHI. 2009. Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. *Revsta Brasileira de Geofísica*, 27(1):81-93.
- PERSHING, AJ, NR RECORD, BC MONGER, CA MAYO, MW BROWN, TVN COLE, RD KENNEY, DE PENDLETON & LA WOODARD. 2009. Model-based estimates of right whale habitat use in the Gulf of Maine. *Marine Ecology Progress Series*, 378: 245–257.
- PONTALTI, M & M DANIELSKI. 2011. Registros de enredamento de baleias-franca, *Eubalaena australis* (Cetacea, Mysticeti), na temporada reprodutiva de 2010, em Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*. 24(2): 109-112.
- 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 2012.
- 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.

Biology Letters, Published online.

RAYMENT, W, A DAVIDSON, S. DAWSON, E. SLOOTEN & T WEBSTER. 2012.

Distribution of southern right whales on the Auckland Islands calving grounds. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 46(3): 431-436.

REDFERN, JV, MC FERGUSON, EA BECKER, KD HYRENBACH, C GOOD, J

BARLOW, K KASCHNER, MF BAUMGARTNER, KA FORNEY, LT
BALANCE, P FAUCHALD, P HALPIN, T HAMAZAKI, AJ PERSHING, SS
QIAN, A READ, SB REILLY, L TORRES & F WERNER. 2006. Techniques
for cetacean–habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310:271–
295.

REIJNDERS, PJH, A AGUILAR & A BORREL. 2002. Pollution and marine

mammals. In: PERRIN, WF, B WÜRSIG, JGM THEWISSEN (ed.).
Encyclopedia of Marine Mammals. Academia Press, London. p. 890-898.

RICE, DW. 2002. Baleen. In: PERRIN, WF, B WÜRSIG, JGM THEWISSEN (ed.).

Encyclopedia of Marine Mammals. Academia Press, London. p. 61-62.

RICHARDS, R. 1998. Southern right whale: original global stocks. SC/M98/RW37

Presented to IWC Scientific Committee.

RIBEIRO, PJ & DIGGLE PJ. 2001. geoR: A package for geostatistical analysis.

R News, 1: 15-18.

ROBERTS, JJ, BD BEST, DC DUNN, IEA TREM & PN HALPIN. 2010. Marine

Geospatial Ecology Tools: an integrated framework for ecological

geoprocessing with ArcGIS, Python, R, MATLAB, and C++. *Environmental Modelling and Software*, 25: 1197–1207.

ROSEMBAUM, HC, RL BROWNELL, 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, JL BANNISTER & R DESALLE. 2000. World-wide genetic differentiation of *Eubalaena*: Questioning the number of right whale species. *Molecular Ecology*, 9:1793-1802.

ROSSI-SANTOS, M, LL WEDEKIN & RS SOUZA-LIMA. 2003. Distribution and habitat use of small cetaceans of Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 5(1): 23-28.

ROWNTREE, VJ. 1996. Feeding, distribution and reproductive behavior of cyamids (Crustacea: Amphipoda) living on humpback and right whales. *Canadian Journal Zoology*, 74: 103-109.

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. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue), 2: 133-143.

SANTO, SME. 2012. Estudo da distribuição da Baleia Franca Austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) (Cetartiodactyla, Balaenidae) na costa sul brasileira e relações com fatores ambientais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 124p.

- SANTOS, COM, S SICILIANO, SPDE SOUZA & JL PIOZZORNO. 2001. Occurrence of southern right whale along southeastern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 153-156
- SCHAEFF, CM, PB BEST, VJ ROENTREE, R PAYNE, C JARVIS & VA PORTWAY. 1999. Dorsal Skin color patterns among south right whale s (*Eubalaena australis*): genetic basis and evolutionary significance. *The Journal of Heredity*, 90(4). 464-471.
- SEYBOTH, E. 2013. 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. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. 86p.
- SILVA, IB. 2013. Distribuição espaço-temporal de *Eubalaena australis* em três praias no seu sítio reprodutivo no sul do brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 85p.
- 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. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 15(2): 13-28.
- SIMÕES-LOPES, PC & A XIMENES. 1993. Annotated list of cetaceans of Santa Catarina coastal waters, Southern Brazil. *Biotemas*, 6(1): 67-92.
- SUBIRÁ, RJ, ECF SOUZA, CE GUIDORIZZI, MP ALMEIDA, JB ALMEIDA & DS MARTINS. 2012. Avaliação científica do risco de extinção da fauna brasileira: Resultados alcançados em 2012. *Biodiversidade Brasileira*, 2(2):17-24.

- TABER, S & PO THOMAS. 1982. Calf development and mother-calf spatial relationships in southern right whales. *Animal Behavior*, 30: 1072-1083.
- THOMAS, PO & S TABER. 1984. Mother-infant interaction and behavioral development in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Behavior*, 88: 42-60.
- TRATHAN, PN & EJ MURPH. 2003. Sea surface temperature anomalies near South Georgia: relationships with the pacific El Niño regions. *Journal of Geophysical Research*, 105(4): 1-10.
- VALENZUELA, L, M SIRONI, VJ ROWNTREE & J SEGER. 2009. Isotopic and genetic evidence for culturally inherited site fidelity to feeding grounds in Southern right whales (*Eubalaena australis*). *Molecular Ecology*, 18:782-791.
- WEDEKIN, LL. 2011. Ecologia populacional de baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1871) em sua área reprodutiva na costa do Brasil, oceano Atlântico Sul. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná. 144 p.
- WHITEHEAD, H & J. MANN. 2000. Female reproductive strategies in cetaceans: life histories and calf care In: MANN, J, RC CONNOR, PL TYACK & H WHITEHEAD (ed.) Cetacean societies. University of Chicago Press, Chicago, 219–248.
- WHITEHEAD, H, K O'BRIEN & B WORM. 2010. Diversity of deep-water cetaceans and primary productivity. *Marine Ecology Progress Series*, 408(1): 1-5.
- WOOD, SN. 2001. mgcv: GAMs and generalized ridge regression for R. *R News* 1: 20-25.

- WORTON, BJ. 1989. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology*. 70(1): 164-168.
- ZAPES, CA, CV DA SILVA, M PONTALTI, ML DANIELSKI & APN DI BENEDITTO. 2013. The conflict between the Southern right whale and the coastal fisheries on the southern coasts of Brazil. *Marine Policy*, 38: 428-437.
- ZAR, JH. 2010. Bioestatistical analysis. New Jersey, Pearson. 944p.
- ZUUR AF, IENO EN, WALKER N, SAVELIEV AA, SMITH GM. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York, Springer. 572p

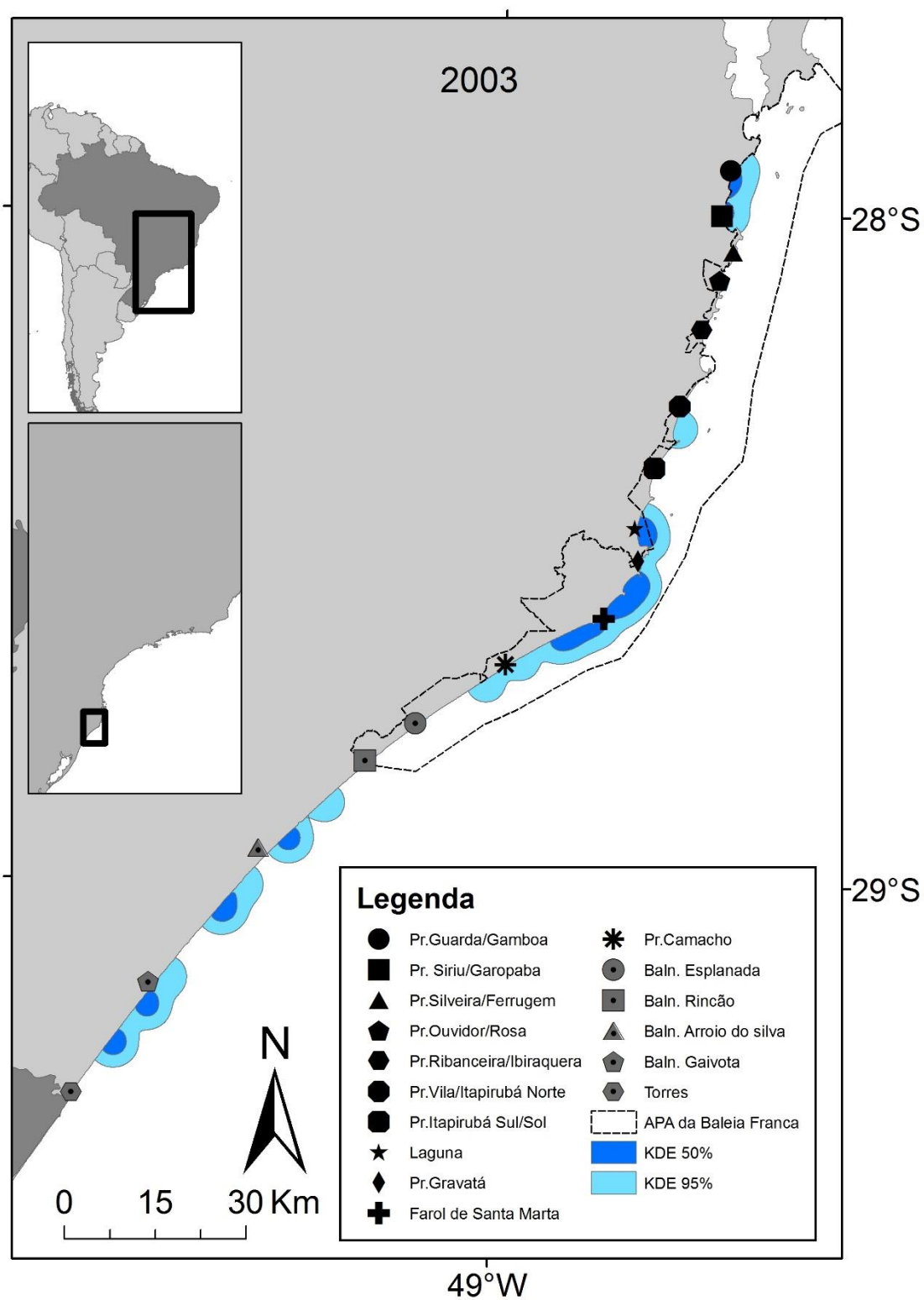
APÊNDICE 01

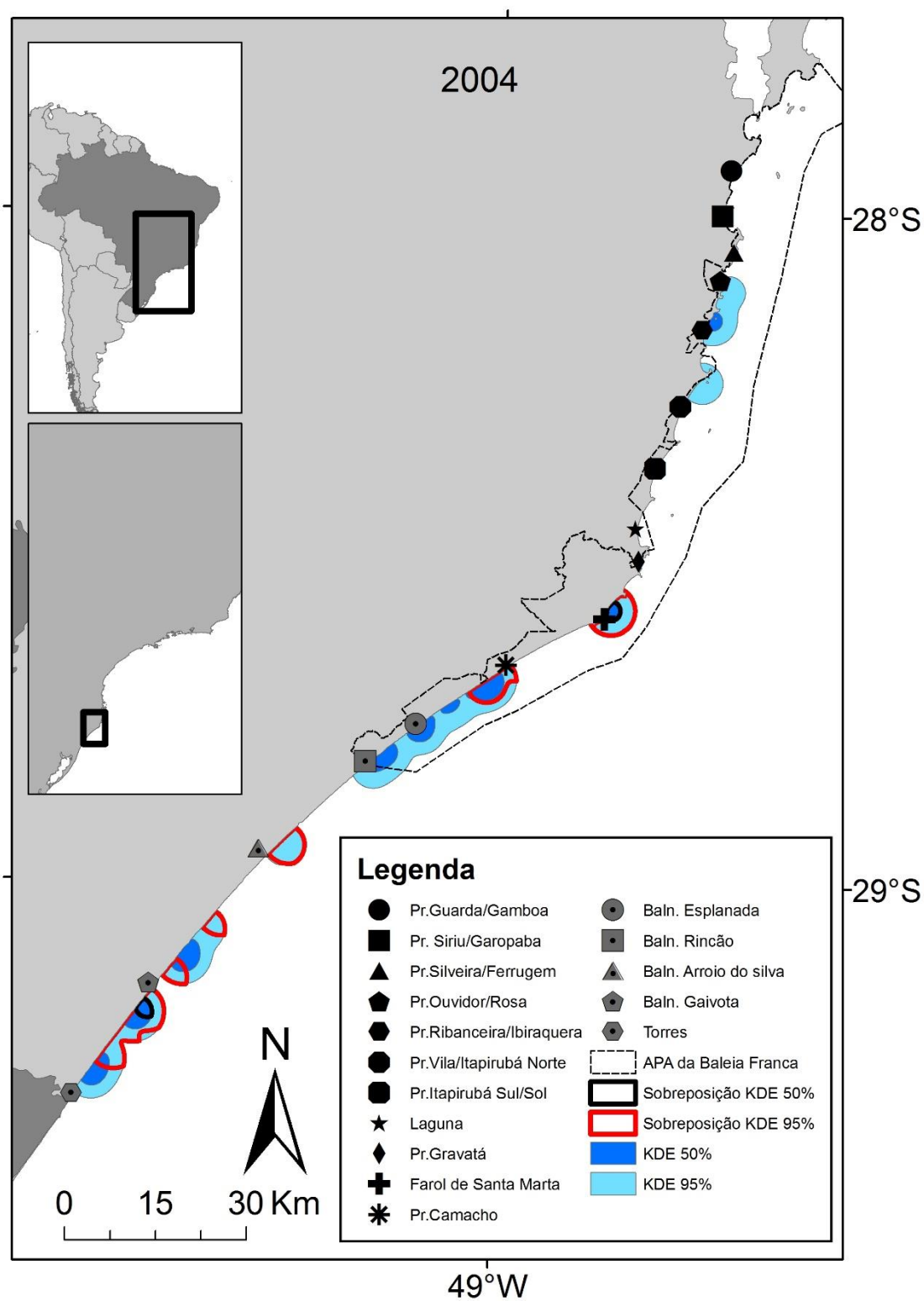
Tabela: Área de abrangência total de todos os voos de monitoramento de baleia-franca-austral no litoral sul do Brasil de 2003 a 2012

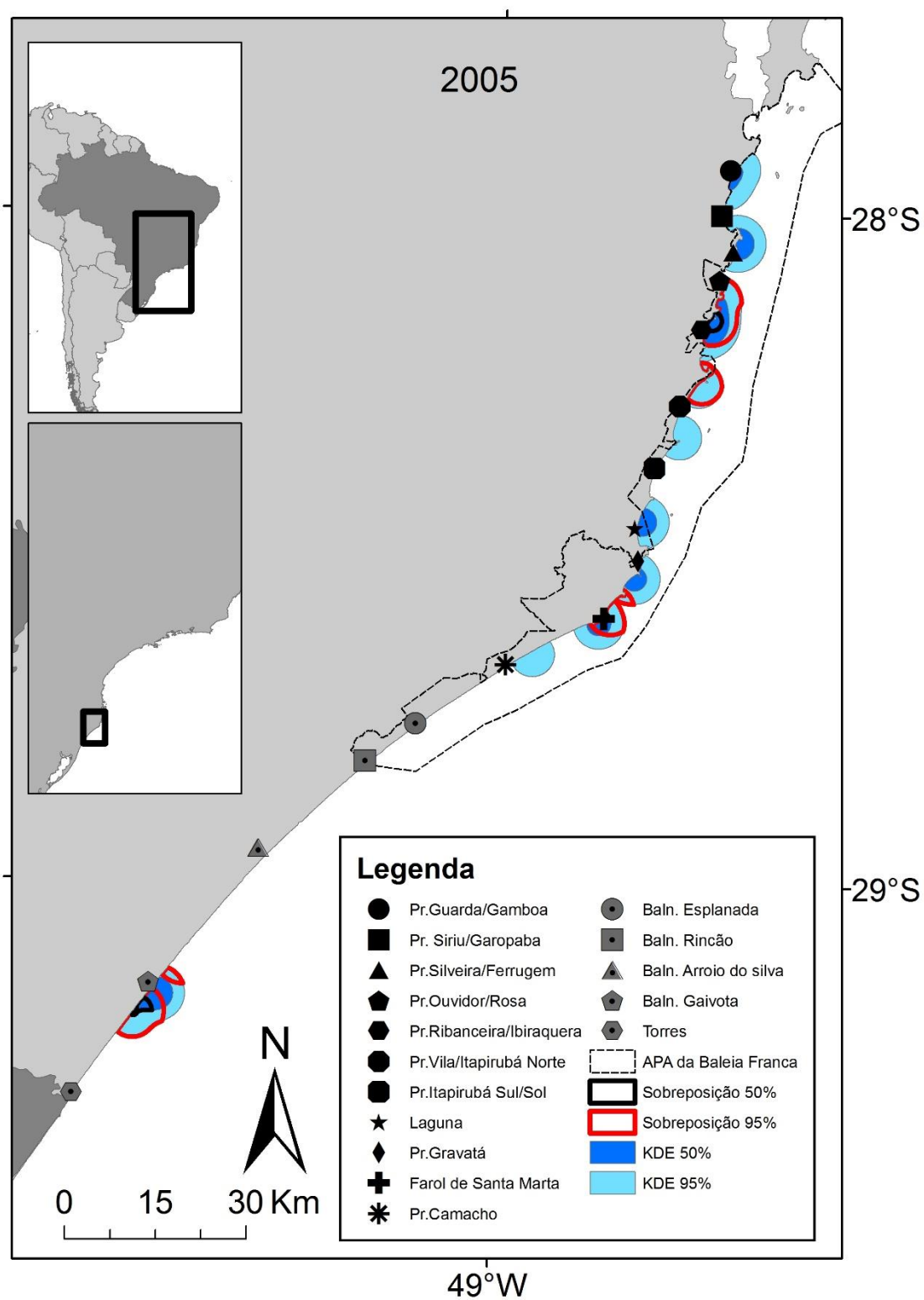
Ano	Data	Área Percorrida
2003	12 / agosto	Capão da Canoa/RS (29.603 S) – São Francisco do Sul /SC (26.405 S)
2003	12 / setembro	Capão da Canoa/RS (29.794 S) – Florianópolis/SC (27.078 S)
2003	15 / outubro	Cidreira/RS (30.144 S) – Florianópolis/SC (27.387 S)
2003	11 / novembro	Cidreira/RS (30.144 S) – Florianópolis/SC (27.387 S)
2004	25 / julho	Capão da Canoa/RS (29.783 S) – Palhoça/SC (27.850 S)
2004	24 / agosto	Cidreira/RS (30.171 S) – Florianópolis/SC (27.383 S)
2004	14 a 17 / setembro	Chuí/RS (33.740 S) – Macaé/RJ (22.367 S)
2004	15 / outubro	Palmares do Sul/RS (30.350 S) – Florianópolis/SC (27.368 S)
2004	08 / novembro	Palmares do Sul/RS (30.350 S) – Florianópolis/SC (27.773 S)
2005	25 / julho	Cidreira/RS (30.190 S) – Florianópolis/SC (27.773 S)
2005	22 / agosto	Cidreira/RS (30.190 S) – Florianópolis/SC (27.773 S)
2005	17 / setembro	Cidreira/RS (30.151 S) – Palhoça/SC (27.907 S)
2005	15 / outubro	Cidreira/RS (30.151 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2006	20 / julho	Cidreira/RS (30.151 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2006	19 / agosto	Nova Tramandaí/RS (30.106 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2006	18 e 19 / setembro	Cidreira/RS (30.151 S) – Florianópolis/SC (27.451 S)
2006	19 / outubro	Torres/RS (29.432 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2007	20 / julho	Torres/RS (29.636 S) – Palhoça/SC (27.850 S)
2007	16 / agosto	Rondinha/RS (29.468 S) – Florianópolis/SC (27.798 S)
2007	20 / setembro	Capão da Canoa/RS (29.619 S) – Florianópolis/SC (27.378 S)
2007	18 / outubro	Cidreira (30.151 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2007	09 / novembro	Nova Tramandaí (30.106 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2008	25 / julho	Tramandaí/RS (30.003 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2008	2 a 6 / setembro	Chuí/RS (33.740 S) – Rio das Ostras/RJ (22.429 S)
2008	23 / outubro	Xangri-lá/RS (29.802 S) – Imbituba/SC (28.154 S)
2009	30 / julho	Torres/RS (29.357 S) – Garopaba/SC (27.997 S)
2009	25 e 26 / setembro	Capão da Canoa/RS (29.688 S) – Palhoça/SC (27.850 S)
2009	6 / novembro	Jaguaruna/SC (28.797 S) – Palhoça/SC (27.850 S)
2010	29 / julho	Torres/RS (29.462 S) – Florianópolis/SC (27.798 S)
2010	15 / setembro	Rondinha/RS (29.480 S) – Florianópolis/SC (27.787 S)
2010	6 / novembro	Torres/RS (29.367 S) – Florianópolis/SC (27.378 S)
2011	22 / julho	Torres/RS (29.479 S) – Florianópolis/SC (27.778 S)
2011	11 / setembro	Torres/RS (29.448 S) – Florianópolis/SC (27.784 S)
2011	8 / novembro	Torres/RS (29.434 S) – Florianópolis/SC (27.774 S)
2012	26 e 27 / julho	Torres/RS (29.432 S) – Florianópolis/SC (27.774 S)
2012	5 e 6 / setembro	Arroio do Sal/RS (29.538 S) – Florianópolis/SC (27.378 S)
2012	1 / novembro	Torres/RS (29.433 S) – Florianópolis/SC (27.776 S)

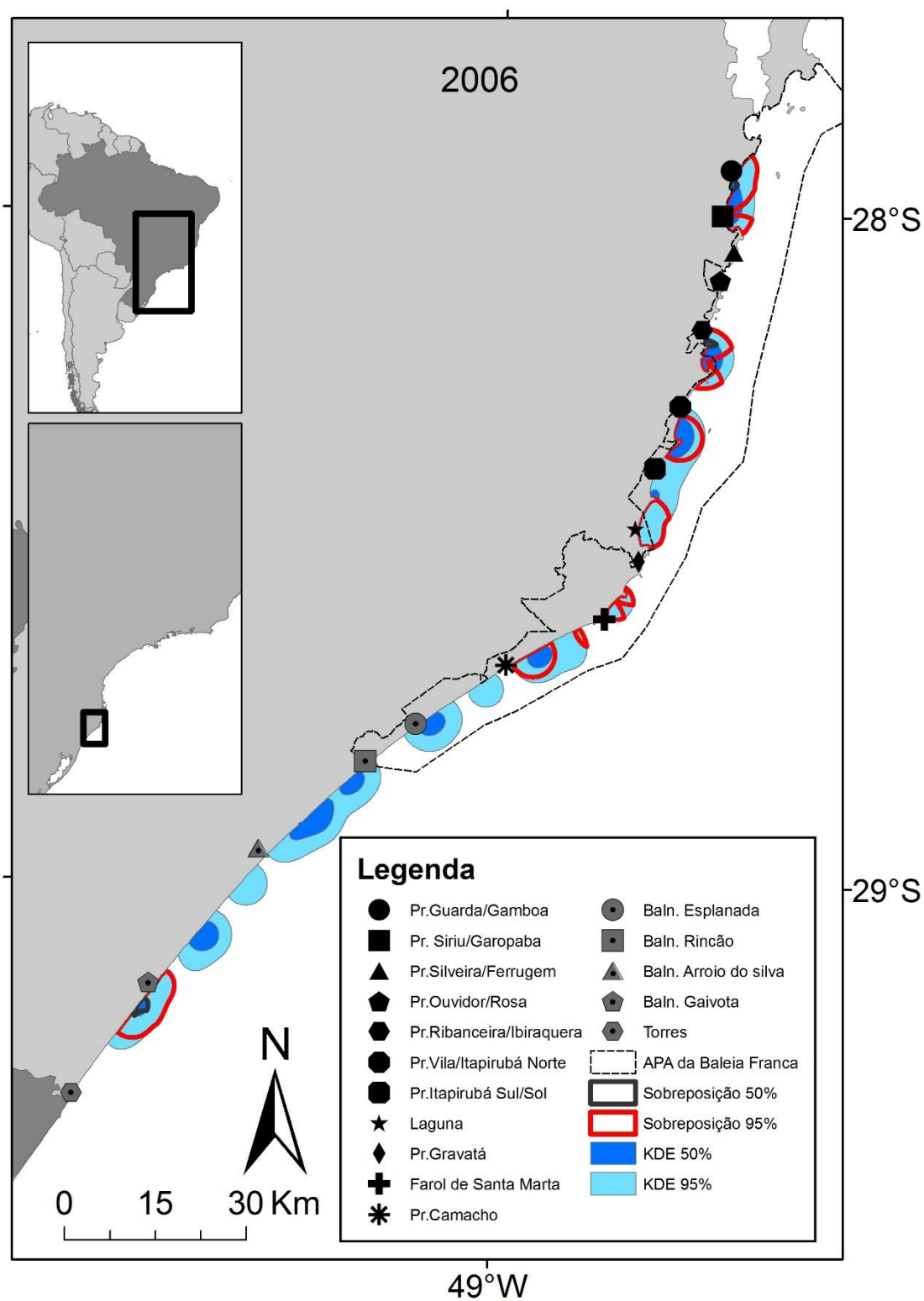
APÊNDICE 02

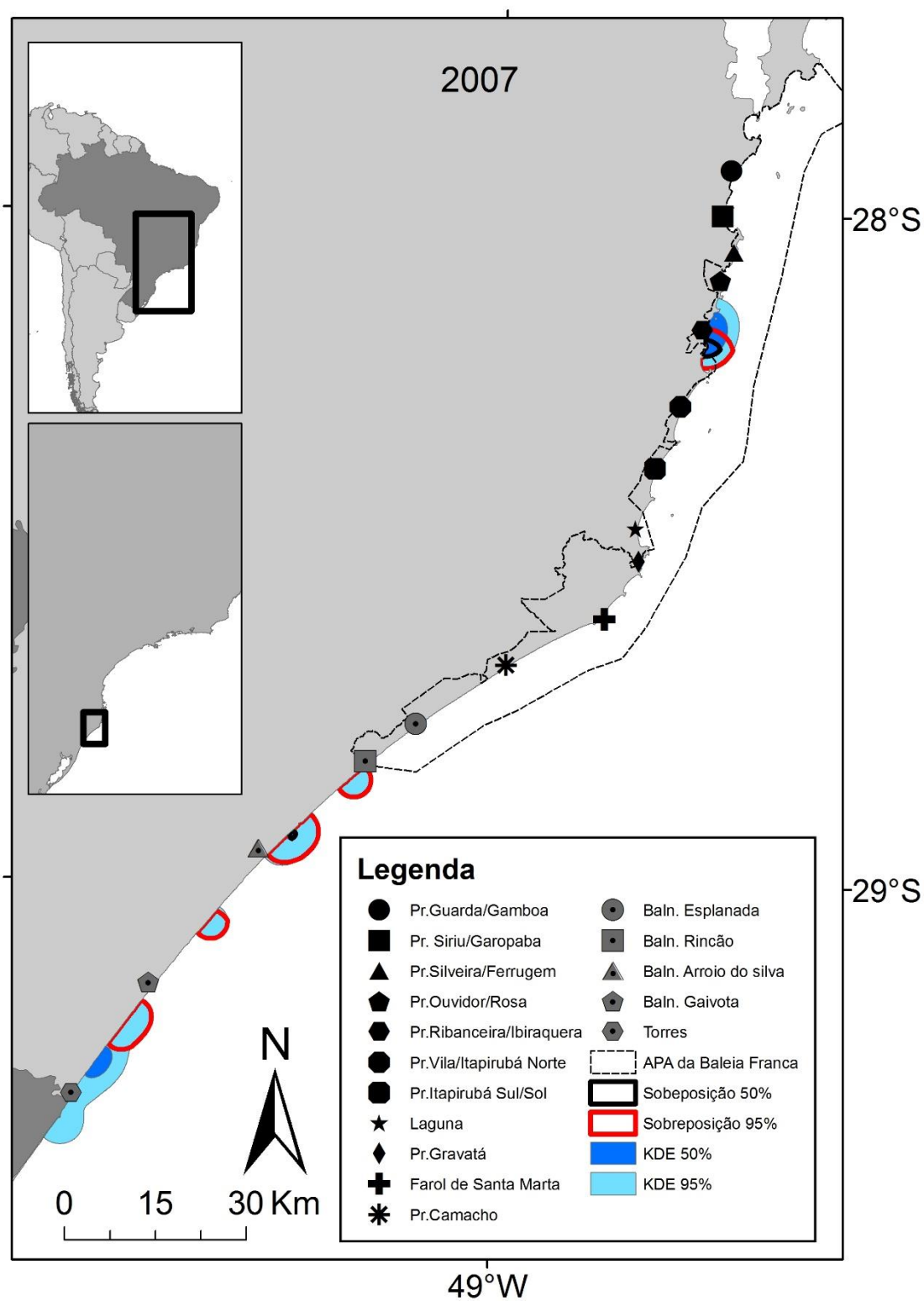
Mapas da área de uso da baleia-franca-austral pelo método de Kernel fixo para os dados de variação interanual na área estimada em setembro de 2003 a 2012.

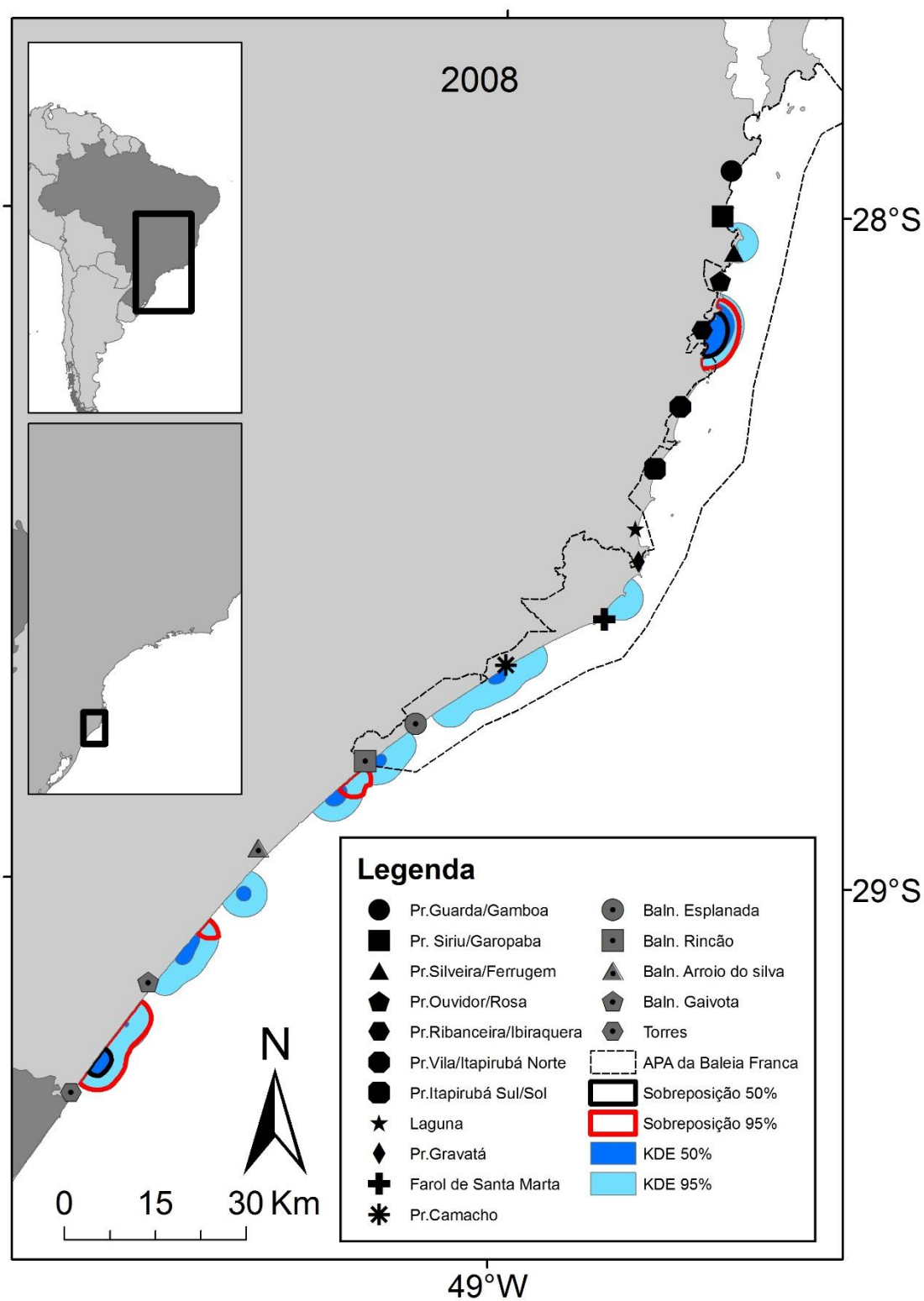


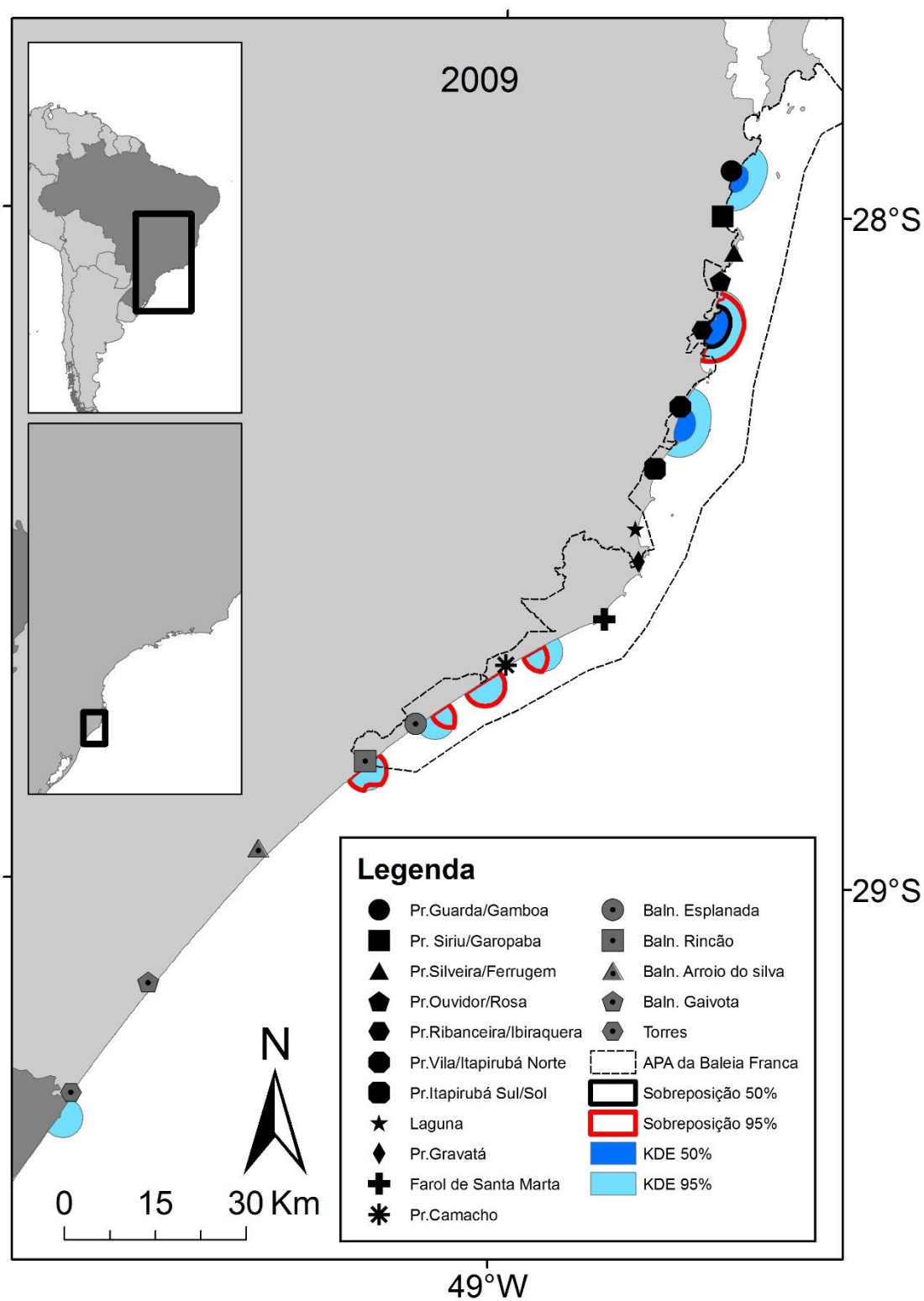


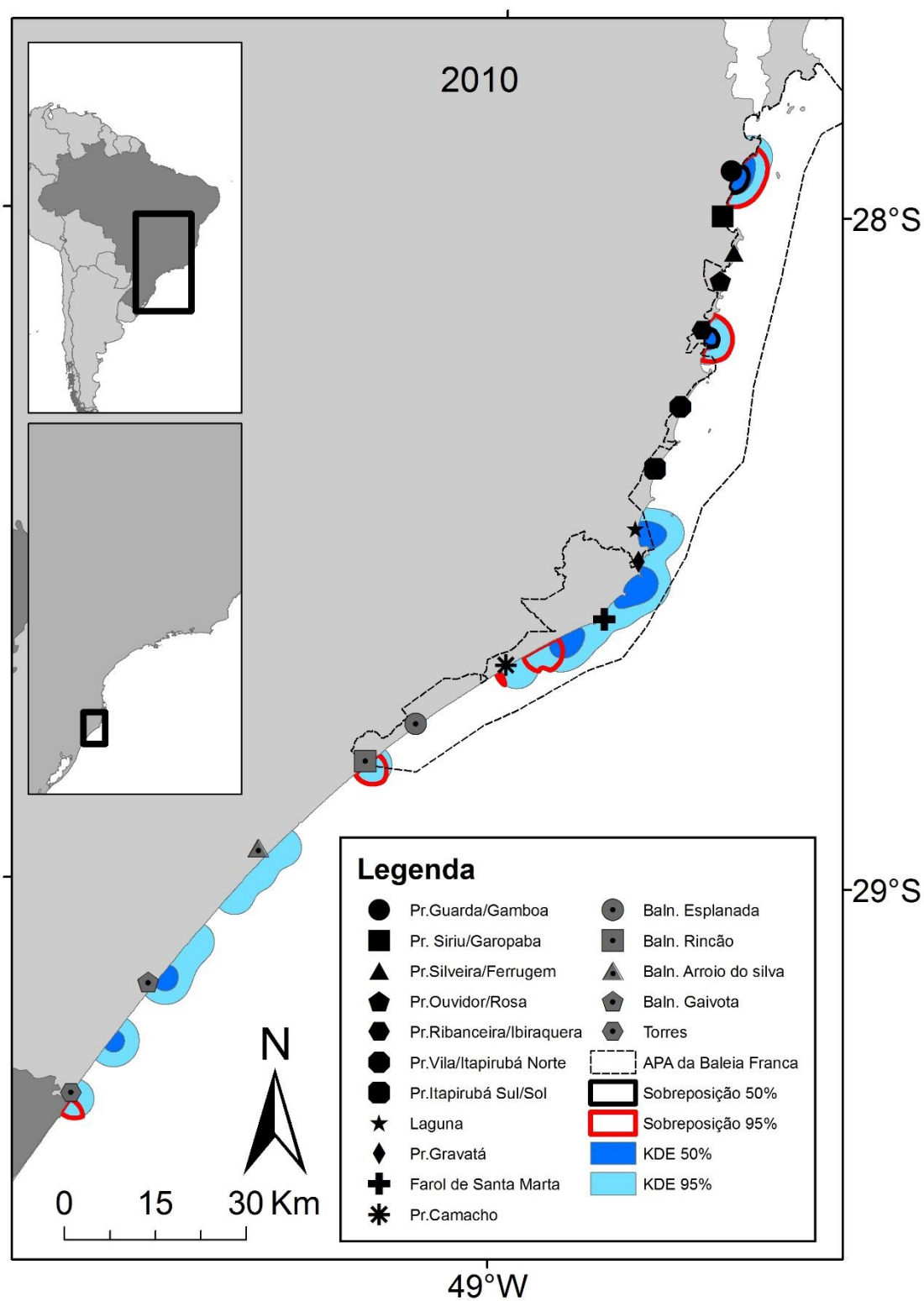


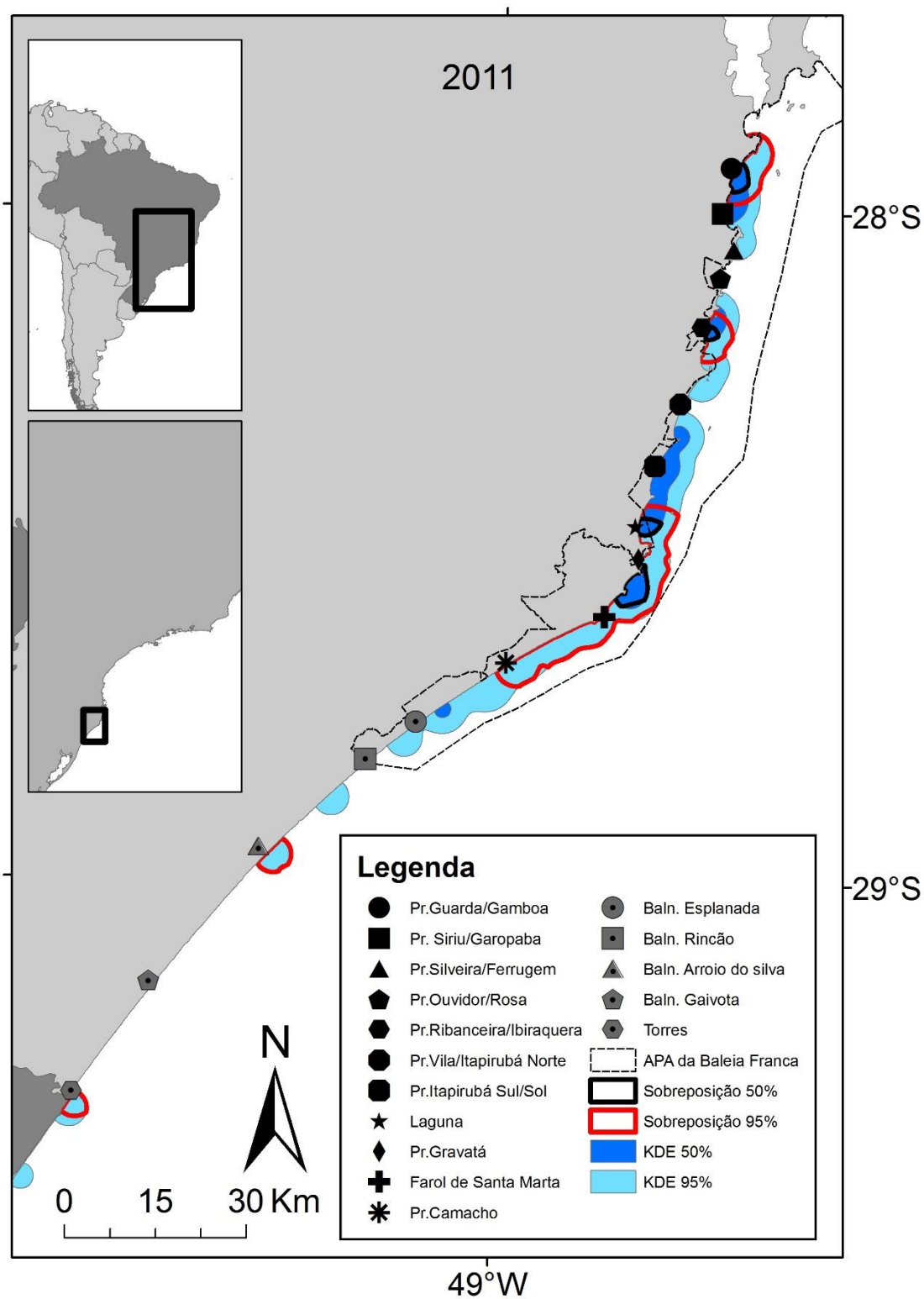


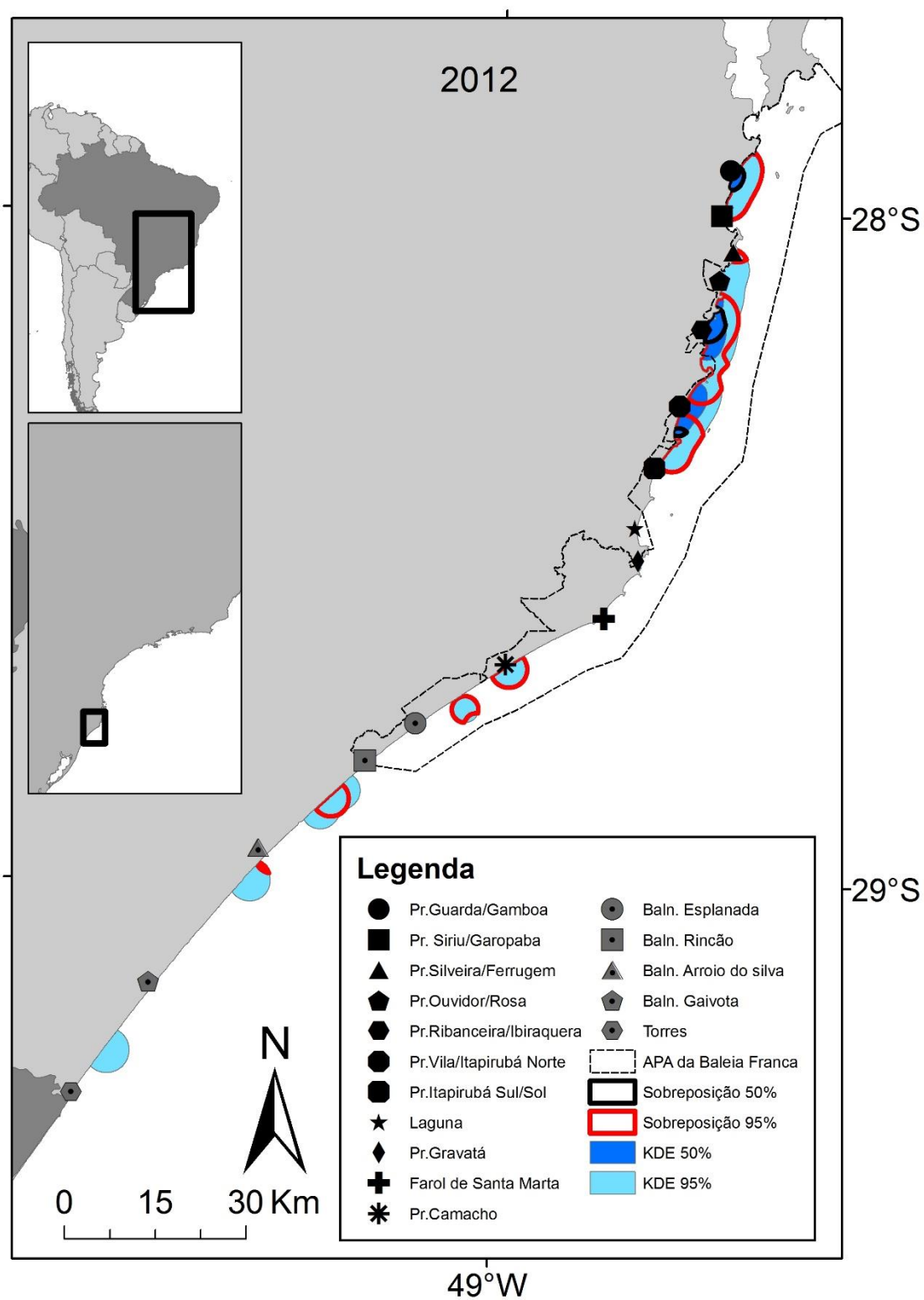






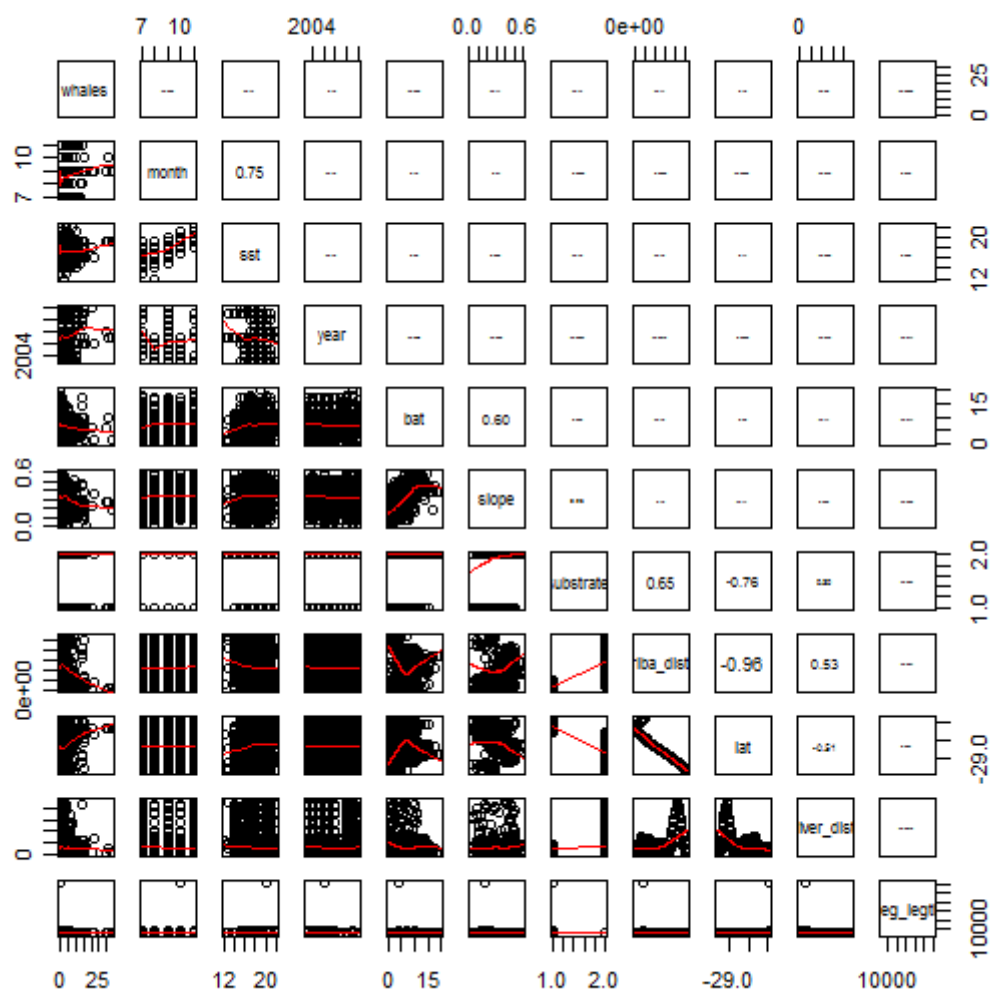






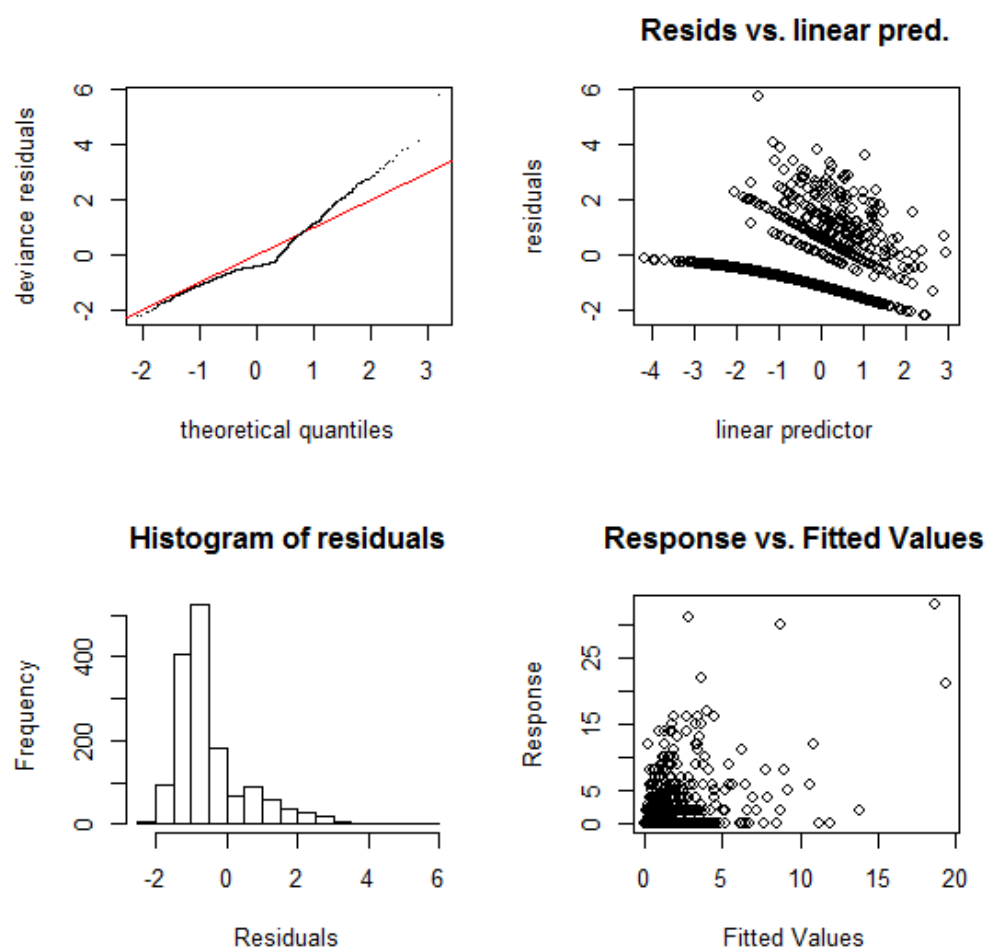
APÊNDICE 03

Gráfico (*pairplot*) para análise da colinearidade entre as variáveis explanatórias para modelagem do uso de habitat da baleia-franca-austral.

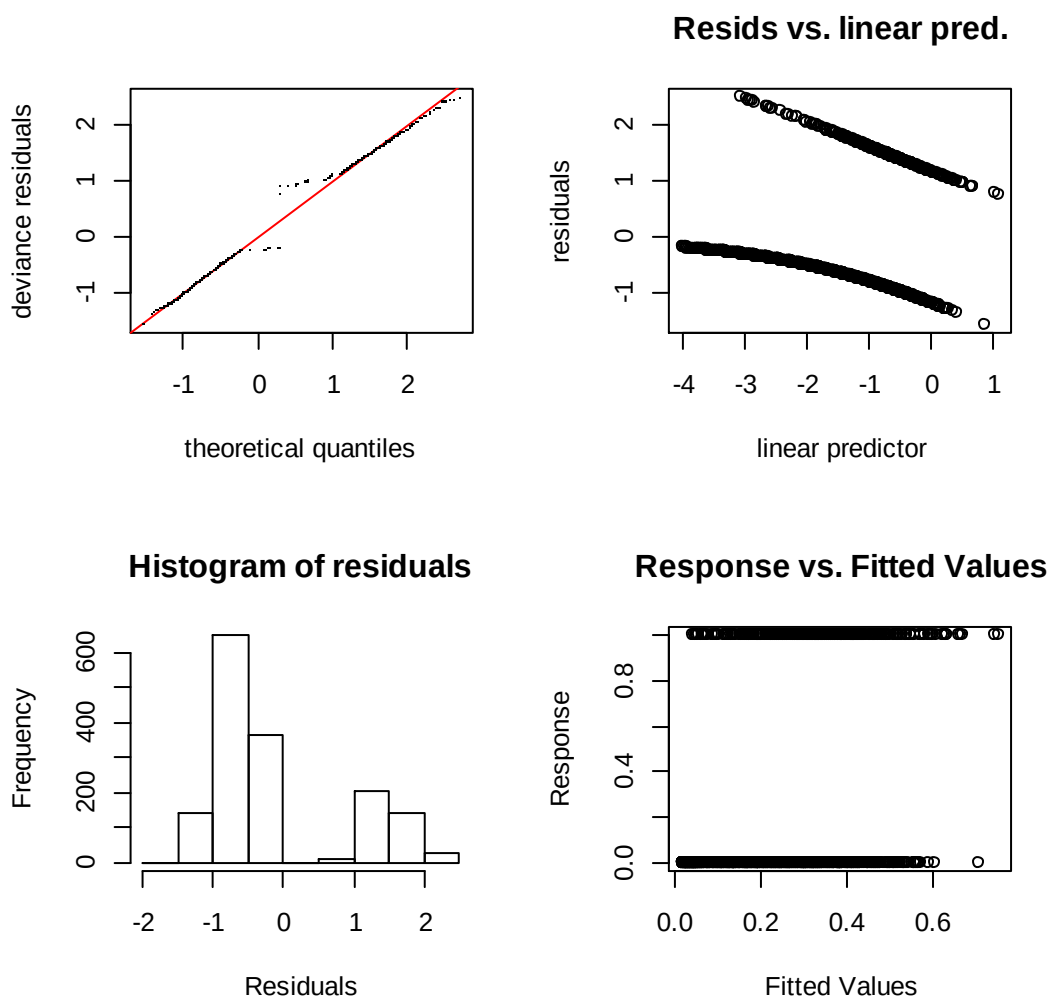


APÊNDICE 04

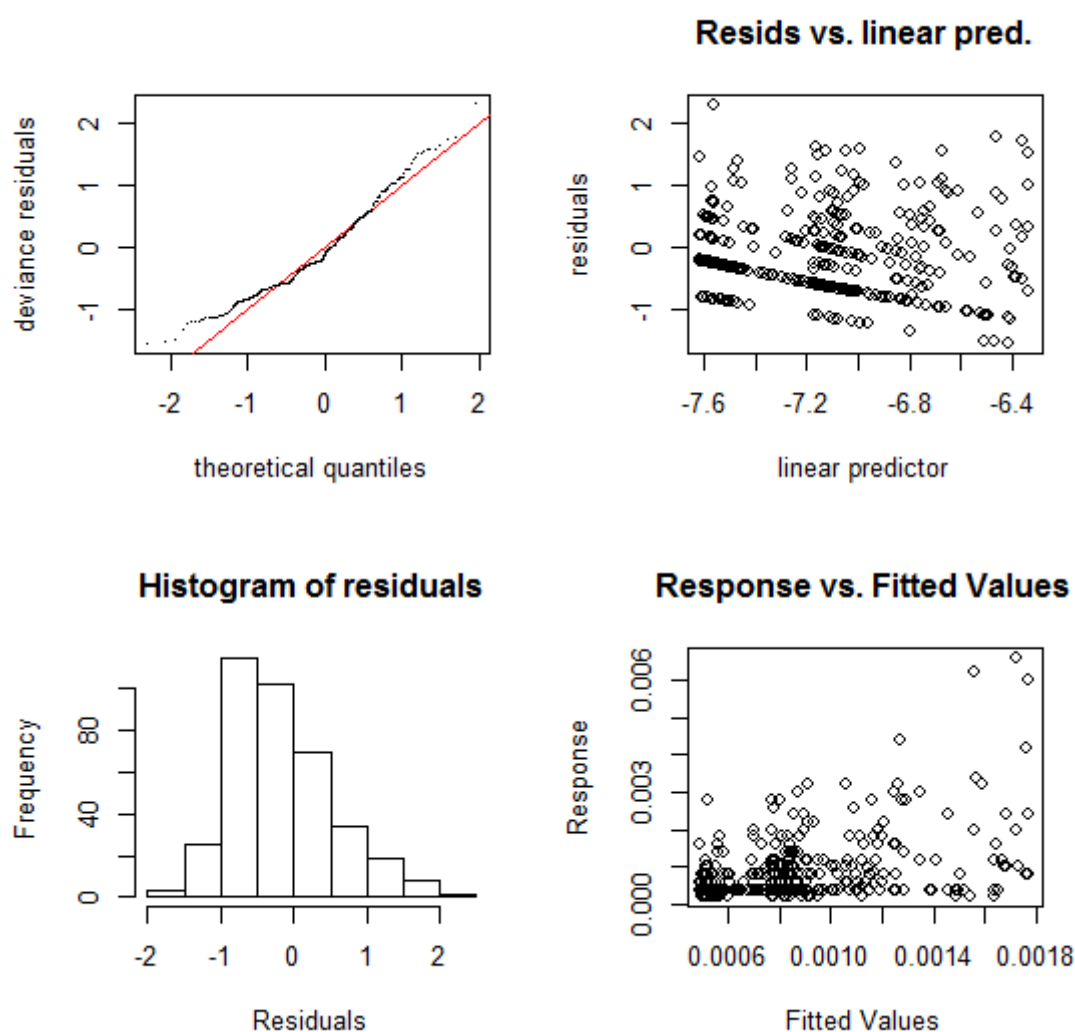
Gráficos de resíduos para validação dos modelos selecionados.



4.1 Gráficos dos resíduos do modelo GAM selecionado.



4.2 Gráficos dos resíduos do modelo GAM com distribuição binomial selecionado pelo método "hurdle", de duas partes.



4.3 Gráficos dos resíduos do modelo GAM com distribuição gamma selecionado pelo método "hurdle", de duas partes.