UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Karina Bohrer do Amaral

Modelagem de Nicho Ecológico dos Golfinhos do gênero *Stenella* (Cetartiodactyla:Delphinidae) no Oceano Atlântico Sul Ocidental

Porto Alegre

2011

Karina Bohrer do Amaral

Modelagem de Nicho Ecológico dos Golfinhos do gênero *Stenella* (Cetartiodactyla:Delphinidae) no Oceano Atlântico Sul Ocidental

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à COMGRAD do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ignacio Benites Moreno

Porto Alegre

2011

Ao concluir este trabalho, faz-se necessário agradecer...

... ao Prof. Ignacio Moreno por diversas razões. Entre elas, a oportunidade de trabalhar sob sua orientação, por me propor cotidianamente desafios, pela forma com que nos auxilia na correção de nossos erros e, principalmente, por comemorar e valorizar nossas vitórias;

... aos colegas de trabalho: Andressa, Caio, Giuliano, Guilherme, Janaína, Lizete, Silvana, Sophie e Paula que me ouviram e aconselharam muitas vezes e, principalmente, por fazerem do Labsmar, um local de trabalho incrível, harmonioso e alegre, cujo conhecimento é sempre partilhado. Em especial, ao Caio pelos conselhos pertinentes e pelas conversas, nas quais sempre aprendo alguma coisa interessante;

... à Larissa Heinzelmann pela forma carinhosa com que me acolheu, pelas horas de conversa sempre carregadas de emoção e risadas, e pelas divagações sobre o maravilhoso mundo da “massinha de modelar”;

... ao Prof. Márcio Borges Martins e aos amigos Bruna Arbo Meneses e Diego Janisch Alvares por me aconselharem e fornecerem dicas preciosas para a realização deste trabalho;

... aos meus amigos, em especial, Bibiane Godoy e Andressa Nuss por sempre estarem ao meu lado;

...e, finalmente, ao Carlos, a Marta e a Caroline (minha família) que sempre estiveram ao meu lado e sem eles nada disso seria possível.

RESUMO

O gênero *Stenella* compreende cinco espécies de golfinhos oceânicos que se distribuem em águas tropicais, subtropicais e temperadas. Através do método de máxima entropia (Maxent), para a modelagem de nicho ecológico, foi possível estimar a distribuição geográfica potencial dos golfinhos no Oceano Atlântico Sul Ocidental. Esta região tem cerca de 2460 km^2 e compreende as águas do sul do Equador até 20ºW. Os dados das cinco espécies foram compilados a partir de registros de avistagem georreferenciados existentes na literatura e em bancos de dados públicos. Dados hidrográficos da área de estudo foram retirados do banco de dados *Bio-Oracle* com resolução de 9,2 km, enquanto que dados referentes a topografia foram extraídos do banco de dados ETOPO1 *Global Relief Model* na resolução de 1,8 km. As camadas ambientais foram obtidas através do processamento dos dados marinhos no programa ArcGIS (v. 9.3) e padronizadas nas mesmas dimensões espaciais e de resolução. Foram gerados dois conjuntos de camadas ambientais, um conjunto incluindo os dados para a área total de estudo e o outro apresentando os dados apenas de uma região próxima aos registros de ocorrência. Para modelagem de nicho ecológico foi utilizada a versão 3.3.3a do programa Maxent em sua configuração padrão para gerar os modelos com a área total de estudo, e o recurso *Projecting* utilizado para construir os modelos com a área restrita e, posterior, projeção para área total. Os modelos de distribuição potencial demonstram alta probabilidade de ocorrência das espécies *S. attenuata, S. clymene* e *S. longirostris* em águas com temperaturas acima de 25ºC em profundidades maiores que 1000m. Para *S. frontalis,* o modelo reflete o hiato na distribuição da espécie, entre 6 e 21º S, e indica alta probabilidade de ocorrência entre 20 e 30ºS em uma região costeira. Quanto a *S. coeruleoalba*, poucas inferências podem ser feitas sobre sua distribuição devido ao baixo número de registros utilizados para gerar os modelos. Os mapas de distribuição potencial gerados pelo Maxent revelam padrões de distribuição restritos a uma fina escala espacial e adicionam importantes informações onde previamente não havia conhecimento sobre os limites de distribuição das espécies oceânicas.

PALAVRAS-CHAVE: Maxent, gênero *Stenella*, Oceano Atlântico Sul Ocidental, distribuição.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 7

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10

1 Distribuição dos Golfinhos do Gênero *Stenella* 10

1.1 Golfinho- pintado-pantropical 11

1.2 Golfinho-de-Clymene 12

1.3 Golfinho listrado 13

1.4 Golfinho-pintado-do-Atlântico 15

1.5 Golfinho rotador 16

2 Caracterização do Habitat dos Cetáceos 17

2.1Caracterização do Oceano Atlântico Sul Ocidental 19

3 Modelagem de Nicho Ecológico 23

3.1 O Programa Maxent 25

MATERIAL E MÉTODOS 28

1 Área de Estudo 28

2 Dados Biológicos 29

3 Dados Ambientais 31

4 Modelagem de Nicho Ecológico 32

RESULTADOS 33

1 Modelos de Nicho Ecológico da Área Total de Estudo 34

1.1 Golfinho- pintado-pantropical 34

1.2 Golfinho-de-Clymene 35

1.3 Golfinho listrado 36

1.4 Golfinho-pintado-do-Atlântico 37

1.5 Golfinho rotador..... 38

2 Modelos de Nicho Ecológico Gerados com Área Restrita e Projetados para Área Total de Estudo 39

2.1 Golfinho- pintado-pantropical 39

2.2 Golfinho-de-Clymene 40

2.3 Golfinho listrado 41

2.4 Golfinho-pintado-do-Atlântico 42

2.5 Golfinho rotador..... 44

DISCUSSÃO 45

CONCLUSÃO 52

REFERÊNCIAS 53

INTRODUÇÃO

Stenella Gray, 1866, é um gênero que abrange golfinhos de rostro longo e delgado (Fraser, 1966). O gênero é um dos mais representativos da família Delphinidae, pois, atualmente, inclui cinco espécies: *S. attenuata* (golfinho-pintado-pantropical), *S. clymene* (golfinho-de-Clymene), *S. coeruleoalba* (golfinho-listrado), *S. frontalis* (golfinho-pintado-do-Atlântico) e *S. longirostris* (golfinho-rotador). Estes golfinhos distribuem-se amplamente em oceanos tropicais, subtropicais e temperados (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005).

Originalmente estas espécies pertenciam ao gênero *Clymenia* e, mais tarde, foram movidas para o gênero *Prodelphinus*. Em 1822, o nome *Stenella* foi elevado ao status de gênero, pois tinha prioridade sobre o nome *Prodelphinus* (Archer II e Perrin, 1999).

Apesar das cinco espécies já estarem bem caracterizadas, a taxonomia do gênero *Stenella* é bastante controversa, devido a incertezas taxonômicas causadas pela similaridade do padrão de coloração entre algumas espécies e a sobreposição de caracteres osteológicos. Sugere-se que o gênero *Stenella* é um agrupamento artifical (Leduc, R. G., Perrin, W. F. *et al.*, 1999; Kingston, Adams *et al.*, 2009).

As cinco espécies de *Stenella* são encontradas no Oceano Atlântico, sendo duas (*S. frontalis* e *S. clymene*) endêmicas desta bacia oceânica. Porém, a maior parte dos estudos sobre distribuição de cetáceos concentra-se no Oceano Pacífico (Perrin, 1975; Schnell, Douglas *et al.*, 1986; Perrin, Akin *et al.*, 1991; Mullin, Higgins *et al.*, 1994; Perrin, Schenell *et al.*, 1994; Robertson e Chivers, 1997; Perkins e Edwards, 1998).

Pouco se sabe sobre a distribuição dos golfinhos do gênero *Stenella* no Oceano Atlântico Sul Ocidental que inclui as águas do Oceano Atlântico ao sul do equador até 20ºW (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005), principalmente quanto aos seus limites de distribuição oceânica. Nos últimos anos, alguns trabalhos vêm abordando os padrões de distribuição destas espécies na região através de análises de alguns registros de ocorrência (Ximénez e Praderi, 1992; Secchi e Siciliano, 1995; Ott e Danilewicz, 1996) ou através de uma discussão mais profunda dos padrões de ocorrência (Fertl, Jefferson *et al.*, 2003; Moreno, Zerbini *et al.*, 2005).

Até poucos anos atrás, a maior parte dos estudos de distribuição de espécies marinhas era realizada através de análises e testes estatísticos de variáveis

oceanográficas (Baumgartner, Mullin *et al.*, 2001; Davis, Ortega-Ortiz *et al.*, 2002). Nos últimos anos, a partir da disponibilidade de dados ambientais georreferenciados, bancos de dados públicos de biodiversidade e aumento de poder e velocidade dos computadores, modelos de distribuição de habitat (também conhecido como modelagem de nicho ecológico) vem sendo amplamente utilizados para prever a distribuição geográfica das espécies. Através da correlação entre registros de ocorrência e variáveis ambientais é possível estimar a distribuição espacial de uma determinada espécie. Esta técnica permite diversas aplicações, como identificar possíveis locais de ocorrência da espécie, mesmo não tendo registros coletados nessas áreas; identificar uma área de distribuição potencial que é ambientalmente semelhante à área que a espécie ocorre; projetar a distribuição de uma determinada espécie em período de tempo diferente do atual (passado ou futuro); entre outras (Pearson, 2007). Porém, a maior parte dos trabalhos que utilizam a modelagem de nicho ecológico é realizada com organismos que vivem no ambiente terrestre devido à disponibilidade de camadas ambientais (Phillips, Anderson *et al.*, 2006). Recentemente, alguns trabalhos vêm utilizando a máxima entropia para prever a distribuição dos cetáceos (Edrén, Wisz *et al.*, 2010; Friedlaender, Johnston *et al.*, 2010; Ready, Kaschner *et al.*, 2010).

Muitas espécies de cetáceos apresentam ampla distribuição e respondem a variabilidade do ecossistema marinho através da alteração de seus padrões de distribuição, que modificam sua sobrevivência e sucesso reprodutivo. Neste sentido, a modelagem pode ser uma ferramenta útil para auxiliar no desenvolvimento de áreas protegidas, ajudar a compreender os padrões de interação entre cetáceos e suas presas, entre outras aplicações. A modelagem de nicho ecológico representa, portanto, uma poderosa ferramenta para prever a distribuição espacial dos cetáceos e compreender os padrões que determinam tal distribuição, sendo extremamente útil para guiar medidas de conservação e manejo destas espécies (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006)

Dessa forma, a modelagem de nicho ecológico para os golfinhos do gênero *Stenella*, através do método de máxima entropia (Maxent), parece ser uma ferramenta útil para compreender os padrões de distribuição destas espécies no Oceano Atlântico Sul Ocidental, assim como seus limites de distribuição e as variáveis ambientais que mais influenciam estes padrões.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 DISTRIBUIÇÃO DOS GOLFINHOS DO GÊNERO *Stenella*

Delphinidade é a família de golfinhos que apresenta o maior número de espécies de mamíferos marinhos e, atualmente, inclui 19 gêneros (Leduc, R., Perrin, W. *et al.*, 1999). Os delfinídeos são altamente diversos em águas tropicais e em latitudes quentes a temperadas, onde são encontrados diversos gêneros: *Stenella, Steno, Delphinus, Tursiops, Sousa, Sotalia*. Outros gêneros, como *Globicephala, Cephalorhynchus, Lissodelphis, Lagenorhynchus,* são encontrados em águas mais frias (Leduc, 2002).

Atualmente, o gênero *Stenella* apresenta cinco espécies (*S. attenuata, S. clymene, S. coeruleoalba, S. frontalis* e *S. longirostris*) que se distribuem amplamente em oceanos tropicais, subtropicais e temperados (Leduc, R., Perrin, W. *et al.*, 1999; Moreno, Zerbini *et al.*, 2005).

Em relação aos ambientes marinhos tropicais somente a fauna de cetáceos do Pacífico Tropical Leste é extensiva e sistematicamente estudada(Leduc, 2002). A maior parte dos estudos que dizem respeito a comportamento, estimativas populacionais, ecologia, distribuição, habitat e taxonomia dos golfinhos do gênero *Stenella* concentram-se nesta região (Perrin, 1975; Schnell, Douglas *et al.*, 1986; Perrin, Akin *et al.*, 1991; Mullin, Higgins *et al.*, 1994; Perrin, Schenell *et al.*, 1994; Robertson e Chivers, 1997; Perkins e Edwards, 1998).

No Oceano Atlântico, uma bacia oceânica importante para as espécies de *Stenella*, devido ao endemismo de *S. clymene* e *S. frontalis*, grande parte dos estudos sobre distribuição dos cetáceos concentra-se no Atlântico Norte (Baumgartner, Mullin *et al.*, 2001; Cañadas, Sagarminaga *et al.*, 2002; Davis, Ortega-Ortiz *et al.*, 2002). No Oceano Atlântico Sul, um dos trabalhos mais relevantes para este gênero foi realizado por Moreno *et al*. (2005) que abordou a distribuição deste táxon no Oceano Atlântico Sul Ocidental.

A partir de uma revisão completa de registros de avistagem, capturas acidentais e encalhes dos golfinhos do gênero *Stenella* no Oceano Atlântico Sul Ocidental, Moreno *et al*. (2005) buscou descrever a distribuição e habitat de cada espécie nesta região. O padrão de distribuição das espécies foi descrito em relação à topografia e características hidrográficas das principais correntes oceânicas, e os

primeiros mapas de distribuição do gênero foram gerados para o Oceano Atlântico Sul Ocidental.

A seguir apresenta-se uma breve revisão da literatura, quanto aos padrões de distribuição para cada espécie de *Stenella*.

1.1 Golfinho-pintado-pantropical – *Stenella attenuata* (Gray, 1846)

A espécie *Stenella attenuata*, conhecida popularmente como golfinho-pintado-pantropical, está presente nas águas tropicais de todos os oceanos.

Seu status de conservação é considerado pouco preocupante (Hammond, Bearzi *et al*. 2008a), pois se estima que existam mais de 2,5 milhões destes golfinhos distribuídos pelos Oceanos Atlântico, Índico e Pacífico. Assim como as demais *Stenella*, as principais ameaças são as capturas acidentais em áreas de pesca do Oceano Pacífico (Hammond, Bearzi *et al*. 2008a).

São, atualmente, reconhecidas duas subespécies: *Stenella attenuata attenuata* e *S. a. graffmani.* Esta última subespécie encontra-se apenas em águas costeiras do Pacífico tropical leste, podendo ser uma espécie de hábitos equivalentes a *S. frontalis* nesta região (Perrin, W. F. e Hohn, A. A., 1994). Neste trabalho, será considerada apenas a subespécie *S. a. attenuata*, que será referida apenas como *S. attenuata.*

Os golfinhos-pintados-pantropicais são encontrados em abundância nas porções de baixa latitude dos Oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, porém sua distribuição está limitada a faixa entre 40ºN e 40°S (Perrin, 2001) (Figura 1 – a).

Segundo Perrin *et al*. (1994), na parte leste do Oceano Pacífico, *Stenella attenuata* ocorre preferencialmente em águas profundas, onde a profundidade da termoclina é menor que 50m, a temperatura da superfície é maior que 25°C e a salinidade é menor que 34 ppm (Perrin, W. F. e Hohn, A. A., 1994). Já no Oceano Atlântico, esta espécie é encontrada primariamente em alto mar e ilhas oceânicas(Cabo Verde), ocorrendo em simpatria com *S. frontalis* no Oceano Atlântico.

De acordo com Moreno *et al*. (2005), no Oceano Atlântico Sul Ocidental, *Stenella attenuata* é encontrada principalmente na parte nordeste da América do Sul e sua distribuição está limitada aos 22°S (Figura 1 – b). A espécie demonstra preferência por águas profundas, sendo usualmente encontrada além da plataforma

continental, em profundidades maiores que 850m e com temperaturas da superfície entre 26 e 28ºC.

Diferentemente de Perrin *et al*. (1994), Moreno *et al*. (2005) considera que *Stenella attenuata* e *S. frontalis* apresentam uma distribuição parapátrica ao longo da costa leste da América do Sul, pois nenhum registro de *S. attenuata* é encontrado sobre a plataforma continental e, nenhum registro de *S. frontalis* é observado além do talude. Sendo possível, uma única área de contato entre as espécies na costa do Rio de Janeiro.

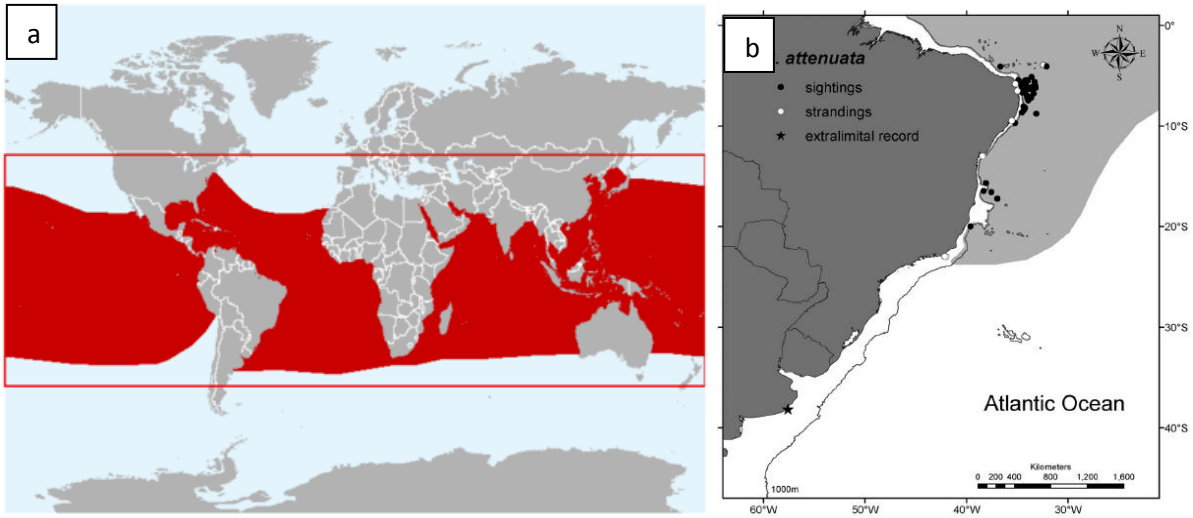

Figura 1 - (a) Mapa da distribuição global de *Stenella attenuata* (Hammond, Bearzi *et al*. 2008a). (b) Mapa da distribuição de *S. attenuata* no Oceano Atlântico Sul Ocidental proposto por Moreno *et al.* (2005).

1.2 Golfinho-de-Clymene – *Stenella clymene* (Gray, 1846)

O golfinho-de-clymene é uma espécie endêmica do Oceano Atlântico, sendo encontrada em águas tropicais e subtropicais. Apesar de ter sido descrita em 1846, a espécie só foi validada em 1981(Perrin, Mitchell *et al.*, 1981; Fertl, Jefferson *et al.*, 2003).

Apresenta dados insuficientes na IUCN, pois carece de muitas informações por ser um golfinho de difícil identificação em alto mar. A maior ameaça a esta espécie é a captura em redes de pesca na Venezuela e na pesca de atum da costa oeste da África (Hammond, Bearzi *et al*. 2008b).

Stenella clymene ocorre ao longo da costa leste dos Estados Unidos, através do Golfo do México e Caribe e, no Atlântico Equatorial, ao longo e entre as costas

nordeste e oeste da América do Sul e África, respectivamente (Perrin e Mead, 1994) (Figura 2 – a).

Segundo Fertl *et al*. (2003), que fizeram uma revisão completa da espécie com base em registros de avistagem, capturas acidentais e encalhes, estes golfinhos são encontrados em águas quentes, cuja profundidade varia de 44 a 4500m, sendo considerados golfinhos oceânicos. Os registros mais ao norte são 39º 17'N; 74º 35'W e 19º 1,9'N; 16º 13,5W, e os registros mais ao sul são 29º 58'S; 50º 07'W no Oceano Atlântico Sul Ocidental e 3º 40'S; 18º 05'W no Oceano Atlântico Sul Oriental.

A maior parte dos registros compilados por Moreno *et al*. (2005) foram de avistagens na porção nordeste da América do Sul, em profundidades entre 1050 e 4500m e a temperatura da superfície entre 25 e 28,5ºC. Segundo este autor, no Oceano Atlântico Sul Ocidental os golfinhos-de-Clymene distribuem-se além da plataforma continental, principalmente, sobre o talude ou em águas profundas até 30ºS. E, apesar do limite mais austral ser em Tramandaí (Rio Grande do Sul, Brasil), a espécie é considerada incomum no sul do Brasil, pois existem apenas poucos registros (Simões-Lopes, Praderi *et al.*, 1994)(Figura 2 – b).

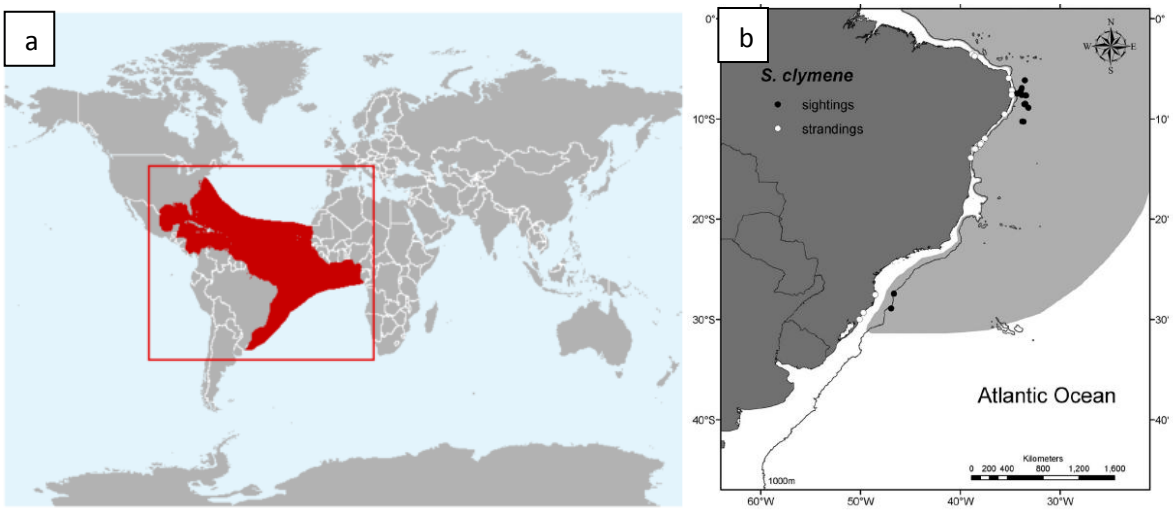

Figura 2 - (a) Mapa da distribuição global de *Stenella clymene* (Hammond, Bearzi *et al*. 2008b). (b) Mapa da distribuição de *S. clymene* no Oceano Atlântico Sul Ocidental proposto por Moreno *et al*. (2005).

1.3 Golfinho listrado – *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833)

Os golfinhos listrados estão amplamente distribuídos, sendo encontrados nos Oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, tanto em águas quentes como temperadas.

Stenella coeruleoalba é considerada pouco preocupante na IUCN (Hammond, Bearzi *et al*. 2008c). Porém, a espécie foi muito capturada em águas japonesas entre os séculos XIX e XX. Atualmente, as maiores ameaças são: a captura acidental na parte nordeste do Oceano Índico, no Pacífico tropical leste, Pacífico norte e Atlântico norte; a contaminação por compostos organoclorados e metais pesados, principalmente, no mar Mediterrâneo e, a redução dos estoques de suas presas (peixes e cefalópodes) que são superexplorados comercialmente (Hammond, Bearzi *et al*. 2008c).

Esta espécie demonstra uma considerável amplitude de ocorrência, sendo encontrada tanto em águas tropicais como temperadas. Apresenta preferência por águas profundas, mas pode ocorrer em algumas baías e mares e, até mesmo, em rios. A espécie foi descrita, em 1833, através de um indivíduo que foi capturado no rio de La Plata (Perrin, Wilson *et al*. 1994, Maia-Nogueira, Farias *et al*. 2001).

Diferentemente das demais *Stenella,* o golfinho listrado tem seus limites de distribuição expandidos até latitudes mais altas (40º S e 50º N) (Figura 3 – a), tolera amplas variações na temperatura da superfície do mar e, muitas vezes, sua ocorrência está associada a zonas de ressurgência (Perrin, Wilson *et al*. 1994).

Existem poucas informações sobre esta espécie no Oceano Atlântico Sul Ocidental. Muitos registros de avistagem e capturas acidentais ocorreram em águas relativamente rasas (entre 30 e 100m) no sul do Brasil e Argentina, e os encalhes são freqüentes entre 30 e 38º S (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005). Porém, têm-se registros de encalhes na costa dos estados da Paraíba e Bahia (Lucena, Paludo *et al.*, 1998).

Moreno *et al.* (2005), com base nos registros citados anteriormente, sugerem que no Oceano Atlântico Sul Ocidental esta espécie seja menos abundante que no mar Mediterrâneo e no Oceano Pacífico, além de ter preferência por ambientes mais temperados (Figura 3 – b). Essas informações corroboram um fenômeno descrito por Perrin *et al*. (1994) para o Pacífico tropical leste. Segundo estes autores, *Stenella coeruleoalba* tende a ser mais freqüente em áreas onde *S. attenuata* e *S. longirostis* são menos freqüentes. Estas duas espécies tendem a ocorrer em águas superficiais tropicais, com termoclina extensa e estável e, relativamente, pequena variação anual na temperatura da superfície. Já *S. coeruleoalba*, é comum em zonas de ressurgência e em áreas com grande mudança sazonal na temperatura e na profundidade da termoclina.

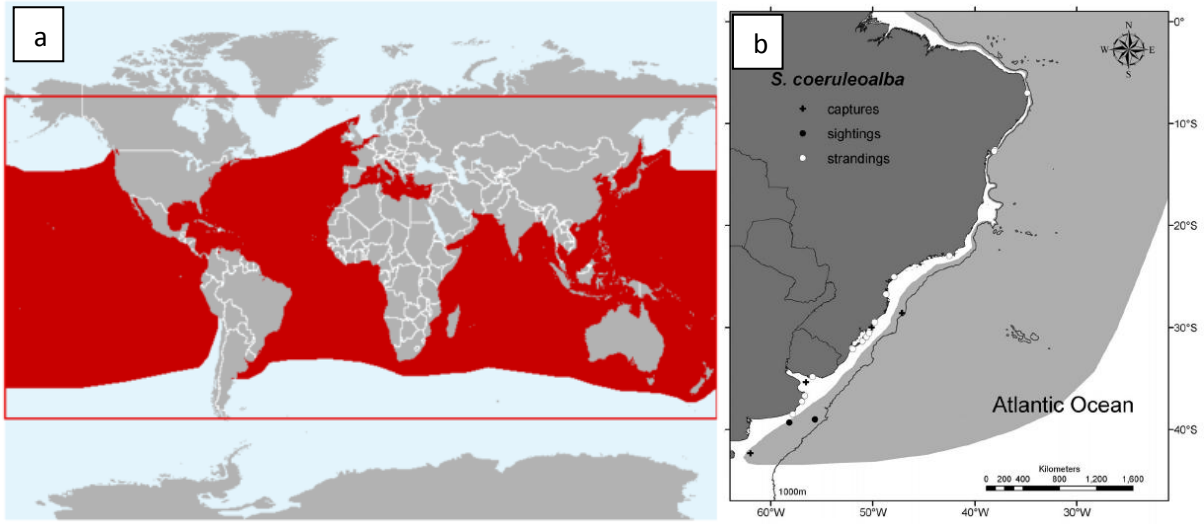

Figura 3 - (a) Mapa da distribuição global de *Stenella coeruleoalba* (Hammond, Bearzi *et al*. 2008c). (b) Mapa da distribuição de *S. coeruleoalba* no Oceano Atlântico Sul Ocidental proposto por Moreno *et al.* (2005).

1.4 Golfinho-pintado-do-Atlântico – *Stenella frontalis* (Cuvier, 1829)

Stenella frontalis é um golfinho endêmico do Oceano Atlântico e, diferentemente das demais espécies do gênero, sua distribuição é restrita a águas relativamente rasas.

O golfinho-pintado-do-Atlântico é altamente variável geograficamente, levando a confusões taxonômicas e má identificação dos espécimes, já que também apresenta o padrão de pintas pelo corpo e muitas vezes é confundido com o golfinho-pintado-pantropical (*S. attenuata*) (Perrin, Caldwell *et al.*, 1994; Perrin, W. F., 2002a). Na IUCN, a espécie apresenta dados insuficientes e a maior ameaça a espécie é captura acidental ao longo de sua distribuição (Hammond, Bearzi *et al*. 2008d).

A espécie é encontrada em águas quentes do Oceano Atlântico, principalmente sobre a plataforma continental, mas também podem ser encontrada em águas profundas (Perrin, Mitchell *et al.*, 1987) (Figura 4 – a). Ocorre também nas ilhas ocêanicas dos Açores e Canárias. Além disso, segundo Perrin *et al*. (1994) existem formas menores e menos pintadas que habitam águas oceânicas pelágicas e, estes golfinhos juntamente com aqueles que ocorrem em ilhas, tem suas preferências ambientais menos conhecidas.

Moreno *et al*. (2005) observou que os registros de *Stenella frontalis* no Oceano Atlântico Sul Ocidental ocorrem ao norte de 6ºS e entre 21 e 33ºS,

sugerindo uma grande área no Nordeste do Brasil, entre 6 e 21ºS, sem a ocorrência da espécie. A espécie é avistada sobre a plataforma continental até o talude, estando limitada à isóbata dos 1000m e em águas cuja temperatura superficial varia dos 19 ao 27ºC (Figura 4 – b).

A distribuição descontínua desta espécie na costa do Brasil pode indicar a existência de duas populações distintas e isoladas uma da outra (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005).

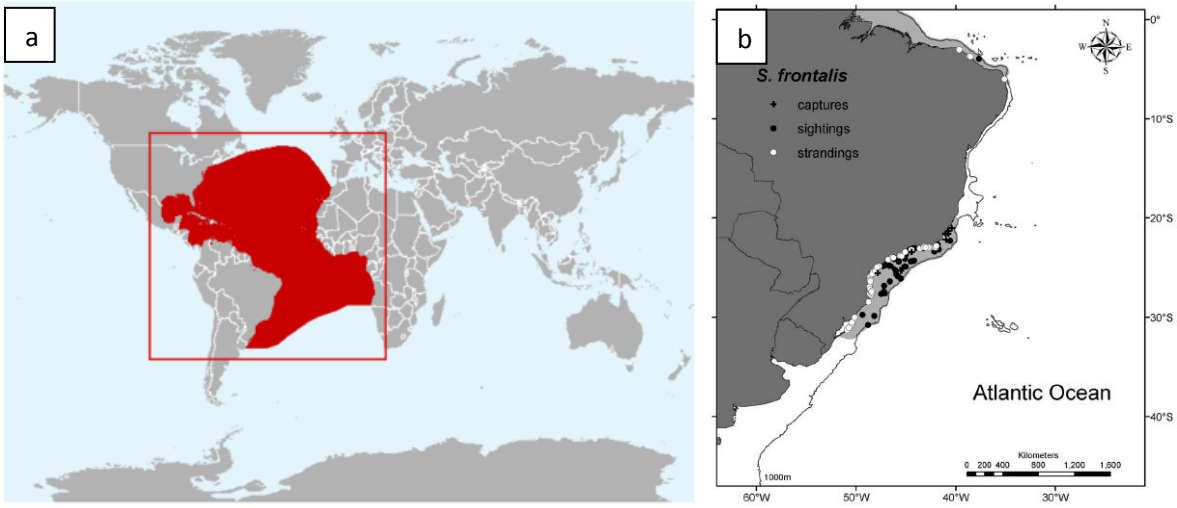

Figura 4 - (a) Mapa da distribuição global de *Stenella frontalis* (Hammond, Bearzi *et al*. 2008d). (b) Mapa da distribuição de *S.frontalis* no Oceano Atlântico Sul Ocidental proposto por Moreno *et al*. (2005).

1.5 Golfinho rotador – *Stenella longirostris* (Gray, 1828)

Stenella longirostris é conhecida pelo seu comportamento aéreo típico de girar diversas vezes em torno do eixo do corpo. Está amplamente distribuída pelos oceanos tropicais e subtropicais.

A IUCN considera que existem dados insuficientes para esta espécie, uma vez que as populações dos Oceanos Atlântico, Índico e Pacífico são pouco estudadas. Devido a sua associação com o atum, estes golfinhos são capturados acidentalmente em redes de pesca no Oceano Pacífico. Outra ameaça importante é o desenvolvimento turístico, em regiões como a Ilha de Fernando de Noronha, uma vez que esta espécie apresenta preferência por ocupar habitats próximos a baías e ilhas oceânicas (Hammond, Bearzi *et al*. 2008e).

Atualmente, quatro subespécies são reconhecidas. *S. l. longirostris* (encontrada nos oceanos tropicais de todo mundo), *S. l. orientalis* (águas oceânicas do Pacífico tropical leste), *S. l. centroamericana* (águas costeiras do Pacífico tropical

leste) e *S. l. roseiventris* (águas do sul da Ásia e norte da Austrália) (Perrin, W. F., 2002b). Neste trabalho, será considerada apenas a espécie *S. longirostris* (=*S. l. longirostris*).

A espécie é encontrada em águas tropicais e subtropicais, estando limitada à faixa entre 30 - 40º N e 20 – 30º S (Jefferson, Leatherwood *et al.*, 1993; Perrin, W., 2002)(Figura 5 – a). Podem ser encontradas em águas profundas, mas sua distribuição está frequentemente associada às águas rasas presentes em ilhas oceânicas e seus, bancos de areia e enseadas (Perrin, 2002). Preferem águas com pronunciada termoclina e com pequena variação da temperatura de superfície (Perrin e Jw Gilpatrick, 1994).

Moreno *et al*. (2005) observou que os registros da espécie, no Oceano Atlântico Sul Ocidental, ocorrem na costa leste da América do Sul até 30ºS, em profundidades que variam de 170 a 2700m e onde a temperatura da superfície varia de 22 a 27,5ºC (Figura 5 – b).

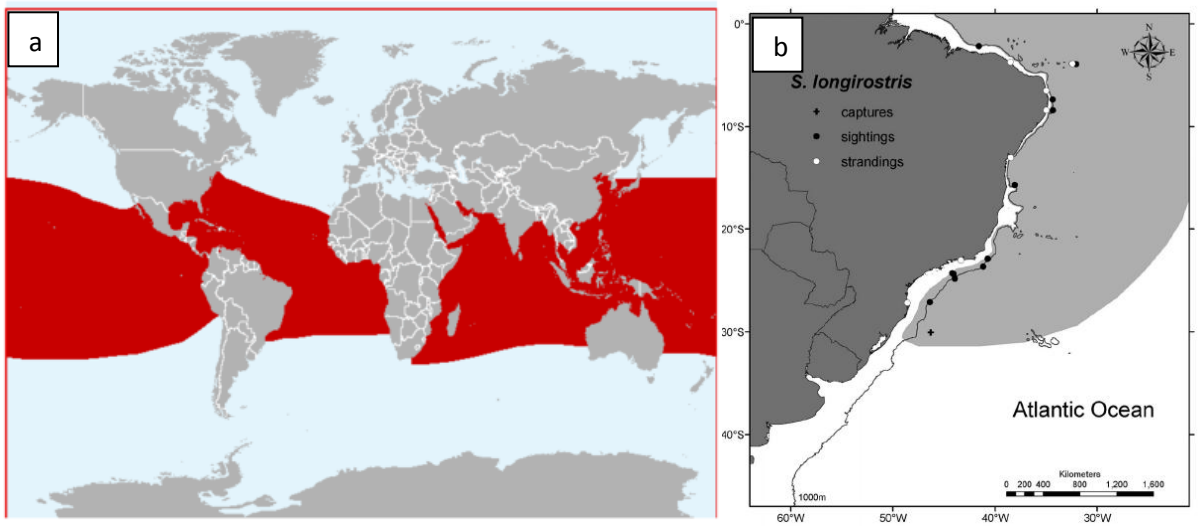

Figura 5 - (a) Mapa da distribuição global de *Stenella longirostris* (Hammond, Bearzi *et al*. 2008e). (b) Mapa da distribuição de *S. longirostris* no Oceano Atlântico Sul Ocidental proposto por Moreno *et al*. (2005).

2 CARACTERIZAÇÃO DO HABITAT DOS CETÁCEOS

Descrever precisamente e entender os processos que determinam a distribuição dos organismos é um problema fundamental em ecologia, com importantes aplicações em conservação e manejo (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006). Uma vez que as espécies estão intimamente relacionadas com o ambiente que elas ocupam, compreender os padrões de distribuição de uma espécie e, se possível,

delimitar sua distribuição são etapas fundamentais para seu completo conhecimento. Estudos biogeográficos possibilitam o entendimento de padrões que influenciam na divergência populacional e especiação, além de auxiliar na identificação de processos que estruturam a diversidade de organismos em uma variedade de escalas geográficas e taxonômicas (Richards, Carstens *et al.*, 2007).

Ecossistemas marinhos são dinâmicos e fluídos, pois a variabilidade temporal opera em escalas de dias a décadas, enquanto que a variabilidade espacial pode ser observada em escalas de vários metros a milhares de quilômetros. A dinâmica natural dos processos físicos marinhos, tais como ressurgências e o transporte de plâncton em correntes de superfície, requerem cuidadosa seleção de variáveis que predizem o habitat das espécies e podem resultar em atrasos temporais ou espaciais entre processos físicos e respostas biológicas (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006). Da perspectiva da história natural, os cetáceos formam um grupo único pelo fato de serem inteiramente pelágicos. Além disso, muitos cetáceos são amplamente distribuídos e respondem à variabilidade do ecossistema marinho mudando seus padrões de distribuição, levando a alterações na sua sobrevivência e sucesso reprodutivo (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006).

A distribuição das espécies é o produto de fatores que agem em caminhos paralelos ou convergentes. São muitos os fatores que afetam a distribuição dos cetáceos, entre eles: fatores demográficos (abundância, idade e estrutura sexual das populações, status reprodutivo e ciclo de vida dos indivíduos), fatores evolutivos (morfologia, fisiologia, adaptações comportamentais), fatores ecológicos (produção biológica, uso e distribuição de presas, predadores e competidores), fatores ambientais (temperatura da água, salinidade, densidade, profundidade da termoclina, tipo de substrato e batimetria) e fatores antropogênicos (poluição, capturas acidentais ou diretas, efeitos sonoros) (Forcada, 2002).

Vários estudos demonstram claras evidências de que a distribuição dos cetáceos está relacionada tanto a características hidrográficas, quanto a características fisiográficas dos oceanos. Estes dados oceanográficos são os principais delimitadores das espécies de presas e consequentemente da distribuição dos cetáceos, uma vez que o habitat é primariamente delimitado pela disponibilidade de alimento (Baumgartner, Mullin *et al.*, 2001; Forcada, 2002).

Relações significantes entre variáveis topográficas, como batimetria e gradientes de profundidade e a distribuição de populações de cetáceos foram

observadas para muitas espécies de cetáceos (Davis, Ortega-Ortiz *et al.*, 2002; Forcada, 2002; Redfern, Ferguson *et al.*, 2006).

A influência primária do meio físico sobre a distribuição dos cetáceos é devido, provavelmente, a agregação de presas. A distribuição de espécies de presas bentônicas ou demersais é diretamente limitada pela fisiografia através da profundidade e/ou seu gradiente e o tipo de substrato. Já para espécies de presas, como peixes pelágicos ou cefalópodes, a fisiografia atua indiretamente, através de mecanismos que são induzidos pela topografia, como a ressurgência de nutrientes. Tais mecanismos levam ao aumento da produção primária e agregação de zooplâncton, levando ao aumento da produção secundária (Cañadas, Sagarminaga *et al.*, 2002).

As características hidrográficas, como temperatura da água, salinidade, concentração de clorofila *a*, entre outras, são importantes características que estão correlacionadas com a distribuição dos cetáceos, uma vez que podem secundariamente afetar a disponibilidade de presas (Davis, Ortega-Ortiz *et al.*, 2002). A temperatura e salinidade da água são consideradas importantes variáveis oceanográficas, uma vez que influenciam diretamente a vida marinha. E, a clorofila *a* representa o status trófico da superfície das águas (Tyberghein, Verbruggen *et al.*, 2011).

2.1 Caracterização do Oceano Atlântico Sul Ocidental

O Oceano Atlântico Sul localizado entre o continente africano e a América do Sul, está sob a influência do centro de alta pressão do anticiclone do Atlântico, que controla o clima e determina a circulação oceanográfica de larga escala (Seeliger, Odebrecht *et al.*, 1997).

As características oceanográficas da parte oeste do Oceano Atlântico Sul são determinadas pela influência de três grandes correntes: Corrente Equatorial Sul, Corrente do Brasil e Corrente das Malvinas (Seeliger, Odebrecht *et al.*, 1997).

As águas superficiais da zona tropical do Atlântico Sul tem temperatura de 25ºC e a salinidade em torno de 36,5 ppm, como consequência da intensa radiação e excesso de evaporação da água. Parte dessa água é carregada para o sul pela Corrente do Brasil e, ao se misturar com águas de baixa salinidade e temperatura, forma a Água Tropical, cuja salinidade está acima de 36 ppm e a temperatura maior que 20ºC (Emílsson, 1961).

A Corrente do Brasil tem origem na divisão da Corrente Sul Equatorial, que também forma a Corrente do Norte do Brasil, próximo dos 10ºS (Silveira, Schmidt *et al.* 2000). A Corrente do Brasil carrega a Água Tropical, oligotrófica, ao longo da plataforma continental em direção ao Sul (Emílsson, 1961; Silveira, Schmidt *et al.* 2000; Moreno, Zerbini *et al.*, 2005).

À medida que se dirige para o sul, a Água Tropical perde calor para atmosfera e se mistura com águas de baixa salinidade e temperatura, resultando na Água Subtropical, que se caracteriza pela salinidade entre 35 e 36 ppm e temperatura variando entre 10 e 20ºC (Emílsson, 1961). A Água Subtropical faz parte da Água Central do Atlântico Sul (Emílsson, 1961), que é uma massa de água que flui para o norte em camadas profundas e pode alcançar a margem continental. Esta massa de água tem temperaturas maiores que 6ºC e menores que 20ºC, e salinidade entre 34,6 e 36 ppm (Silveira, Schmidt *et al.* 2000).

A Corrente do Brasil encontra com a Corrente das Malvinas entre 33 e 40ºS. A Corrente das Malvinas é uma corrente de contorno oeste subpolar, cuja origem está na Corrente Circumpolar Antártica (Matano, Schlax *et al*. 1993). É caracterizada por carregar Água Subantártica (temperatura entre 4 e 15ºC; salinidade de 33 ppm; rica em nutrientes) para o norte (Seeliger, Odebrecht *et al.*, 1997). Ao se cruzarem, as duas correntes são forçadas em direção leste e originam a zona de Convergência Subtropical do Oceano Atlântico Sul Ocidental, uma das regiões mais energéticas do oceano mundial (Matano, Schlax *et al*. 1993, Seeliger, Odebrecht *et al.*, 1997).

A zona de convergência entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas apresenta uma variação sazonal, ocorrendo mais ao norte durante o inverno do que no verão austral. Este fenômeno tem consequências importantes tanto para o clima local quanto para as populações marinhas, porque marca o limite entre as águas quentes e as águas frias oriundas da Corrente Circumpolar Antártica (Matano, Schlax *et al*. 1993).

Um exemplo da influência da Convergência Subtropical está em uma grande porção da plataforma continental e do talude entre o Cabo de Santa Marta (28º40’S) e Uruguai (34º40’S) (Seeliger, Odebrecht *et al.*, 1997; Moreno, Zerbini *et al.*, 2005). Esta é uma zona de transição biogeográfica entre a Patagônia e o Brasil tropical. Segundo Seeliger *et al*. (1997), a dominância sazonal de diferentes massas de água sobre a plataforma e o talude continental condicionam a composição e abundância

das espécies, a distribuição das comunidades e suas relações tróficas, além da produção biológica.

O Oceano Atlântico Sul Ocidental apresenta duas outras áreas importantes para a vida marinha: o Banco de Abrolhos (18ºS) e o “Brazilian Bight”, entre Cabo Frio (23ºS) e o Cabo de Santa Marta (28ºS) (Emílsson, 1961; (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005). Estas são áreas de ressurgência, ricas em nutrientes e alta produção biológica.

Além destas características hidrográficas determinadas pelas correntes oceânicas, a termoclina é citada como uma importante variável que delimita a distribuição dos cetáceos (Baumgartner, Mullin *et al.*, 2001; Davis, Ortega-Ortiz *et al.*, 2002). Por exemplo, no Pacífico leste tropical, a termoclina afeta a distribuição de *Stenella attenuata* e *S. longirostris* (Au e Perryman, 1985; Perrin, W. e Hohn, A., 1994; Perrin e Gilpatrick Jr, 1994). A termoclina é um gradiente vertical de temperatura e, também de densidade de água, e funciona como uma efetiva barreira física e ecológica nos oceanos (Ballance, Pitman *et al.*, 2006). No Pacífico tropical leste, onde as características hidrográficas da região são extensivamente estudadas, a profundidade da termoclina e sua extensão (ou seja, magnitude do gradiente vertical da temperatura) são consideradas importantes variáveis oceanográficas que influenciam a abundância e distribuição de um grande número de espécies de cetáceos e também aves marinhas (Ballance, Pitman *et al.*, 2006).

Como determinar uma única termoclina para o Oceano Atlântico Sul Ocidental parece inviável, podemos apenas inferir a mudança da temperatura ao longo da coluna d’água através dos mapas a seguir (Figura 6). Analisando os mapas, pode-se perceber que entre 200 e 250m de profundidade (Figura 6 – a; b), a temperatura da água tem uma queda significativa de cerca de 5º C próximo da latitude de 20ºS.

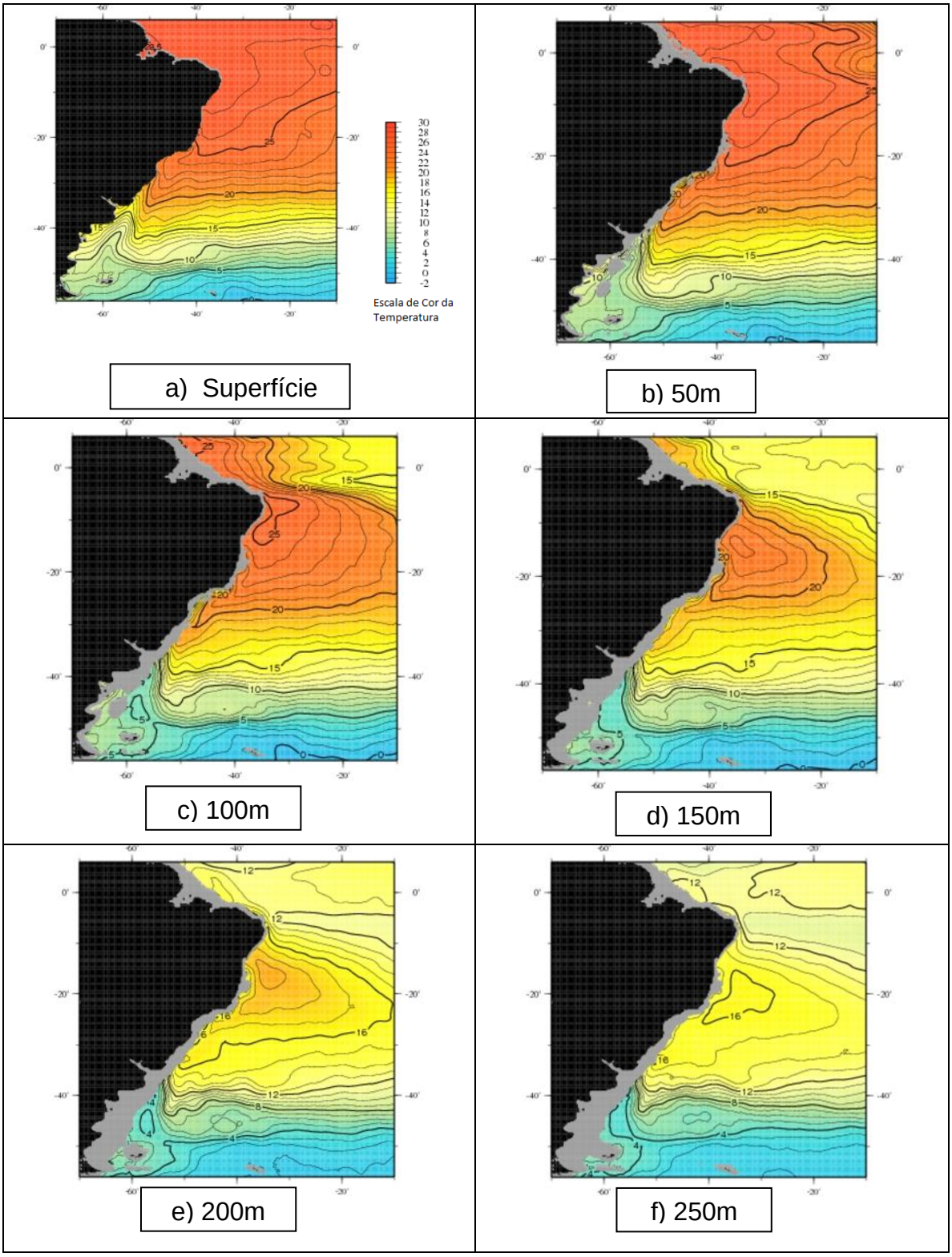

Figura – 6 Mapas indicando a variação da temperatura na coluna d'água. Em (a) Superfície, (b) 50m de profundidade; (c) 100m de profundidade;(d) 150m de profundidade; (e) 200m de profundidade; (f) 250m de profundidade. Fonte: World Ocean Atlas 2009 (NOAA).

Além das correntes marinhas, a temperatura da água, a salinidade e a quantidade de nutrientes, juntamente com o relevo do fundo oceânico tem importante função na delimitação de ambientes para a vida marinha, principalmente, por ser fundamental na diferenciação dos ambientes costeiros e oceânicos. Por exemplo, o habitat na zona de litoral é bem diferente dos locais oceânicos, e em uma dada localização geográfica o habitat marinho pode variar consideravelmente com o aumento da profundidade (Hoelzel, 1998).

A costa leste da América do Sul apresenta variações na plataforma continental (Figura 7). Entre 5 e 16ºS, a plataforma continental é bastante estreita, tendo de 20 a 50 km de extensão. Já entre 16 e 20ºS, ocorre uma expansão da plataforma continental, que corresponde ao Banco de Abrolhos. A partir do Banco de Abrolhos até Cabo Frio (23ºS), a plataforma continental fica estreita novamente. A partir deste ponto, a plataforma amplia novamente e corresponde ao “Brazilian Bight” (20 a 29ºS). No Cabo de Santa Marta (29ºS), a quebra da plataforma continental ocorre próximo da costa, mas a partir desta localização, a plataforma continental torna-se bastante ampla até o sul do continente (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005).

3 MODELAGEM DE NICHO ECOLÓGICO

A modelagem de nicho ecológico é uma ferramenta que vem sendo amplamente utilizada para prever a distribuição geográfica das espécies, cujo objetivo é prever a ocorrência de uma espécie na paisagem a partir de registros de ocorrência georreferenciados e um conjunto de dados ambientais que se assume que estão correlacionados com a distribuição da espécie (Lozier, Aniello *et al.*, 2009). Modelos de distribuição de espécies e seus mapas de suscetibilidade ambiental são utilizados com sucesso para investigar uma série de questões científicas de diversas áreas, como ecologia, biogeografia, evolução e, mais recentemente, em biologia da conservação e pesquisas com mudanças climáticas (Guisan e Thuiller, 2005). As relações entre as espécies e seu ambiente podem refletir diferentes padrões espaciais (Guisan e Thuiller, 2005). Modelos de correlação, como é o caso da maior parte dos modelos de nicho ecológico, pretendem estimar as condições ambientais que são adequadas para uma espécie através da associação de registros de ocorrência com variáveis ambientais que podem afetar a fisiologia e a probabilidade de persistência da espécie. A premissa

central desta abordagem é que a distribuição observada de uma espécie fornece informações úteis sobre seus requerimentos ambientais (Pearson, 2007).

As bases teóricas utilizadas nos modelos de nicho ecológico estão baseadas no conceito de nicho de Hutchinson (1958), que seria um espaço imaginário com muitas dimensões, em que cada dimensão ou eixo representa a distribuição de alguma condição ambiental ou recurso que é requerido pela espécie (Pidwirny, 2006). Este conceito se desdobra em outros dois: nicho fundamental e nicho realizado. O conceito de nicho fundamental se refere à distribuição total de condições ambientais que são adequadas para a existência da espécie sem a influência de competição interespecífica ou predação por outras espécies (Pidwirny, 2006), ou seja, o conjunto de condições ambientais dentro das quais uma espécie pode sobreviver e persistir (Guisan e Thuiller, 2005). E, o nicho realizado é aquele que observamos na natureza (Guisan e Thuiller, 2005), ou seja, parte do nicho fundamental que é de fato ocupado pela espécie (Pidwirny, 2006).

Como determinar todas as variáveis que proporcionam a existência de uma espécie em determinado local é muitas vezes inviável, as variáveis disponíveis para a modelagem representam, provavelmente, um subconjunto de possíveis fatores ambientais que influenciam a distribuição das espécies (Pearson, 2007). Em suma, através de dados do nicho realizado, os resultados da modelagem fornecem uma previsão que se aproxima do nicho fundamental da espécie.

A modelagem de nicho ecológico é relativamente nova para os cetáceos e está em estágios iniciais de desenvolvimento, mesmo sendo amplamente utilizada para a modelagem de organismos terrestres. Porém, ela representa uma poderosa ferramenta capaz de prever a distribuição dos cetáceos e pode auxiliar na compreensão dos processos ecológicos e biogeográficos que determinam tais padrões de distribuição (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006).

São inúmeros os desafios propostos para a modelagem de nicho ecológico de cetáceos. Entre eles, a obtenção de dados biológicos e ambientais. A obtenção de dados populacionais de cetáceos é complicada, uma vez que algumas espécies são de difícil identificação e, além disso, são necessárias metodologias amostrais elaboradas e custosas a fim de se obter os registros das espécies. Já os dados oceanográficos podem ser obtidos através da coleta *in situ,* durante a busca por registros de ocorrência das espécies, ou a partir de banco de dados de batimetria, sensoriamento remoto ou modelos de processos oceanográficos. No entanto, a

coleção e processamento dos dados *in situ* consomem tempo e são caros, além de limitarem a área de estudo. Por outro lado, as imagens de satélite fornecem informações simplificadas de grandes áreas nos oceanos. Provavelmente, a melhor fonte de dados para a modelagem de distribuição de espécies de cetáceos deve ser criada por uma mistura de múltiplas fontes de dados ambientais para favorecer predições em tempo real sobre uma ampla área geográfica (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006). O segundo desafio, não menos importante, diz respeito ao processamento dos dados obtidos a fim de concretizar o objetivo da modelagem de nicho ecológico. Nesta etapa, devemos selecionar com cautela quais variáveis ambientais serão consideradas para a construção do modelo, além da delimitação da área de estudo, a escala espacial, qual a metodologia de modelagem que melhor se aplica ao trabalho, entre outras. Nessa perspectiva, compreender as características oceanográficas dominantes da área de estudo e/ou ecologia das espécies envolvidas pode ser importante para guiar essas decisões (Redfern, Ferguson *et al.*, 2006).

3.1 O Programa Maxent

Atualmente, diversos métodos têm sido utilizados em modelagem de nicho ecológico e cada um deles pode produzir diferentes predições (Wisz, Hijmans *et al.*, 2008).

Neste trabalho, optamos por utilizar o método de máxima entropia (Maxent) para modelagem de distribuição geográfica das espécies (Phillips, Anderson *et al.*, 2006). Este método utiliza apenas registros de presença das espécies e estima a probabilidade de distribuição, através da probabilidade de distribuição da máxima entropia (i.e., a mais próxima do uniforme), sujeita a um conjunto de restrições que representam a informação incompleta que temos sobre a distribuição alvo (Phillips, Anderson *et al.*, 2006).

O Maxent está disponível desde 2004, tem diversas aplicações em ecologia, evolução e conservação (Elith, Phillips *et al.*, 2010) e oferece muitas vantagens. Dentre elas, podemos citar (Phillips, Anderson *et al.*, 2006; Wisz, Hijmans *et al.*, 2008; Edrén, Wisz *et al.*, 2010):

- utilização somente de dados de presença;
- são aceitos dados contínuos ou categóricos;
- incorporação de interações entre diferentes variáveis;

- fornecimento de mapas de distribuição contínuos, permitindo a distinção entre diferentes áreas sucetíveis à presença das espécies. Caso uma predição binária seja desejada, ele proporciona grande flexibilidade na escolha do limiar de presenças;
- utiliza a “regularização L-1” para encontrar modelos parcimoniosos.

Existem diversas formas de validar os modelos gerados, a mais utilizada na literatura é o cálculo da área sobre a curva característica de operação (AUC), na qual somos capazes de acessar o poder discriminatório entre presenças e ausências do modelo. Este valor fornece uma medida única do desempenho do modelo, independente da escolha prévia de qualquer limite de decisão. E, também permite a comparação entre diferentes algoritmos (Phillips, Anderson *et al.*, 2006; Wisz, Hijmans *et al.*, 2008). O valor de AUC varia entre 0,5 e 1, exceto em modelos que utilizam apenas dados de presença, onde esse valor é sempre menor que 1 (Phillips, Anderson *et al.*, 2006). O valor de AUC=1 representaria o modelo perfeito, enquanto que valores de AUC=0,5 indicam que a desempenho do modelo é igual a de uma previsão aleatória; AUC=0,8 indica que nos lugares onde a espécie é considerada presente, em 80% dos casos, os valores preditivos são mais altos do que nos lugares em que a espécie não é registrada. Ou, do ponto de vista classificatório entre locais suscetíveis *versus* locais inadequados, um modelo com AUC=0,66 classifica corretamente a suscetibilidade do local 66% das vezes (Wisz, Hijmans *et al.*, 2008; Edrén, Wisz *et al.*, 2010). Porém, devemos ter cautela com o valor de AUC, uma vez que este não é uma medida absoluta. Em modelos que utilizam apenas dados de presença em uma ampla área de estudo, facilmente se obtém altos valores de AUC (Wisz, Hijmans *et al.*, 2008)

Um dos principais desafios para a modelagem de nicho ecológico é o tamanho do número amostral utilizado na construção dos modelos. Wisz *et al.* (2008) demonstrou a superioridade do Maxent quando comparado a outras metodologias, principalmente quanto ao seu desempenho sobre diversos tamanhos amostrais. Segundo estes autores, o Maxent tem sensibilidade moderada em relação ao tamanho amostral, aliada a uma excelente habilidade preditiva. Ele foi o melhor algoritmo quando pequenos tamanhos amostrais foram utilizados (n=10) e o segundo melhor com altos (n=100) e intermediários (n=30) tamanhos amostrais. Além disso, o modelo tem capacidade de modelar complexas relações entre as variáveis ambientais.

Com base no exposto anteriormente, neste trabalho visamos, através da modelagem de nicho ecológico, estimar a distribuição potencial das espécies do gênero *Stenella* e caracterizar as condições ambientais que são adequadas para as espécies. Além disso, pretendemos delimitar a distribuição oceânica destas espécies, uma vez que esforços de avistagem em regiões distantes da costa são raros e esta ferramenta pode ser útil, para respondermos muitas dúvidas quanto à distribuição dos golfinhos oceânicos no Oceano Atlântico Sul Ocidental.

MATERIAL E MÉTODOS

1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho será parte do Oceano Atlântico Sul Ocidental, que compreende as águas ao sul do Equador até 20°W (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005). Porém, as coordenadas utilizadas para limitar a área de estudo (5°N – 10 °W a 55°S – 70°W) extrapolam os limites do Oceano Atlântico Sul Ocidental a fim de garantir que dados, ou seja, características oceanográficas ou registros de avistagem, que estejam por poucos quilômetros fora da área escolhida não sejam perdidos (Figura 7).

A área total de estudo é de aproximadamente 245754 km^2. Além desta região, foi utilizada também uma área de estudo delimitada mais proximamente aos registros de ocorrência, totalizando cerca de 46073 km^2 (Figura 8).

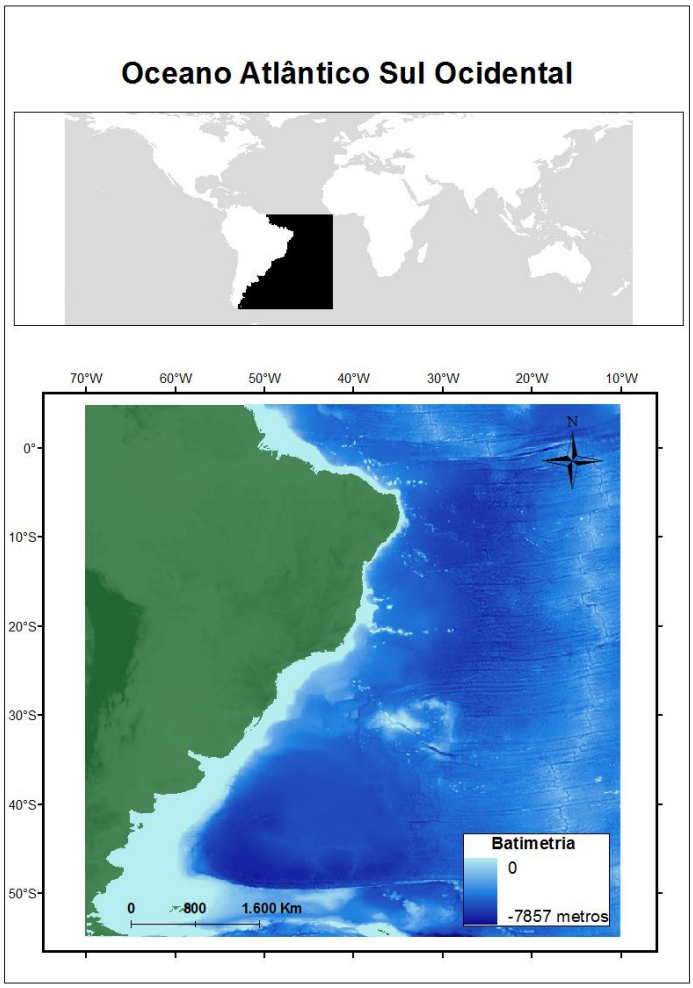

Figura 7 – (a) Mapa mundi com a área de estudo em evidência. (b) Mapa batimétrico da área de estudo.

2 DADOS BIOLÓGICOS

Os dados georreferenciados das cinco espécies de *Stenella* (*S. attenuata*, *S. clymene*, *S. coeruleoalba*, *S. frontalis* e *S. longirostris*) no Oceano Atlântico Sul Ocidental foram obtidos através de dados de avistagem cedidos por Ignacio Moreno e em banco de dados públicos (SIMMAM – Sistema de Monitoramento de Mamíferos Marinhos).

A partir destes dados georreferenciados foi construída uma tabela e apenas os dados, cuja identificação específica era atribuída com 100% de certeza, seja pelo registro fotográfico ou pela experiência do observador que identificou as espécies no momento da avistagem, foram utilizados (sensu Moreno *et al*. 2005)(Figura 8).

Para realizar a modelagem de nicho ecológico, foram utilizados 120 registros de ocorrência no total (Tabela 1). Todos os registros de avistagem foram utilizados como dados de treino no Maxent, devido ao baixo número de registros de algumas espécies (e.g. *Stenella coeruleoalba* e *S. clymene*). Além disso, para ter o máximo de informações possíveis para cada espécie, optou-se por utilizar todos os registros de ocorrência, ou seja, os dados de ocorrência não foram subdivididos, a fim de gerar melhores estimativas de distribuição potencial das espécies (Phillips, Anderson *et al.*, 2006).

Tabela 1. Registros de presença utilizados de cada espécie do gênero *Stenella*.

Espécie	**N° de registros de presença utilizados**
Stenella attenuata	44
Stenella clymene	13
Stenella coeruleoalba	2
Stenella frontalis	44
Stenella longirostris	17
TOTAL	**120**

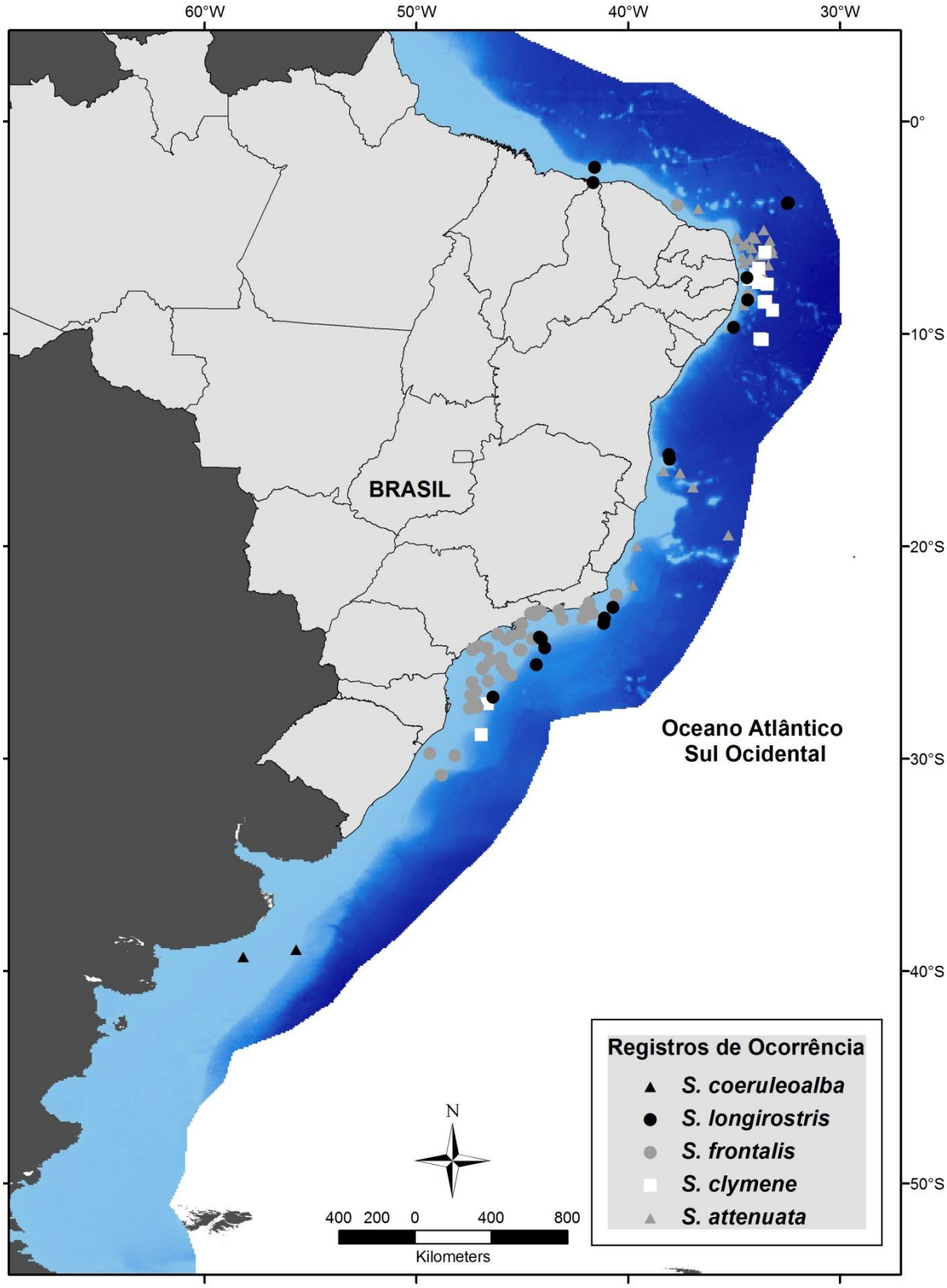

Figura 8 – Registros de avistagem utilizados na modelagem de nicho ecológico e mapa batimétrico da área de estudo restrita aos registros de ocorrência (cores mais fortes indicam maior profundidade).

3 DADOS AMBIENTAIS

Com base nos trabalhos de Baumgartner *et al*. (2001), Cañadas *et al*. (2002) e Davis *et al*.(2002), foram determinadas as variáveis ambientais que foram utilizadas neste estudo.

Os dados ambientais foram retirados no banco de dados Bio-Oracle (*Oceans Rasters for Analysis of Climate and Environment*) e ETOPO1 *Global Relief Model*. Ambos os bancos de dados disponibilizam informações do ambiente marinho em escalas globais no formato ESRI ascii que foram processadas no programa ArcGis 9.3, a fim de construir as camadas ambientais utilizadas na modelagem de nicho ecológico.

Todas as camadas ambientais foram analisadas e processadas através do programa ArcGis versão 9.3, com o intuito de uniformizá-las nas mesmas dimensões espaciais (5°N - 10 ^{o}W a 55°S - 70 ^{o}W), mesmo tamanho de célula (0,08333333) e mesmo número de linhas e colunas (721 linhas e 721 colunas). Além disso, foram criadas camadas ambientais com a área de estudo restrita aos registros de ocorrência utilizados na modelagem de nicho ecológico, a fim de identificar possíveis diferenças nos modelos oriundas do tamanho da área utilizada.

Foram utilizadas como variáveis hidrográficas: clorofila *α* (nas concentrações: máxima, mínima, média e variação), salinidade, temperatura da superfície do mar (nos parâmetros: máximo, mínimo, médio e variação). Estes dados foram retirados do banco de dados Bio-Oracle na resolução de 5 arc-minutos (equivalente a uma grade de células de 9,2 km). Evitou-se utilizar camadas ambientais que estivessem fortemente correlacionadas (e.g. concentração de clorofila *a* e turbidez, batimetria e distância da costa), porque todos os métodos de modelagem são influenciados negativamente pelo grau de correlação entre as variáveis (Edrén, Wisz *et al.*, 2010; Tyberghein, Verbruggen *et al.*, 2011).

O dados de batimetria do Oceano Atlântico Sul Ocidental foram obtidos no banco de dados ETOPO1 na resolução de 1 arc-minuto (aproximadamente 1,8 km). A camada referente à topografia, a batimetria, foi construída no ArcGis, nos mesmos moldes das demais camadas ambientais.

4 MODELAGEM DE NICHO ECOLÓGICO

Para modelagem de nicho ecológico, foi utilizado o programa Maxent versão 3.3.3a em sua configuração padrão, que utiliza o algoritmo de máxima entropia para estimar a distribuição de espécies a partir de dados de presença (Phillips, Anderson *et al.*, 2006).

Neste trabalho, foram realizados dois conjuntos de modelos de nicho ecológico. O primeiro utilizando as camadas ambientais referentes à área total de estudo, gerando cinco mapas de distribuição potencial, sendo um de cada espécie (Figuras 10 – 14). O outro conjunto de modelos foi construído através do recurso "*Projecting*" do Maxent com a área das camadas ambientais restrita aos registros de ocorrência. Através deste recurso, é possível estimar a probabilidade de ocorrência das espécies em uma área diferente da utilizada para gerar os modelos, nesse caso projetamos para a área de estudo total. Este segundo conjunto gerou 10 mapas de distribuição potencial, sendo dois para cada espécie (um referente a área restrita e outro a área total) (Figuras 15 – 19).

RESULTADOS

Para cada espécie do gênero *Stenella* foram gerados dois modelos de distribuição geográfica. O primeiro modelo era referente à área total de estudo e resultou em um mapa de distribuição potencial para cada espécie (Figuras 10 – 14). O segundo modelo era referente à área restrita aos registros de ocorrência e gerou dois mapas de distribuição potencial (Figuras 15 – 19), sendo um sobre a área utilizada para gerar os modelos e o outro sobre a área na qual os modelos obtidos foram projetados. No total, foram gerados três mapas de distribuição potencial para cada espécie.

Além dos mapas de distribuição potencial, o Maxent gera três mapas adicionais quando o recurso "*Projecting*" é utilizado. O primeiro mapa revela onde a previsão é a mais afetada pela diferença de valores das variáveis ambientais nas áreas onde o modelo foi gerado e onde o modelo foi projetado, sendo, portanto, diferente para cada espécie.

Os outros dois mapas (MESS e MoD) comparam a semelhança ambiental das variáveis usadas na projeção e os dados ambientais utilizados para gerar (ou "treinar") o modelo. No mapa MESS (Figura 9 – a), as áreas em vermelho têm uma ou mais variáveis ambientais com dados fora da faixa de valores presente nos dados de treino do modelo, sendo assim, as previsões devem ser tratadas com muita cautela. Já o mapa MoD (Figura 9 – b), revela a desigualdade das variáveis, ou seja, as que estão mais discrepantes quando comparadas aos dados de treino.

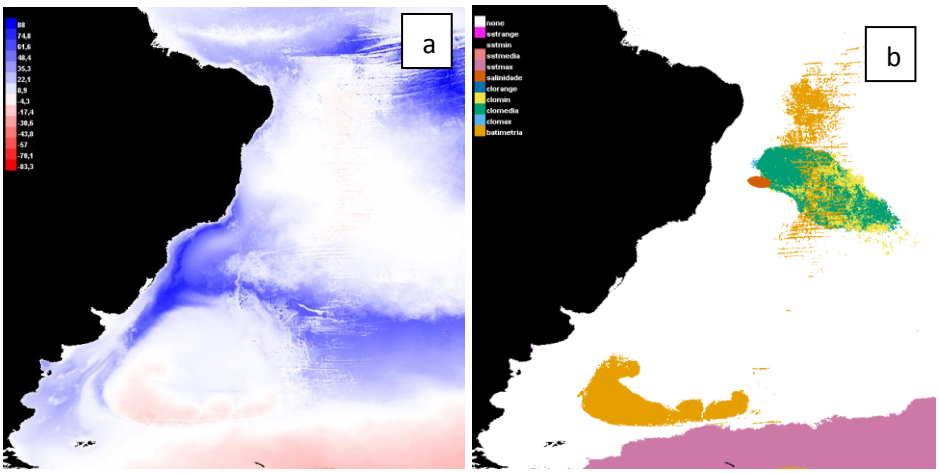

Figura 8 – (a) Mapa MESS. As áreas em vermelho indicam que previsões nestas áreas devem ser tratadas com cautela. (b) Mapa MoD. Indica a região em que cada variável tem valores mais discrepantes.

A seguir, apresentam-se os resultados dos modelos para cada golfinho *Stenella*.

1 MODELOS GERADOS COM ÁREA TOTAL DE ESTUDO

1.1 Golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*)

O modelo de nicho ecológico de *Stenella attenuata* tem alto valor de AUC (0,992), demonstrando o alto desempenho do programa Maxent com os dados propostos (Tabela 1).

No modelo gerado apenas com a área total de estudo, percebe-se que as variáveis mais importantes são concentração de clorofila *α* e temperatura da superfície do mar. Porém, a não utilização da variável batimétrica poderia prejudicar o modelo e a variável que sozinha fornece mais informações sobre o modelo é a temperatura.

A espécie apresenta preferência por águas em torno de 1500m de profundidade e altas temperaturas (acima de 25º C). Além disso, ocorre em águas onde a variação da temperatura é muito baixa.

O mapa de distribuição potencial (Figura 10) gerado para a área total revela que a espécie tem alta probabilidade de ocorrência (> 90%) em áreas muito próximas da costa, porém além dos 1000m de profundidade. A espécie parece ter a distribuição restrita à região nordeste da América do Sul, tendo como limite sul cerca de 20ºS, onde a espécie apresenta uma probabilidade de ocorrência em torno de 40%.

Tabela 1 – Contribuição das variáveis nos modelos de nicho ecológico de *Stenella attenuata* e seus valores de AUC.

Modelos de nicho ecológico para *Stenella attenuata*					
		Modelo com área total		**Modelo com projeção**	
Valor de AUC		0,992		0,969	
Variáveis ambientais		**% de Contribuição das variáveis**		**% de Contribuição das variáveis**	
	Concentração de Clorofila α	Máxima	14,5	Máxima	**32,5**
		Média	21,7	Média	10,4
		Mínima	2,1	Mínima	**19,3**
		Variação	2,2	Variação	1,6
	Temperatura da superfície do mar	Máxima	1,9	Máxima	0,2
		Média	10,1	Média	0,9
		Mínima	31,5	Mínima	12,7
		Variação	5,7	Variação	7,4
	Salinidade	0,5		4,3	
	Batimetria	9,9		10,8	
Teste Jackknife	**Variável mais informativa**	Temperatura máxima		Conc. média clorofila *a*	
	Variável mais relevante	Batimetria		Batimetria	

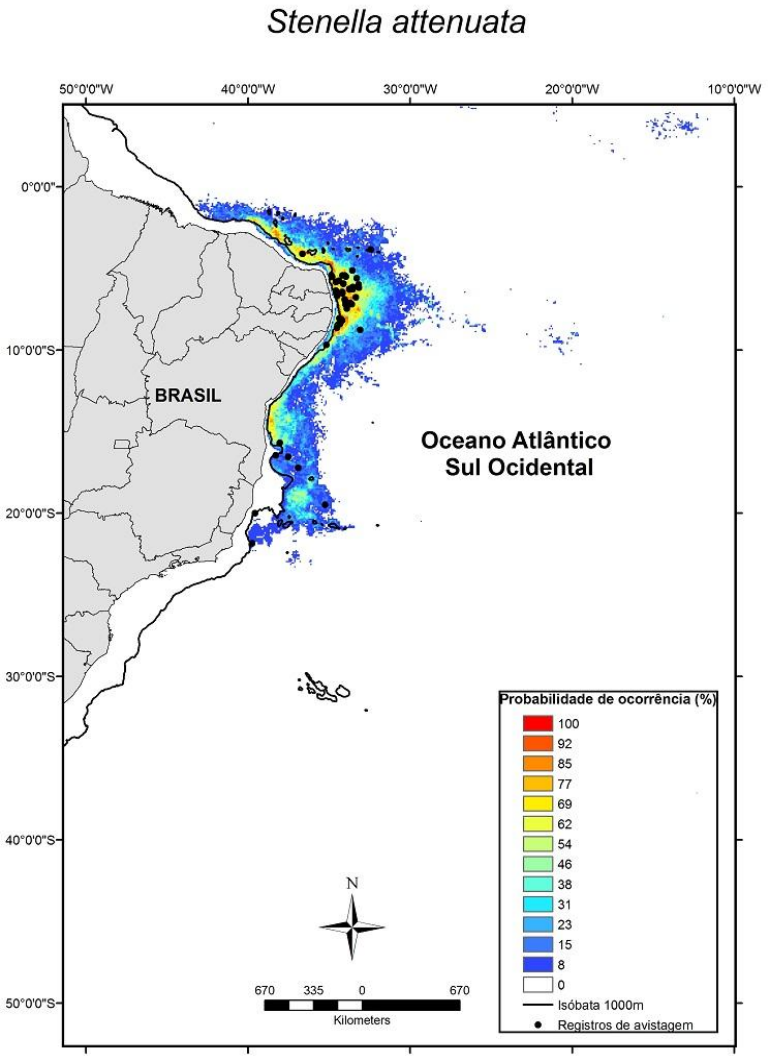

Figura 10 – Distribuição potencial de *S. attenuata* obtida com Maxent; Valor de AUC=0,992.

1.2 Golfinho-de-Clymene (*Stenella clymene*)

O modelo gerado com a área total de estudo apresenta valor de AUC igual a 0,94 (Tabela 2). Este modelo revela a preferência da espécie por águas profundas, onde a maior probabilidade da espécie ser encontrada se concentra em águas cuja profundidade está em torno dos 3000m e a temperatura próxima de 25ºC. As variáveis mais importantes são a temperatura da superfície, a concentração da clorofila e batimetria.

O mapa de distribuição (Figura 11) revela que as áreas com maior probabilidade de ocorrência de *Stenella clymene* são aquelas que estão além da quebra da plataforma continental e, indica que o limite de distribuição da espécie estaria próximo dos 20ºS.

Tabela 2 – Contribuição das variáveis nos modelos de nicho ecológico de *Stenella clymene* e seus valores de AUC.

Modelos de nicho ecológico para *Stenella clymene*					
		Modelo com área total		**Modelo com projeção**	
Valor de AUC		0,94		0,891	
Variáveis ambientais		**% de Contribuição das variáveis**		**% de Contribuição das variáveis**	
	Concentração de Clorofila α	Máxima	4,4	Máxima	**27,2**
		Média	0	Média	0
		Mínima	**17,4**	Mínima	**25,9**
		Variação	0	Variação	0
	Temperatura da superfície do mar	Máxima	8,6	Máxima	4,6
		Média	2,6	Média	1,9
		Mínima	**57,6**	Mínima	**25,9**
		Variação	0,2	Variação	0
	Salinidade	7,3		4,6	
	Batimetria	1,8		10	
Teste Jackknife	**Variável mais informativa**	Temperatura máxima		Conc. mínima clorofila *a*	
	Variável mais relevante	Batimetria		Conc. mínima clorofila *a*	

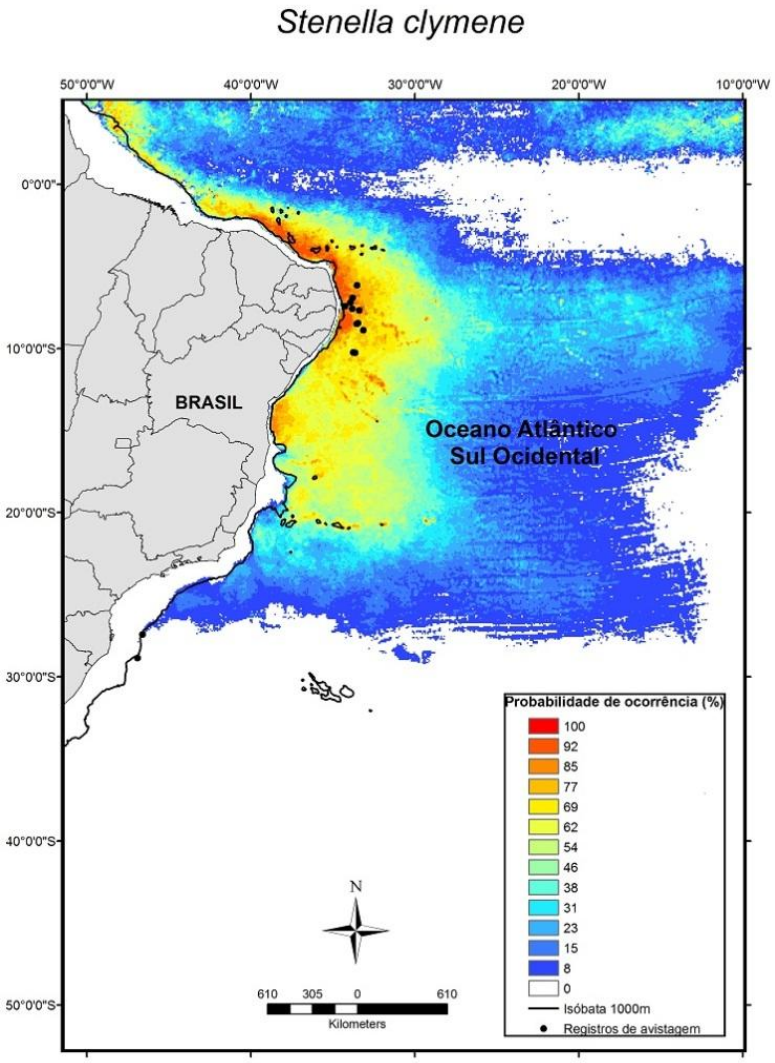

Figura 11 – Distribuição potencial de *S. clymene* obtida com Maxent; Valor de AUC=0,94.

1.3 Golfinho listrado (*Stenella coeruleoalba*)

O modelo gerado para *Stenella coeruleoalba* deve ser analisado com muito cuidado, uma vez que foram utilizados apenas dois registros de ocorrência. Apesar do alto valor de AUC, não podemos considerar este modelo com veemência (Tabela 3).

Podem-se fazer apenas algumas observações quanto à distribuição desta espécie no Oceano Atlântico Sul Ocidental. Através do modelo, é possível inferir que esta espécie apresenta uma maior tolerância a temperaturas mais baixas e a variações de cerca de 10ºC na temperatura da superfície do mar, diferentemente das demais espécies de *Stenella*.

Tabela 3 – Contribuição das variáveis nos modelos de nicho ecológico de *Stenella coeruleoalba* e seus valores de AUC.

Modelos de nicho ecológico para *Stenella coeruleoalba*					
		Modelo com área total		**Modelo com projeção**	
Valor de AUC		1,0		0,994	
Variáveis ambientais		**% de Contribuição das variáveis**		**% de Contribuição das variáveis**	
	Concentração de Clorofila *a*	Máxima	0	Máxima	0
		Média	0	Média	0,8
		Mínima	**27,1**	Mínima	**25,3**
		Variação	7,3	Variação	9
	Temperatura da superfície do mar	Máxima	0	Máxima	0
		Média	0	Média	0
		Mínima	0	Mínima	0
		Variação	**40,1**	Variação	**59,9**
	Salinidade	0		0	
	Batimetria	25,5		5	
Teste Jackknife	**Variável mais informativa**	Variação da Temperatura		Variação da Temperatura	
	Variável mais relevante	Variação da Temperatura		Variação da Temperatura	

Stenella coeruleoalba

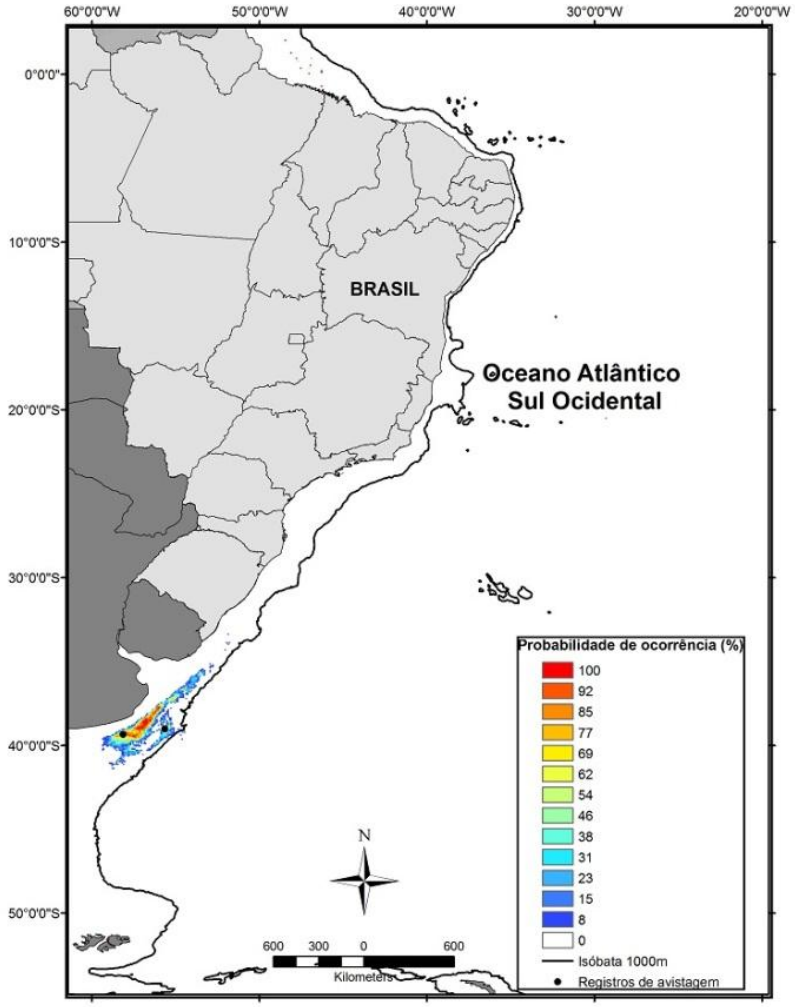

Figura 12 –Distribuição potencial de *S. coeruleoalba* obtida com Maxent; Valor de AUC=1.

1.4 Golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*)

O modelo gerado para *Stenella frontalis* tem valor de AUC igual a 0,995 (Tabela 4). Ele indica que a probabilidade de ocorrência da espécie aumenta em águas costeiras, abaixo dos 1000m de profundidade, com salinidade em torno de 36 ppm, com temperaturas altas e baixa variação da temperatura. Segundo este modelo, as variáveis mais influentes na distribuição da espécie são batimetria e temperatura da superfície do mar.

O mapa de distribuição potencial (Figura 13) confirma a preferência da espécie por águas costeiras e revela o hiato na distribuição da espécie entre 6ºS e 21ºS. Além de possivelmente limitar a ocorrência da espécie até cerca de 35ºS.

Tabela 4 – Contribuição das variáveis nos modelos de nicho ecológico de *Stenella frontalis* e seus valores de AUC.

Modelos de nicho ecológico para *Stenella frontalis*					
		Modelo com área total		**Modelo com projeção**	
Valor de AUC		0,995		0,984	
Variáveis ambientais		**% de Contribuição das variáveis**		**% de Contribuição das variáveis**	
	Concentração de Clorofila *a*	Máxima	0,6	Máxima	0,3
		Média	5,2	Média	6,8
		Mínima	0,6	Mínima	0,8
		Variação	0	Variação	2,3
	Temperatura da superfície do mar	Máxima	0	Máxima	1
		Média	0,7	Média	0
		Mínima	**27,4**	Mínima	**35,7**
		Variação	11,1	Variação	16,8
	Batimetria	**53,1**		**28,9**	
Teste Jackknife	**Variável mais informativa**	Temperatura Média		Temperatura Média	
	Variável mais relevante	Batimetria		Batimetria	

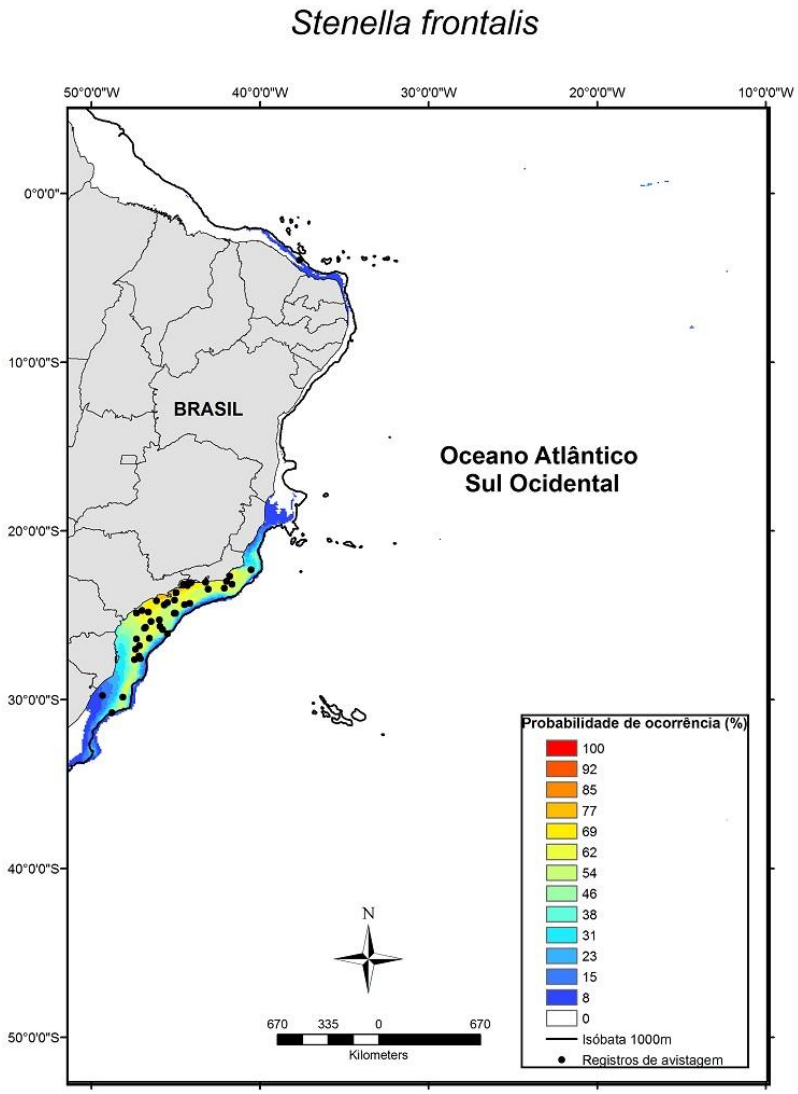

Figura 13 –Distribuição potencial de *S. frontalis* obtida com Maxent; Valor de AUC=0,995.

1.5 Golfinho rotador (*Stenella longirostris*)

O modelo gerado tem valor de AUC igual a 0,993 (Tabela 5). Este modelo indica que as altas probabilidades de ocorrência da espécie ocorrem próximo dos 2000m de profundidade, com pico de ocorrência nos 500m, com salinidade em torno de 36 ppm e a temperatura da água variando poucos graus e temperatura média em torno de 25ºC. Além disso, a batimetria parece ser uma variável bastante relevante para a construção do modelo, juntamente com a concentração de clorofila *α* e temperatura, que apresentam menor importância.

O mapa gerado (Figura 14) indica que o limite sul da distribuição desta espécie está em torno dos 30ºS, e que a espécie ocorre muito próxima a isóbata dos 1000m ao longo da costa.

Tabela 5 – Contribuição das variáveis nos modelos de nicho ecológico de *Stenella longirostris* e seus valores de AUC.

Modelos de nicho ecológico para *Stenella longirostris*					
		Modelo com área total		**Modelo com projeção**	
Valor de AUC		0,993		0,971	
Variáveis ambientais		**% de Contribuição das variáveis**		**% de Contribuição das variáveis**	
	Concentração de Clorofila *a*	Máxima	**13**	Máxima	**32,9**
		Média	0,2	Média	0,3
		Mínima	0,4	Mínima	0,6
		Variação	1,2	Variação	0,2
	Temperatura da superfície do mar	Máxima	2,2	Máxima	3
		Média	3	Média	1,2
		Mínima	12,2	Mínima	7
		Variação	0	Variação	0
	Salinidade	11,5		4,6	
	Batimetria	**56,3**		**50,4**	
Teste Jackknife	**Variável mais informativa**	Batimetria		Batimetria	
	Variável mais relevante	Batimetria		Batimetria	

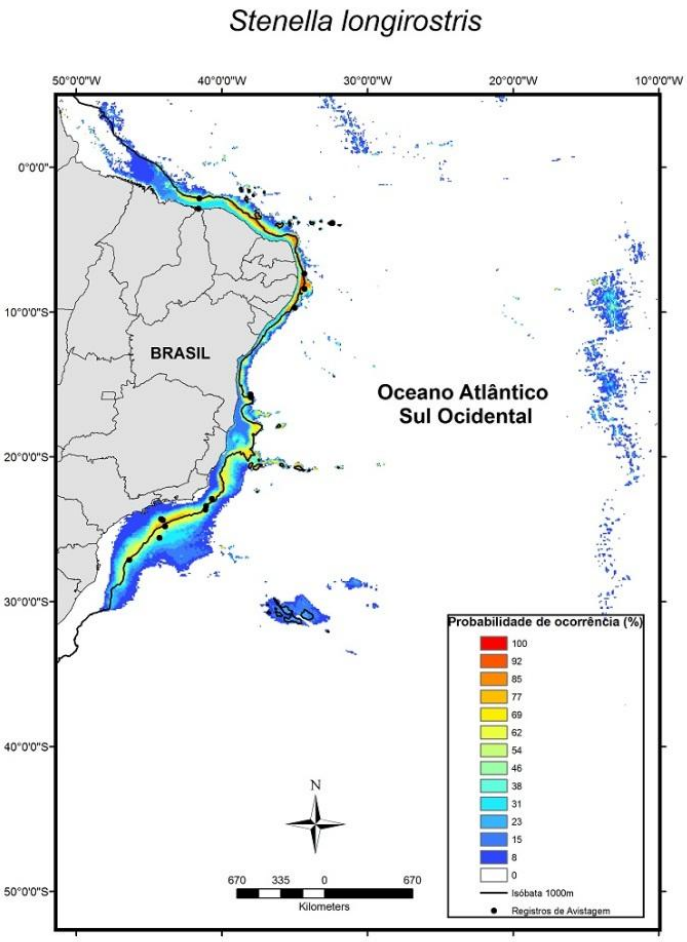

Figura 14 –Distribuição potencial de *S. longirostris* obtida com Maxent; Valor de AUC=0,993.

2 MODELOS DE NICHO ECOLÓGICO GERADOS COM ÁREA RESTRITA AOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA E PROJETADOS PARA ÁREA TOTAL DE ESTUDO

2.1 Golfinho-pintado-pantropical *(Stenella attenuata)*

O modelo gerado para esta espécie tem valor de AUC igual a 0,969 (Tabela 1).

O modelo demostra a alta probabilidade de ocorrência da espécie em águas cuja temperatura é estável e está acima de 25º C e tem cerca de 1000m de profundidade. O teste *Jackknife* revela que as variáveis mais informativas na construção do modelo são concentração média de clorofila *a* e batimetria.

Os mapas de distribuição potencial (Figura 15) são semelhantes ao mapa gerado pelo modelo realizado a partir da área total de estudo (Figura 10), exceto por uma probabilidade de ocorrência em áreas distantes da costa (indicado pela seta).

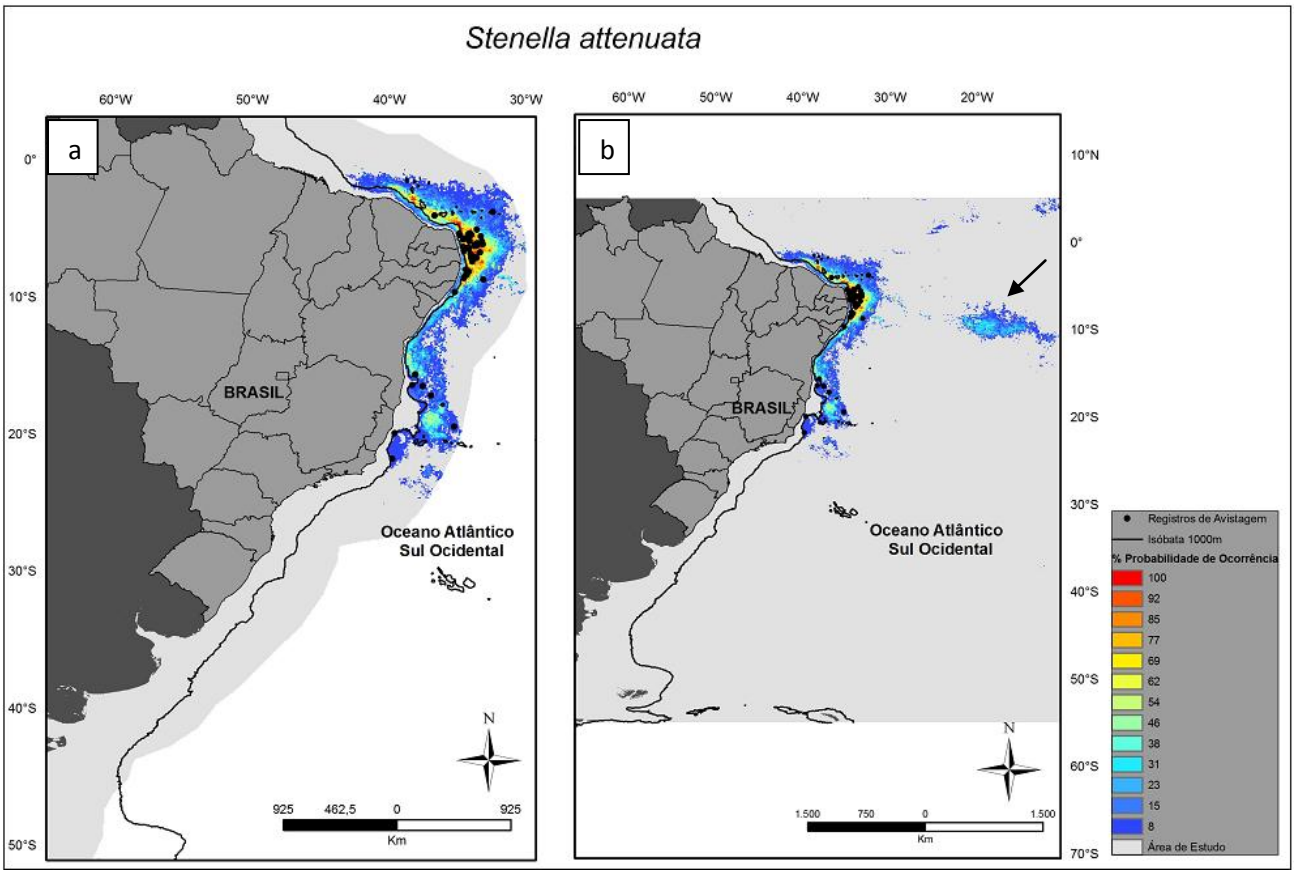

Figura 15 – Modelos de distribuição potencial de *S. attenuata* (Valor de AUC=0,969). Em (a) Modelo criado a partir da área restrita aos registros de ocorrência; (b) Modelo projetado para área total de estudo. A flecha indica possível área de ocorrência que não está presente no modelo gerado a partir da área total de estudo (Figura 10).

2.2 Golfinho-de-Clymene (*Stenella clymene*)

O modelo construído a partir da área restrita e projetado para a área total de estudo tem valor de AUC igual a 0,891(Tabela 2). Neste modelo, a espécie tem probabilidade de ocorrer em até 5500m de profundidade. Além disso, a probabilidade aumenta quando a salinidade está em torno de 36 ppm, a temperatura maior que 25ºC e a variação da temperatura da superfície é até 4ºC. O teste *Jackknife* indica a concentração mínima de clorofila *α* como variável mais importante.

Quando comparado ao modelo gerado a partir da área total de estudo (Figura 11), este modelo confirma a probabilidade maior de ocorrência da espécie em águas profundas, porém indica alta probabilidade de ocorrência em áreas oceânicas distantes da costa (indicado pelas setas na Figura 16 – b) e expande o limite de distribuição para cerca de 40ºS (Figura 16). Além disso, indica alguma probabilidade de ocorrência da espécie entre 45 – 55º S.

Estas prováveis áreas de ocorrência ausentes no primeiro modelo, apresentam algumas diferenças nos valores das variáveis quando comparadas a área mais restrita (Figura 9 – a e b), principalmente a partir de 50º S, onde as condições oceânicas são muito diferentes do ambiente tropical. Neste caso, devemos ter cautela ao considerarmos estas possíveis áreas de ocorrência.

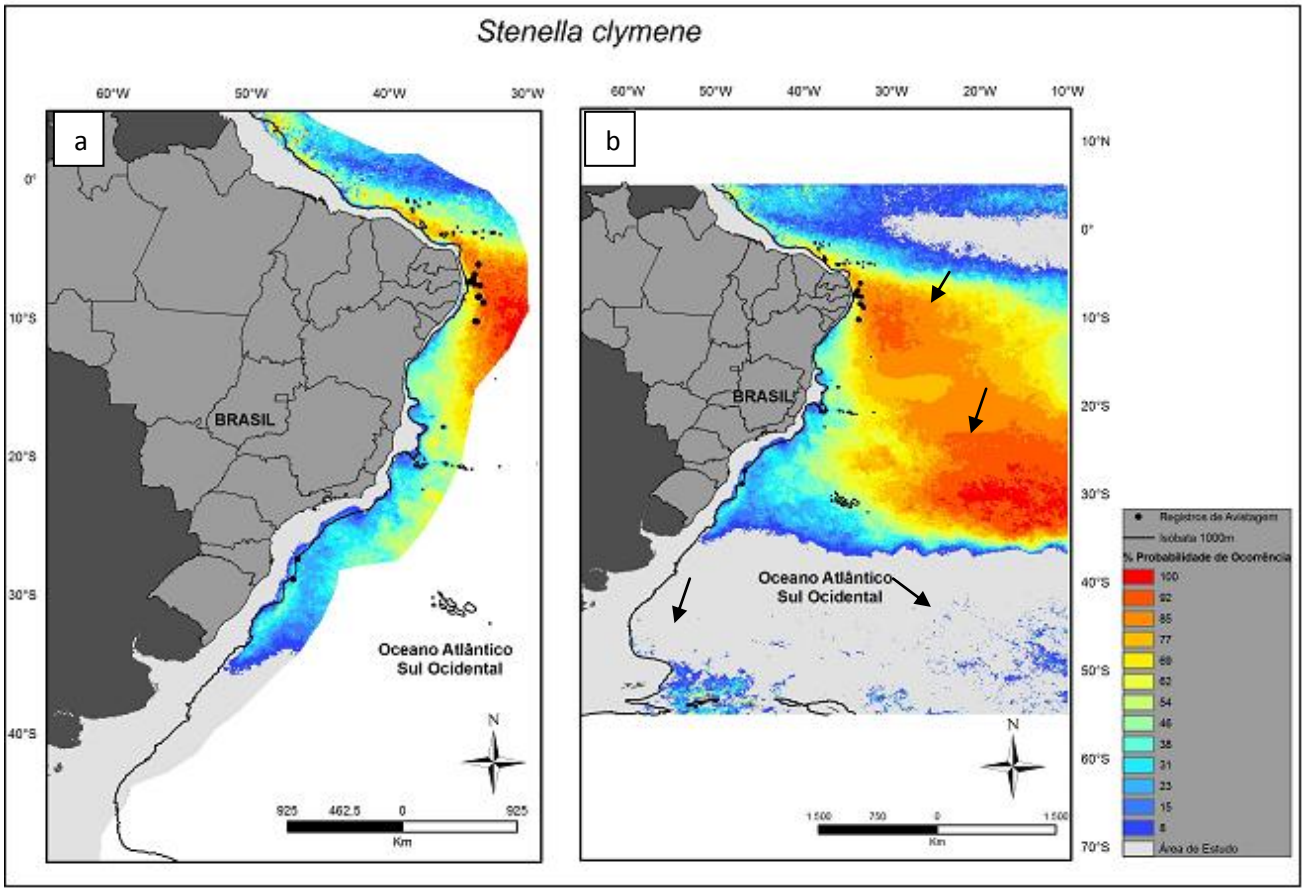

Figura 16 – Modelos de distribuição potencial de *S. clymene* (Valor de AUC=0,891). Em (a) Modelo criado a partir da área restrita aos registros de ocorrência; b) Modelo projetado para área total de estudo. As setas indicam possíveis áreas de ocorrência que não estão presentes no modelo gerado a partir da área total de estudo (Figura 11).

2.3 Golfinho listrado (*Stenella coeruleoalba*)

Assim como o modelo gerado com base na área total de estudo, este modelo apresenta muitas deficiências. O valor de AUC foi igual a 0,994 e indica que a variável mais importante é a variação da temperatura (Tabela 3).

Os mapas de distribuição potencial da espécie (Figura 17) são muito semelhantes ao mapa de distribuição criado pelo modelo feito a partir da área total de estudo (Figura 12).

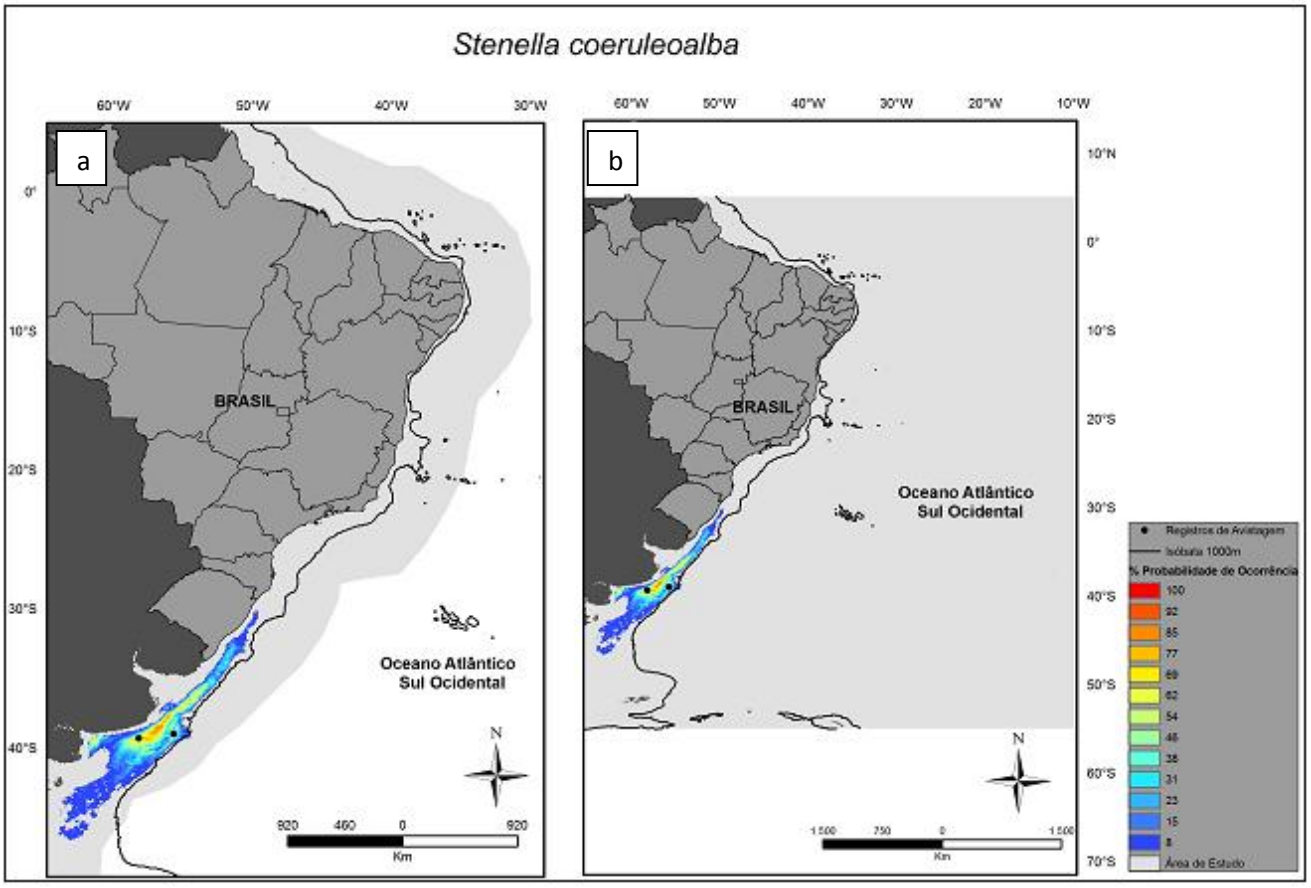

Figura 17 – Modelos de distribuição potencial de *S.coeruleoalba* (Valor de AUC=0,994). Em (a) Modelo criado a partir da área restrita aos registros de ocorrência;(b) Modelo projetado para área total de estudo.

2.4 Golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*)

O modelo de distribuição potencial de *Stenella frontalis* teve valor de AUC igual a 0,984 (Tabela 4). Este modelo confirma a preferência da espécie por águas costeiras, abaixo dos 1000m de profundidade e quentes. O teste *Jackniffe* indica que as variáveis mais relevantes são a média da temperatura da superfície do mar e batimetria.

Os mapas de distribuição (Figura 18 – a e b) deste modelo indicam as mesmas áreas como possíveis para a ocorrência de *S. frontalis* e também confirmam o hiato na distribuição.

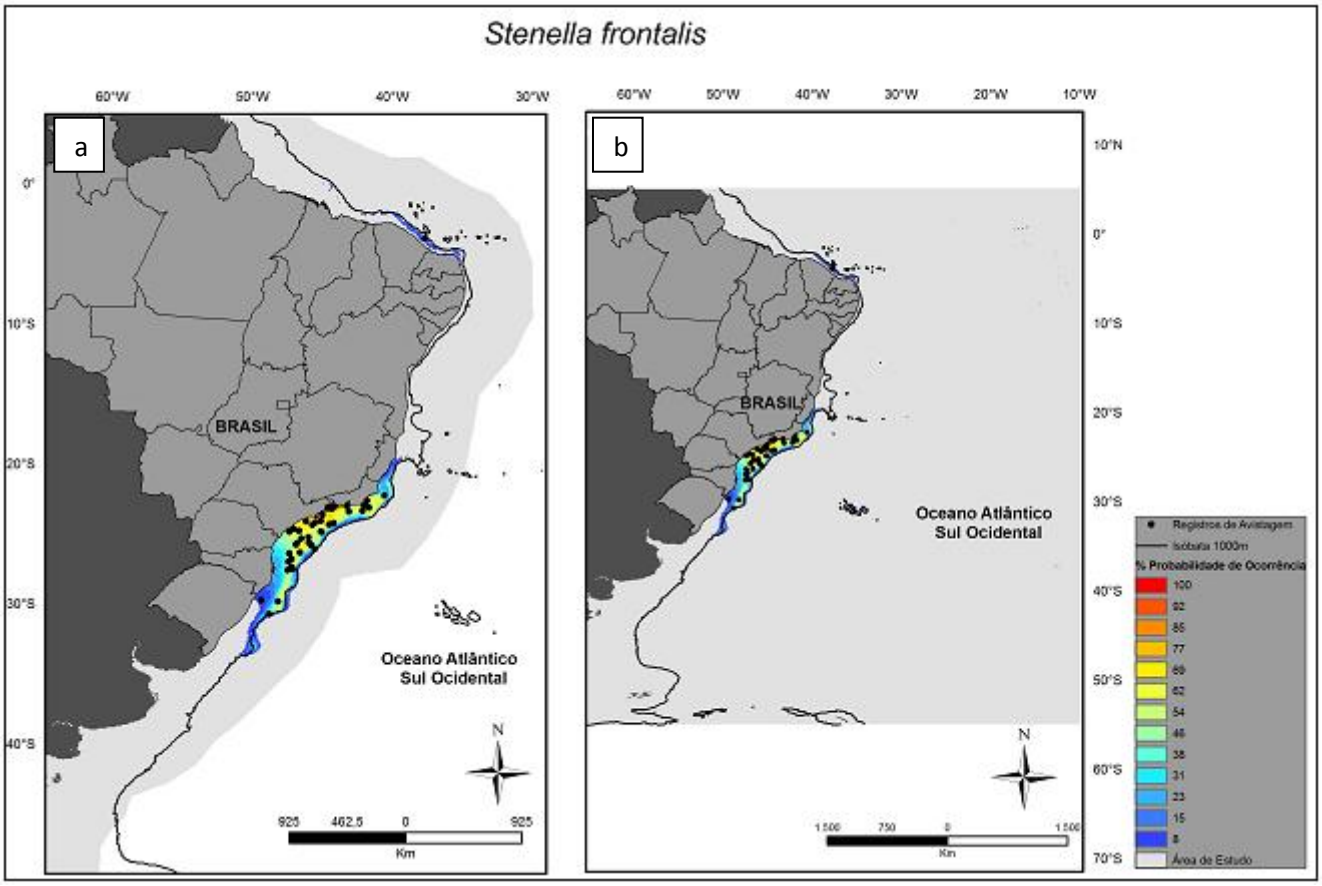

Figura 18 – Modelos de distribuição potencial de *S.frontalis* (Valor de AUC=0,984). Em (a) Modelo criado a partir da área restrita aos registros de ocorrência; b) Modelo projetado para área total de estudo.

2.5 Golfinho rotador (*Stenella longirostris*)

O modelo de distribuição potencial para *S. longirostris* tem valor de AUC igual a 0,971 (Tabela 5). Ele indica que a espécie tem mais chances de ser encontrada em águas onde a profundidade está entre 2000m e 0m, cuja temperatura tem baixa variação e está acima de 22,5ºC. O teste *Jackniffe* indica que a variável mais relevante para o modelo é a batimetria.

Os mapas de distribuição potencial (Figura 19 – a e b) indicam praticamente as mesmas áreas potenciais de distribuição que o mapa gerado a partir da área total de estudo.

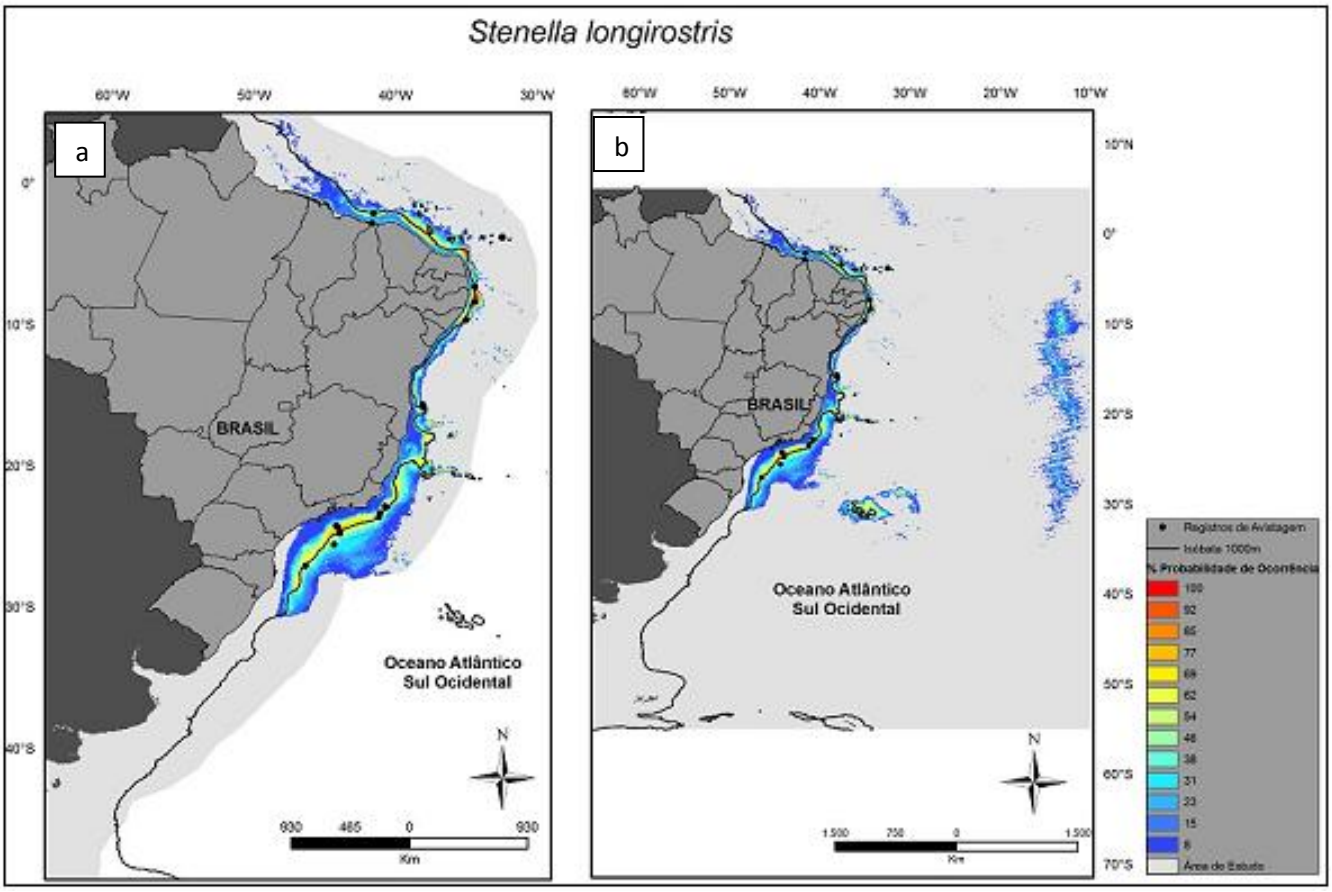

Figura 19 – Modelos de distribuição potencial de *S.longirostris* (Valor de AUC=0,971). Em (a) Modelo criado a partir da área restrita aos registros de ocorrência; (b) Modelo projetado para área total de estudo.

DISCUSSÃO

Os cetáceos são animais extremamente móveis e se distribuem sobre vastas distâncias e em uma visão muito superficial pode-se pensar que o ambiente marinho não oferece barreiras geográficas para a dispersão das espécies, uma vez que diversas espécies são consideradas cosmopolitas, como a orca (*Orcinus orca*), o cachalote (*Physeter macrocephalus*), o golfinho-comum (*Delphinus delphis*) e o golfinho-nariz-de-garrafa (Tursiops truncatus) (Perrin, Würsig *et al.*, 2002). Porém, apesar de o ambiente marinho parecer ser homogêneo o suficiente para suportar a distribuição de uma espécie sobre uma ampla área geográfica, ele também oferece condições locais variadas que facilitam o desenvolvimento de especializações para nichos locais (Hoelzel, 1998).

Hoelzel (1998) propõe um esquema dos tipos de ambientes possivelmente experimentados pelos cetáceos. Segundo o autor, diferentes condições oceânicas podem ser experimentadas pelos cetáceos como decorrência da disponibilidade de suas presas, uma vez que estas podem ser invertebrados, peixes, cefalópodes ou mamíferos marinhos. Estas presas podem habitar diferentes regiões no ambiente marinho, podendo ser bentônicos, de superfície, pelágicos, de águas profundas ou costeiras. Ou seja, a partir do tipo de presa, a espécie predadora enfrenta uma gama de habitats com expressivas diferenças. Além disso, Hoezel (1998) sugere que os animais estão sujeitos a diferentes hábitat oriundos de diferenças climáticas (como o clima polar, o temperado ou o tropical) e geográficas (como o ambiente ribeirinho, o costeiro ou o pelágico). A soma destes fatores gera diferentes condições que levam a especializações das espécies e reflete diferenças no uso do habitat. As bacias oceânicas por si só oferecem uma diversidade de hábitat oriunda da diferença de profundidade, salinidade, temperatura da água, correntes, produção primária, entre outras (Hoelzel, 1998; Forcada, 2002).

De acordo com as características oceanográficas, com os dados da literatura e com os resultados da modelagem de nicho ecológico para os golfinhos do gênero *Stenella* percebe-se que o Oceano Atlântico Sul Ocidental oferece hábitat diferenciados para cada espécie. É interessante ressaltar que variáveis bióticas, como a interação com presas, predação e competição não estão no escopo deste trabalho, mas estas podem estar indiretamente contempladas a partir dos dados

utilizados, tanto biológicos quanto ambientais, para construir os modelos de nicho ecológico.

A espécie *Stenella attenuata* (golfinho-pintado-pantropical) demonstra preferência pela massa de Água Tropical que predomina na porção nordeste da costa do Brasil, ocorrendo além da quebra da plataforma continental. Porém, como nesta região a plataforma continental é estreita, a espécie ocorre próximo da costa. De acordo com Perrin *et al*. (1994), *S. attenuata* e *S. longirostris* tendem a ocorrer em águas superficiais onde a termoclina é extensa e estável e onde a variação anual da temperatura da água é pequena. Os mapas de variação da temperatura em relação ao aumento da profundidade (Figura 6) parecem confirmar esta preferência de *S. attenuata* e *S. longirostris* por águas quentes com termoclina extensa, pois até cerca de 100m de profundidade, a costa nordeste da América do Sul apresenta temperaturas em torno de 25ºC, cuja corrente predominante é a Corrente do Brasil. O modelo de distribuição para *S. attenuata* (Figura 10) confirma o limite de distribuição de 23º S proposto por Moreno *et al*. (2005) com base em registros de encalhe e avistagem, apesar de revelar possivelmente uma distribuição muito mais restrita em termos longitudinais do que proposto pelos autores (ver Figura 1 – b). Uma possível explicação para este padrão seria a diminuição da temperatura nas águas mais oceânicas, logo abaixo da superfície, oferecendo uma barreira para dispersão da espécie bem como, provavelmente, das suas presas (Figura 6 – d - e).

Já *Stenella clymene* (golfinho-de-Clymene) é a única espécie que revela um padrão de distribuição bastante amplo obtido através da modelagem de nicho ecológico, corroborando o descrito na literatura em que a espécie é registrada em alto mar entre o continente americano e o africano (Perrin, Mitchell *et al.*, 1981; Fertl, Jefferson *et al.*, 2003). O modelo de nicho ecológico indica probabilidade de ocorrência maior que 50% em águas com profundidade em torno de 4000m e confirma a preferência da espécie por águas além da quebra da plataforma continental (Figura 11) (Fertl, Jefferson *et al.*, 2003; Moreno, Zerbini *et al.*, 2005). Embora o golfinho-de-Clymene seja uma espécie tipicamente tropical, os registros em Santa Catarina (Simões-Lopes, Praderi *et al.*, 1994) e no Rio Grande do Sul (Fertl, Jefferson *et al.*, 2003) demonstram que a espécie pode chegar a regiões bem mais ao sul. Esta ocorrência mais austral foi prevista pela modelagem (Figura 16 – a e b), onde o Maxent indica a probalidade de ocorrência da espécie no Uruguai onde ainda não existem registros confirmados da espécie.

Poucas inferências podem ser feitas quanto à distribuição de *Stenella coeruleoalba.* Neste trabalho optou-se utilizar apenas registros 100% confirmados das espécies, por esse motivo, apenas dois registros de avistagem estavam disponíveis e foram utilizados para gerar os modelos de nicho ecológico de *S. coeruleoalba*. Apesar de a literatura citar encalhes no nordeste da costa brasileira (Lucena, Paludo *et al.*, 1998), a maior parte dos encalhes, capturas acidentais e avistagens são na região sul do Brasil e Argentina (Bastida, Rodríguez *et al.*, 2001; Moreno, Zerbini *et al.*, 2005; De Castro, Leonardi *et al.*, 2011). Através do modelo de nicho ecológico, não é possível inferir os hábitos da espécie, pois os dois registros ocorreram em águas da plataforma continental e com alta variação na temperatura, o que pode ter tendenciado o padrão de distribuição. Além disso, desconsideramos o modelo gerado a partir da área total de estudo, pois ele teve valor de AUC igual a 1. Matematicamente este valor não é possível de ser atingido em modelos de distribuição de espécie que utilizam apenas registros de ocorrência (Phillips, Anderson *et al.*, 2006) e, provavelmente, este valor de AUC decorreu do pequeno tamanho amostral utilizado em uma grande área de estudo (Wisz, Hijmans *et al.*, 2008).

A espécie *Stenella frontalis* (golfinho-pintado-do-Atlântico) é a única espécie de golfinhos *Stenella* que apresenta hábitos estritamente costeiros no Oceano Atlântico Sul Ocidental, ocorrendo sobre a plataforma continental até 1000m de profundidade. Os registros mais austrais da espécie são no Rio Grande do Sul e correspondem à região influenciada pela zona de Convergência Subtropical, por esse motivo a espécie parece variar seus limites de distribuição sazonalmente, frequentando águas mais ao sul quando a Corrente do Brasil predomina na região, ou seja, nos meses de verão (Moreno, Zerbini *et al.*, 2005). A modelagem (Figura 18 – a e b) sugere que no Rio Grande do Sul a espécie acompanha a isóbata dos 1000m e limita a sua distribuição próximo da latitude de 35ºS.

O hiato na distribuição entre 6 e 21ºS proposto por Moreno et al (2005) está presente na modelagem. O modelo indica baixa probabilidade de ocorrência da espécie (8%) na parte norte da América do Sul, mesmo tendo sido utilizado um registro real de ocorrência nesta região para gerar o modelo. Nesse sentindo, a modelagem de nicho ecológico pode ser mais uma ferramenta capaz de fornecer evidências para a distinção entre populações, ou até mesmo espécies, uma vez que

especializações intraespecíficas refletem diferenças no uso do habitat e isso pode ser detectado através dos modelos de nicho ecológico (Pearson, 2007).

O golfinho rotator (*Stenella longisrostris*) tem hábitos semelhantes a *S. attenuata*, porém tolera uma amplitude maior de temperatura e parece acompanhar a Corrente do Brasil até cerca de 30ºS, que é onde esta corrente encontra a corrente de água fria das Malvinas. O modelo de nicho ecológico (Figura 14) corresponde ao limite proposto por Moreno *et al.* (2005), que sugere que a espécie ocorra até 30ºS e se distribui tanto na plataforma continental externa, no talude e em águas profundas. Embora exista uma probabilidade de encontrar *S. longirostris* em águas da Cadeia Mesoatlântica (ver Figura 14 e 19 – b) essa chance é baixa, pois a espécie tem uma maior preferência por águas mais próximas ao continente, revelando que a previsão de Moreno *et al*. (2005) com relação aos limites longitudinais da espécie foram superestimados.

Neste trabalho, foi utilizado o programa Maxent para estimar a distribuição geográfica das espécies através do método de máxima entropia, pois ele requer apenas registros de presença (Phillips, Anderson *et al.*, 2006). Além disso, o programa apresenta excelente habilidade preditiva e, quando comparado a outros algoritmos, ele demonstra melhor desempenho em baixo número de registros de presença, porque apresenta sensibilidade moderada ao tamanho amostral (Wisz, Hijmans *et al.*, 2008; Edrén, Wisz *et al.*, 2010).

Porém, quando comparamos os mapas de distribuição potencial, gerados pelo programa Maxent, (Figuras 10 a 19) com os mapas de distribuição das espécies disponíveis na literatura (Figuras 1 a 5), fica evidente que a modelagem de nicho ecológico revela áreas mais restritas suscetíveis à presença das espécies, diferentemente do que se observa em mapas de distribuição disponíveis na literatura (Jefferson, Webber *et al.*, 2008). Nesse sentido, pode-se pensar que a justificativa para estes novos padrões seriam deficiências, tanto de variáveis ambientais quanto de registros de ocorrência, na geração dos modelos de distribuição potencial.

Um modelo de distribuição de espécie é uma estratégia utilizada para estimar a distribuição atual ou potencial de uma espécie, através da caracterização das condições ambientais que são adequadas para ela e, posterior, identificação de ambientes adequados que estão distribuídos no espaço. A premissa central dos modelos de correlação é que a distribuição observada de uma espécie fornece informações úteis sobre suas necessidades ambientais (Pearson, 2007). Porém,

informações sobre condições ambientais e localidades de ocorrência fornecem apenas amostras do nicho realizado da espécie. Desta forma, um modelo de nicho ecológico representa uma aproximação do nicho realizado da espécie, nas dimensões da área de estudo e ambientais que estão sendo consideradas (Phillips, Anderson *et al.*, 2006).

Nem sempre o nicho realizado da espécie coincide com o nicho fundamental e, assim, não podemos esperar que um algoritmo de modelagem caracterize o nicho fundamental da espécie, uma vez que a informação necessária para isto, muitas vezes, não está totalmente representada nas localidades de ocorrência (Phillips, Anderson *et al.*, 2006). Este problema pode ser visualizado neste estudo, onde os registros de ocorrência foram obtidos a partir de uma pequena parcela da área total de estudo. A variação espacial que existe na composição da comunidade, como resultado de interações bióticas, bem como as condições ambientais disponíveis para a espécie podem não estar sendo representadas, devido ao baixo esforço amostral em áreas mais distantes da costa. Além disso, os registros de ocorrência poderiam estar influenciando fortemente as previsões (Phillips, Anderson *et al.*, 2006).

A fim de contornar este problema, tendo em vista que esforços amostrais em áreas oceânicas são dispendiosos e escassos, utilizou-se o recurso "*Projecting*" do Maxent, em que um modelo gerado a partir de um conjunto de variáveis ambientais pode ser projetado em outro conjunto de variáveis (Phillips, Anderson *et al.*, 2006). Esse recurso é utilizado para prever a distribuição das espécies em cenários de mudanças nas condições climáticas, ou para avaliar o modelo em um conjunto de locais testes para melhorar as análises estatísticas.

Neste trabalho, utilizamos este recurso com o intuito de delimitar a área de estudo mais proximamente dos registros de avistagens, a fim de verificar a influência do tamanho da área de estudo nas distribuições potenciais. Sabe-se, por exemplo, que modelos com áreas mais restritas de distribuição podem apresentar alto valor de AUC, mas este valor alto não indica, necessariamente, um bom desempenho do modelo (Phillips, Anderson *et al.*, 2006) ou, também, quando poucos registros são utilizados para gerar modelos de nicho ecológico em áreas muito amplas facilmente se obtém valores de AUC altos (Wisz, Hijmans *et al.*, 2008).

Porém, os modelos criados a partir deste recurso também apresentaram altos valores de AUC e os mapas de distribuição foram muito semelhantes aos mapas de

distribuição potencial gerados a partir da área total de estudo, o que parece confirmar um padrão de distribuição mais restrito para o gênero *Stenella* no Oceano Atlântico Sul Ocidental.

Os modelos de distribuição potencial podem estar, de fato, refletindo a distribuição real das espécies. Os altos valores de AUC, que caracterizam o excelente desempenho dos modelos, podem ser atribuídos à qualidade das variáveis ambientais utilizadas na construção dos modelos. O banco de dados *Bio-Oracle* apresenta valores de AUC extremamente altos em dados de treino e teste em programas de modelagem, demonstrando que as "*rasters Bio-Oracle*" capturam as preferências macroecológicas das espécies e então, quando usadas corretamente, permitem a construção de modelos de nicho ecológico altamente acurados para espécies marinhas (Tyberghein, Verbruggen *et al.*, 2011).

Phillips *et al*. (2006) apresentando o estudo sobre a potencial distribuição de uma espécie de preguiça, *Bradypus variegatus*, através dos algoritmos GARP e Maxent, revela que estes algoritmos produzem bons mapas de distribuição potencial das espécies (ou seja, áreas com condições ambientais adequadas à espécie) e que estes mapas são superiores aos mapas padrões de guias de campo.

Os padrões restritos de distribuição obtidos para as espécies do gênero *Stenella* corroboram trabalhos recentes que questionam a existência de espécies cosmopolitas. Estes trabalhos sugerem que espécies com ampla distribuição, na verdade, podem ser subespécies ou até mesmo espécies diferentes (Hoelzel, 1998; Chivers, Leduc *et al.*, 2005; Tezanos-Pinto, Scott Baker *et al.*, 2008; Morin, Archer *et al.*, 2010). Dentre os delfinídeos, *Orcinus orca* e *Tursiops truncatus* são exemplos desta nova abordagem. A orca (*Orcinus orca*) por muito tempo foi considerada a segunda espécie de mamífero mais amplamente distribuída, ficando atrás apenas da espécie humana. Esta espécie é encontrada em todos os oceanos e em muitos mares, sendo mais comumente observadas em áreas costeiras, temperadas e especialmente em áreas de alta produtividade (Ford, 2002). Porém, estudos revelam que a espécie apresenta diversos ecótipos com discretas diferenças alimentares, morfológicas e comportamentais (Hoelzel, 1998; Ford, 2002; Morin, Archer *et al.*, 2010). Uma revisão recente do genoma mitocondrial da espécie feita por Morin *et al*. (2010) recomenda que três ecótipos sejam elevados a categoria de espécie e que alguns ecótipos remanescentes passem a ser considerados subespécies. Estes ecótipos seriam consistentes com especializações histórico-ecológicas de pequenas

populações (ou até mesmo grupos maternos) em cada região, reforçadas seja por alopatria temporária ou simpatria e com mecanismos sociais e comportamentais de isolamento. Ou seja, os diferentes ecótipos indicam evolução independente das diferentes populações devido a especializações alimentares em diferentes bacias oceânicas e aparente diversificação de muitos tipos dentro de cada bacia. (Morin, Archer *et al.*, 2010).

Os golfinhos-nariz-de-garrafa também foram considerados cosmopolitas, porém devido a grande variação morfológica reconhece-se duas espécies: *Tursiops truncatus* e *T. aduncus* (Wells e Scott, 2002). Estes golfinhos apresentam especializações relacionadas ao habitat, principalmente quanto à formas costeiras e oceânicas (Hoelzel, Potter *et al.*, 1998; Hoelzel, 1998). Em uma revisão da estruturação populacional e diversidade genética da espécie *T. truncatus* realizada por Tezanos-Pinto *et al.* (2008), parece que esta espécie se adaptou uma ou mais vezes a diferentes condições ambientais resultando, portanto, em diferentes formas ou ecótipos. Os autores sugerem que estes ecótipos podem representar diferentes espécies ou subespécies.

A subfamília Delphininae, que inclui os gêneros: *Sousa, Stenella, Delphinus*, *Tursiops, Lagenodelphis* (LeDuc, 2002b), é um grupo que resultou de uma rápida e recente radiação (Kingston, Adams et al., 2009). Segundo Kingston *et al*. (2009), os oceanos suportam uma diversidade de espécies similares de golfinhos e, consequentemente, produzem condições ambientais necessárias para a diversificação observada nesta subfamília.

Através da modelagem de nicho ecológico podemos observar que a ampla distribuição das espécies, como sugeridas pela literatura (por exemplo, as Figuras 1 – 5 deste trabalho), é um engano. A presença das espécies está diretamente relacionada às condições do meio que habitam e as bacias oceânicas oferecem ambientes altamente diferenciados para as espécies, sendo impossível encontrar ambientes semelhantes em vastas regiões. Portanto, através dos modelos de habitat pode-se estimar quais variáveis ambientais são importantes para a seleção de habitat de uma determinada espécie e também prever onde os golfinhos são prováveis de ocorrer de acordo com tipos de habitat (Garaffo, Dans *et al.*, 2011).

CONCLUSÃO

Os modelos de nicho ecológico são capazes de auxiliar na compreensão da distribuição natural das espécies, principalmente, quando os dados de pesquisa são bem amostrados e as variáveis ambientais utilizadas na construção dos modelos são relevantes. Neste contexto, os modelos podem apresentar alta capacidade preditiva e prover importantes informações ecológicas (Elith e Leathwick, 2009).

A modelagem de nicho ecológico, através do método da máxima entropia, revelou-se uma ferramenta bastante eficaz na previsão da distribuição das espécies para o gênero *Stenella*. Esta pode ser uma importante ferramenta utilizada para projetos de manejo e conservação de espécies oceânicas, cuja obtenção de dados é bastante difícil e não se conhece a real distribuição das espécies.

Os modelos apresentam mapas que indicam que *Stenella attenuata, S. longirostris* e *S. clymene* habitam águas quentes e profundas, com exceção de *S. frontalis* que tem está presente em ambientes costeiros. Quanto a *S. coeruleoalba* muitas dúvidas restam quanto à sua distribuição, fazendo-se necessário buscas por mais registros de ocorrência desta espécie.

Além disso, o modelo indicou que as espécies não apresentam ampla distribuição no Oceano Atlântico Sul Ocidental, confirmando um padrão de distribuição mais restrito, em que as espécies apresentam estruturações populacionais restritas a uma fina escala local. Tais padrões provavelmente refletem a adaptação das espécies de cetáceos a nichos específicos proporcionados por condições oceânicas diferenciadas (Hoelzel, 1998; Tezanos-Pinto, Scott Baker *et al.*, 2008; Kingston, Adams *et al.*, 2009).

REFERÊNCIAS

ARCHER II, F. I.; PERRIN, W. F. *Stenella coeruleoalba*. **Mammalian Species**, n. 1-9, 1999.

AU, D. W. K.; PERRYMAN, W. L. Dolphin Habitats in the Eastern Tropical Pacific. Fishery Bulletin, v. 83, n. 4, p. 623-643, Oct 1985.

BALLANCE, L. T.; PITMAN, R. L.; FIEDLER, P. C. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography, v. 69, n. 2-4, p. 360-390, 2006.

BASTIDA, R. et al. La presencia del delfin listado, *Stenella Coeruleoalba*(Meyen, 1883), en el mar Argentino. Mastologia Neotropical, v. 8, p. 111-127, 2001.

BAUMGARTNER, M. F. et al. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin,** v. 99, n. 2, p. 219-239, Apr 2001.

CAÑADAS, A.; SAGARMINAGA, R.; GARCÍA-TISCAR, S. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. **Deep-Sea Research I,** v. 49, p. 2053 - 2073, 2002.

CHIVERS, S. J. et al. Genetic variation of Kogia spr with preliminary evidence for two species of Kogia sima. Marine Mammal Science, v. 21, n. 4, p. 619-634, Oct 2005.

DAVIS, R. W. et al. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico. **Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers,** v. 49, n. 1, p. 121-142, Jan 2002.

DE CASTRO, R. L. et al. Far from home: Record of a vagrant striped dolphin in Patagonia with notes on diet, parasites and age determination. Mammalian Biology - Zeitschrift fur Saugetierkunde, v. 76, n. 4, p. 521-524, 2011.

EDRÉN, S. M. C et al. Modelling spatial patterns in harbour porpoise satellite telemetry data using maximum entropy. **Ecography,** v. 33, n. 4, p. 698-708, 2010.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. In: (Ed.). **Annual Review of Ecology**

Evolution and Systematics. Palo Alto: Annual Reviews, v.40, 2009. p.677-697. (Annual Review of Ecology Evolution and Systematics).

ELITH, J. et al. A statistical explanation of Maxent for ecologistis. **A Journal of Conservation Biogeography**, p. 1-15, 2010.

EMÍLSSON, I. The Shelf and Coastal Waters off Southern Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**. São Paulo, v. 17, n.2, p. 101-112, 1961.

FERTL, D. et al. Distribution of the Clymene dolphin *Stenella clymene*. **Mammal Review,** v. 33, n. 3-4, p. 253-271, Sep-Dec 2003.

FORCADA, J. Distribution. In: PERRIN, W. F.;WÜRSIG, B., et al (Ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. San Diego: Academin Press, 2002. p.327-333.

FORD, J. K. B. Killer Whale. In: PERRIN, W. F.;WÜRSIG, B., et al (Ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. San Diego: Academic Press 2002. p.669-675.

FRASER, F. C. Comments on the Delphinoidea. In: NORRIS, K. S. (Ed.). **Whales, dolphins and porpoises**. Berkeley: University of California Press, 1966. p.7–31.

FRIEDLAENDER, A. S. et al. Ecological niche modeling of sympatric krill predators around Marguerite Bay, Western Antarctic Peninsula. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography,** v. 58, n. 13-16, p. 1729-1740, 2010.

GARAFFO, G. V. et al. Modeling habitat use for dusky dolphin and Commerson's dolphin in Patagonia. Marine Ecology-Progress Series, v. 421, p. 217-227, 2011.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters,** v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.

HAMMOND, P.S. et al. *Stenella attenuata*, 2008a. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Acessado em 15/10/11.

HAMMOND, P.S. et al. *Stenella clymene*. 2008b. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Acessado em 15/10/11.

HAMMOND, P.S. et al. *Stenella coeruleoalba*. 2008c. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Acessado em 15/10/11.

HAMMOND, P.S. *Stenella frontalis*. 2008d In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Acessado em 15/10/11.

HAMMOND, P.S. et al. *Stenella longirostris.* 2008e. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Acessado em 15/10/11.

HOELZEL, A. R. Genetic structure of cetacean populations in sympatry, parapatry, and mixed assemblages: implications for conservation policy. **The Journal of Heredity**, v. 89, 1998.

HOELZEL, A.; POTTER, C.; BEST, P. Genetic differentiation between parapatric 'nearshore' and 'offshore' populations of the bottlenose dolphin. Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences, v. 265, p. 1177 - 1183, 1998.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; PITMAN, R. L. **Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification**. London: Academic Press, 2008.

KINGSTON, S.; ADAMS, L.; ROSEL, P. Testing mitochondrial sequences and anonymous nuclear markers for phylogeny reconstruction in a rapidly radiating group: molecular systematics of the Delphininae (Cetacea: Odontoceti: Delphinidae). **BMC Evolutionary Biology,** v. 9, n. 1, p. 245, 2009.

LEDUC, R. G. Biogeography. In: PERRIN, W. F.;WÜRSIG, B., et al (Ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. San Diego: Academic Press, 2002a. p.99-102.

LEDUC, R. G. Delphinids, Overview. In: PERRIN, W. F.;WÜRSIG, B., et al (Ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. San Diego: Academic Press, 2002b. p.310-314.

LEDUC, R.; PERRIN, W.; DIZON, A. Phylogenetic relationships among the delphinid cetaceans based on full cytochrome b sequences. **Marine Mammal Science,** v. 15, p. 619 - 648, 1999.

LOCARNINI, R. A., MISHONOV, A. V., ANTONOV, J. I., BOYER, T. P., GARCIA, H. E., BARANOVA, O. K., ZWENG, M. M., JOHNSON, D. R. World Ocean Atlas 2009, v.1: Temperature. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp. 2010. Acessado em 02/11/11.

LOZIER, J. D.; ANIELLO, P.; HICKERSON, M. J. Predicting the distribution of Sasquatch in western North America: anything goes with ecological niche modelling. **Journal of Biogeography,** v. 36, n. 9, p. 1623-1627, Sep 2009.

LUCENA, A.; PALUDO, D.; LANGGUTH, A. New records of Odontoceti (Cetacea) from the coast of Paraíba, Brazil. **Revista Nordestina de Biologia,** v. 12, n. 1/2, p. 19-27, 1998.

MATANO, R.P.; SCHLAX, M.G.; CHELTON, D.B. Seasonal variability in the Southern Atlantic. Journal of Geophysical Research, v. 98, no. /C10, p.18,027-18,035, Oct 1993.

MAIA-NOGUEIRA, R.; FARIAS, T. S.; CUNHA, I.F.; DÓREA-REIS, L.W.; BRAGA, F. L. Primeiro registro de *Stenella coeruleoalba* Meyen, 1833 (Cetacea, Delphinidae) no litoral norte do estado da Bahia, incluíndo uma revisão da espécie em águas brasileiras. **Bioikos,** v. 15, n. 1, p. 45-49, 2001.

MORENO, I. B. et al. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea : Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series,** v. 300, p. 229-240, 2005.

MORIN, P. A. et al. Complete mitochondrial genome phylogeographic analysis of killer whales (Orcinus orca) indicates multiple species. Genome Research, v. 20, n. 7, p. 908-916, July 1, 2010 2010.

MULLIN, K. D. et al. Sightings of the Clymene Dolphin (*Stenella clymene*) in the Gulf-of-Mexico. **Marine Mammal Science,** v. 10, n. 4, p. 464-470, Oct 1994.

OTT, P. H.; DANILEWICZ, D. Southward range extension of *Steno bredanensis* in the Southwest Atlantic and new records of *Stenella coeruleoalba* for Brazilian waters. **Aquatic Mammals,** v. 22, n. 3, p. 185-189. 1996.

PEARSON, R. G. Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. 2007.

PERKINS, P. C.; EDWARDS, E. F. Capture rate as function of school size in pantropical spotted dolphins, *Stenella attenuata*, in the eastern tropical pacific ocean. **Fishery Bulletin,** v. 97, p. 542-554, 1998.

PERRIN, W.; CALDWELL, D.; CALDWELL, M. Atlantic Spotted Dolphin *Stenella frontalis* (G. Cuvier, 1829). **Handbook of marine mammals,** v. 5, p. 173 - 190, 1994.

PERRIN, W.; JW GILPATRICK, J. Spinner Dolphin *Stenella longirostris* (Gray, 1828). **Handbook of marine mammals,** v. 5, p. 99 - 128, 1994.

PERRIN, W.; MEAD, J. Clymene Dolphin *Stenella clymene* (Gray, 1846). **Handbook of marine mammals,** v. 5, p. 161 - 171, 1994.

PERRIN, W.; WILSON, C. E.; ARCHER II, F. I.Striped Dolphin *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833). **Handbook of marine mammals,** v. 5, p. 129 - 159, 1994.

PERRIN, W. et al. Revision of spotted dolphins, *Stenella* spp. **Marine Mammal Science,** v. 3, p. 99 - 170, 1987.

PERRIN, W. et al. *Stenella clymene*, a rediscovered tropical dolphin in the Atlantic. **Journal of Mammalogy,** v. 62, p. 583 - 598, 1981.

PERRIN, W. F. Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the eastern tropical pacific. **Journal of Fish Research Board of Canada,** v. 32, p. 1059-1067, 1975.

PERRIN, W. F. *Stenella attenuata*. **Mammalian Species,** v. 683, p. 1-8, 2001.

PERRIN, W. F. Spinner Dolphin - *Stenella longirostris*. In: PERRIN, W. F.;WURSIG, B.*, et al* (Ed.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. San diego: Academic Press, 2002. p.1174 - 1178.

PERRIN, W. F.; AKIN, P. A.; KASHIWADA, J. V. Geographic variation in external morphology of the spinner dolphin *Stenella longirostris* in the eastern pacific and implications for conservation. **Fishery Bulletin,** v. 89, p. 411-428, 1991.

PERRIN, W. F.; HOHN, A. A. Pantropical spotted dolphin *Stenella attenuata* In: RIDGWAY, S. H. e HARRISON, R. (Ed.). **Handbook of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, v.5, 1994. p.71-98.

PERRIN, W. F. et al. Reexamination of geographic variation in cranial morphology of the pantropical spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the eastern pacific. **Fishery Bulletin,** v. 92, n. 324-346, 1994.

PERRIN, W. F.; WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. **Encyclopedia of marine mammals**. 2nd. Academic Press, 2008. 1316

PHILLIPS, S.; ANDERSON, R.; SCHAPIRE, R. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling,** v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

PIDWIRNY, M. Concept of Ecological Niche. **Fundamentals of Physical Geography** (2Ed.) Date Viewed: http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9g.html. Acessado em 15/10/11.

READY, J. et al. Predicting the distributions of marine organisms at the global scale. **Ecological Modelling,** v. 221, p. 467-478, 2010.

REDFERN, J. V. et al. Techniques for cetacean-habitat modeling. **Marine Ecology-Progress Series,** v. 310, p. 271-295, 2006.

RICHARDS, C. L.; CARSTENS, B. C.; LACEY KNOWLES, L. Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generating and testing alternative biogeographical hypotheses. **Journal of Biogeography,** v. 34, n. 11, p. 1833-1845, 2007.

ROBERTSON, K. M.; CHIVERS, S. J. Prey occurence in pantropical spotted dolphins, *Stenela attenuata*, from the eastern tropical pacific. **Fishery Bulletin,** v. 95, p. 334-348, 1997.

SCHNELL, G. D.; DOUGLAS, M. E.; HOUGH, D. J. Geographic Patterns of Variation in Offshore Spotted Dolphins (*Stenella attenuata*) of the Eastern Tropical Pacific-Ocean. **Marine Mammal Science,** v. 2, n. 3, p. 186-213, Jul 1986.

SECCHI, E. R.; SICILIANO, S. Comments on the southern range of the spinner dolphin (*Stenella longirostris*) in the Western South Atlantic. **Aquatic Mammals,** v. 21, n. 2, p. 105-108, 1995.

SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. **Subtropical Convergence Environments - The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic**. Berlin: Springer-Verlag 1997. 332

SIMÕES-LOPES, P. C.; PRADERI, P.; PAULA, G. D. The Clymene Dolphin, Stenella-Clymene (Gray, 1846), in the Southwestern South-Atlantic Ocean. Marine Mammal Science, v. 10, n. 2, p. 213-217, Apr 1994. SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v.48, n.2, p. 171-183, 2000.

TEZANOS-PINTO, G. et al. A Worldwide Perspective on the Population Structure and Genetic Diversity of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in New Zealand. **Journal of Heredity,** v. 10.1093/jhered/esn039 p. esn039, May 20, 2008.

TYBERGHEIN, L. et al. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. **Global Ecology and Biogeography**, p. no-no, 2011.

WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Bottlenose dolphins. Tursiops truncatus and T. aduncus. In: PERRIN, W. F.;WÜRSIG, B., et al (Ed.). Encyclopedia of Marine Mammals. San Diego: Academic Press, 2002. p.122-127.

WISZ, M. S. et al. Effects of sample size on the performance of species distribution models. **Diversity and Distributions,** v. 14, n. 5, p. 763-773, 2008.

XIMÉNEZ, A.; PRADERI, R. Nuevos aportes sobre el conocimiento de delphines del genero *Stenella* para el Atlantico Sudoccidental. **III Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América de Sur**, 1992.