



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

JULIA CAVALLI PIERRY

**Efeito do medo nas respostas comportamentais do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) ao  
*playback* do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus gephyreus*)**

Florianópolis

2021

Julia Cavalli Pierry

**Efeito do medo nas respostas comportamentais do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) ao  
*playback* do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus gephyreus*)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós  
Graduação em Ecologia da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre  
em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Gonçalves Daura-Jorge  
Coorientador: Dr. Leonardo Liberali Wedekin

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pierry, Julia Cavalli

Efeito do medo nas respostas comportamentais do boto cinza (*Sotalia guianensis*) ao playback do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus gephyreus*) / Julia Cavalli Pierry ; orientador, Fábio Gonçalves Daura-Jorge, coorientador, Leonardo Liberali Wedekin, 2021.

69 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Cetáceos. 3. Comportamento animal. 4. Ecologia do medo. 5. Agressividade. I. Daura-Jorge, Fábio Gonçalves. II. Wedekin, Leonardo Liberali. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ecologia. IV. Título.

JULIA CAVALLI PIERRY

**Efeito do medo nas respostas comportamentais do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) ao  
*playback* do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus gephyreus*)**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho  
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Paulo César de Azevedo Simões-Lopes  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Renato Hajenius Aché de Freitas  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Luís Carlos Pinto de Macedo Soares  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andrea Santarosa Freire  
Coordenadora do Programa

---

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Daura-Jorge  
Orientador

Florianópolis, 2021

Dedico esse estudo ao mar, aos botos e às mulheres.

## AGRADECIMENTOS

Mamíferos sociais que somos, assim como os botos que estudo, nós também tendemos a aumentar nossa coesão de acordo com os contextos comportamentais. O medo – sentimento comumente presente na vida de pessoas que cursam uma pós-graduação no Brasil – também me fez querer estar mais perto de outros indivíduos. Não só quando precisei de ajuda, mas quando quis comemorar as pequenas grandes vitórias do caminho, sempre tive uma grande rede de apoio ali, por mim. As que estavam ali sabem bem os altos e baixos da eterna montanha-russa sentimental que foi esse mestrado. Realização de um sonho, desafio. Conquista acadêmica, desafio. Ser mulher na pesquisa, desafio. Eleições, pandemia, dinheiro. Desafios inerentes à sociedade capitalista e patriarcal que vivemos, apesar de todos os meus privilégios. Talvez eu tivesse vencido tudo isso sozinha, mas ainda bem que não precisei.

Agradeço à minha família pelo apoio de sempre, por acreditarem nos meus sonhos e me incentivarem a ir atrás da realização deles. Ao longo da construção da minha carreira eu já saí de Floripa algumas vezes pra trabalhar em outros mares e mesmo com a distância física, nunca me senti só ou desamparada. Hoje eu escrevo esses agradecimentos morando em outro estado e a saudade só reforça o tanto de amor que existe entre nós. Agradeço especialmente à minha mãezinha por acreditar em mim quando eu duvidei, por me levantar quando desabei e por tantos abraços, carinhos e risos. Ao meu papai, por toda a força e suporte, pela ótima companhia nos nossos rolês e por sempre me encorajar a seguir em frente. À minha irmã e meu irmão, pelo cuidado e diversão compartilhados nas viagens que fizemos e nos nossos domingos em família e também pela honra de ser tia dos meus amorzinhos todos! E à Luna, minha irmãzinha canina, companheira de aventuras que me enche de amor incondicional há 12 anos. Amo muito vocês!

Com todo meu amor, agradeço à minha melhor amiga – Marcelle. Todos os nossos momentos juntas são preciosidades pra mim e sou eternamente grata pela nossa relação. Obrigada por tantas risadas, por me ajudar a digitar milhares de dados nas minhas planilhas, por essa parceria incrível e por tanto amor – expandido agora com sua linda família! Sou grata ao Edu pelo suporte chique de ter um migo designer e por ser um companheiro tão massa pra minha amiga. E a vocês dois, agradeço pela honra de ser madrinha da Catarina. Amo vocês!

E falando em migas, quanta sorte eu tenho por ter tantas mulheres incríveis comigo. Lari, esse mestrado não teria sido o mesmo sem você do meu lado. Obrigada por sua existência linda, potente, poética e inspiradora. Vamos juntas, sempre! Gabi e Lu, vocês duas são pessoas que quero pra sempre do meu ladinho. Vamos envelhecer todas juntas sim, no nosso veleiro chiques por aí! Ser vizinha de vocês três no primeiro ano do mestrado foi tudo! Compartilhar a

casinha com a Thai, também! Ai Thaixxx, obrigada por me amar mesmo morando um ano inteiro comigo, obrigada por me arrastar pra festas bizarras e me proporcionar lembranças que jamais vou esquecer. Maca, obrigada por cada momento compartilhado, por cada abraço, conselho e por todo amor. Kátia e Jú, desde a graduação sabemos que podemos contar umas com as outras e vocês foram acalanto e diversão mais vezes do que podem imaginar. Yasminke, minha preciosidade, sou tão feliz pela nossa amizade se fortalecer a cada ano que passa. Viajar com você pela Europa nesse mestrado foi o auge, beloved! E Cla, minha parceira de campo e de caos hahaha, obrigada pela parceria sem tamanho nesse ano louco de pandemia, mudança de estado, início em trabalho novo e finalização da pós! Ter você aqui comigo tornou tudo mais leve e divertido. Sou só amor por todas vocês. Gratidão!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e todas as pessoas que o constroem diariamente: muito obrigada. Nesses dois anos conheci pessoas inspiradoras e reforcei relações com outras tantas. Às professoras e professores, técnicas e técnicos, pós-doutorandos e todas as pessoas que possibilitam a permanência da Universidade pública e existência de um programa como esse: muito obrigada. Na POSECO vivi momentos únicos que ajudaram a moldar a profissional que sou – as disciplinas, saídas de campo maravilhosas, SAPECOS, o aniversário de 10 anos da pós, a construção coletiva da greve estudantil e o curso de campo são alguns exemplos. Agradeço especialmente aos Profes Nivaldo e Natália, pelo carinho e acolhimento durante o curso de campo nos dias difíceis que vivemos lá pós eleições. À Prof. Michele pela inspiração de sempre, Prof. Renato pela disponibilidade e atenção e aos pós-docs – Áurea maravilhosa, Thithi querido e Luís, que detém a sabedoria plena do R e me salvou algumas vezes nas análises.

Agradeço à galera toda do LAMAQ, pela dedicação coletiva, pelos ensinamentos, por toda troca científica e pelos nossos rolezinhos! Há mais de oito anos eu faço parte dessa família-equipe e sou muito feliz por isso. Todas e todos vocês contribuem para minha formação. Agradeço especialmente ao Paulinho, por me aceitar no LAMAQ lá em 2012 e me dar tantas oportunidades e ensinamentos – és minha maior referência profissional e sempre vai ser uma honra pra mim poder trabalhar com você. Destaco aqui um agradecimento para a família Barcelonesa, pela semana que vivemos morando juntas durante a bienal. Cla, Gabi, Maca, Lari e John – eu amo cada um de vocês, mas eu amo tanto mais nós todes juntas. Obrigada pelas vivências memoráveis.

Por falar na viagem pra bienal, registro aqui minha eterna gratidão à todas as pessoas, conhecidas ou não, que contribuíram pra minha vaquinha, possibilitando minha ida ao

congresso mais importante da minha área de atuação pela primeira vez, para apresentar alguns dos resultados desse mestrado. Foi uma das experiências mais incríveis da minha vida e sem vocês eu não teria conseguido – muito obrigada! Agradeço também o apoio financeiro que recebi através da bolsa VIVA Juliana Molás ao longo desse ano de pandemia e prorrogação da defesa, o qual foi simplesmente fundamental pra mim. Mia, Marina e Rafa, espero que saibam o quanto vocês são necessárias, inspiradoras e fonte de força e motivação pra tantas de nós. Vida longa ao VIVA – Instituto Verde Azul. Ao longo desse ano também tive a oportunidade de entrar em um novo grupo de trabalho, o Projeto Boto-Cinza, realizado pelo IPeC. Agradeço de coração pelo acolhimento, pela equipe linda que somos e pela paciência que tiveram comigo nessa finalização de mestrado. Sou muito grata por essa experiência e por poder conhecer de perto os incríveis botos caiçaras.

A realização desse estudo não seria possível sem o apoio do CNPq, agradeço pela bolsa e espero que muitas outras pesquisadoras possam receber isso também – que a ciência seja cada vez mais valorizada e incentivada no nosso país. Agradeço também ao apoio logístico do Paulo/ICMBio e do Eduardo/Instituto Australis, pelo empréstimo de suas embarcações para nossa coleta de dados. Ao Professor Yvonick Le Pendu (UESC) pelo empréstimo da caixa de som subaquática e ao Dr. Marcos Rossi-Santos por fazer esse traslado pra gente, por somar na equipe e compartilhar um pouco dos seus saberes acústicos comigo. Agradeço todas e todos que foram para campo comigo, especialmente a Bianca Romeu que também contribuiu com os sons utilizados nos *playbacks*. De antemão, agradeço aos membros da banca por aceitarem contribuir nesse estudo – admiro muito o trabalho de cada um de vocês.

Por fim, agradeço aos meus orientadores Fábio e Leo por toparem essa aventura comigo. Sei que o caminho seguro seria realizar um mestrado com dados já coletados, mas mesmo assim vocês botaram fé e tornaram possível o desenvolvimento de um trabalho que não só coletou dados, como coletou dados realizando um experimento de exposição controlada na natureza! Leo, muito obrigada pelo treinamento no drone, por disponibilizar equipamentos e embarcação, pelos campos incríveis realizados e por todos os ensinamentos desde a minha graduação – vocês me permitiram começar os meus estudos com essa população de botos lá em 2014 e vou ser pra sempre grata por isso. Fábio, te agradeço por toda a motivação e incentivo, por estar presente em momentos cruciais dessa jornada, por acreditar no meu trabalho e potencial como pesquisadora e pela oportunidade de estar aqui, concluindo esse estudo. Obrigada por dedicarem esse tempo pra mim, entre tantos compromissos que vocês tem. Espero que ao olhar pra trás agora vocês possam sentir que aprenderam algo comigo também. Obrigada e até a próxima!

“Me levanto  
sobre o sacrifício  
de um milhão de mulheres que vieram antes  
e penso  
*o que é que eu faço*  
*para tornar essa montanha mais alta*  
*para que as mulheres que vierem depois de mim*  
*possam ver além”*

- Rupi Kaur

## RESUMO

Mudanças comportamentais resultantes do medo da predação podem ter maiores consequências evolutivas que a predação em si. As reações de um indivíduo ao se deparar com uma ameaça natural, como um grande competidor ou predador/agressor, pode moldar a organização e o comportamento social de uma população. Duas espécies de cetáceos, o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e o boto-da-tainha (*Tursiops truncatus gephyreus*) co-ocorrem em uma região costeira no Sul do Brasil, a Baía Norte da Ilha de Santa Catarina. Apesar da simpatria em uma escala regional, são poucos os registros de encontro entre indivíduos das duas espécies, sendo um destes registros uma descrição de comportamento agonístico dos botos-da-tainha sobre os botos-cinza. O boto-cinza pode ser avistado ao longo de todo o ano na área, geralmente reunidos em um grande e coeso grupo de aproximadamente 100 indivíduos, sendo essa a população residente mais austral da espécie. Já os botos-da-tainha, avistados em pequenos grupos de até 12 indivíduos, apresentam registros mais esporádicos no interior da Baía Norte, com aparente partição de habitat em relação ao boto-cinza. Essa diferença de ocupação da área por ambas espécies pode estar relacionada a fatores ecológico-comportamentais, tais como competição por recursos e agressão interespecífica. Nesse sentido, este estudo investigou se a presença do boto-da-tainha influencia padrões espaciais e comportamentais do grupo de boto-cinza. Para isso, foi realizado um experimento de exposição controlada (ECC), onde foram avaliadas as respostas comportamentais de superfície do boto-cinza, antes, durante e após exposição a *playbacks* que simulam a presença dos botos-da-tainha. Para tal, foram realizadas saídas embarcadas sistemáticas para coleta de imagens aéreas com um drone e exposição do *playback*. As imagens aéreas foram analisadas para obtenção dos dados de coesão e sincronia de direção de deslocamento entre indivíduos, bem como os estados e eventos comportamentais realizados pelos botos-cinza. A partir dos dados de deslocamento do drone, analisamos a distância percorrida e a velocidade de deslocamento dos botos-cinza. Todas as métricas analisadas apresentaram um aumento durante e após as exposições sonoras, indicando uma resposta de proteção coletiva e fuga/evasão dos botos-cinza diante da presença simulada de um potencial agressor. Nesse sentido, os efeitos do medo relacionados ao risco de uma agressão podem ser os principais motivadores da segregação espacial observada entre as duas espécies na região.

**Palavras-chave:** cetáceos, comportamento, competição, agressão, *Sotalia guianensis*.

## ABSTRACT

Behavioral changes resulting from fear of predation may have greater evolutionary consequences than predation itself. An individual reactions when faced with a natural threat, such as a major competitor or predator/aggressor, can shape the organization and social behavior of a population. Two cetacean species, Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) and bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus gephyreus*) co-occur in a coastal region in southern Brazil, the North Bay of Santa Catarina Island. Despite their co-occurrence on a regional scale, there are only a few encounter records between individuals of the two species, one of which is a description of an agonistic behavior from bottlenose dolphins over Guiana dolphins. Guiana dolphins can be seen throughout the year in the area, usually gathered in a large and cohesive group of approximately 100 individuals, this being the southernmost resident population of the species. Bottlenose dolphins, seen in small groups of up to 12 individuals, have more sporadic records in the interior of the North Bay, with an apparent partition of habitat in relation to Guiana dolphins. This difference in area occupation by both species may be related to ecological-behavioral factors, such as competition for resources and inter-specific aggression. In this sense, this study investigated whether the presence of bottlenose dolphins would influence spatial and behavioral patterns of Guiana dolphins group. In order to do that, a controlled exposure experiment (CEE) was carried out, in which the behavioral responses of Guiana dolphins were evaluated, before, during and after exposure to playback sounds that simulate the presence of bottlenose dolphins. To this end, systematic surveys were taken to collect aerial images with a drone and display the playback. Aerial images were analyzed to obtain data on cohesion and displacement synchrony between individuals, as well as behavioral states and events carried out by Guiana dolphins. From the drone's displacement data, we analyzed the distance covered and the travel speed of Guiana dolphins. All the metrics analyzed showed an increase during and after the sound exposures, indicating a collective protection response and escape/evasion of Guiana dolphins in the face of simulated presence of a potential aggressor. In this sense, fear effects related to the risk of aggression may be the main drivers for the spatial segregation observed between the two species in the region.

**Keywords:** cetaceans, behavior, competition, aggression, *Sotalia guianensis*.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa da área de estudo, a Baía Norte da Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. Os triângulos na margem continental indicam a ocorrência de *Sotalia guianensis* (WEDEKIN *et al.*, no prelo) e os círculos indicam as avistagens de *Tursiops* sp (WEDEKIN *et al.*, 2008).....20
- Figura 2.** Desenho amostral do experimento de exposição controlada. (a) Representação esquemática da posição da embarcação próxima ao grupo de botos-cinza, com a caixa acústica emissora dos sons de *playback* e o drone posicionado sobre o grupo, acompanhando seu deslocamento. Representação esquemática do controle temporal do experimento, com os tratamentos: (b) antes, (c) exposição e (d) depois da exposição sonora, com duração de dois minutos por tratamento..... 22
- Figura 3.** Exemplificação dos frames quanto a qualidade da representação. (a) Frame pouco representativo, não considerado nas análises; (b) frame válido para as análises, com o maior número de indivíduos aparecendo por vinda do grupo à superfície; (c) exemplo de frame com evento de forrageio – pesca em círculo; (d) exemplo de frame com evento de deslocamento – *porpoising*..... 24
- Figura 4.** (a) Esquema da extração de dados de posição de cada boto – para cálculo da coesão entre eles, e do ângulo de direção – para cálculo da sincronia de direção de deslocamento, através do programa ImageJ. (b) Esquema da extração da distância percorrida pelos botos em cada tratamento das sessões de exposição, no programa *Google Earth Pro*...25
- Figura 5.** Tempo relativo dos estados comportamentais observados em relação ao tipo de *playback* (*Sotalia*, *Tursiops*) e tratamento (A - Antes, E - Exposição, D - Depois)..... 28
- Figura 6.** Frequência relativa dos eventos comportamentais observados em cada tipo de *playback* (*Sotalia*, *Tursiops*) e tratamento (Antes, Exposição, Depois). ..... 31
- Figura 7.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta do tempo relativo de forrageio dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*) e número de exposições prévias no mesmo dia..... 33
- Figura 8.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta da frequência relativa dos eventos de forrageio dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*) e número de exposições prévias no mesmo dia..... 35

<b>Figura 9.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta de número de indivíduos por frame como <i>proxy</i> de coesão dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição ( <i>Sotalia</i> , <i>Tursiops</i> ) e número de exposições prévias no mesmo dia. ....	37
<b>Figura 10.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta de número de subgrupos por frame como <i>proxy</i> inverso de coesão dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D) e tipo de exposição ( <i>Sotalia</i> , <i>Tursiops</i> ). ....	38
<b>Figura 11.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta índice de coesão dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição ( <i>Sotalia</i> , <i>Tursiops</i> ) e número de exposições prévias no mesmo dia. ....	39
<b>Figura 12.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta sincronia de direção de deslocamento dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D). ....	41
<b>Figura 13.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta distância percorrida dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D). ....	42
<b>Figura 14.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta linearidade dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D). ....	43
<b>Figura 15.</b> Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta velocidade dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D). ....	44

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Relação das variáveis resposta consideradas em todos os modelos lineares generalizados mistos ajustados aos dados, com as respectivas distribuições e funções de ligação utilizadas para cada uma delas.....26

**Tabela 2.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para a variável resposta tempo de forrageio do boto-cinza.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AICc}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso do AIC = peso de evidências..... 32

**Tabela 3.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta de frequência de eventos de forrageio.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AIC}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências. .... 34

**Tabela 4.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta de número de indivíduos por frame.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AICc}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.....36

**Tabela 5.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta de número de subgrupos por frame.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AICc}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.....38

**Tabela 6.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta índice de coesão.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AICc}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências..... 39

**Tabela 7.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta sincronia de direção do deslocamento.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AICc}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.... 40

**Tabela 8.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta distância percorrida.  $\log\text{Lik}$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta\text{AICc}$  =  $\text{AICc}_{\text{modelo}} - \text{AICc}_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.....41

**Tabela 9.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta linearidade. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências. ....42

**Tabela 10.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta velocidade. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências. ....43

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Eventos comportamentais observados nas filmagens aéreas, com sua respectiva sigla de identificação, estado comportamental que se enquadra e descrição. ....	29
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	19
1.1.1	Objetivo Geral.....	19
1.1.2	Objetivos específicos .....	19
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	19
2.2	COLETA DE DADOS .....	21
2.3	PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	23
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	25
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
3.1	ANÁLISE DAS FILMAGENS .....	27
3.2	ANÁLISE DOS FRAMES .....	35
3.3	ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS .....	41
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
5.1	NOTAS SOBRE CONSERVAÇÃO .....	50
5.2	NOTAS SOBRE A METODOLOGIA APLICADA .....	51
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Um olhar para o conjunto de interações entre espécies e seu papel para a biodiversidade, foi descrito por Thompson (1997) como uma “biodiversidade interativa”. Este conceito ajuda a compreender o funcionamento das comunidades e populações a partir das conexões interdependentes que existem entre os seres componentes. As interações ecológicas podem ser distinguidas em cinco categorias principais: competição, predação, parasitismo, mutualismo e detritivoria, sendo a influência de uma espécie sobre a outra definida de forma funcional como positiva, negativa ou neutra, dependendo da interação entre elas (BEGON, 2009). Uma das interações ecológicas mais estudadas é a competição, a qual é caracterizada pela exploração de um recurso comum entre indivíduos da mesma espécie ou entre duas ou mais espécies – apresentando negatividade recíproca entre elas (PRICE; CLANCY, 1986). A competição pode se manifestar diretamente através da exploração de um recurso compartilhado, ou ainda indiretamente por interferência comportamental (ESTES *et al.*, 2003).

A competição interespecífica surge como consequência da co-ocorrência de espécies animais que desempenham a mesma função ecológica em uma região. Dependendo do nível de similaridade entre estas espécies, mais ou menos dimensões dos seus nichos ecológicos fundamentais irão se sobrepôr (HUTCHINSON, 1957). Para que não ocorra uma exclusão competitiva, são necessárias condicionantes que facilitem a coexistência, como por exemplo uma segregação espacial ou temporal no uso de recursos (ROUGHGARDEN, 1976; PIANKA, 1978), ou especializações comportamentais e tróficas (ESTES *et al.*, 2003). No caso de animais competidores que possuem um sistema nervoso e cognitivo muito desenvolvido, além da complexidade na organização social, a coexistência pode ser mediada por interações comportamentais agressivas e assimétricas, nas quais uma das espécies busca defender o território e proteger os recursos, despertando na outra um aprendizado de medo associado ao risco de novos encontros (BENEVIDES *et al.*, 2019; SCHAKNER *et al.*, 2017).

Dentro do estudo de interações ecológicas, o maior enfoque em questões relacionadas ao medo, no entanto, se dá nas relações predador-presa. Com uma teoria bem estabelecida, conhecida como “ecologia do medo”, diversos estudos demonstram o efeito da presença dos predadores na ecologia comportamental das presas (BROWN *et al.*, 1999). As respostas comportamentais à percepção do risco de predação podem se manifestar de diferentes formas, alterando o tamanho de grupo (CARO, 2005; CREEL *et al.*, 2008), promovendo a fuga para locais mais seguros (KOTLER *et al.*, 1992; SIH, 1997), ou a adoção de uma postura vigilante (BROWN; KOTLER, 2004). Essas reações comportamentais podem refletir na diminuição ou

alteração de atividades de forrageio ou do uso de determinados habitats para evitar exposição ao risco, mesmo que as taxas de predação sejam mínimas (CREEL; CHRISTIANSON, 2008).

Nas sociedades animais, os comportamentos motivados pelo medo afetam a sobrevivência e podem moldar aspectos diversos em nível populacional, se manifestando na organização social e na dinâmica das populações envolvidas. Diferente do efeito direto de uma predação consumada de um ou poucos indivíduos, os efeitos do medo se manifestam coletivamente, afetando simultaneamente um número de indivíduos muito maior ao gerar variações comportamentais (LIMA; DILL, 1990; SHMITZ *et al.*, 1997). No caso da interação entre dois predadores que compartilham as mesmas presas e são assim também potenciais competidores, o medo pode alterar o comportamento de um dos predadores em resposta a presença do outro, em especial quando este outro é uma espécie com tendência agressiva. Neste contexto, o medo indiretamente interfere na dinâmica de competição das espécies envolvidas.

Diversos estudos relatam interações agressivas entre espécies competidoras que coexistem, para diferentes grupos animais sociais, tanto invertebrados quanto vertebrados: por exemplo, interações entre abelhas afetando significativamente o tempo de forrageio e a quantidade de recursos obtidos para ambas espécies (JOHNSON; HUBBELL, 1974); interações entre peixes em que uma das espécies se destaca na defesa territorial, possivelmente levando à exclusão da outra espécie competidora (BALSHINE *et al.*, 2005); aves de tamanhos semelhantes em um mesmo habitat apresentam variação comportamental para estabelecimento de hierarquia, na qual uma apresenta sinais agressivos para afastar a outra (MURRAY JR, 1971); mamíferos roedores simpátricos e muito semelhantes, estabelecendo seus territórios preferenciais e permitindo a coexistência livre de agressão apenas nas periferias desses ambientes (WOLFF *et al.*, 1983); e primatas com agressões direcionadas a filhotes de outras espécies, chegando ao extremo de infanticídios, que podem estar relacionados às grandes densidades populacionais das espécies quando ocupam um pequeno fragmento florestal e competem por seus recursos (RIMBACH *et al.*, 2012).

No ambiente marinho casos similares também ocorrem. Comportamentos agressivos entre delfínídeos foram registrados para diferentes espécies e em diversas circunstâncias, como por exemplo: (1) agressões intraespecíficas foram registradas em *Tursiops truncatus* (CONNOR *et al.*, 1992); (2) comportamentos agressivos similares descritos para *Tursiops truncatus* (OVERSTROM, 1983; HERZING, 1988) e *Stenella frontalis* (WOOD, 1953); (3) agressão entre delfínídeos simpátricos como *Grampus griseus* e *Globicephala macrorhynchus* (SHANE, 1995); (4) agressões interespecíficas em cativeiro entre *Tursiops truncatus* e *Stenella*

sp. (WOOD, 1953); (5) agressões direcionadas a filhotes da mesma espécie realizadas por *Tursiops truncatus* e de outras espécies por *Lagenorhynchus obliquides* (DUNN *et al.*, 2002; BAIRD, 1998); e (6) agressões letais realizadas por *Tursiops truncatus* (ROSS; WILSON, 1996). Nota-se que *Tursiops truncatus* está geralmente envolvido nesses relatos, sugerindo que interações agressivas, em diferentes contextos, são comuns para a espécie.

Duas espécies de cetáceos, *Sotalia guianensis* e *Tursiops truncatus gephyreus* (LAHILLE, 1908), co-ocorrem em uma região costeira no sul do Brasil, a Baía Norte da Ilha de Santa Catarina (FLORES; FONTOURA, 2006). *Sotalia guianensis*, é conhecida popularmente no Brasil como boto-cinza, mede aproximadamente dois metros de comprimento quando adulto, possui hábitos alimentares generalistas e oportunistas (BARROS, 1991; DAURA-JORGE *et al.*, 2011; DI BENEDITTO, 2007) e é considerada uma espécie de comportamento tímido se comparada a *Tursiops* sp., não sendo comum haver interação da espécie com outros cetáceos. *Tursiops truncatus gephyreus*, conhecida popularmente no sul do Brasil como boto-da-tainha, foi recentemente reconhecida como subespécie (COSTA *et al.*, 2019), sendo o ecótipo costeiro de *Tursiops truncatus*, que pode medir até 3,8 metros de comprimento quando adultos, possui hábitos alimentares generalistas e apresenta ampla plasticidade comportamental (LODI; BOROBIA, 2013; CONNOR *et al.*, 2000; WELLS; SCOTT, 2009).

A Baía Norte representa o limite sul de distribuição de *Sotalia guianensis*, onde ocorre uma população residente que pode ser observada ao longo do ano (SIMÕES-LOPES, 1988). Essa população tende a permanecer organizada em um único grande grupo social de aproximadamente 100 indivíduos, por vezes formando subgrupos com aparente fluidez de indivíduos em um padrão fissão-fusão, podendo ser mais ou menos coesos, dependendo do contexto comportamental (DITT-PFUNDSTEIN *et al.*, 2014; DAURA-JORGE *et al.* 2005). Nessa organização social, a formação de um único e grande grupo pode estar relacionada a uma estratégia de proteção. Na Baía Norte também ocorre uma das cinco unidades de manejo (populações) de *Tursiops truncatus gephyreus* (FRUET *et al.*, 2014).

Apesar da simpatria em escala regional, há uma evidente segregação espacial entre o boto-cinza e o boto-da-tainha em uma escala espacial fina, dentro da Baía Norte (FLORES; FONTOURA, 2006). O boto-cinza utiliza uma pequena área de vida ao longo da margem continental, ao oeste da baía, enquanto o boto-da-tainha é predominantemente observado na margem da Ilha de Santa Catarina, ao leste, porém de forma menos frequente, por utilizar uma área de vida que se estende às águas costeiras adjacentes (FLORES; FONTOURA, 2006;

WEDEKIN *et al.*, 2008). Após décadas de monitoramento, um único registro de encontro das duas espécies foi realizado no local. Esse registro descreve um comportamento agonístico dos botos-da-tainha sobre os botos-cinza por mais de duas horas (WEDEKIN *et al.*, 2004). Em outra ocasião os botos-cinza abandonaram uma área previamente ocupada após a percepção da aproximação dos botos-da-tainha; neste relato os autores também registram marcas de dentes em botos-cinza, que sugerem como causa, ataques dos botos-da-tainha (FLORES; FONTOURA, 2006). A aparente raridade de encontros entre estas espécies, combinada às evidências de ocorrência de comportamentos agressivos, indica que o boto-cinza pode estar evitando o boto-da-tainha na região.

Dentre os poucos registros de interação entre *S. guianensis* e *T. truncatus* no Brasil, além do estudo motivador dessa pesquisa, há duas descrições de interação cooperativa em comportamento de forrageio, uma na Baía de Guanabara no Rio de Janeiro (ANDRADE *et al.*, 1987) e outra na Barra de Guaratuba no litoral sul do Paraná (MONTEIRO-FILHO *et al.*, 1999). Um estudo realizado na Costa Rica descreve interações frequentes entre as espécies em grupos mistos sociais, com ocorrência de hibridização entre elas (ACEVEDO-GUTIÉRREZ *et al.*, 2005). Por fim, um estudo em cativeiro descreve um encontro agressivo, uma tentativa de cópula entre um macho de *Sotalia* com uma fêmea de *Tursiops* e uma ocasião de interação não-agressiva (TERRY, 1984).

Tanto os botos-cinza residentes da Baía Norte quanto os botos-da-tainha que co-ocorrem na região estão expostos à diversas ameaças de origem antrópica. Dentre as atividades que ocorrem no local e podem ser consideradas, segundo a literatura, como ameaças para ambas as espécies, destaca-se o emalhamento acidental em redes de pesca (SIMÕES-LOPES; XIMENEZ, 1990), o tráfego de embarcações e a possibilidade de colisão (RICHARDSON; WURSIG, 1997; WELLS; SCOTT, 1997), a poluição acústica (RICHARDSON *et al.*, 1995) e química (BORRELL; REIJNDERS, 1999), além da possibilidade de diminuição ou perda de habitat como consequência de atividades costeiras, como a maricultura e construções irregulares. Considerando que essas pressões antrópicas já ocorrem na Baía Norte (WEDEKIN *et al.*, 2005) e que tendem a se intensificar no interior e entorno da baía, é possível que a dinâmica do uso da área pelas duas espécies seja alterada com a perda ou degradação dos habitats, forçando uma maior sobreposição espacial entre elas, ou ao menos um aumento na frequência de encontros. Essas alterações podem levar a respostas ecológicas e comportamentais complementares em ambas as espécies, com consequências imprevisíveis. Entender os fatores que governam e moldam a distribuição das duas espécies em uma escala

local bem como os mecanismos e motivações que possibilitam a co-ocorrência com segregação espacial entre as duas espécies na região é, portanto, essencial.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Investigar se a presença do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus gephyreus*) pode influenciar os padrões espaciais e comportamentais da população de botos-cinza (*Sotalia guianensis*) da Baía Norte, testando a hipótese de que o boto-cinza responde à presença do boto-da-tainha – simulada por meio de *playback* em um contexto experimental –, indicando que o medo de uma eventual agressão pode ser o principal motivador da segregação espacial entre as duas espécies no local.

### 1.1.2 Objetivos específicos

1) Testar se o grau de coesão e a sincronia de direção no deslocamento dos botos-cinza – métricas que representam um comportamento de proteção coletiva – se alteram quando o grupo é exposto ao *playback* do boto-da-tainha, com a hipótese de que ambas as métricas devem aumentar após as exposições sonoras.

2) Analisar se há variação na velocidade e distância percorrida no deslocamento realizado pelos botos-cinza antes e depois da exposição aos sons de botos-da-tainha, a fim de observar a ocorrência de um comportamento de fuga/evasão, caso essas métricas aumentem após a presença simulada dos botos-da-tainha.

## 2 METODOLOGIA

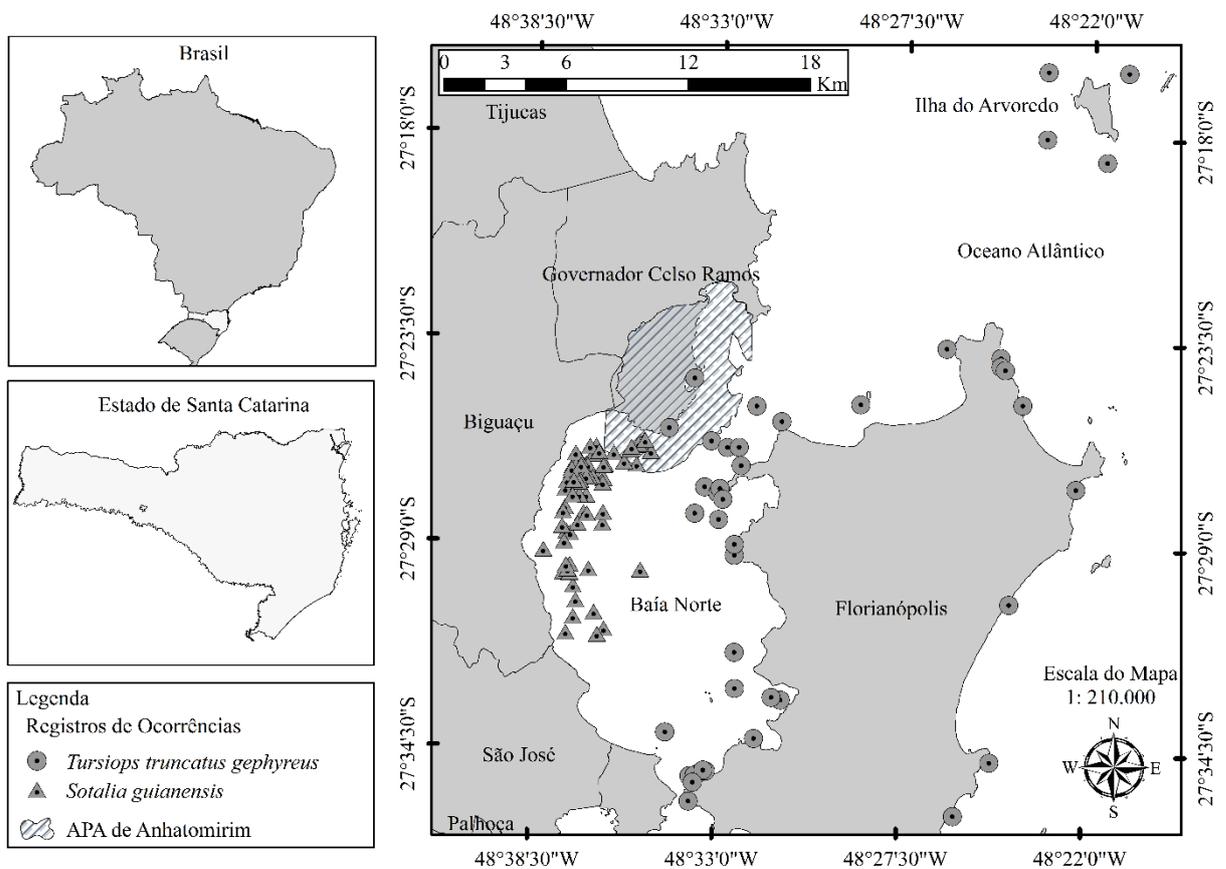
### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Baía Norte da Ilha de Santa Catarina (27°30'S – 48°32'W) está situada entre a Ilha de Santa Catarina e o continente, na região Sul do Brasil. Possui formato alongado, 8 ilhas e ilhotas em seu interior e margem constituída por costões rochosos, praias arenosas, manguezais, marismas, mata atlântica secundária e áreas urbanas. Sua profundidade média é de 3,5 metros, dificilmente ultrapassando 10 metros, fato que só ocorre no canal estreito que a conecta à Baía Sul e no canal ao norte no qual se abre para o Oceano Atlântico (CERUTTI, 1996).

A Baía Norte apresenta uma área total de aproximadamente 146 km<sup>2</sup> e parâmetros oceanográficos similares às águas oceânicas adjacentes, com evidente variação sazonal. A temperatura varia desde a mínima de 15°C no inverno até a máxima de 29°C no verão, e a

salinidade é influenciada nas estações de chuva pelos efeitos de diluição (CERUTTI, 1996). A transparência da água é baixa, não ultrapassando dois metros, por consequência de partículas suspensas originadas pelos rios e manguezais que desembocam na Baía Norte (CERUTTI, 1996).

Em 1992 foi criada a Área de Proteção Ambiental de Anhatomirim, com o principal objetivo de proteger a população residente de botos-cinza da região. Porém, a distribuição da população de boto-cinza mudou desde então e hoje eles ocupam predominantemente uma área externa aos limites da APA, na Baía de São Miguel (WEDEKIN *et al.*, 2010). Esta área de uso mais recente, no entanto, continua restrita à margem continental da Baía Norte, ou seja, na margem oposta a margem de ocorrência predominante do boto-da-tainha (FLORES; BAZZALO, 2004) (Figura 1). Devido ao hábito costeiro de ambas as espécies, estas são muito susceptíveis a todas as perturbações antrópicas que ocorrem no interior e entorno da Baía Norte, em especial o boto-cinza, que apresenta alto grau de residência à área e se distribui em uma pequena área de vida.

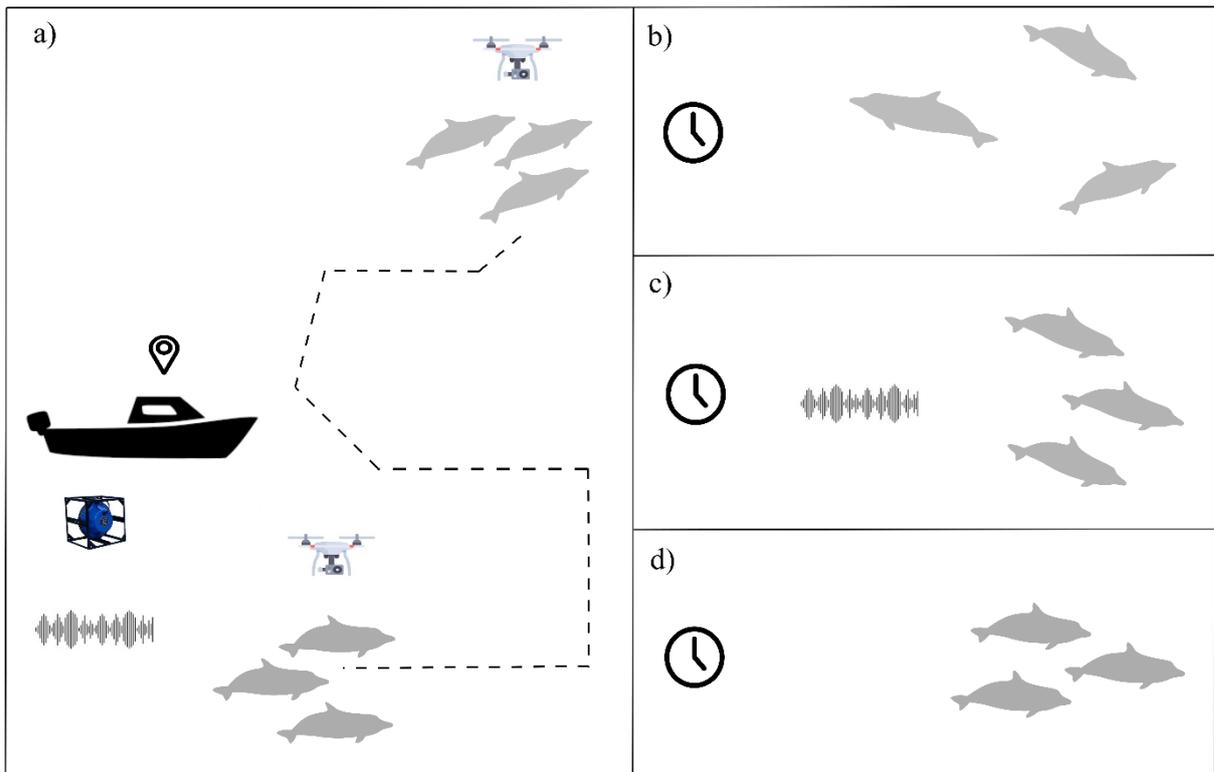


**Figura 1.** Mapa da área de estudo, a Baía Norte da Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. Os triângulos na margem continental indicam a ocorrência de *Sotalia guianensis* (WEDEKIN *et al.*, no prelo) e os círculos indicam as avistagens de *Tursiops* sp (WEDEKIN *et al.*, 2008).

## 2.2 COLETA DE DADOS

Foram realizadas sete saídas embarcadas entre janeiro e fevereiro de 2019, com amostragens sistemáticas iniciadas na região da Baía de São Miguel, local de maior concentração dos botos-cinza na Baía Norte atualmente. Para tal, foram utilizadas três embarcações: uma pequena embarcação de alumínio de 5 metros com motor de popa de 15 HP, um bote inflável com fundo rígido em fibra de vidro de 6,2 metros com motor de popa de quatro tempos de 225 HP e uma embarcação de fibra de turismo de 7,8 metros com um motor de 115 HP, utilizada uma única vez. Nessas saídas embarcadas foi realizado um experimento de exposição controlada, no qual simulamos a presença do boto-da-tainha próximo ao grupo de botos-cinza, através de *playback*, que consiste na técnica de reprodução acústica de um determinado som de interesse (parte de um repertório natural de uma espécie ou até mesmo um som sintetizado) e observação das respostas comportamentais dos animais submetidos ao estímulo acústico (CATCHPOLE; SLATER, 2008). A equipe era composta por quatro pesquisadores, responsáveis pelo controle da embarcação, coleta de dados geográficos, preenchimento da ficha, observação de bordo, reprodução do *playback* na água e pilotagem do drone para gravação da resposta comportamental de superfície dos botos.

Foi utilizada uma caixa acústica submersa (Lubell Speaker 15W) para a reprodução dos *playbacks* e um drone (DJI Phantom 3) para a gravação de filmagens aéreas (Figura 2a). Duas faixas de sons de *playback* foram utilizadas, ambas com dois minutos de duração: uma de assobios modulados de botos-da-tainha, gravados na população residente de Laguna (SC), situada a aproximadamente 120 km ao sul da Baía Norte, e outra de sons dos próprios botos-cinza da população estudada, os quais foram gravados no início da nossa campanha de amostragem. O controle do experimento foi temporal, sendo comparado o comportamento dos botos-cinza entre os períodos antes, durante e depois das exposições sonoras (*cf.* SOUTHALL *et al.*, 2016; Figura 2b). Cada um desses períodos teve duração de dois minutos, totalizando seis minutos por sessão do experimento.



**Figura 2.** Desenho amostral do experimento de exposição controlada. (a) Representação esquemática da posição da embarcação próxima ao grupo de botos-cinza, com a caixa acústica emissora dos sons de *playback* e o drone posicionado sobre o grupo, acompanhando seu deslocamento. Representação esquemática do controle temporal do experimento, com os tratamentos: (b) antes, (c) exposição e (d) depois da exposição sonora, com duração de dois minutos por tratamento.

A cada novo encontro com o grupo de botos-cinza a embarcação aproximava lentamente, mantendo uma distância de 100 metros do grupo, e o drone era posicionado a 50 metros de altura sobre o centro do grupo. Após o posicionamento da embarcação e do drone, eram realizados os dois primeiros minutos de gravação do comportamento de superfície, relativo ao período antes da exposição sonora do experimento. Quando necessário, ao término desses dois primeiros minutos, a embarcação era reposicionada para então submergir a caixa acústica e iniciar o período de dois minutos de exposição sonora. Essa exposição era de dois tipos: sons de *Tursiops* ou de *Sotalia*. Durante os dois minutos de duração da faixa acústica emitida, uma nova filmagem aérea do grupo era realizada. Após o término da exposição sonora, iniciava-se a terceira e última filmagem aérea da sessão de exposição. Cada um desses períodos de dois minutos de duração foi considerado um tratamento diferente dentro da sessão: antes, durante a exposição e depois. Durante cada período de dois minutos o motor da embarcação permanecia desligado. A cada dia de experimento foram realizadas até no máximo quatro sessões de exposição sonora, com um intervalo mínimo de trinta minutos entre elas.

### 2.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

As filmagens aéreas foram utilizadas primeiramente para o registro *ad libitum* do comportamento de superfície dos botos-cinza, permitindo a categorização dos estados e eventos comportamentais a serem analisados (cf. LEHNER, 1998). Por definição, foram considerados eventos comportamentais os comportamentos momentâneos que ocorrem de forma instantânea e, portanto, são medidos em frequência de ocorrência; os estados comportamentais foram definidos com base em uma leitura funcional de uma sequência de eventos comportamentais que indica a atividade predominante de um indivíduo ou grupo (SACKETT, 1978). Em seguida, utilizando o método grupo focal, sendo este grupo a parcela de botos que aparecem no quadro da filmagem, foram contabilizados os estados e eventos comportamentais e seu tempo e frequência relativa de ocorrência, respectivamente, em todas as sessões de *playback* para comparação entre os tratamentos. Embora o método de grupo focal apresente como premissa básica que os eventos comportamentais são considerados apenas para a caracterização dos estados (cf. LEHNER, 1998), nesse estudo utilizamos o método de forma adaptada – considerando a frequência relativa de ocorrência dos eventos – já que a metodologia aqui utilizada permite uma observação acurada através das filmagens. O reconhecimento dos eventos comportamentais observados utilizou como referência estudos comportamentais realizados com o boto-cinza no local (PEREIRA *et al.*, 2007; ROSSI-SANTOS; FLORES, 2009) e em outras regiões da costa brasileira (MONTEIRO-FILHO, 1991; ROSSI-SANTOS; WEDEKIN, 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2008), bem como estudos clássicos do comportamento de delfínídeos (AU; WEIHS, 1980; SHANE, 1990a; SHANE, 1990b).

Uma segunda abordagem analítica foi realizada a partir das filmagens aéreas, na qual todos os *frames* (unidades fotográficas que, em sequência, resultam no movimento da cena) das filmagens foram extraídos utilizando o programa VLC (VideoLan, 2006). A partir de uma triagem foram selecionados os *frames* mais informativos, ou seja, aqueles que continham o maior número de indivíduos visíveis na superfície (Figura 3). A altura e resolução da imagem do drone ao longo do estudo foram constantes, para que um frame sempre capturasse uma área de tamanho similar em todos os experimentos. Todos os frames selecionados foram analisados no Programa Image J (SCHNEIDER *et al.*, 2012) para obtenção do ângulo de direção e da posição de cada boto dentro do frame. Essas métricas foram obtidas com a ferramenta “reta”, traçada sempre da nadadeira caudal em direção ao rosto dos botos (Figura 4a). Com essas métricas, foi calculada a coesão entre os indivíduos através da soma de todas as distâncias euclidianas entre rostos (medida em pixels), dividida pelo total de botos no frame. Também

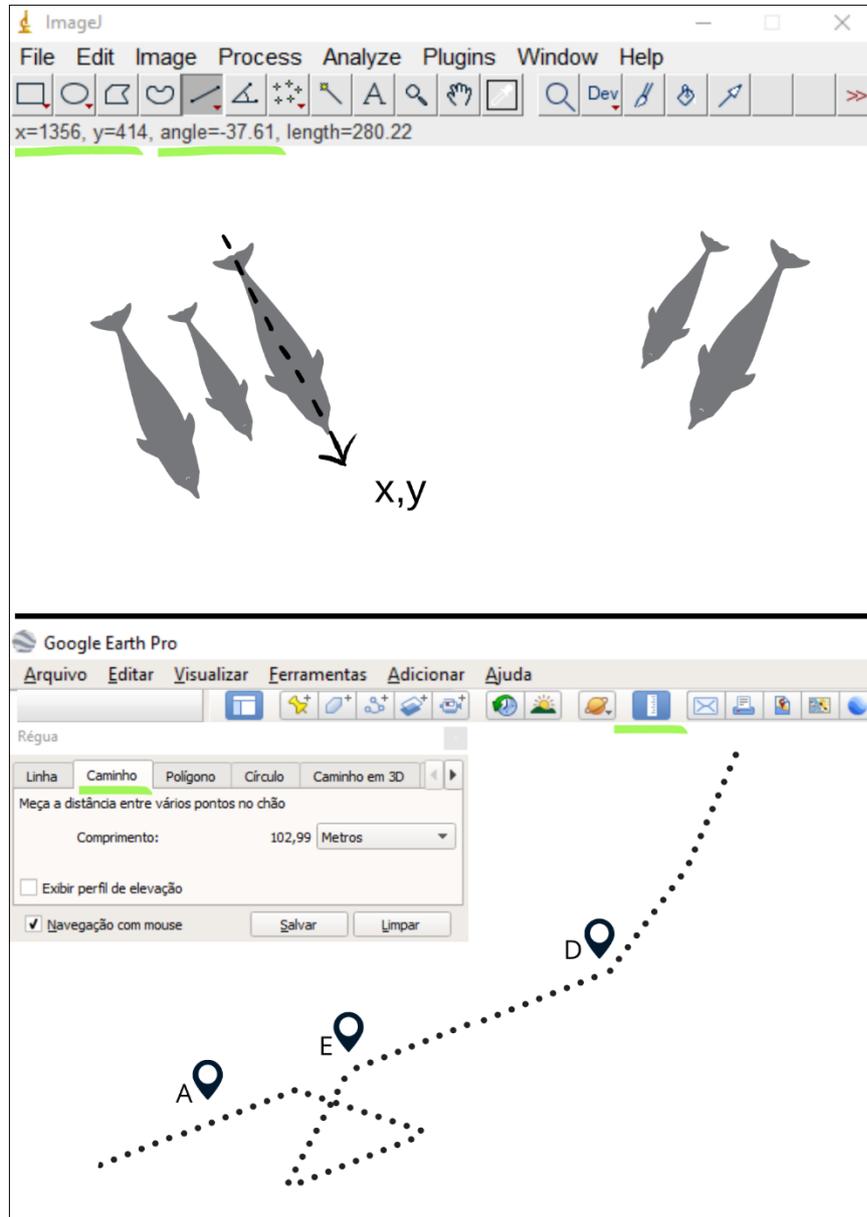
foi calculada a sincronia de direção de deslocamento, através da variância do ângulo de direção individual no frame, com todos os valores de ângulos previamente corrigidos com estatística circular, utilizando o pacote “circular” no R (AGOSTINELLI; LUND, 2017), para tratar os dados adequadamente como dados angulares (ZAR, 1996).



**Figura 3.** Exemplificação dos frames quanto a qualidade da representação. (a) Frame pouco representativo, não considerado nas análises; (b) frame válido para as análises, com o maior número de indivíduos aparecendo por vinda do grupo à superfície; (c) exemplo de frame com eventos de forrageio – pesca em círculo; (d) exemplo de frame com evento de deslocamento – *porpoising*.

Os dados de deslocamento obtidos através do GPS do barco e da rota do drone, sendo essa rota correspondente ao deslocamento dos botos-cinza, foram utilizados para avaliar se o deslocamento dos botos foi afetado pelos sons de *playback*. Os dados foram analisados no

*Google Earth Pro* com as ferramentas “caminho” e “régua”, com as quais calculamos o deslocamento em linha reta, a distância real percorrida pelo drone, linearidade e velocidade do deslocamento, métricas que foram comparadas entre os três tratamentos das sessões de exposição (Figura 4b).



**Figura 4.** (a) Esquema da extração de dados de posição de cada boto – para cálculo da coesão entre eles, e do ângulo de direção – para cálculo da sincronia de direção de deslocamento, através do programa ImageJ. (b) Esquema da extração da distância percorrida pelos botos em cada tratamento das sessões de exposição, no programa *Google Earth Pro*.

## 2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Modelos lineares generalizados mistos (GLMMs) foram ajustados aos dados utilizando distribuições estatísticas e funções de ligação variadas conforme a natureza e dispersão das

variáveis resposta (Tabela 1). As variáveis explanatórias consideradas foram o tratamento (antes, exposição, depois), o tipo de exposição (*playback* de *Sotalia* ou *Tursiops*) e o número de sessões de exposição no mesmo dia (variando de zero a três). As variáveis explanatórias foram incluídas nos modelos de forma isolada, aditiva ou com termo de interação quando possível (ausência de colinearidade e sobre parametrização). Em todos os modelos, o dia de campo foi incluído como variável aleatória para considerar o efeito de variações entre dias. Análises exploratórias dos dados seguiram protocolos pré-estabelecidos (cf. ZUUR *et al.*, 2010). Todos os modelos foram gerados em R, versão 3.6.2 (R CORE TEAM, 2019), com pacotes vocacionados. A construção dos modelos partiu dos modelos com maior número de parâmetros para o mais simples (*backward elimination*), e a seleção dos modelos seguiu o menor valor do Critério de Informação de Akaike (AICc). Foram considerados modelos ajustados aos dados todos aqueles com variação do AIC ( $\Delta AIC$ )  $< 2$  (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Para o cálculo do AIC,  $\Delta AIC$  e outros parâmetros foi utilizado o pacote ‘MuMIn’ (BARTON; BARTON, 2019). A validação dos modelos via análise de resíduos foi realizada no pacote DHARMA (HARTIG, 2017). Os preditos do modelo selecionado foram apresentados graficamente utilizando o pacote sjPlot (LÜDECKE, 2020). O limite de significância estatística foi 95% ( $p < 0.05$ ).

**Tabela 1.** Relação das variáveis resposta consideradas em todos os modelos lineares generalizados mistos ajustados aos dados, com as respectivas distribuições e funções de ligação utilizadas para cada uma delas.

<b>Variável resposta</b>	<b>Distribuição</b>	<b>Função de ligação</b>
<b>Número de indivíduos no frame</b>	Binomial negativa	Log
<b>Número de subgrupos no frame</b>	Poisson	Log
<b>Índice de coesão</b>	Gamma	Log
<b>Sincronismo de direção</b>	Beta	Logit
<b>Tempo de forrageio</b>	Binomial para dados proporcionais	Logit
<b>Eventos de forrageio</b>	Binomial para dados proporcionais	Logit
<b>Deslocamento</b>	Gamma	Log
<b>Distância percorrida</b>	Gamma	Log
<b>Linearidade</b>	Beta	Logit
<b>Velocidade</b>	Gamma	Log

### 3 RESULTADOS

Em cinco das sete saídas embarcadas foi possível fazer o experimento completo com todos os intervalos (antes/exposição/depois) ao menos uma vez. Um total de 15 sessões de exposição foram realizadas, sendo 11 exposições a sons de *Tursiops* e quatro a sons de *Sotalia*. Cada uma dessas sessões resultou em seis minutos de filmagem aérea, dois minutos para cada intervalo (antes/exposição/depois), totalizando 90 minutos de comportamento de superfície gravado. Desses vídeos foram extraídos mais de 20 mil frames, que foram triados e reduzidos a aproximadamente mil *frames* para posterior análise. Destes, foram extraídas as informações de posição e ângulo de todos os botos visíveis em cada *frame*, totalizando cerca de 8 mil botos em que foram realizadas as medições.

#### 3.1 ANÁLISE DAS FILMAGENS

##### 3.1.1 Estados e eventos comportamentais observados

Foram observados três estados comportamentais durante todos os tratamentos dos experimentos realizados: socialização, deslocamento e forrageio. O estado menos observado foi o de socialização (S), caracterizado aqui por uma aproximação lenta entre indivíduos, com alguns deles trocando de subgrupos em fissão-fusão e apresentando contatos físicos sutis entre eles. As observações desse estado duravam cerca de 20 segundos e ocorreram sempre após o término de uma exposição sonora de *Tursiops* na qual houve evidente resposta de fuga. Após o término do *playback*, os botos cessavam o deslocamento acelerado unidirecional e socializavam como descrito acima até iniciarem um forrageio. O termo “socialização” foi usado aqui para caracterizar esse estado de transição que não se configura como forrageio ou deslocamento, apesar da compreensão de que a socialização está presente também nos demais estados comportamentais, considerando a natureza social da espécie.

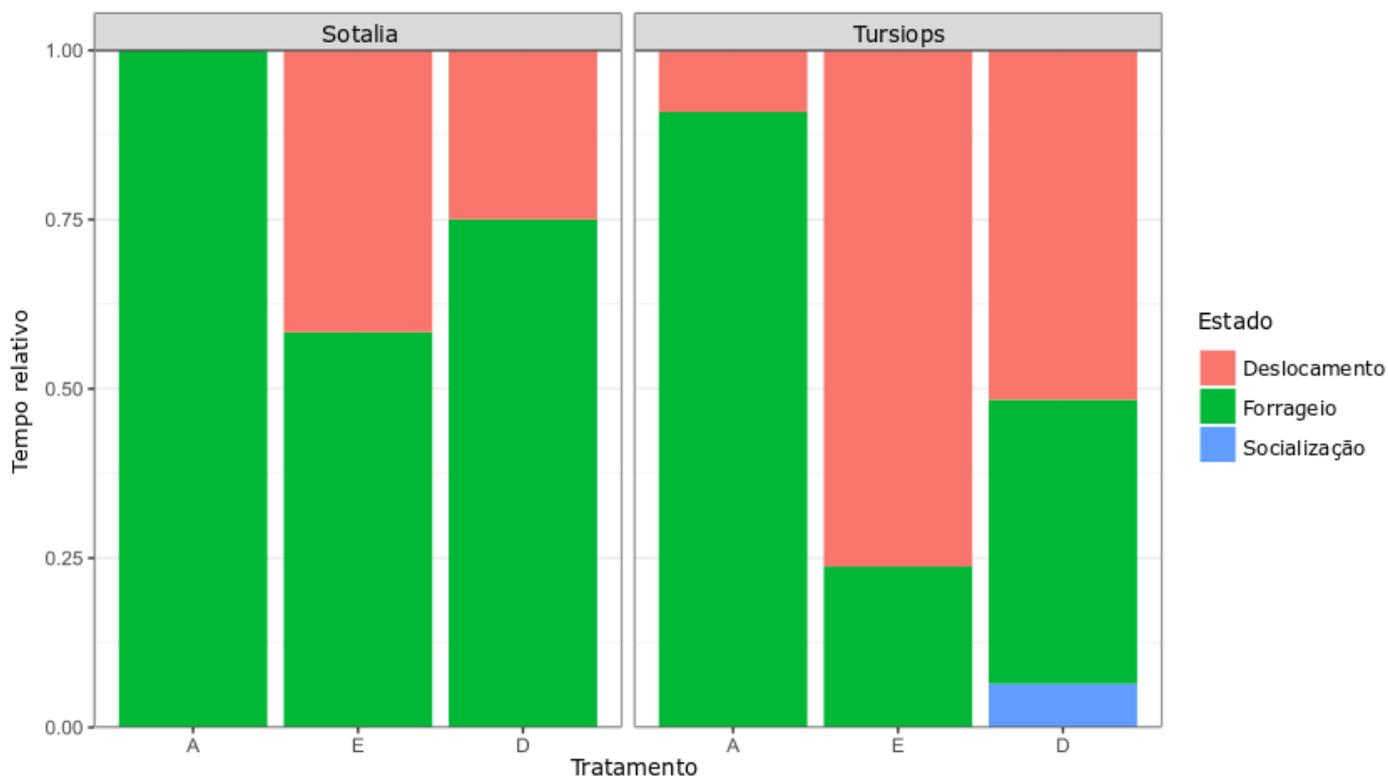
O estado de deslocamento (D) foi o segundo mais observado e foi caracterizado por uma natação unidirecional entre os indivíduos, caracterizando uma mudança de área do grupo, com uma direção determinada. Essa natação ocorria próxima e de forma paralela à superfície da água, com mergulhos curtos e pouco arqueamento do corpo. A velocidade desse deslocamento foi lenta, normal ou acelerada.

O estado mais frequente foi o forrageio (F), ocorrendo em todos os tratamentos dos dois tipos de *playback*, *Sotalia* ou *Tursiops*. Esse estado comportamental foi caracterizado pela permanência dos indivíduos e/ou subgrupos em uma determinada região, enquanto realizavam estratégias de pesca individuais ou em grupo. Durante esse estado, ocorria pouca ou nenhuma

mudança de área. Durante o forrageio, foi possível identificar algumas estratégias que envolviam sincronia e cooperação entre indivíduos do grupo, e outras mais simples realizadas individualmente.

O tempo relativo de cada estado comportamental observado variou entre os tratamentos e os tipos de exposição (Figura 5). Nas sessões com exposição ao som de *Sotalia*, no tratamento “antes”, o único estado comportamental observado foi o de forrageio; porém, durante a exposição sonora, a atividade de forrageio diminuiu e mais da metade do tempo relativo passou a ser de deslocamento. Após a exposição, o tempo de forrageio aumentou novamente, embora deslocamentos ainda foram observados.

Nas sessões com exposição ao som de *Tursiops*, além de deslocamento e forrageio, também foi observado o estado de socialização. Antes do início do *playback* o forrageio foi a principal atividade realizada pelos botos, ocorrendo apenas deslocamentos ocasionais. Durante as exposições sonoras esse padrão se inverte, com o deslocamento se tornando a atividade dominante, ocorrendo apenas forrageios ocasionais, principalmente no início da exposição, antes de iniciar o deslocamento. Após as exposições ocorreram alguns episódios de socialização, mas ainda com maior prevalência de deslocamentos a algum forrageio.



**Figura 5.** Tempo relativo dos estados comportamentais observados em relação ao tipo de *playback* (*Sotalia*, *Tursiops*) e tratamento (A - Antes, E - Exposição, D - Depois).

Onze eventos comportamentais foram observados ao longo dos tratamentos, dos quais nove se enquadram no estado comportamental de forrageio e dois no estado de deslocamento (Quadro 1).

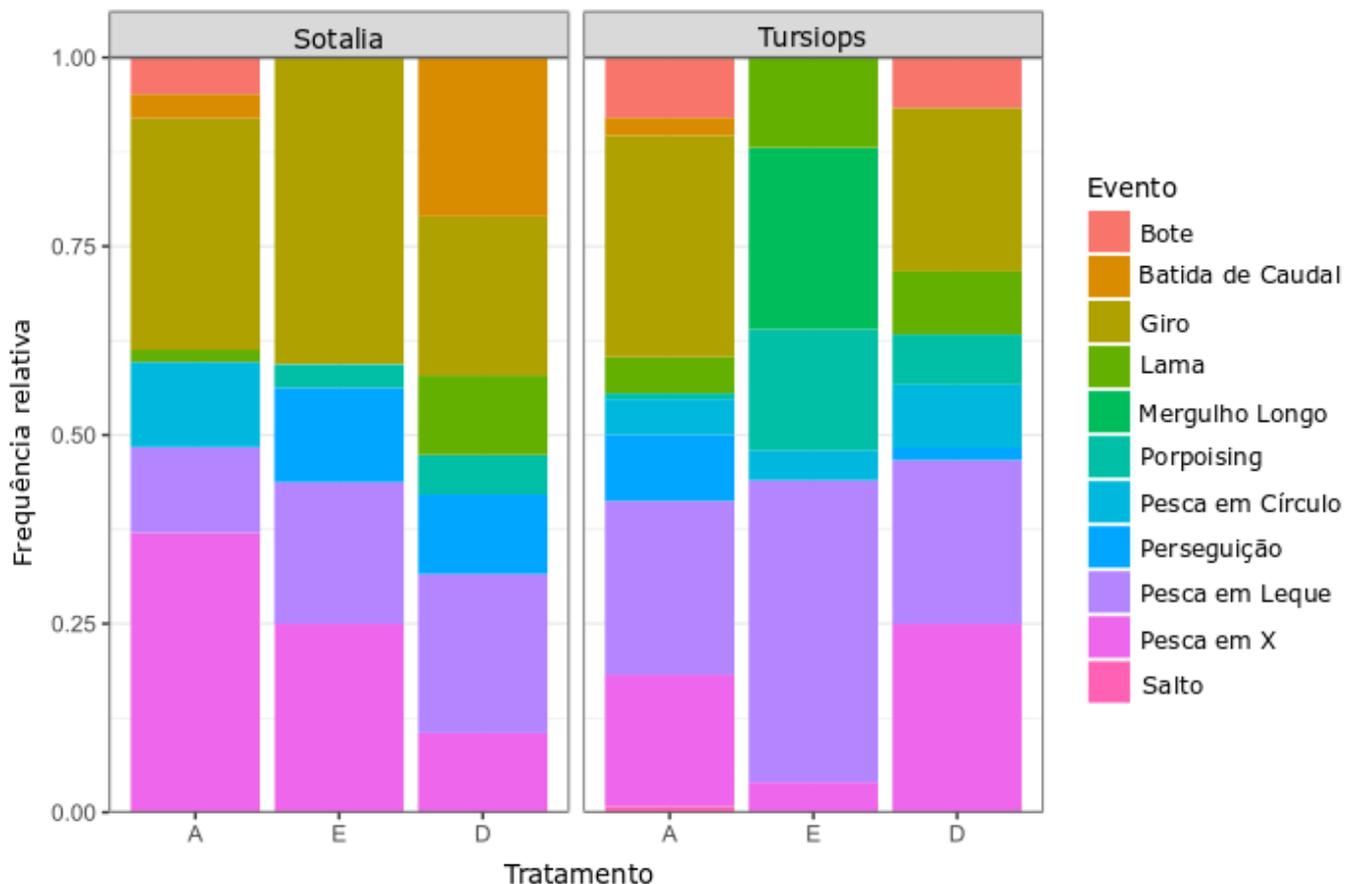
**Quadro 1.** Eventos comportamentais observados nas filmagens aéreas, com sua respectiva sigla de identificação, estado comportamental que se enquadra e descrição.

<b>Evento</b>	<b>Sigla</b>	<b>Estado</b>	<b>Descrição</b>
Salto	S	Forrageio	Evento individual no qual todo o corpo é impulsionado para fora da água com propulsão da nadadeira caudal (SHANE 1990a).
Perseguição	PE	Forrageio	Evento individual no qual ocorre uma propulsão inicial com a nadadeira caudal para aumentar a velocidade de um deslocamento perseguindo uma presa (NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2008).
Pesca em Círculo (Cerco)	PC	Forrageio	Evento em grupo no qual se organizam espacialmente em formato de um círculo para cercar um cardume de peixes. Pode ocorrer variação com apenas meio círculo formado (ROSSI-SANTOS; FLORES, 2009).
Pesca em Leque	PL	Forrageio	Evento em grupo no qual se organizam espacialmente em duas diagonais formando um V para arrebanhar um cardume próximo. Pode ocorrer uma variação onde só uma diagonal é formada (ROSSI-SANTOS; FLORES, 2009).
Pesca em X (Cruzada)	PX	Forrageio	Evento em dupla ou grupo onde os indivíduos nadam um em direção ao outro cruzando seus caminhos em forma de X (MONTEIRO-FILHO, 1991).

Lama	L	FORAGEIO	Esse evento é caracterizado pela presença de lama na superfície, que foi trazida do fundo do estuário pelos botos (ROSSI-SANTOS; WEDEKIN, 2006).
Giro	G	FORAGEIO	Evento individual que inicia com uma natação acelerada interrompida por um giro de 180° em direção à presa para arrebate (SHANE 1990b; NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2008).
Bote	B	FORAGEIO	Evento individual de propulsão rápida unidirecional para captura de uma presa (NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2008).
Batida de Caudal	BC	FORAGEIO	Evento individual no qual o boto levanta a nadadeira caudal para fora da água e retorna com uma batida forte na superfície (SHANE, 1990a).
Porpoising	P	DESLOCAMENTO	Evento observado geralmente em grupo, caracterizado por um deslocamento muito rápido na superfície, no qual o corpo fica rente à superfície para fora da água produzindo duas pequenas ondas/ <i>splashes</i> nas laterais, parecendo pequenos saltos consecutivos (AU; WEIHS, 1980).
Mergulho longo	ML	DESLOCAMENTO	Evento realizado por toda a população conjuntamente, no qual todos os indivíduos mergulham repentinamente e permanecem embaixo da água por aproximadamente 20 segundos, geralmente retornando em <i>porpoising</i> (PEREIRA <i>et al.</i> , 2007).

A frequência relativa de cada evento variou entre os tratamentos e os tipos de *playback* (Figura 6). Essa variação reflete um padrão similar ao observado para os estados comportamentais, já que esses eventos caracterizam esses estados. Nota-se a variedade de estratégias de pesca utilizadas por essa população e como elas foram parecidas no tratamento

“antes” e “depois” para os dois tipos de *playback*. A maior diferença entre os tipos de *playback* ocorreu durante a exposição, com prevalência de eventos de forrageio para os sons de *Sotalia*, sendo eles: pesca em x, pesca em leque, perseguição e giro. O único evento de deslocamento nesse tratamento e tipo de exposição foi o *porpoising*, que ocorreu com baixa frequência. Durante a exposição aos sons de *Tursiops*, apesar de também ocorrerem eventos de forrageio, os dois eventos de deslocamento (mergulho longo e *porpoising*) aparecem em uma frequência alta. Ainda, este é o único tratamento e tipo de exposição em que ocorre o evento “mergulho longo”, geralmente logo após o início do *playback* interespecífico. Após o término dos dois tipos de exposição, ainda ocorre alguns eventos de *porpoising*, embora as frequências de eventos de forrageio voltem ao observado antes da exposição.



**Figura 6.** Frequência relativa dos eventos comportamentais observados em cada tipo de *playback* (*Sotalia*, *Tursiops*) e tratamento (Antes, Exposição, Depois).

### 3.1.2 Modelando o tempo relativo em estado comportamental de forrageio

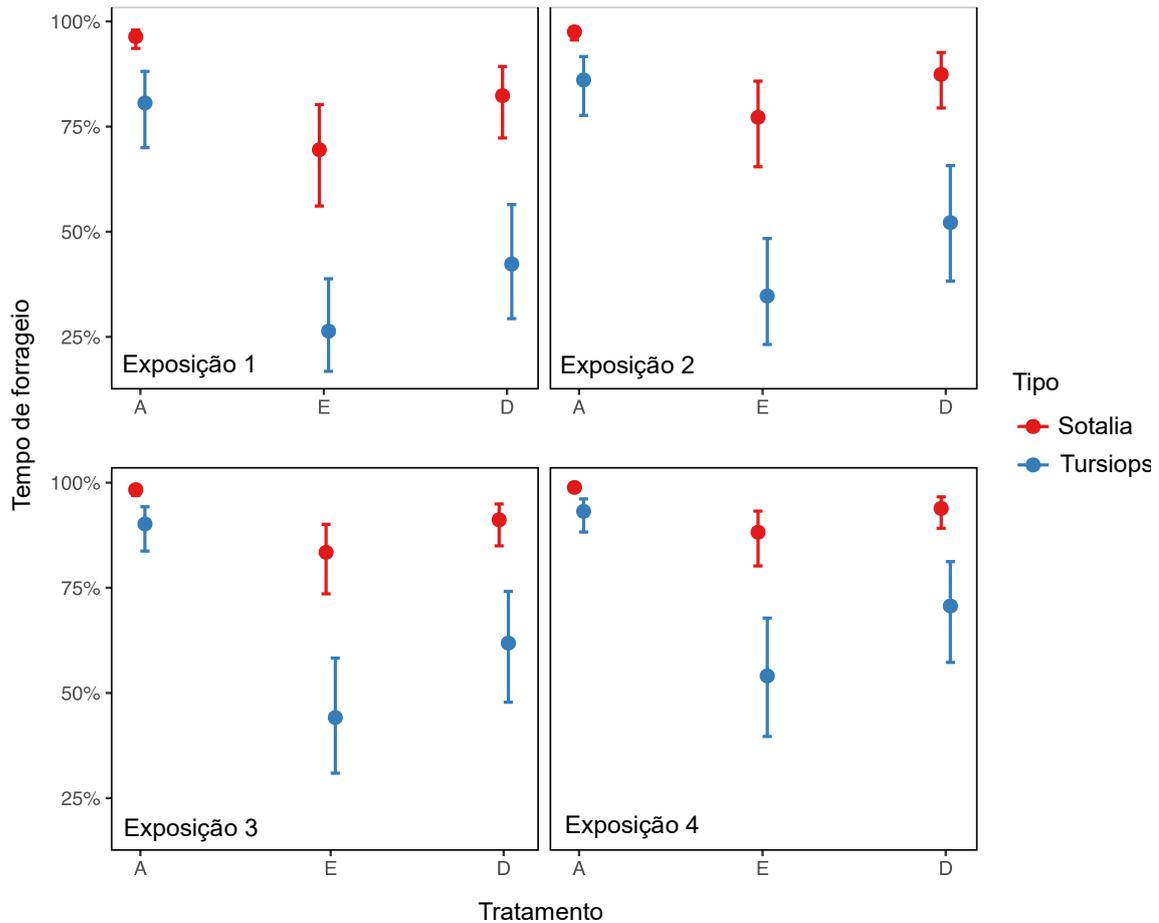
O tempo relativo em forrageio foi modelado em função do tratamento (antes/exposição/depois), tipo de exposição (*Sotalia/Tursiops*) e o número de exposições

prévias no mesmo dia. O modelo que melhor suporta os dados considera a inclusão dessas três variáveis explanatórias (Tabela 3).

**Tabela 2.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para a variável resposta tempo de forrageio do boto-cinza. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso do AIC = peso de evidências.

<b>Modelo</b>	<b>gl</b>	<b>logLik</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta AICc</math></b>	<b>Peso AICc</b>
<b>trat + tipo + exp</b>	6	-1737,410	3488,6	0	1
<b>trat*tipo</b>	7	-1767,842	3552,1	63,51	0
<b>trat + tipo</b>	5	-1794,268	3599,8	111,18	0
<b>trat</b>	4	-2000,488	4009,8	521,19	0
<b>Nulo</b>	2	-2477,604	4959,4	1470,84	0

O tempo relativo em forrageio diminuiu significativamente durante as exposições (Estimativa = -2,452, Erro Padrão = 0,087,  $z = -28,17$ ,  $p < 0,001$ ), e embora tenha aumentado um pouco após a exposição, manteve-se inferior ao momento antes da exposição (Estimativa = -1,734, Erro Padrão = 0,085,  $z = -20,37$ ,  $p < 0,001$ ) (Figura 7). Apesar do padrão de resposta ao longo dos tratamentos ser parecido entre os tipos de exposição (*Sotalia/Tursiops*), a redução no tempo de forrageio foi maior durante os *playbacks* de sons de *Tursiops* (Estimativa = -1,850, Erro Padrão = 0,088,  $z = -20,89$ ,  $p < 0,001$ ), chegando ao interrompimento total desse estado comportamental em algumas sessões de exposição. Esse padrão se repete em todas as exposições sonoras em um mesmo dia, porém essa resposta tende a ficar menos evidente nas últimas exposições do dia, sugerindo habituação.



**Figura 7.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta do tempo relativo de forrageio dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*) e número de exposições prévias no mesmo dia.

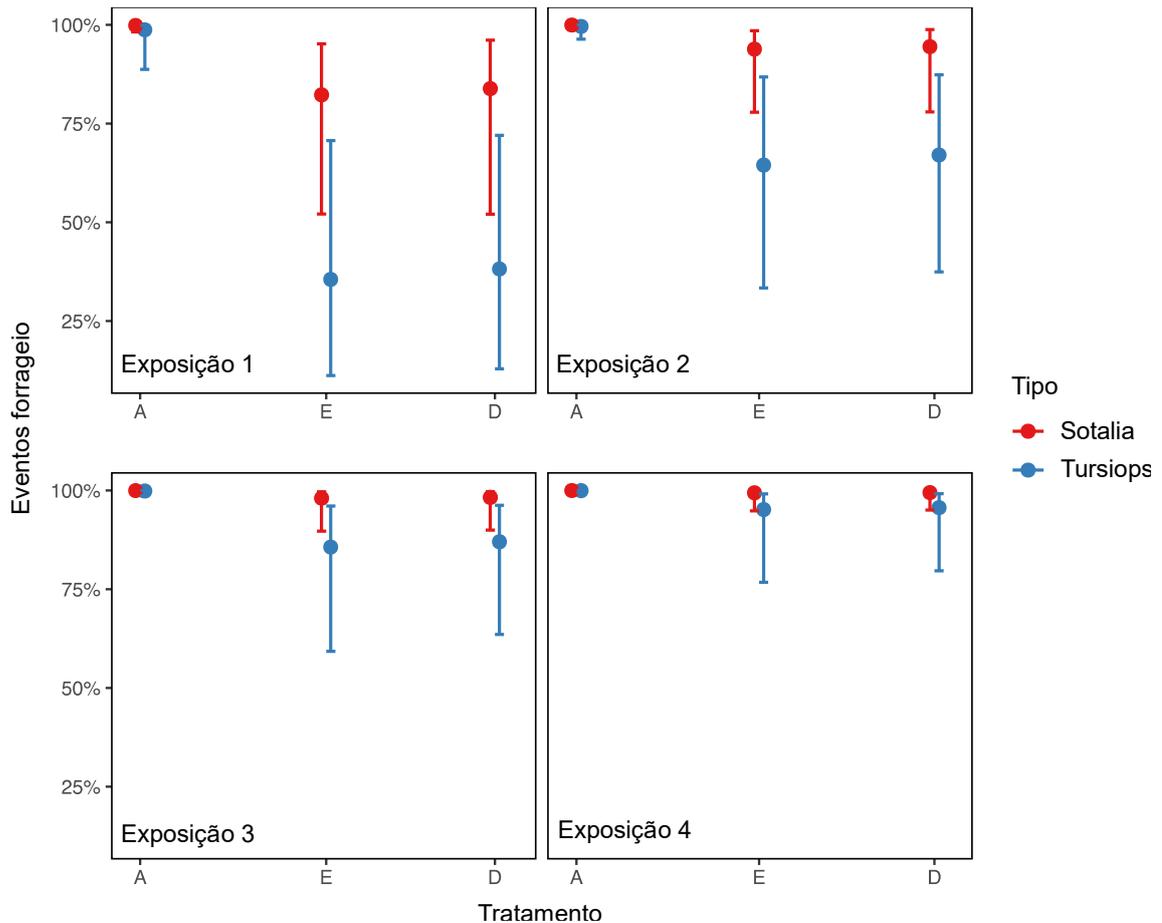
#### 4.1.3 Modelando a frequência relativa dos eventos comportamentais de forrageio

O efeito das exposições sonoras no comportamento de forrageio dos botos-cinza também foi avaliada na frequência relativa dos eventos comportamentais relacionados com esse estado. Essa frequência foi modelada em função das mesmas variáveis explanatórias: tratamento, tipo de exposição e número de exposições prévias no mesmo dia. O modelo que melhor se ajustou aos dados considera a inclusão dessas três variáveis explanatórias (Tabela 4). No período antes das exposições sonoras (tratamento A), a frequência de eventos de forrageio é significativamente maior, decaindo durante as exposições sonoras (tratamento E) (Estimativa = -4,950, Erro Padrão = 1,137,  $z = -4,35$ ,  $p < 0,001$ ) e após (tratamento D) (Estimativa = -4,840, Erro Padrão = 1,143,  $z = -4,23$ ,  $p < 0,001$ ) (Figura 8). Em relação ao tipo de exposição, percebe-se que esse padrão ocorre tanto para sons de *Sotalia* quanto de *Tursiops*, porém de forma muito mais acentuada nas exposições aos sons de *Tursiops* (Estimativa = -2,129, Erro Padrão = 0,656,  $z = -3,24$ ,  $p < 0,005$ ). Em relação ao número de exposições prévias no mesmo dia, nota-se que

esse padrão de redução durante e após os *playbacks* tende a ser menos marcante na terceira (Estimativa = 2,866, Erro Padrão = 0,889,  $z = 3,332$ ,  $p < 0,005$ ) e quarta (Estimativa = 2,921, Erro Padrão = 1,334,  $z = 2,188$ ,  $p < 0,05$ ) exposições. Ou seja, na primeira exposição do dia, o forrageio parece ser mais interrompido em relação às demais exposições, sugerindo novamente alguma habituação.

**Tabela 3.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta de frequência de eventos de forrageio. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

<b>Modelo</b>	<b>gl</b>	<b>logLik</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta AICc</math></b>	<b>Peso AICc</b>
<b>trat + tipo + exp</b>	6	-51,214	116,9	0	0,981
<b>trat*tipo</b>	7	-53,858	125,1	8,21	0,016
<b>trat + tipo</b>	5	-58,484	128,7	11,78	0,003
<b>trat</b>	4	-61,301	131,7	14,81	0,001
<b>Nulo</b>	2	-88,887	182,1	65,19	0,000



**Figura 8.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta da frequência relativa dos eventos de forrageio dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*) e número de exposições prévias no mesmo dia.

### 3.2 ANÁLISE DOS FRAMES

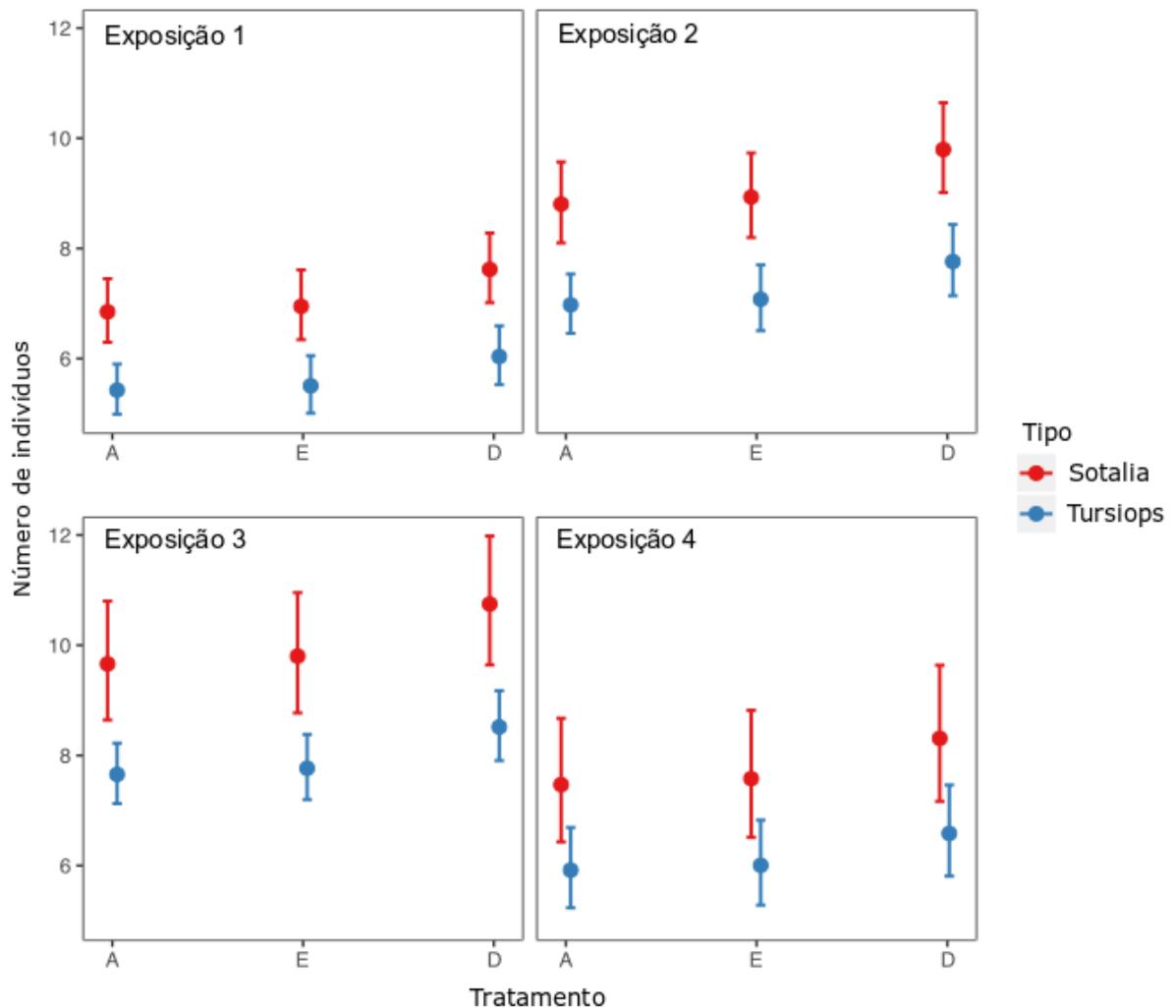
#### 4.2.1 Número de indivíduos como proxy de coesão

O número de indivíduos em cada frame analisado – um *proxy* da coesão entre os indivíduos – foi modelado em função das mesmas variáveis explanatórias – tratamento, tipo de exposição e número de exposições prévias no mesmo dia – e o modelo que melhor se ajusta aos dados sugere a inclusão dessas três variáveis (Tabela 5). Os valores preditos do modelo selecionado sugerem um aumento no número de indivíduos por frame no tratamento “depois” da exposição sonora (Estimativa = 0,075, Erro Padrão = 0,027,  $z = 2,75$ ,  $p < 0,05$ ), sugerindo uma agregação dos indivíduos (Figura 9). Isso ocorreu independentemente do tipo de exposição ser de *Sotalia* ou de *Tursiops*. No entanto, independente do tratamento, o número de indivíduos por frame foi maior na exposição ao som de *Tursiops* (Estimativa = 0,232, Erro Padrão = 0,042,  $z = 5,55$ ,  $p < 0,001$ ) e na segunda (Estimativa = 0,251, Erro Padrão = 0,042,  $z = 5,96$ ,  $p < 0,001$ )

e terceira (Estimativa = 0,343, Erro Padrão = 0,048,  $z = 7.09$ ,  $p < 0,001$ ) exposição do dia. Na quarta exposição do dia esse número volta a ser mais baixo, sugerindo habituação.

**Tabela 4.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta de número de indivíduos por frame. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

<b>Modelo</b>	<b>gl</b>	<b>logLik</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta AICc</math></b>	<b>Peso AICc</b>
<b>trat + tipo + exp</b>	9	-2430,98	4884,24	0	1
<b>trat*tipo</b>	8	-2453,56	4926,47	42,22	0,00
<b>trat + tipo</b>	6	-2456,78	4927,42	43,17	0,00
<b>Nulo</b>	3	-2464,01	4934,52	50,28	0,00
<b>trat</b>	5	-2462,07	4935,45	51,21	0,00



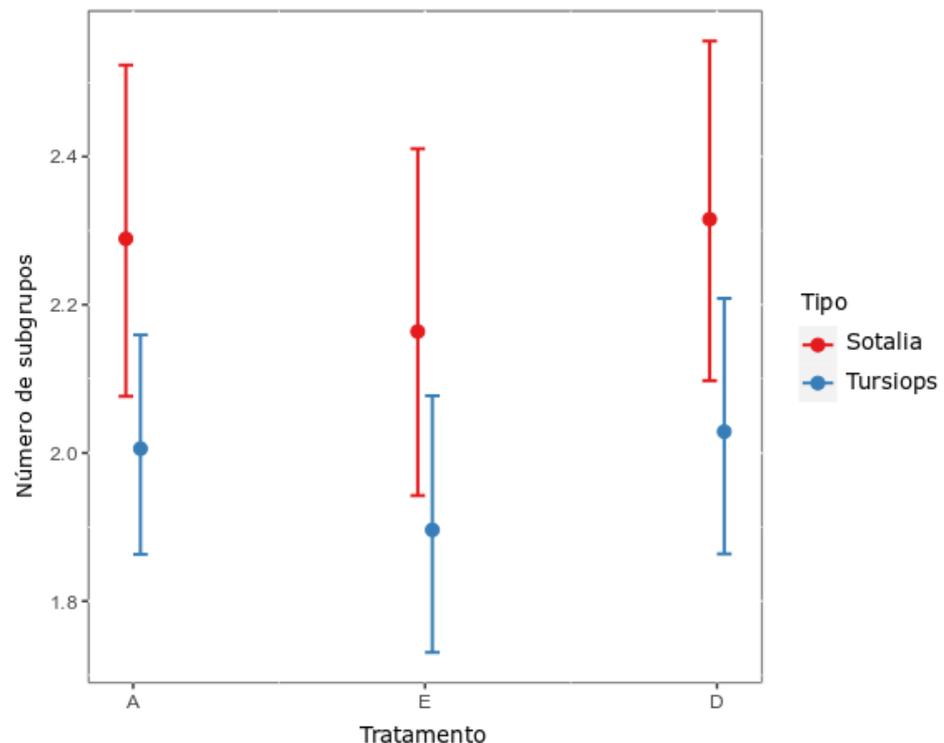
**Figura 9.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta de número de indivíduos por frame como *proxy* de coesão dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*) e número de exposições prévias no mesmo dia.

#### 4.2.2 Número de subgrupos como *proxy* inverso de coesão

Para a variável número de subgrupos por frame – um *proxy* inverso da coesão entre os indivíduos, ou seja, quanto maior o número de subgrupos menor a coesão do grupo – o modelo que melhor se ajustou aos dados incluiu o tratamento e tipo (Tabela 6). O número de subgrupos foi significativamente menor apenas para a exposição ao som de *Tursiops* (Estimativa = -0,132, Erro Padrão = 0,048,  $z = -2,71$ ,  $p < 0,005$ ), independente do tratamento e exposição (Figura 10), indicando uma possível fusão de subgrupos. No entanto, nota-se que o modelo nulo também suporta os dados, sugerindo alguma incerteza na seleção do modelo. De fato, na análise gráfica dos preditos nota-se apenas um pequeno efeito (sobreposição dos intervalos de confiança) do tratamento e tipo no número de subgrupos.

**Tabela 5.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta de número de subgrupos por frame. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

Modelo	gl	logLink	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
<b>trat + tipo</b>	5	-1437,22	2885,74	0	0,51
<b>Nulo</b>	2	-1441,64	2887,52	1,77	0,21
<b>trat * tipo</b>	7	-1435,72	2887,97	2,23	0,16
<b>trat + tipo + exp</b>	8	-1435,42	2890,18	4,43	0,05
<b>trat</b>	4	-1440,83	2890,53	4,78	0,04



**Figura 10.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta de número de subgrupos por frame como *proxy* inverso de coesão dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D) e tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*).

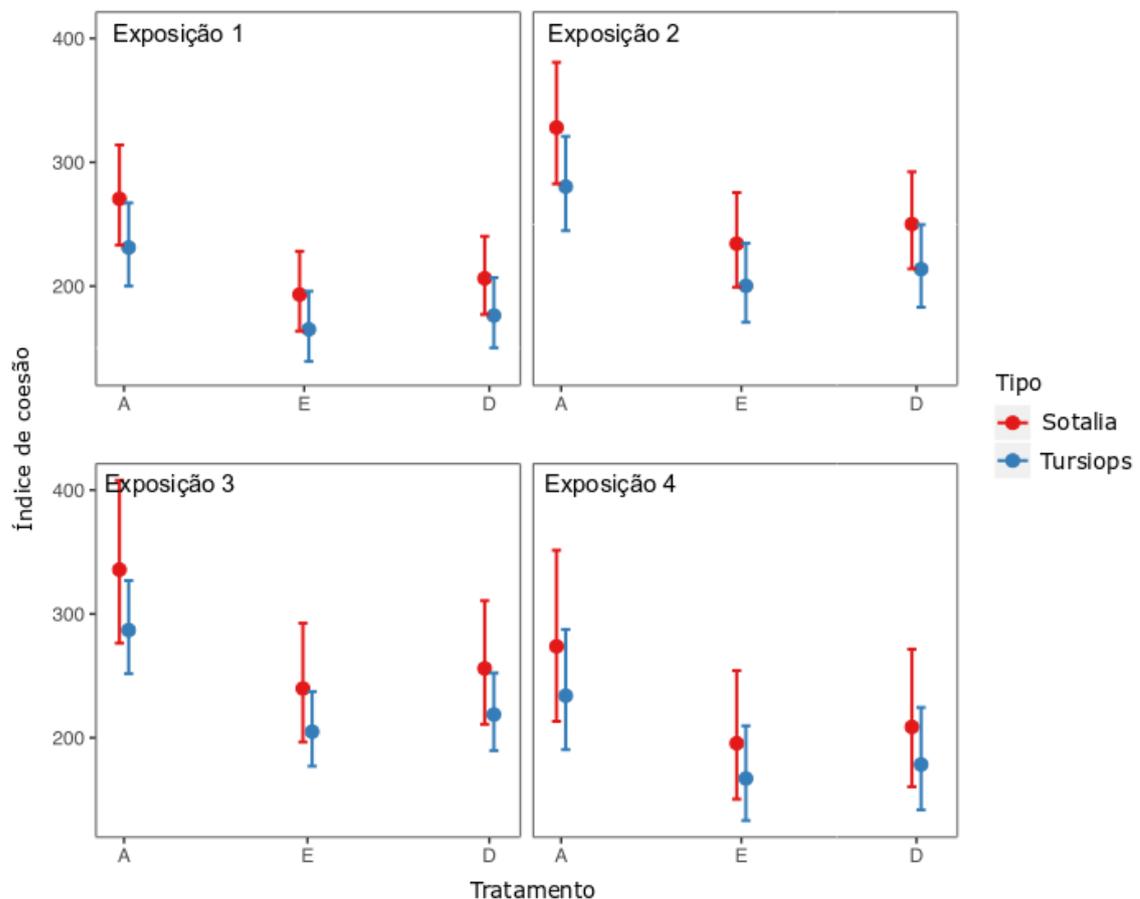
#### 4.2.3 Índice de coesão

Para o índice de coesão dos grupos o modelo selecionado sugere a inclusão das três variáveis explanatórias (Tabela 7). O índice de coesão foi significativamente maior antes da exposição (Estimativa = 0,164, Erro Padrão = 0,052,  $z = 3,13$ ,  $p < 0,001$ ), sugerindo que os indivíduos estão mais próximos durante e depois da exposição, já que quanto menor a soma das distâncias entre os indivíduos mais próximos entre si eles estão (Figura 11). Esse padrão ocorreu

tanto na exposição ao som de *Sotalia* quanto de *Tursiops*, sendo mais significativo neste (Estimativa = -0,157, Erro Padrão = 0,070,  $z = -2,21$ ,  $p < 0,05$ ). Também foi mais marcante na primeira (Estimativa = 0.192, Erro Padrão = 0,070,  $z = 2,73$ ,  $p < 0,01$ ) e segunda (Estimativa = 0,216, Erro Padrão = 0,080,  $z = 2,67$ ,  $p < 0,005$ ) exposição do dia, sugerindo habituação.

**Tabela 6.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta índice de coesão. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

Modelo	gl	logLik	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
trat + tipo + fexp	3	-6047,55	12113,3	0	0,857
trat + tipo	9	-6053,05	12118,2	4,91	0,074
trat	5	-6054,79	12119,7	6,36	0,036
trat*tipo	6	-6051,79	12119,7	6,45	0,034
Nulo	8	-6066,77	12139,6	26,29	0,000



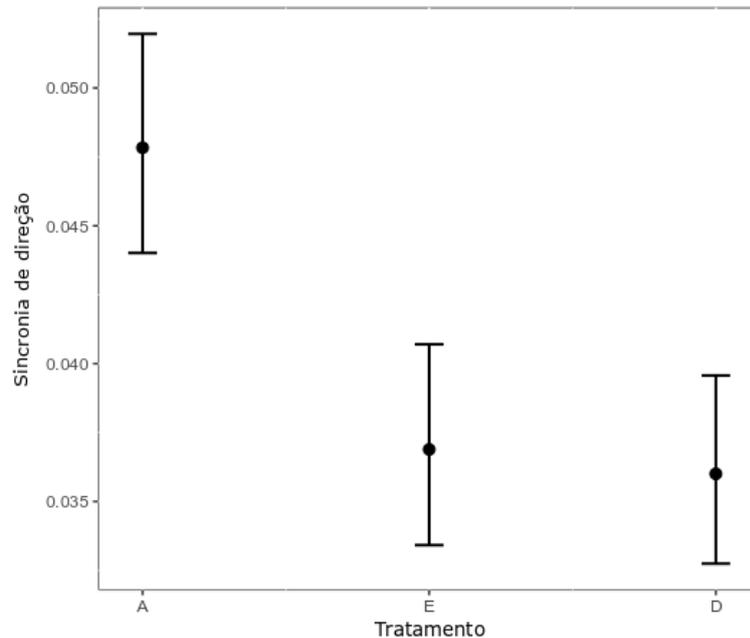
**Figura 11.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta índice de coesão dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D), tipo de exposição (*Sotalia*, *Tursiops*) e número de exposições prévias no mesmo dia.

#### 4.2.4 Sincronia de direção de deslocamento

Para a sincronia de direção de deslocamento o modelo que melhor se ajustou aos dados indica apenas a variável tratamento como determinante (Tabela 8). Ocorre um aumento na sincronia de deslocamento entre os indivíduos durante os tratamentos “exposição” (Estimativa = -0,100, Erro Padrão = 0,047,  $z = -2,12$ ,  $p < 0,05$ ) e “depois” (Estimativa = -0,209, Erro Padrão = 0,044,  $z = -4,73$ ,  $p < 0,001$ ), independente do tipo de tratamento (Figura 12) – embora o modelo que inclui tipo de tratamento também suporte os dados, sugerindo alguma incerteza na seleção do modelo, esta variável não foi significativa. Esse aumento na sincronia é observado com a diminuição da variância entre os ângulos de direção individual no gráfico.

**Tabela 7.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta sincronia de direção do deslocamento. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

<b>Modelo</b>	<b>gl</b>	<b>logLink</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta AICc</math></b>	<b>Peso AICc</b>
<b>trat</b>	5	1807,089	-3602,87	0	0,599852
<b>trat + tipo</b>	6	1807,652	-3601,44	1,436968	0,292422
<b>trat + tipo + exp</b>	9	1810,416	-3598,55	4,326672	0,068948
<b>trat*tipo</b>	8	1808,372	-3597,4	5,478238	0,038767
<b>Nulo</b>	3	1793,759	-3581,02	21,85521	1,08 <sup>e-05</sup>



**Figura 12.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta sincronia de direção de deslocamento dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D).

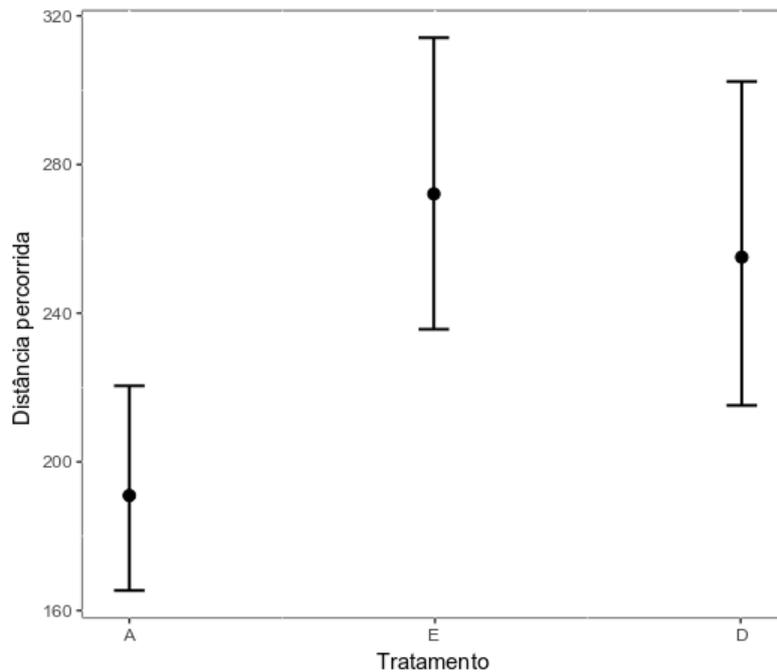
### 3.3 ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS

#### 4.3.1 Distância percorrida

Para a distância percorrida (em metros) o modelo que melhor se ajustou aos dados sugere apenas o efeito da variável tratamento como determinante (Tabela 9). Ocorre um evidente aumento na distância percorrida pelos botos-cinza nos tratamentos “exposição” (Estimativa = 0,354, Erro Padrão = 0,100,  $z = 3,54$ ,  $p < 0,05$ ) e “depois” (Estimativa = 0,289, Erro Padrão = 0,109,  $z = -3,54$ ,  $p < 0,001$ ), independentemente do tipo de tratamento (Figura 13) – embora o modelo que inclui tipo de tratamento também suporte os dados, sugerindo alguma incerteza na seleção do modelo, esta variável não foi significativa.

**Tabela 8.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta distância percorrida. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

Modelo	gl	logLik	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
trat	5	-209,95	431,20	0	0,57
trat + tipo	6	-209,20	432,28	1,07	0,33
Nulo	2	-215,73	435,70	4,49	0,06
trat*tipo	8	-208,99	437,33	6,12	0,02



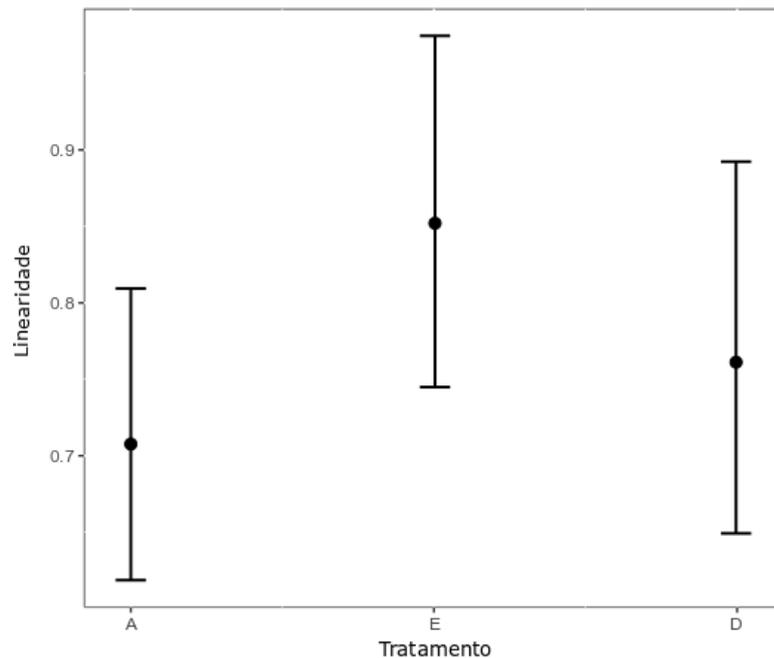
**Figura 13.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta distância percorrida dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D).

#### 4.3.2 Linearidade

Para a linearidade, o modelo nulo foi o mais parcimonioso. No entanto, o modelo 1, que inclui apenas tratamento (Tabela 10), sugere que durante a exposição, a linearidade no movimento é maior (Estimativa = 0,673, Erro Padrão = 0,308,  $z = 2,183$ ,  $p < 0,05$ ) (Figura 14). Este modelo 1 não suporta os dados segundo os critérios de plausibilidade ( $\Delta AIC < 2$ ), embora indique algum efeito do tratamento na linearidade, que merece ser melhor investigado.

**Tabela 9.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta linearidade.  $\log Lik$  = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

Modelo	gl	logLik	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
Nulo	2	21,093	-37,8	0	0,753
tratamento	5	23,402	-34,9	2,91	0,175
trat + tipo	6	23,439	-32,2	5,68	0,044
trat*tipo	8	26,079	-31,2	6,65	0,027



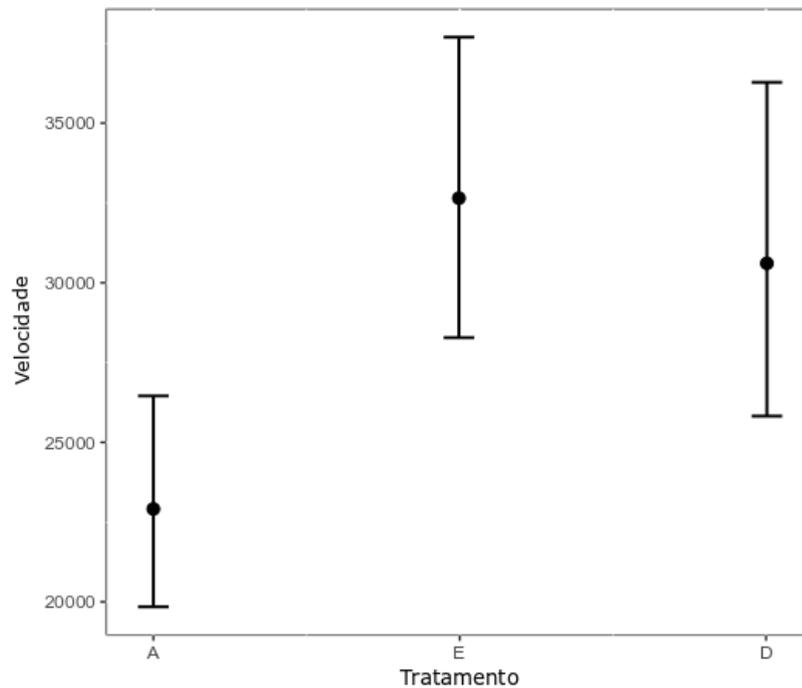
**Figura 14.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta linearidade dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D).

#### 4.3.3 Velocidade de deslocamento

Para a velocidade de deslocamento, o modelo que melhor se ajustou aos dados também sugere apenas o efeito da variável tratamento como determinante (Tabela 11). A velocidade de deslocamento do grupo foi maior durante a exposição (Estimativa = 0,354, Erro Padrão = 0,100,  $z = 3,54$ ,  $p < 0,05$ ) e “depois” (Estimativa = 0,289, Erro Padrão = 0,109,  $z = 2,64$ ,  $p < 0,001$ ), independentemente do tipo de tratamento (Figura 15) – embora o modelo que inclui tipo de tratamento também suporte os dados, sugerindo alguma incerteza na seleção do modelo, esta variável não foi significativa...

**Tabela 10.** Seleção de modelo linear generalizado misto através do Critério de Avaliação de Akaike (AICc), para variável resposta velocidade. logLik = log da máxima verossimilhança; AICc = Critério de Informação de Akaike corrigido;  $\Delta AICc = AICc_{\text{modelo}} - AICc_{\text{mínimo}}$ ; gl = graus de liberdade; peso AICc = peso de evidências.

Modelo	gl	logLik	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
tratamento	5	-391,876	795,6	0	0,599
trat + tipo	6	-391,133	797,0	1,35	0,305
Nulo	2	-397,655	799,7	4,03	0,080
trat*tipo	8	-390,918	802,8	7,18	0,017



**Figura 15.** Resultados preditos (média e erro padrão) pelo modelo selecionado (GLMM) ajustado para a variável resposta velocidade dos botos-cinza em relação às variáveis explanatórias de tratamento (A, E, D).

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que há uma resposta comportamental dos botos-cinza residentes na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina à presença acústica dos botos-da-tainha, confirmando nossa hipótese. Foi observada uma alteração no estado comportamental de forrageio para deslocamento após o início das exposições acústicas, com aumento da coesão do grupo de botos-cinza, bem como da sincronia entre eles na direção de deslocamento, e na velocidade e distância percorrida pelo grupo, indicando um padrão aparente de fuga/evasão para proteção. Após as exposições sonoras ao *playback* dos próprios botos-cinza, foram observados padrões semelhantes, porém de forma mais sutil.

Viver em grupos pode ter muitas funções em animais sociais (WILSON, 2000). Pode ter custos individuais, aumentando as possibilidades de competição intraespecífica, mas também gera benefícios, reduzindo o risco de predação e aumentando o sucesso na exploração de recursos por meio de técnicas de forrageio cooperativas (HAMILTON, 1971; SILK, 2014). Entre os descritores de uma organização em grupo destaca-se o tamanho do grupo (número de indivíduos) e o quanto os indivíduos estão próximos ou coesos entre si (ALCOCK, 2009). O tamanho do grupo depende de um compromisso entre o quanto um novo indivíduo pode facilitar a obtenção de um recurso pelo grupo e o quanto aumenta o potencial competitivo intragrupo

(DAVIES; KREBS, 2012). Já a coesão, pode manifestar um comportamento de defesa diante de circunstâncias onde os indivíduos se sintam ameaçados (BODE *et al.*, 2010).

Tanto o número de indivíduos quanto a coesão entre os botos-cinza aumentaram após as exposições aos sons de botos-da-tainha. Para o número de indivíduos por frame, no entanto, esse padrão variou entre exposições no mesmo dia. Nota-se que nas segundas e terceiras exposições, o número de indivíduos no tratamento “antes” foi maior do que nas primeiras e quartas exposições, sugerindo uma rápida sensibilização seguida por uma habituação ou provável percepção de que o som se repetia, porém sem a presença dos botos-da-tainha de fato. Já a diminuição no número de subgrupos só ocorreu durante a exposição de sons interespecíficos – ou seja, não foi observado nas sessões de exposição de sons de botos-cinza – indicando, nesses casos, uma fusão dos subgrupos em um único grupo e assim um aumento da coesão (COUZIN, 2006; LUNARDI *et al.*, 2014). A sincronia de direção de deslocamento aumentou para os dois tipos de exposição sonora de forma gradual durante e após as exposições. O fato de a sincronia de direção ser menor antes das exposições pode estar relacionado ao comportamento de forrageio prevalente nesse momento, que tende a ser mais errático e pouco definido. No entanto, depois da exposição, a sincronia aumenta ainda mais do que durante, sendo que nesse tratamento o grupo já aparenta retornar a um estado de forrageio. Isso indica que mesmo após o período de exposição e após o retorno ao comportamento prévio de forrageio, a organização social não retorna rapidamente ao padrão inicial.

O forrageio é a principal atividade observada na maioria dos estudos comportamentais de botos-cinza (DAURA-JORGE *et al.*, 2005; FLACH *et al.*, 2008). A interrupção por vezes completa e imediata desse comportamento, como resposta aos sons de outra espécie, demonstra que uma eventual presença dos botos-da-tainha na mesma área pode afetar o consumo de presas pelos botos-cinza. O hábito alimentar generalista da população residente de botos-cinza da Baía Norte (DAURA-JORGE *et al.*, 2011) e a variedade de estratégias de forrageio cooperativas e individuais observadas, podem ser mecanismos utilizados para redução de uma eventual competição.

O aumento da distância percorrida bem como a velocidade de deslocamento após o início das exposições sonoras ao som do boto-da-tainha é também reflexo da mudança no estado comportamental. Respostas similares foram observadas em estudos com *playbacks* de orcas (*Orcinus orca*) para golfinhos-de-Risso (*Grampus griseus*) (BOWERS *et al.*, 2018). Ainda, o comportamento de *porpoising* observado após essas exposições se alinha com esses resultados. Já o estado de socialização só foi observado por alguns segundos, sempre após o fim das

exposições interespecíficas. Esse comportamento ocorreu simultaneamente com a desaceleração do deslocamento, logo antes do retorno ao forrageio, podendo estar relacionado à uma reorganização do grupo ou fortalecimento dos vínculos sociais (PAULOS *et al.*, 2008).

É importante ressaltar que os eventos de mergulho longo e *porpoising*, apesar de terem sido quantificados em frequência de ocorrência junto aos demais eventos, possuem também uma duração de ocorrência que não foi considerada. Levando em consideração a comparação de frequências relativas entre os eventos observados, é possível que o efeito desses eventos de deslocamento esteja subestimado em comparação aos eventos de forrageio. Neste mesmo sentido, é possível que o comportamento de mergulho longo cause um efeito de diminuição de amostragem para as variáveis obtidas a partir dos frames, já que este evento tem uma duração de aproximadamente 20 segundos, período em que os botos permanecem submersos, reduzindo o tempo de avistagem dos comportamentos de superfície. O evento comportamental de levantar lama foi considerado como evento de forrageio, seguindo o descrito pela bibliografia (ROSSI-SANTOS; WEDEKIN, 2006). Porém, esse evento por vezes ocorre de forma simultânea ou subsequente ao mergulho longo, podendo indicar que durante esse mergulho os botos se direcionem todos para o fundo, levantando lama de forma semelhante ao que ocorre em algumas estratégias de forrageio. Sendo esse o caso, os eventos de lama durante as exposições sonoras, não necessariamente estão relacionados ao forrageio.

Considerando o desbalanceamento no número de sessões com *playback* de sons de botos-da-tainha e sons de botos-cinza, não é possível fazer uma comparação definitiva entre os resultados obtidos em resposta aos diferentes tipos de som. Com o aumento do número de repetições de sons de *Sotalia*, pode ser que a resposta observada se mantenha ou não. O que fica evidente com nossos resultados é que há uma resposta comportamental para ambos os tipos de som. No entanto, a resposta ao som do boto-da-tainha foi semelhante a um padrão de fuga e busca de proteção. Por exemplo, essa resposta melhor caracteriza a interrupção abrupta do forrageio, substituído sempre por um estado de deslocamento, do comportamento exclusivo de mergulho longo e alta frequência de *porpoising*. De fato, o mergulho longo foi relatado como uma resposta negativa comum ao encontro dos botos-cinza com embarcações na Baía Norte, reforçando que o papel deste comportamento está relacionado à fuga diante da percepção de um risco (PEREIRA *et al.*, 2007).

Já a resposta aos sons do próprio boto-cinza sugere uma reorganização social do grupo. A diminuição do forrageio e aumento do deslocamento também foi observado, porém essa mudança de estado comportamental é mais sutil e de curta duração, com o grupo retornando

rapidamente à atividade de forrageio. Odontocetos utilizam uma ampla variedade de sons com funcionalidade diversa (LANG; SMITH, 1965). Os assobios, tipo de som replicado em nosso experimento, são utilizados na comunicação social, sendo o reconhecimento individual e a coesão de grupos duas de suas importantes funções em delfínídeos (JANIK; SLATER, 1998). Um maior número de amostras é necessário para compreendermos as respostas aos sons do próprio boto-cinza. É possível, por exemplo, que o contexto comportamental durante a gravação do som utilizado no *playback* seja importante, e leve ou não, a respostas comportamentais distintas do grupo após a exposição ao *playback* destes sons. Estudos futuros devem avaliar essa possível variação de respostas no contexto deste experimento.

Como acima mencionado, a submersão simultânea e por longos períodos de todo o grupo de botos-cinza, seguido por um retorno sincronizado de quase todo o grupo se deslocando em *porpoising*, foi uma resposta que só observamos logo após o início das exposições aos sons de *Tursiops*. Respostas específicas e bem definidas já foram observadas em outros cetáceos após o *playback* sonoro de orcas: baleias-cinzentas (*Eschrichtius robustus*) responderam com alteração de direção de deslocamento com forte evasão (CUMMINGS; THOMPSON, 1971); baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) cessam seu comportamento de forrageio e alteram o padrão de mergulho buscando afastamento (CURE *et al.*, 2015); cachalotes (*Physeter macrocephalus*) também cessam o forrageio mas não alteraram a locomoção; golfinhos-de-Risso (*Grampus griseus*) respondem fugindo após as exposições enquanto baleias-piloto-de-nadadeiras-curtas (*Globicephala macrorhynchus*) respondem se aproximando da fonte de emissão sonora (BOWERS *et al.*, 2018). Há, portanto, uma variação nessas respostas que aparentemente caracterizam um comportamento anti-predador. Essa resposta pode ser de confronto ou fuga e a escolha da estratégia utilizada pode estar relacionada ao momento de detecção do risco de predação (CURE *et al.*, 2015).

No caso da interação aqui estudada, a mudança comportamental dos botos-cinza quando na presença acústica do boto-da-tainha é, provavelmente, relacionado à percepção do risco de uma agressão. De fato, relatos de comportamento agressivo do boto-da-tainha são constantes, sendo uma das poucas espécies de mamíferos marinhos que direciona ataques agressivos letais a outras espécies, sem fins predatórios (CONNOR *et al.*, 2000). Essas agressões podem ser motivadas por uma imposição de dominância entre dois predadores (COLLIAS, 1944) ou por uma possível relação de competição entre eles (CODY, 1969). A dominância entre indivíduos é comum para algumas espécies de odontocetos para regulação de uma hierarquia social e a agressão é um dos principais meios de comunicar ou reforçar isso (NORRIS, 1967).

Dominância também pode ocorrer entre diferentes espécies, variando de acordo com a relação filogenética ou similaridade ecológica entre elas, com espécies maiores geralmente dominando as menores (WILSON, 2000).

Quanto à potencial competição, estudos realizados a partir da análise do conteúdo estomacal demonstram que o peixe-espada (*Trichiurus lepturus*) é a principal presa na dieta, tanto dos botos-cinza quanto dos botos-da-tainha, seguido por espécies de peixes demersais também compartilhadas, como a tainha (*Mugil liza*), a corvina (*Micropogonias furnieri*), a pescadinha (*Macrodon atricauda*), a castanha (*Umbrina canosai*) e a pescada (*Cynocion guatucupa*) (DAURA-JORGE; WEDEKIN; SIMÕES-LOPES, 2011). Especificamente na região costeira do Sul do Brasil, análises isotópicas e modelos de mistura sugerem que o boto-cinza e o boto-da-tainha se alimentam primariamente de mugilídeos (*Mugil* sp.), e sobrepõem parcialmente seus nichos isotópicos, o que significa que podem se alimentar em áreas e/ou de presas muito semelhantes, ocupando posições tróficas equivalentes na região (TEIXEIRA *et al.*, 2020).

Por compartilharem as mesmas presas, a competição por recurso é possível entre essas espécies, e um provável motivador para a segregação espacial entre elas dentro da Baía Norte (WEDEKIN; DAURA-JORGE; SIMÕES-LOPES, 2004), ou para o aparente hábito generalista e oportunista de ambas, o que tende a reduzir os efeitos de uma competição potencial (BOROBIA; BARROS, 1989; BARROS; ODELL, 1990). Adicionalmente, alguns estudos relacionam a competição por presas com agressões realizadas por *Tursiops* em toninhas dos portos (*Phocoena phocoena*) na Escócia (ROSS; WILSON, 1996) e de baleias-piloto em golfinhos-de-Risso na Califórnia (SHANE, 1995). Ou seja, competição por interferência, envolvendo mecanismos comportamentais, também parece plausível quando uma das espécies é o boto-da-tainha, e pode ser um dos processos atuantes no padrão observado para as duas espécies de botos na Baía Norte.

A estratégia de segregação espacial observada entre ambas espécies na Baía Norte também pode estar relacionada à descritores de habitats e suas consequências ecológicas, como disponibilidade de presas. Isso acontece entre *Tursiops truncatus* e *Stenella attenuata* que co-ocorrem no Golfo Dulce na Costa Rica, sendo a coexistência aparentemente possível devido a forma diferente com que cada espécie utiliza o habitat (OVIEDO *et al.*, 2018). Entretanto, nossos resultados sugerem muito mais uma relação entre estratégias comportamentais e a segregação observada. A partição de recursos pode ser resultado de estratégias simultâneas, como a diferenciação espaço-temporal e comportamental, conforme observado entre baleias-

azuis e baleias-jubartes, que são sazonalmente simpátricas na Baía de Monterey, Califórnia (FOSSETTE *et al.*, 2017).

Embora competição e variações no uso de habitat possam explicar a segregação espacial observada entre o boto-cinza e o boto-da-tainha na Baía Norte, nossos resultados sugerem que fatores comportamentais são importantes mediadores deste padrão segregado e, em último nível, da coexistência na área. A variação de tamanho entre as duas espécies pode facilitar essa separação no uso do habitat, no sentido que animais maiores geralmente podem alcançar maiores velocidades de deslocamento com menos custo de energia (ALERSTAM; HEDENSTROM; AKESSON, 2003; HEDENSTROM, 1993; HUEY; HERTZ, 1984), além de um maior estoque energético (SCHMIDT-NIELSEN, 1972; TUCKER, 1970). De fato, o boto-da-tainha utiliza uma área bem maior, que ultrapassa os limites da baía. Animais menores, por sua vez, podem ter uma aceleração mais rápida (JACKSON; DIAL, 2011) e maior capacidade de manobra (DOMENICI, 2001). Partindo dessas considerações anatômicas, somadas às características de organização social e uso do espaço dos botos-cinza na Baía Norte, onde vivem em um grande e coeso grupo no limite da distribuição da espécie, faz sentido a adoção de uma resposta comportamental de fuga e proteção, especialmente após uma ocorrência tão marcante de interação agonística entre as espécies no local. O mesmo se aplica à *Tursiops*, com as características descritas acima somadas à grande plasticidade comportamental e tendência agressiva.

O uso do habitat pelas duas espécies reforça as características anatômicas e comportamentais descritas acima. Enquanto os botos-cinza ficam mais restritos à sua pequena área de vida próximo à margem continental no interior da baía, os botos-da-tainha utilizam toda a região de entorno da Ilha de Santa Catarina e interior das baías Norte e Sul, acessando uma ampla variedade de ambientes como manguezais, marismas, canais das baías, zonas de arrebentação e mar aberto (WEDEKIN *et al.*, 2008). Aparentemente, os botos-da-tainha estão organizados em uma pequena população com grande área de vida à qual apresenta fidelidade ao longo de todo ano, mas de forma transeunte ao longo da região ocupada (FLORES; FOUNTOURA, 2006; SCALABRIN, 2013). Esse padrão diverge do comumente observado para populações residentes de botos-da-tainha no sul do Brasil, como as de Laguna (SIMÕES-LOPES; FABIÁN, 1999) e da Lagoa dos Patos (DALLA-ROSA, 1999).

## 5.1 NOTAS SOBRE CONSERVAÇÃO

Em termos de conservação, a Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção, elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente e ICMBio em 2014, classifica *Sotalia guianensis* como espécie Vulnerável. Embora muitos estudos tenham contribuído significativamente para a compreensão da biologia da espécie e sua conservação, *S. guianensis* se encontra classificado pela IUCN como espécie “Quase Ameaçada”. Em uma escala local, a espécie se encontra desde 2011 na Lista Estadual de Fauna Ameaçada de Extinção de Santa Catarina, classificada como “Em Perigo”. Por sua vez, *Tursiops truncatus gephyreus*, é classificado pela IUCN como “Vulnerável”, sendo observado um declínio no número de indivíduos em algumas das sete unidades populacionais da subespécie, que totalizam juntas não mais que 600 indivíduos (COSCARELLA *et al.*, 2012; VERMEULEN; BRAGER, 2015). Além disso, essas poucas unidades populacionais se distribuem em uma área relativamente pequena e costeira no sul do Brasil, sendo susceptível a ameaças relacionadas com atividades antropogênicas diversas (FRUET *et al.*, 2014).

Considerando o cenário de conservação dos botos-cinza na Baía Norte, além de todas as pressões diretas enfrentadas pelos botos como a poluição de resíduos plásticos, química e acústica, do risco de atropelamento por embarcações, de pesca acidental e as obras de dragagem, eles também enfrentam consequências indiretas que afetam a qualidade de seu habitat. O aumento demográfico da grande Florianópolis, as construções irregulares em áreas de restinga e a exploração excessiva de recursos pesqueiros afetam indiretamente a sobrevivência dos botos, devido à diminuição de recursos alimentares e risco de diminuição ou perda de habitat. Os botos-cinza já vivem em uma área de vida pequena dentro da baía e evitam as regiões de grande produtividade primária – como os manguezais e as bocas do estuário – reduzindo seu acesso a uma maior diversidade de presas (WEDEKIN *et al.*, 2010).

Uma das maiores ameaças para cetáceos atualmente é a alta mortalidade devido à pesca acidental (FRUET *et al.*, 2012; SECCHI, 2010), ou seja, a pesca de espécies não-alvo que são capturadas acidentalmente nos petrechos de pesca. Outra espécie que sofre alta mortalidade devido à pesca acidental no Sul do Brasil é o peixe-espada (*T. lepturus*) (HAIMOVICI *et al.*, 1996; HAIMOVICI; FISCHER, 2007), uma das principais presas para os botos na região. Somado a isso, os botos-cinza e botos-da-tainha da Baía Norte são ameaçados pela competição de recursos com a demanda de pesca da região, afetando a partição das presas e hábitos alimentares das espécies (TEIXEIRA *et al.*, 2020). Muitas das presas mais importantes para a dieta dos botos estão sendo sobreexplotadas, como as espécies demersais (*Mugil liza*,

*Micropogonias furnieri*, *Macrodon atricauda*, *Umbrina canosai* e *Cynocion guatucupa*), com estoques considerados em risco de colapso (HAIMOVICI; CARDOSO, 2017).

Esses fatores podem afetar, portanto, a distribuição das duas espécies na região. Há alguns anos foi observada uma mudança no uso de habitat da população de botos-cinza, os quais deixaram a enseada em que viviam dentro dos limites da APA de Anhatomirim e passaram a ocupar a Baía de São Miguel, uma região um pouco maior e mais protegida, provavelmente como reflexo à variação na abundância das presas (WEDEKIN *et al.*, 2010). De fato, análises isotópicas dos valores de carbono para os botos-cinza e botos-da-tainha da Baía Norte apresentam valores opostos ao longo do tempo, refletindo possíveis alterações na disponibilidade de recursos (TEIXEIRA *et al.*, 2020). Ainda não conhecemos todos os aspectos e a dinâmica da interação entre essas duas espécies no local nem o quão frágil ela pode ser diante de pressões como as citadas acima. Podemos prever, no entanto, que a limitação de recursos aumenta o potencial de competição interespecífica e o aumento da taxa de encontro entre as espécies pode refletir no aumento de interações agonísticas e agressão aos botos-cinza.

Além de todos os desafios para a sobrevivência dos botos-cinza já elucidadas, esse é o limite da distribuição dessa espécie (SIMÕES-LOPES, 1988), o que minimiza sua possibilidade de fuga e estabelecimento em outra região. Populações periféricas aparentemente tendem a ser mais ameaçadas que aquelas no centro da distribuição da espécie devido ao isolamento espacial, menor abundância e baixa qualidade do ambiente (LESICA; ALLENDORF, 1995). O estabelecimento dessa população no limite austral da espécie é arqueologicamente recente, ocupando a região apenas nos últimos 1400 anos (CASTILHO, 2008). Ações para conservação dessa população residente e do ambiente que vivem devem ser consideradas urgentes, devido à importância da espécie na manutenção do equilíbrio ecológico e cadeia trófica na baía, além do seu valor intrínseco social, cultural e econômico para a região.

## 5.2 NOTAS SOBRE A METODOLOGIA APLICADA

Estudos que realizam experimentos de exposição controlada em um ambiente natural buscam acessar respostas comportamentais através de um estímulo acústico, para compreender os impactos daquela fonte sonora na população estudada (TYACK *et al.*, 2003; BEJDER *et al.*, 2006). O uso de *playbacks* é bastante comum em estudos no ambiente terrestre, principalmente com aves e anfíbios (FALLS, 1992), mas essa ferramenta é ainda pouco explorada no estudo de mamíferos aquáticos em seu habitat, os quais dependem diretamente da acústica para sua comunicação, percepção do ambiente e sobrevivência (DEECKE, 2006).

Até o ano de 2006, apenas 46 estudos utilizando *playbacks* com mamíferos aquáticos foram realizados, possivelmente devido às limitações para a aplicação do método, como a dificuldade logística para coleta de dados, os desafios na análise das respostas comportamentais e o custo elevado envolvido (DEECKE, 2006). Muitos estudos contornam os desafios de análise coletando dados comportamentais através de telemetria (CURÉ *et al.*, 2015; BOWERS *et al.*, 2018; SOUTHALL *et al.*, 2019). Por sua vez, essa metodologia reforça as questões de logística e custo, resultando em uma importante lacuna de conhecimento, especialmente em países subdesenvolvidos.

Esse número aumentou na última década, com a crescente demanda de compreendermos o efeito dos impactos sonoros antrópicos a esses animais. Diversos estudos utilizaram, por exemplo, o *playback* de sonares para observar a resposta comportamental de cetáceos (SOUTHALL *et al.*, 2019; ISOJUNNO *et al.*, 2016). Em comparação, menos estudos foram realizados utilizando o *playback* de sons naturais com cetáceos na natureza, sendo a maioria deles realizados com um número limitado de espécies. Além disso, os experimentos realizados para testar o efeito do medo em mamíferos aquáticos avaliaram respostas ao *playback* de orcas, focando na interação predador-presa (DEECKE, 2006).

O uso do drone para coleta de dados visuais nos permitiu uma mudança na perspectiva de observação em campo, sendo uma alternativa eficiente e acessível para a análise de respostas comportamentais de cetáceos na superfície. Além disso, essa é uma ferramenta não invasiva, menos custosa, sem risco humano, sem emissão de carbono e de menor impacto sonoro em comparação ao método tradicional de coletas aéreas onde os observadores sobrevoam em pequenos aviões (KOSKI *et al.*, 2009; CHRISTIANSEN *et al.*, 2016). A aplicabilidade dessa ferramenta em estudos com mamíferos marinhos foi comprovada para alcançar objetivos distintos, como estimativa de abundância (GOEBEL *et al.*, 2015), fotoidentificação (KOSKI *et al.*, 2015), fotogrametria (DURBAN *et al.*, 2015) e comportamento (SMULTEA *et al.*, 2017).

A partir da análise de imagens aéreas foi possível acessar informações comportamentais suficientes para responder nossa pergunta. Um cenário experimental mais experiente, com mais recursos e embarcações disponíveis simultaneamente, mais tempo de coleta, captação da resposta acústica complementar à visual e idealmente, a automatização da extração de dados, são algumas das perspectivas para aperfeiçoar futuras aplicações da metodologia. Mesmo com nossas limitações, a partir de uma seleção de variáveis a serem coletadas e comparadas e explorando os dados obtidos com abordagens diferentes, um contexto comportamental se apresentou em números, que testados, demonstraram um padrão de resposta.

Assim, esse estudo contribui na compreensão do efeito do medo gerado por interações não tróficas e é o primeiro experimento de exposição controlada utilizando *playbacks* em ambiente natural realizado com botos-cinza. Em uma escala mais local, também colabora com informações inéditas sobre a interação entre dois predadores da Baía Norte, as quais podem contribuir para planos de ação e conservação da baía e das espécies que ali habitam, levando em consideração a sutileza e peculiaridades dessa relação.

## 6 CONCLUSÃO

Esse estudo reforça que os efeitos do medo podem ser ocasionados por relações não-tróficas, entre predadores e potenciais competidores, com evidências de que a presença dos botos-da-tainha afeta os padrões comportamentais e de uso do espaço dos botos-cinza residentes da Baía Norte. Há um aumento na coesão, sincronia de direção, velocidade e distância percorrida no grupo de botos-cinza após a exposição sonora interespecífica. O *playback* de assobios intraespecíficos também resulta em uma resposta comportamental dos botos-cinza, que segue um padrão semelhante ao observado para os sons interespecíficos, porém de forma atenuada. Essa interação e a simpatria local entre as espécies deve ser levada em consideração em planos de ação para conservação de ambas. Estudos que avaliem variação do habitat e dinâmica das presas nos dois extremos da baía, bem como análises isotópicas para compreender se há uma variação sazonal ou alternância de uso de recurso entre as duas espécies de botos são importantes para trazer maior contexto e informações acerca da segregação espacial observada.

## 7 REFERÊNCIAS

- ACEVEDO-GUTIÉRREZ, Alejandro *et al.* Social interactions between tucuxis and bottlenose dolphins in Gandoca-Manzanillo, Costa Rica. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 4, n. 1, p. 49, 2005.
- AGOSTINELLI, Claudio; LUND, Ulric. R package circular: Circular Statistics (version 0.4–93), CA: Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca’Foscari University, Venice, Italy. **UL: Department of Statistics, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California, USA**, 2017.
- ALCOCK, John. **Animal behavior: An evolutionary approach**. Sinauer Associates, 2009.
- ALERSTAM, Thomas; HEDENSTRÖM, Anders; ÅKESSON, Susanne. Long-distance migration: evolution and determinants. **Oikos**, v. 103, n. 2, p. 247-260, 2003.

- ANDRADE, L. de; SICILIANO, S.; CAPISTRANO, L. Movimentos e atividades do boto *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. **Anais da 2a Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Rio de Janeiro, Brasil, Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza**, p. 71-74, 1987.
- AU, D.; WEIHS, D. At high speeds dolphins save energy by leaping. **Nature**, v. 284, n. 5756, p. 548-550, 1980.
- BAIRD, Robin W. An interaction between Pacific white-sided dolphins and a neonatal harbor porpoise. **Mammalia**, v. 62, n. 1, p. 129-133, 1998.
- BALSHINE, Sigal et al. Competitive interactions between round gobies and logperch. **Journal of Great Lakes Research**, v. 31, n. 1, p. 68-77, 2005.
- BARROS, Nelio B. Food habitats of bottlenose dolphins in the Southeastern United States. **The bottlenose dolphin**, p. 309-328, 1990.
- BARROS, Nelio B. Recent cetacean records for southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 7, n. 3, p. 296-306, 1991.
- BARTOÑ, K. MuMin: Multi-modal inference. Model selection and model averaging based on information criteria (AICc and alike). 2019.
- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed Editora, 2009.
- BEJDER, Lars *et al.* Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. **Animal behaviour**, v. 72, n. 5, p. 1149-1158, 2006.
- BENEVIDES, Larissa J. *et al.* Fear-induced behavioural modifications in damselfishes can be diver-triggered. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 514, p. 34-40, 2019.
- BODE, Nikolai WF *et al.* How perceived threat increases synchronization in collectively moving animal groups. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1697, p. 3065-3070, 2010.
- BOROBIA, Mônica; BARROS, Nélio B. Notes on the diet of marine *Sotalia fluviatilis*. **Marine Mammal Science**, v. 5, n. 4, p. 395-399, 1989.
- BORRELL, ASSUMPCIÓ; REIJNDERS, Peter JH. Summary of temporal trends in pollutant levels observed in marine mammals. **J. Cetacean Res. Manag.**, n. 1, p. 149-155, 1999.
- BOWERS, Matthew T. *et al.* Selective reactions to different killer whale call categories in two delphinid species. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, n. 11, 2018.

- BROWN, Joel S.; KOTLER, Burt P. Hazardous duty pay and the foraging cost of predation. **Ecology letters**, v. 7, n. 10, p. 999-1014, 2004.
- BROWN, Joel S.; LAUNDRÉ, John W.; GURUNG, Mahesh. The ecology of fear: optimal foraging, game theory, and trophic interactions. **Journal of mammalogy**, v. 80, n. 2, p. 385-399, 1999.
- BURNHAM, Kenneth P.; ANDERSON, David R. A practical information-theoretic approach. **Model selection and multimodel inference, 2nd ed. Springer, New York**, v. 2, 2002.
- CARO, Tim. **Antipredator defenses in birds and mammals**. University of Chicago Press, 2005.
- CATCHPOLE, C. K.; SLATER, P. J. B. Bird song. Biological themes and variations. Cambridge University Press. 335 p. 2008.
- CERUTTI, Rosenea Locatelli. Contribuição ao conhecimento da poluição doméstica na Baía Norte, área da Grande Florianópolis, SC. 1996.
- CHRISTIANSEN, Fredrik *et al.* Noise levels of multi-rotor unmanned aerial vehicles with implications for potential underwater impacts on marine mammals. **Frontiers in Marine Science**, v. 3, p. 277, 2016.
- CODY, Martin L. Convergent characteristics in sympatric species: a possible relation to interspecific competition and aggression. **Condor**, v. 71, n. 3, p. 223-239, 1969.
- COLLIAS, Nicholas E. Aggressive behavior among vertebrate animals. **Physiological Zoology**, v. 17, n. 1, p. 83-123, 1944.
- CONNOR, R. C. et al. A. 2000. The bottlenose dolphin: Social relationships in a fission-fusion society. **Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales. The University of Chicago Press, Chicago, IL**, p. 91-126, 2000.
- CONNOR, Richard C.; SMOLKER, Rachel A.; RICHARDS, Andrew F. Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 89, n. 3, p. 987-990, 1992.
- COSCARELLA, Mariano A. *et al.* Bottlenose dolphins at the southern extreme of the southwestern Atlantic: local population decline? **Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 8, p. 1843, 2012.
- COSTA, Ana P.B. *et al.* Ecological divergence and speciation in common bottlenose dolphins in the western South Atlantic. **Journal of Evolutionary Biology**, 2019.

- COUZIN, Iain D. Behavioral ecology: social organization in fission–fusion societies. **Current Biology**, v. 16, n. 5, p. R169-R171, 2006.
- CREEL, Scott *et al.* Time and space in general models of antipredator response: tests with wolves and elk. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 4, p. 1139-1146, 2008.
- CREEL, Scott; CHRISTIANSON, David. Relationships between direct predation and risk effects. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 4, p. 194-201, 2008.
- CUMMINGS, William C.; THOMPSON, Paul O. Gray whales, *Eschrichtius robustus*, avoid the underwater sounds of killer whales, *Orcinus orca*. **Fishery Bulletin**, v. 69, n. 3, p. 525-530, 1971.
- CURÉ, Charlotte *et al.* Predator sound playbacks reveal strong avoidance responses in a fight strategist baleen whale. **Marine Ecology Progress Series**, v. 526, p. 267-282, 2015.
- DALLA ROSA, Luciano. **Estimativa do tamanho da população de botos, *Tursiops truncatus*, do estuário da Lagoa dos Patos, RS, a partir da fotoidentificação de indivíduos com marcas naturais e da aplicação de modelos de marcação-recaptura.** 1999. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- DAURA-JORGE, Fábio G. *et al.* Seasonal and daily patterns of group size, cohesion and activity of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (PJ van Bénédén)(Cetacea, Delphinidae), in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 4, p. 1014-1021, 2005.
- DAURA-JORGE, Fábio G.; WEDEKIN, Leonardo L.; SIMÕES-LOPES, Paulo C. Feeding habits of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte Bay, southern Brazil. **Scientia Marina**, v. 75, n. 1, p. 163-169, 2011.
- DAVIES, N. B.; KREBS, J. R.; WEST, S. A. Sexual selection, sperm competition and sexual conflict. **An Introduction to Behavioral Ecology, 4th Edn. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell**, p. 179-221, 2012.
- DE CASTILHO, Pedro Volkmer. Utilization of cetaceans in shell mounds from the southern coast of Brazil. **Quaternary International**, v. 180, n. 1, p. 107-114, 2008.
- DEECKE, Volker B. Studying marine mammal cognition in the wild: a review of four decades of playback experiments. **Aquatic mammals**, v. 32, n. 4, p. 461-482, 2006.
- DI BENEDETTO, Ana Paula Madeira *et al.* Stomach contents of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia guianensis*) from Rio de Janeiro, South-eastern Brazil. **Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, n. 1, p. 253, 2007.

- DITT-PFUNDSTEIN, S., DAURA-JORGE, F.G., CANTOR, M., WEDEKIN, L.L. Primeira estimativa de abundância da população mais austral de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, Baía Norte, Sul do Brasil. **Anais da 16ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul (RT), Cartagena, Colombia, 2014.**
- ANDRADE, L. de; SICILIANO, S.; CAPISTRANO, L. Movimentos e atividades do boto *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. **Anais da 2a Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Rio de Janeiro, Brasil, Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza**, p. 71-74, 1987.
- DOMENICI, Paolo. The scaling of locomotor performance in predator-prey encounters: from fish to killer whales. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 131, n. 1, p. 169-182, 2001.
- DUNN, Dale G. *et al.* Evidence for infanticide in bottlenose dolphins of the western North Atlantic. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 38, n. 3, p. 505-510, 2002.
- DURBAN, John W. *et al.* Photogrammetry of killer whales using a small hexacopter launched at sea. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 3, n. 3, p. 131-135, 2015.
- ESTES, J. A. *et al.* Individual variation in prey selection by sea otters: patterns, causes and implications. **Journal of Animal Ecology**, p. 144-155, 2003.
- FALLS, J. Bruce. Playback: a historical perspective. In: **Playback and studies of animal communication**. Springer, Boston, MA, 1992. p. 11-33.
- FLACH, Leonardo; FLACH, Patricia A.; CHIARELLO, Adriano G. Aspects of behavioral ecology of *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, southeast Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 24, n. 3, p. 503-515, 2008.
- FLORES, Paulo AC; BAZZALO, Mariel. Home ranges and movement patterns of the marine tucuxi dolphin, *Sotalia fluviatilis*, in Baía Norte, Southern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 3, n. 1, p. 37-52, 2004.
- FLORES, PAULO AC; FOUNTOURA, N. F. Ecology of marine tucuxi, *Sotalia guianensis*, and bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in Baía Norte, Santa Catarina state, southern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 105-115, 2006.
- FOSSETTE, Sabrina *et al.* Resource partitioning facilitates coexistence in sympatric cetaceans in the California Current. **Ecology and evolution**, v. 7, n. 21, p. 9085-9097, 2017.

- FRUET, Pedro F. *et al.* Remarkably low genetic diversity and strong population structure in common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from coastal waters of the Southwestern Atlantic Ocean. **Conservation Genetics**, v. 15, n. 4, p. 879-895, 2014.
- FRUET, Pedro F. *et al.* Temporal trends in mortality and effects of by-catch on common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Brazil. **Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 8, p. 1865, 2012.
- GOEBEL, Michael E. *et al.* A small unmanned aerial system for estimating abundance and size of Antarctic predators. **Polar Biology**, v. 38, n. 5, p. 619-630, 2015.
- HAIMOVICI, M.; MARTINS, A. Silva; VIEIRA, P. Castelli. Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, n. 1, p. 27-50, 1996.
- HAIMOVICI, Manuel; CARDOSO, Luís Gustavo. Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil. **Marine Biology Research**, v. 13, n. 1, p. 135-150, 2017.
- HAIMOVICI, Manuel; FISCHER, Luciano Gomes. Avaliação de descartes na pesca de arrasto. **A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de**, p. 161-179, 1960.
- HAMILTON, William D. Geometry for the selfish herd. **Journal of theoretical Biology**, v. 31, n. 2, p. 295-311, 1971.
- HARTIG, Florian. DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models. **R package version 0.1**, v. 5, n. 5, 2017.
- HEDENSTRÖM, Anders. Migration by soaring or flapping flight in birds: the relative importance of energy cost and speed. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 342, n. 1302, p. 353-361, 1993.
- HERZING, Denise Lore. **A quantitative description and behavioral associations of a burst-pulsed sound, the squawk, in captive bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus***. 1988. Tese de Doutorado. San Francisco State University.
- HUEY, RAYMOND B.; HERTZ, PAUL E. Effects of body size and slope on acceleration of a lizard (*Stellio stellio*). **Journal of Experimental Biology**, v. 110, n. 1, p. 113-123, 1984.
- HUTCHINSON, G. Evelyn. The multivariate niche. In: **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**. 1957. p. 415-421.

- ISOJUNNO, Saana *et al.* Sperm whales reduce foraging effort during exposure to 1–2 kHz z sonar and killer whale sounds. **Ecological Applications**, v. 26, n. 1, p. 77-93, 2016.
- JACKSON, Brandon E.; DIAL, Kenneth P. Scaling of mechanical power output during burst escape flight in the Corvidae. **Journal of Experimental Biology**, v. 214, n. 3, p. 452-461, 2011.
- JANIK, Vincent M.; SLATER, Peter JB. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. **Animal behaviour**, v. 56, n. 4, p. 829-838, 1998.
- JOHNSON, Leslie K.; HUBBELL, Stephen P. Aggression and competition among stingless bees: field studies. **Ecology**, v. 55, n. 1, p. 120-127, 1974.
- KOSKI, William R. *et al.* Evaluation of an unmanned airborne system for monitoring marine mammals. **Aquatic Mammals**, v. 35, n. 3, p. 347, 2009.
- KOSKI, William R. *et al.* Evaluation of UAS for photographic re-identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus*. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 3, n. 1, p. 22-29, 2015.
- KOTLER, Burt P. Behavioral resource depression and decaying perceived risk of predation in two species of coexisting gerbils. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 30, n. 3-4, p. 239-244, 1992.
- LAHILLE, Fernando. Nota sobre un delfin. In: **Anales del Museo Nacional de Buenos Aires**. 1908. p. 347-365.
- LANG, T. G.; SMITH, H. A. P. Communication between dolphins in separate tanks by way of an electronic acoustic link. **Science**, v. 150, n. 3705, p. 1839-1844, 1965.
- LEHNER, Philip N. **Handbook of ethological methods**. Cambridge University Press, 1998.
- LESICA, Peter; ALLENDORF, Fred W. When are peripheral populations valuable for conservation? **Conservation biology**, v. 9, n. 4, p. 753-760, 1995.
- LIMA, Steven L.; DILL, Lawrence M. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. **Canadian journal of zoology**, v. 68, n. 4, p. 619-640, 1990.
- LODI, Liliane; BOROBIA, Monica. **Baleias, botos e golfinhos do Brasil: guia de identificação**. Technical Books Editora, 2013.
- LÜDECKE, Daniel. sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science. **R package version 2.8.5**, 2020.
- LUNARDI, Diana G.; FERREIRA, Renata G. Fission-fusion dynamics of Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) groups at Pipa Bay, Rio Grande do Norte, Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 30, n. 4, p. 1401-1416, 2014.

- MONTEIRO FILHO, Emygdio Leite de Araujo. Comportamento de caça e repertório sonoro do golfinho *Sotalia brasiliensis* (Cetacea: Delphinidae) na região de Cananéia, Estado de São Paulo. 1991.
- MONTEIRO-FILHO, Emygdio Leite Araujo; BONIN, Carolina Aimoré; RAUTENBERG, Marina. Interações interespecíficas dos mamíferos marinhos na região da Baía de Guaratuba, litoral sul do Estado do Paraná. **Biotemas**, v. 12, n. 1, p. 119-132, 1999.
- MURRAY JR, Bertram G. The ecological consequences of interspecific territorial behavior in birds. **Ecology**, v. 52, n. 3, p. 414-423, 1971.
- NASCIMENTO, Lídio França do; MEDEIROS, Priscila Izabel AP; YAMAMOTO, Maria Emilia. Descrição do comportamento de superfície do boto cinza, *Sotalia guianensis*, na Praia de Pipa-RN. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 21, n. 3, p. 509-517, 2008.
- NORRIS, Kenneth S. Aggressive behavior in Cetacea. **Aggression and defense: neural mechanisms and social pattern**, v. 5, p. 225-242, 1967.
- OVERSTROM, Neal A. Association between burst-pulse sounds and aggressive behavior in captive Atlantic bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). **Zoo Biology**, v. 2, n. 2, p. 93-103, 1983.
- OVIEDO, Lenin *et al.* Habitat partitioning mediates the coexistence of sympatric dolphins in a tropical fjord-like embayment. **Journal of Mammalogy**, v. 99, n. 3, p. 554-564, 2018.
- PAULOS, Robin D.; DUDZINSKI, Kathleen M.; KUCZAJ, Stan A. The role of touch in select social interactions of Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) and Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*). **Journal of Ethology**, v. 26, n. 1, p. 153-164, 2008.
- PEREIRA, Mariana Graciosa; BAZZALO, Mariel; DE CARVALHO FLORES, Paulo André. Reações comportamentais na superfície de *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) durante encontros com embarcações na Baía Norte de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 9, n. 2, 2007.
- PIANKA, Eric R.; HUEY, Raymond B. Comparative ecology, resource utilization and niche segregation among gekkonid lizards in the southern Kalahari. **Copeia**, p. 691-701, 1978.
- PRICE, Peter W.; CLANCY, Karen M. Interactions among three trophic levels: gall size and parasitoid attack. **Ecology**, v. 67, n. 6, p. 1593-1600, 1986.
- RICHARDSON, W. John *et al.* **Marine mammals and noise**. Academic press, 2013.
- RICHARDSON, W. John; WÜRSIG, Bernd. Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behaviour. **Marine & Freshwater Behaviour & Phy**, v. 29, n. 1-4, p. 183-209, 1997.

- RIMBACH, Rebecca *et al.* Interspecific Infanticide and Infant-Directed Aggression by Spider Monkeys (*Ateles hybridus*) in a Fragmented Forest in Colombia. **American journal of primatology**, v. 74, n. 11, p. 990-997, 2012.
- ROSS, Harry M.; WILSON, Ben. Violent interactions between bottlenose dolphins and harbour porpoises. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 263, n. 1368, p. 283-286, 1996.
- ROSSI-SANTOS, Marcos R.; FLORES, Paulo AC. Feeding strategies of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis*. **Open Marine Biology Journal**, v. 3, p. 70-76, 2009.
- ROSSI-SANTOS, Marcos R.; WEDEKIN, Leonardo L. Evidence of bottom contact behavior by estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) on the eastern coast of Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 32, n. 2, p. 140, 2006.
- ROUGHGARDEN, Jonathan. Resource partitioning among competing species—a coevolutionary approach. **Theoretical Population Biology**, v. 9, n. 3, p. 388-424, 1976.
- SACKETT, Gene P. (Ed.). **Observing behavior: Data collection and analysis methods**. University Park Press, 1978.
- SCALABRIN, Camila de Andrade et al. Ocorrência do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus*) no extremo sul da Ilha de Santa Catarina. 2013.
- SCHAKNER, Zachary A. *et al.* Can fear conditioning repel California sea lions from fishing activities? **Animal Conservation**, v. 20, n. 5, p. 425-432, 2017.
- SCHMIDT-NIELSEN, Knut. Locomotion: energy cost of swimming, flying, and running. **Science**, v. 177, n. 4045, p. 222-228, 1972.
- SCHMITZ, Oswald J.; BECKERMAN, Andrew P.; O'BRIEN, Kathleen M. Behaviorally mediated trophic cascades: effects of predation risk on food web interactions. **Ecology**, v. 78, n. 5, p. 1388-1399, 1997.
- SCHNEIDER, Caroline A.; RASBAND, Wayne S.; ELICEIRI, Kevin W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature methods**, v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012.
- SECCHI, E. R. Review on the threats and conservation status of franciscana, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae). **Biology, evolution and conservation of river dolphins within South America and Asia**, v. 1, p. 323-339, 2010.
- SHANE, Susan H. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. **The bottlenose dolphin**, p. 245-265, 1990a.
- SHANE, Susan H. Behavior patterns of pilot whales and Risso's dolphins off Santa Catalina Island, California. **Aquatic Mammals**, v. 21, p. 195-198, 1995.

- SHANE, Susan H. Comparison of bottlenose dolphin behavior in Texas and Florida, with a critique of methods for studying dolphin behavior. **The bottlenose dolphin**, p. 541-558, 1990b.
- SIH, Andrew. To hide or not to hide? Refuge use in a fluctuating environment. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 10, p. 375, 1997.
- SILK, Matthew J. *et al.* The importance of fission–fusion social group dynamics in birds. **Ibis**, v. 156, n. 4, p. 701-715, 2014.
- SIMÕES-LOPES, Paulo C. Ocorrência de uma população de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853)(Cetacea, Delphinidae) no limite sul de sua distribuição, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 1, n. 1, p. 57-62, 1988.
- SIMÕES-LOPES, Paulo C.; FABIAN, Marta E. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu)(Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. **Rev. Bras. Zool**, p. 1017-1024, 1999.
- SIMÕES-LOPES, Paulo Cesar; XIMENEZ, Alfredo. O impacto da pesca artesanal em área de nascimento do boto cinza, *Sotalia fluviatilis*,(Cetacea, delphinidae) SC, Brasil. **Biotemas**, v. 3, n. 1, p. 67-72, 1990.
- SMULTEA, M. A. *et al.* Cetacean mother-calf behavior observed from a small aircraft off Southern California. **Animal Behavior and Cognition**, v. 4, n. 1, p. 1-23, 2017.
- SOLUTIONS, VideoLan Streaming. VLC media player. **URL <https://www.videolan.org/vlc/index.html>**, 2006.
- SOUTHALL, Brandon L. *et al.* Experimental field studies to measure behavioral responses of cetaceans to sonar. **Endangered Species Research**, v. 31, p. 293-315, 2016.
- SOUTHALL, Brandon L. *et al.* Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. **Aquatic Mammals**, v. 45, n. 2, p. 125-232, 2019.
- TEAM, R. Core; DC, R. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2012. **URL [https://www. R-project.org](https://www.R-project.org)**, 2019.
- TEIXEIRA, Clarissa R. *et al.* Niche overlap and diet composition of three sympatric coastal dolphin species in the southwest Atlantic Ocean. **Marine Mammal Science**, 2020.
- TERRY, R. P. Intergeneric behavior between *Sotalia fluviatilis guianensis* and *Tursiops truncatus* in captivity. **Zeitschrift für Säugetierkunde**, v. 49, n. 5, p. 290-299, 1984.

- THOMPSON, John N. Conserving interaction biodiversity. In: **The Ecological Basis of Conservation**. Springer, Boston, MA, 1997. p. 285-293.
- TUCKER, Vance A. *et al.* Energetic cost of locomotion in animals. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 34, p. 841-846, 1970.
- TYACK, Peter; GORDON, Jonathan; THOMPSON, David. Controlled exposure experiments to determine the effects of noise on marine mammals. **Marine Technology Society Journal**, v. 37, n. 4, p. 41-53, 2003.
- VERMEULEN, Els; BRÄGER, Stefan. Demographics of the disappearing bottlenose dolphin in Argentina: a common species on its way out? **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0119182, 2015.
- WEDEKIN, Leonardo L. *et al.* O uso de um modelo conceitual para descrever o cenário de conservação do boto-cinza na Baía Norte, Sul do Brasil. **Nature Conservation**, v. 3, n. 1, p. 59-67, 2005.
- WEDEKIN, Leonardo L.; DAURA-JORGE, Fábio G.; SIMÕES-LOPES, Paulo C. An aggressive interaction between bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in southern Brazil. **Aquatic mammals**, v. 30, n. 3, p. 391-397, 2004.
- WEDEKIN, Leonardo L.; DAURA-JORGE, Fábio G.; SIMÕES-LOPES, Paulo C. Habitat preferences of guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte bay, southern Brazil. **Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 90, n. 8, p. 1561, 2010.
- WEDEKIN, Leonardo Liberali *et al.* Notas sobre a distribuição, tamanho de grupo e comportamento do golfinho *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) na Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, p. 0-0, 2008.
- WELLS, Randall S.; SCOTT, Michael D. Common bottlenose dolphin: *Tursiops truncatus*. In: **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, 2009. p. 249-255.
- WELLS, Randall S.; SCOTT, Michael D. Seasonal incidence of boat strikes on bottlenose dolphins near Sarasota, Florida. **Marine Mammal Science**, v. 13, n. 3, p. 475-480, 1997.
- WILSON, Edward O. **Sociobiology: The new synthesis**. Harvard University Press, 2000.
- WOLFF, Jerry O.; FREEBERG, Mark H.; DUESER, Raymond D. Interspecific territoriality in two sympatric species of *Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 12, n. 3, p. 237-242, 1983.

- WOOD JR, F. G. Underwater Sound Production and Concurrent Behavior of Captive Porpoises, *Tursiops Truncatus* and *Stenella Plagiodon*. **Bulletin of Marine Science**, v. 3, n. 2, p. 120-133, 1953.
- ZAR, J. H. Circular distributions: descriptive statistics. **Biostatistical analysis**, p. 519-611, 1996.
- ZUUR, Alain F.; IENO, Elena N.; ELPHICK, Chris S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in ecology and evolution**, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2010.