

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Andrea Yanina Pellegrini

**EFEITO DO TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES NO  
COMPORTAMENTO DO BOTO-DA-TAINHA, *Tursiops  
truncatus*, DURANTE A INTERAÇÃO COM PESCADORES NO  
SUL DO BRASIL.**

Dissertação submetida ao  
Programa de Pós-Graduação  
em Ecologia da Universidade  
Federal de Santa Catarina  
para a obtenção do grau de  
Mestre em Ecologia.  
Orientador: Prof. Dr. Fábio G.  
Daura-Jorge.

Florianópolis  
2018

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

Pellegrini, Andrea Yanina

Efeito do tráfego de embarcações no boto-da-tainha, *Tursiops truncatus*, em forrageio com pescadores artesanais. / Andrea Yanina Pellegrini ; orientador, Fábio Daura-Jorge, 2018.

78 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

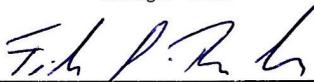
1. Ecologia. 2. Ecologia. 3. Boto-da-tainha, *Tursiops truncatus*. 4. Tráfego de embarcações. 5. Interação boto-pescador. I. Daura-Jorge, Fábio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

**“Efeito do tráfego de embarcações no comportamento do boto-da-tainha,  
*Tursiops truncatus*, durante a interação com pescadores no sul do Brasil”**

Por

**Andrea Yanina Pellegrini**

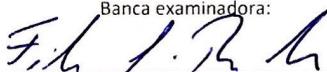
Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da  
Banca Examinadora (12/2018/PPGECO) do Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia - UFSC.



---

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Daura Jorge  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Banca examinadora:



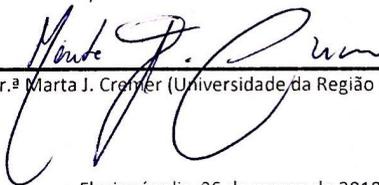
---

Dr. Fábio Gonçalves Daura Jorge (Universidade Federal de Santa Catarina)  
Orientador



---

Dr. Marcos Rossi Santos (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia)



---

Dr.ª Marta J. Cremer (Universidade da Região de Joinville)

Florianópolis, 06 de março de 2018.



Dedico este trabalho à minha família.  
Obrigada pelo imenso amor e apoio.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Dora e Luís, e os meus irmãos Jorge e Flor por tudo o apoio e amor que sempre me deram e por encontrarem a forma de estar sempre por perto apesar da distância. Por me deixarem voar e sonhar, estando sempre do meu lado...amo vocês!

À minha avó, pelo imenso carinho e apoio nas minhas escolhas.

Ao meu orientador Fábio, muito obrigada pela imensa paciência, dedicação, ensinamentos, por confiar em mim e pelo carinho. Obrigada por me dar a oportunidade de entrar no mundo dos cetáceos e por toda a felicidade que isso trouxe.

Ao Professor Paulo Simões-Lopes, por ter compartilhado alegrias e tristezas, momentos de desespero e muitas risadas. Por ter me recebido de braços abertos desde o começo, pelos valiosos conselhos, ensinamentos, apoio e carinho. Obrigada!

Aos membros da banca, Marcos Rossi, Marta Cremer e Renato Aché de Freitas, pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A Pedro Castilho pela parceria no projeto, por ter disponibilizado o uso do hidrofone e pelo apoio logístico em campo.

Aos amigos da pós, pelas conversas, risadas, muitos e muitos cafés, pelos barzinhos depois da aula, por se tornarem a minha família e suporte. Espero nossos caminhos continuem se encontrando...

À incrível família LAMAq, pessoas maravilhosas que me brindaram todo o apoio e carinho desde o início.

Ao programa de Pós-graduação em Ecologia, a todos os professores, funcionários e a CNPq pela bolsa do mestrado.



## RESUMO

Em Laguna, sul do Brasil, uma parcela de uma pequena população de botos-da-tainha (*Tursiops truncatus*) interage com pescadores artesanais em uma tática de forrageio, que aparentemente traz benefícios para ambas as partes envolvidas. Múltiplas atividades antrópicas podem afetar negativamente esta população de cetáceos, sendo o crescente tráfego de embarcações observado no local uma das mais preocupantes, porém ainda não estudada. Assim, este trabalho avalia possíveis alterações no comportamento de forrageio dos botos em cooperação com pescadores, quando expostos à presença de embarcações, analisando tanto respostas comportamentais de superfície quanto variações no comportamento acústico dos indivíduos. A coleta de dados foi realizada desde ponto fixo, entre setembro de 2016 e maio de 2017. O comportamento de superfície, avaliado através de Modelos Lineares Generalizados (GLMs) para a variável distanciamento e Testes do Qui-quadrado para coesão do grupo, não evidenciou alterações significativas na presença de embarcações. Para testar a hipótese de que as embarcações provocam mudanças na comunicação acústica dos indivíduos, parâmetros acústicos dos assobios foram avaliados utilizando Análise de Função Discriminante (DFA) e Análise de Variância Multivariada (MANOVA). Estes parâmetros não mostraram diferenças quando comparados na presença e ausência de embarcações. Porém, as taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização foram significativamente menores na presença de barcos. Modelos Lineares Generalizados (GLMs) foram utilizados para explorar a influência das variáveis relacionadas às embarcações (tipo de barco, número de barcos e velocidade) sobre os parâmetros acústicos dos assobios, assim como nas taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização. Incorporou-se também nesses modelos o tamanho do grupo e presença de filhotes como covariáveis explanatórias. O número de embarcações presentes na área amostrada teve influência sobre as frequências final e máxima, aumentando os valores destas variáveis conforme o aumento na quantidade de barcos. Quanto ao tipo de barco, a frequência final dos assobios foi menor na presença de lanchas em relação a embarcações de tipo pesca. Velocidades maiores provocaram diminuição na quantidade de pontos de inflexão e na duração dos assobios. A frequência final aumentou conforme o aumento no tamanho do grupo. Na presença de embarcações, grupos com filhotes emitiram assobios de frequências final e mínima maiores do que grupos sem filhotes. Em relação às taxas de emissão de sons, embarcações se

deslocando a velocidade média provocaram uma diminuição na quantidade de assobios emitidos. O tamanho do grupo teve uma influência positiva sobre ambas as taxas, aumentando o número de assobios e cliques de ecolocalização conforme aumenta o número de indivíduos no grupo. O incremento na quantidade e velocidade das embarcações aumenta os níveis de ruído subaquático, e interfere na comunicação acústica dos indivíduos. A importância da interação boto-pescador, combinada ao alto grau de residência e pequeno tamanho da população de botos, faz com que seja necessário considerar a informação aqui apresentada para a elaboração de planos de manejo que tentem mitigar o impacto do distúrbio não letal gerado pelas embarcações.

**Palavras chave:** *Tursiops truncatus*, embarcações, interação boto-pescador, comportamento superficial, comunicação acústica.

## ABSTRACT

In Laguna, southern Brazil, a subset of a small population of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) interacts with artisanal fishermen in a foraging tactic, which apparently benefits both parties involved. Multiple anthropic activities may negatively affect this cetacean population. The intense vessel traffic is one of the major concerns, but its potential impact has not been studied yet. Thus, this work evaluates possible changes in foraging behavior of dolphins cooperating with fishermen in the presence of vessels, analyzing both surface and acoustic behaviors. Data were collected from a fixed point between September 2016 and May 2017. The surface behavior, assessed through the variables distancing and cohesion of the group, did not show significant changes in the presence of vessels. To test the hypothesis that the vessels cause changes in the acoustic communication of dolphins, acoustic parameters of the whistles were evaluated using Discriminant Function Analysis (DFA) and Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). Acoustic parameters of whistles were similar both in the presence and in the absence of vessels. However, the emission rates of whistles and echolocation clicks were significantly lower in the presence of vessels. Generalized Linear Models (GLMs) were used to explore the influence of vessel related variables (vessel type, number of boats and vessel speed) on acoustic parameters of whistles, as well as the emission rates of whistles and echolocation clicks. The size of the group and presence of calves were also included in these models as explanatory covariates. The number of vessels in the sampled area had a strong influence on the final and maximum frequencies, increasing the values of these variables as the number of vessels increased. Regarding the type of vessel, the final frequency of whistles was lower in the presence of motorboats than in the presence of artisanal vessels. Higher speeds caused a decrease in the number of inflection points and in the duration of the whistles. Whistles final frequency increased as group size increased. In the presence of vessels, groups with calves emitted whistles of final and minimum frequencies higher than groups without calves. Concerning the emission rates of sounds, vessels moving at medium speed caused a decrease in the amount of whistles emitted. The size of the group had a positive influence on both rates, increasing the number of whistles and echolocation clicks as the number of individuals in the group increased. The increase in the quantity and speed of vessels increases the levels of underwater noise and interferes in the acoustic communication of dolphins. The importance of this dolphin-human

interaction, combined with the site fidelity and small size of this dolphin population, makes it necessary to consider the information presented here for the elaboration of management plans that attempt to mitigate the impact of the non-lethal disturbance generated by vessels.

**Key words:** *Tursiops truncatus*, vessels, dolphin-human interaction, surface behavior, acoustic communication.

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUCAO GERAL

- Figura 1:** Mãe e filhote do boto-da-tainha, *Tursiops truncatus*. Foto: Carolina Bezamat.....19
- Figura 2:** Representação gráfica de um assobio no espectrograma. Indicam-se os principais parâmetros acústicos utilizados na caracterização e análise destes sons.....22
- Figura 3:** Sequência de eventos durante a pesca interativa entre botos e pescadores em Laguna. Os botos arrebanham cardumes de peixes (A) e os levam até os pescadores, que posicionados em fila (B), aguardam o “sinal” dos botos (C) para o lance de tarrafas (D).....27

### Capítulo 1

- Figura 1:** (A) Complexo lagunar de Sto. Antônio dos Anjos-Imaruí-Mirim, próximo à cidade de Laguna, Santa Catarina, sul do Brasil. Apresenta-se a área de uso dos botos cooperativos (azul), área de uso dos botos não cooperativos (vermelho) (Adaptado de Agrelo, 2017) e principais pontos de pesca interativa. (B) Em destaque a Praia da Tesoura, ponto fixo da amostragem.....44
- Figura 2:** Áreas delimitadas visualmente para determinar as condições de presença da embarcação (faixa de 500 m), abandono da área (faixa de 200 m) e distanciamento (distancia de 50 m desde a linha de pescadores). A linha de pescadores foi representada através dos círculos amarelos. (Fonte: Google Earth 2017).....46
- Figura 3:** Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios em relação à ausência (A) e presença (B) de embarcações, no eixo da função discriminante. A sobreposição das distribuições evidencia uma fraca separação dos grupos.....52
- Figura 4:** Boxplot para as taxas de emissão de assobios (esq.) e cliques de ecolocalização (dir.) na ausência (A) e presença física (PF) de embarcações. As taxas são expressas por número de sons/ind/min.....53

**Figura 5:** Previsões dos modelos selecionados indicando o efeito das variáveis explanatórias com influência significativa sobre os parâmetros acústicos dos assobios. A) Pontos de inflexão vs. tipo de embarcação; B) Frequência final vs. tipo de embarcação; C) Pontos de inflexão vs. número de embarcações; D) Frequência inicial vs. número de embarcações; E) Frequência final vs. número de embarcações; F) Frequência máxima vs. número de embarcações; G) Duração vs. velocidade; H) Frequência final vs. número de indivíduos; I) Frequência inicial vs. presença de filhotes; J) Frequência mínima vs. presença de filhotes; K) Frequência máxima vs. presença de filhotes. Os valores preditos pelo modelo são representados em pontos azuis e o intervalo de confiança de 95% (barras). Os tipos de embarcação foram: pesca (P); jet-ski (JS); lancha (L). As categorias de velocidade consideradas foram: (cruz) cruzeiro; média (media); plainando (plain).....57

**Figura 6:** Previsões dos modelos selecionados indicando o efeito das variáveis explanatórias com influência significativa sobre a taxa de assobios e cliques de ecolocalização. A) Taxa de emissão de assobios vs. número de indivíduos; B) Taxa de emissão de assobios vs. velocidade; C) Taxa de emissão de cliques vs. número de indivíduos. Os valores preditos pelo modelo são representados em pontos azuis e o intervalo de confiança de 95% (barras). As categorias de velocidade consideradas foram: (cruz) cruzeiro; média (media); plainando (plain).....61

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Seleção do modelo mais parcimonioso para analisar a influência das variáveis relacionadas às embarcações, assim como do tamanho de grupo (N indivíduos) e presença de filhotes, sobre o distanciamento dos botos. O menor valor de AIC indica o modelo que melhor se ajusta aos dados; gl (graus de liberdade);  $\Delta$ AIC (diferença entre os valores de AIC); Peso AIC (probabilidade do modelo se ajustar aos dados); Tipo (Tipo de embarcação); Vel (Velocidade); Nem (Número de embarcações); Nin (Número de indivíduos); Fi (filhotes).....51

**Tabela 2:** Resultados da seleção de modelos que avaliam a influência das embarcações, tamanho do grupo (Número de indivíduos) e presença de filhotes sobre os parâmetros acústicos dos assobios. São apresentados para cada parâmetro os primeiros quatro modelos, ranqueados em ordem crescente de  $\Delta$  AICc. Indica-se no modelo mais parcimonioso, o nível de significância das variáveis: (\*)  $p < 0.05$ , (\*\*)  $p < 0.01$ . gl (graus de liberdade);  $\Delta$ AIC (diferença entre os valores de AIC); Peso AIC (probabilidade do modelo se ajustar aos dados); Tipo (Tipo de embarcação); Vel (Velocidade); Nem (Número de embarcações); Nin (Número de indivíduos); Fi (filhotes).....55

**Tabela 3:** Seleção de modelos para avaliar a influência das embarcações, assim como do tamanho do grupo e presença de filhotes, sobre as taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização. O menor valor de AICc indica o modelo com melhor ajuste aos dados. Indica-se para modelo mais parcimonioso, o nível de significância das variáveis: (\*)  $p < 0.05$ , (\*\*).  $p < 0.01$ . gl (graus de liberdade);  $\Delta$ AIC (diferença entre os valores de AIC); Peso AIC (probabilidade do modelo se ajustar aos dados); Tipo (Tipo de embarcação); Vel (Velocidade); Nem (Número de embarcações); Nin (Número de indivíduos); Fi (filhotes).....59



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	19
<i>O boto-da-tainha: apresentando a espécie</i> .....	19
<i>Comunicação no meio aquático</i> .....	20
<i>Tipos de vocalizações emitidas e função</i> .....	21
<i>Assobio assinatura</i> .....	21
<i>Populações costeiras de cetáceos e ameaças</i> <i>antrópicas – O tráfego de embarcações</i> .....	23
<i>Tursiops truncatus e o tráfego de embarcações</i> .....	24
<i>A população de botos de Laguna</i> .....	26
<i>Problemática do tráfego de embarcações em Laguna</i> .....	27
<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	31
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	31
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	32
<b>Resumo</b> .....	39
<b>Introdução</b> .....	40
<b>Material e métodos</b> .....	43
<i>Coleta de dados</i> .....	43
<i>Comportamento de superfície</i> .....	45
<i>Comportamento acústico</i> .....	46
<i>Análises estatísticas</i> .....	48
<i>Comportamento de superfície</i> .....	48
<i>Comportamento acústico</i> .....	48
<b>Resultados</b> .....	50
<i>Comportamento de superfície</i> .....	50
<i>Parâmetros acústicos dos assobios</i> .....	51
<i>Taxa de emissão de assobios e cliques</i> .....	52
<i>Variações dos parâmetros acústicos na presença de embarcações</i> ...53	
<i>Variações nas taxas de emissões na presença de embarcações</i> .....	58
<b>Discussão</b> .....	61
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	69
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	77



## INTRODUÇÃO GERAL

### *O boto-da-tainha: apresentando a espécie*

O golfinho nariz de garrafa ou boto-da-tainha, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Fig. 1), é o delfínídeo mais conhecido e amplamente estudado tanto em cativeiro como em vida livre. Pertencente à superfamília Odontoceti (cetáceos que possuem dentes), esta é uma espécie de ampla distribuição, encontrada em mares temperados e tropicais de todo o mundo (WILSON; HAMMOND; THOMPSON, 1999; WELLS; SCOTT, 1999). A alta plasticidade ecológica da espécie permitiu que se adaptasse a uma grande variedade de ambientes, desde lagoas, estuários e mares internos, até águas pelágicas e ilhas oceânicas (WELLS; SCOTT, 1999).

Os indivíduos desta espécie apresentam um corpo robusto, tamanho médio, rosto curto e um melão bem demarcado. A coloração dos adultos é cinza escuro no dorso e mais claro nas laterais, com o ventre cinza claro ou rosado, sem dimorfismo sexual (WELLS; SCOTT, 1999). Os adultos têm um comprimento de 2,5 a 3,8 m, dependendo da região. A maturidade sexual é alcançada nas fêmeas entre os 5 e 13 anos de idade, enquanto para machos isto acontece entre os 9 e 14 anos. Embora a reprodução aconteça ao longo do ano todo, é mais frequente nos meses de primavera e verão (CONNOR; WELLS; MANN; READ, 2000; WELLS; SCOTT, 1999) com o nascimento dos filhotes após um período de gestação médio de um ano. Os filhotes permanecem junto as suas mães por um período de 3 a 6 anos, ocorrendo frequentemente a separação com o nascimento de um novo filhote (WELLS; SCOTT, 1999).



Figura 1: Mãe e filhote do boto-da-tainha, *Tursiops truncatus*. Foto: Carolina Bezamat

### *Comunicação no meio aquático*

Filogeneticamente os ungulados terrestres são os parentes mais próximos dos cetáceos e evoluíram se adaptando a um estilo de vida totalmente aquático (GATESY; HAYASHI; CRONIN & ARCTANDER, 1996). Nestes ambientes, o som é a forma mais eficiente de comunicação a grandes distâncias (TYACK, 2000), possibilitando à comunicação acústica se tornar o principal sentido em cetáceos (HERZING, 1996). Os sons viajam aproximadamente cinco vezes mais rápido na água do que no ar, e baixas frequências podem viajar centenas de quilômetros com pouca perda de energia (URICK, 1983; AU, 1997). As características físicas do ambiente marinho, como a opacidade e viscosidade da água limitam a transmissão de sinais através de outros sentidos como a visão, tacto ou gosto (URICK, 1983). Além disso, a comunicação visual entre indivíduos é mais difícil em ambientes de maior turbidez, como estuários e lagunas costeiras (CREMER et al., 2017), assim como em profundidades maiores, como resultado da perda de luz e aumento da turbidez da água (TAUBITZ, 2007).

Outra vantagem da comunicação acústica por sobre a comunicação visual é que os cetáceos são indivíduos ativos tanto durante o dia quanto à noite. Desta forma, o uso da comunicação sonora é de vital importância para indivíduos em forrageio noturno ou de grandes profundidades, onde a falta de luz seria um problema para o desenvolvimento normal das suas atividades em caso de dependência da comunicação visual. Assim, foi observado para o boto cinza (*Sotalia guianensis*) que durante a noite os indivíduos emitem vocalizações em maior quantidade e de frequência menor em relação às vocalizações diurnas, o que permitiria a propagação do som a distâncias maiores (DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2016). Para odontocetos de mergulho profundo, como as baleias piloto (*Globicephala macrorhynchus*), golfinhos de Risso (*Grampus griseus*) e cachalotes (*Physeter macrocephalus*) o pico de maior atividade de vocalizações foi registrado à meia noite, apresentando maior quantidade de cliques de ecolocalização (AU et al., 2013).

### *Tipos de vocalizações emitidas e função*

O boto da tainha é uma espécie altamente social, que utiliza a comunicação acústica para a transmissão de informações entre os membros do grupo, assim como para uma ampla variedade de comportamentos relacionados à coordenação e coesão do grupo, reprodução, forrageio, detecção de predadores e presas, e orientação no ambiente (WEILGART, 2007; LEMON; LYNCH; CATO & HARCOURT, 2006; LOPEZ, 2011; ERBE et al., 2016). De forma geral, os golfinhos produzem três tipos de sons: cliques de ecolocalização, sons pulsados explosivos e assobios (LAMMERS; AU; HERZING, 2003; LOPEZ, 2011; HERZING, 2014). Os cliques de ecolocalização são sinais de banda larga, emitidos em pulsos de curta duração e alta frequência (até 120-130 kHz; Au 1993). Sons pulsados explosivos são reconhecidos como cliques emitidos de forma rápida, com intervalos de duração entre pulsos menores do que 10 ms e apresentando uma ampla variação em relação a frequências e duração (JANIK, 2009). Os assobios são sons tonais de frequência fundamental entre 3.5 e 14.5 kHz, que podem apresentar ou não modulações de frequência (variações de frequência ao longo do tempo) e que possuem um variável número de harmônicos (CALDWELL; CALDWELL; TYACK, 1990). Estes sons são frequentemente agrupados em duas categorias funcionais: cliques de ecolocalização usados principalmente para navegação, orientação e detecção das presas (AU, 1993; HERZING, 2014), e sons pulsados explosivos e assobios utilizados na comunicação social (NOWACEK, 2005; JANIK, 2009; LUÍS et al., 2016).

### *Assobio assinatura*

O boto-da-tainha *T. truncatus* vive em sociedades estruturadas em uma dinâmica de fissão – fusão – com associações efêmeras entre indivíduos (AURELI et al., 2008) –, onde a comunicação é muito importante na transmissão de informações entre os membros do grupo. Manter as relações entre indivíduos dentro de uma estrutura social dinâmica exige um sistema de reconhecimento individual (SAYIGH et al., 1999).

Segundo a teoria do assobio assinatura (CALDWELL; CALDWELL; TYACK, 1990), cada indivíduo apresenta um tipo de assobio particular dentro do seu repertório, que transmite a identidade do emissor através de um padrão de modulação de frequência

distinguível individualmente. Estes assobios assinatura são desenvolvidos pelos filhotes através de um processo de aprendizado vocal durante os primeiros meses de vida (TYACK, 1997). Os filhotes modelam seus assobios desde a experiência auditiva, resultando em sinais individuais diferentes daqueles assobios dos indivíduos mais próximos e estáveis ao longo do tempo, possivelmente ao longo de toda a sua vida (JANIK; SAYIGH, 2013). Estes assobios tem um papel central no reconhecimento e manutenção da coesão entre mãe e filhote, interações sociais e coesão do grupo (JANIK; SLATER, 1998).

A identificação de assobios assinatura é possível pela análise visual do contorno da frequência do som, utilizando gráficos de frequência em função do tempo (espectrogramas, Fig. 2). Estes espectrogramas também permitem mensurar parâmetros acústicos, como frequências (i.e. frequências inicial, final, máxima, mínima, amplitude de frequência) e duração, sendo amplamente utilizados para a comparação dos repertórios de assobios entre populações de uma mesma espécie (DING; WURSIG; EVANS, 1995; DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2013; KRIESELL; ELWEN; NASTASI & GRIDLEY, 2014; LA MANNA et al., 2017) ou entre espécies diferentes (LAMMERS; AU; HERZING, 2003; BAZÚA-DURÁN, 2004).

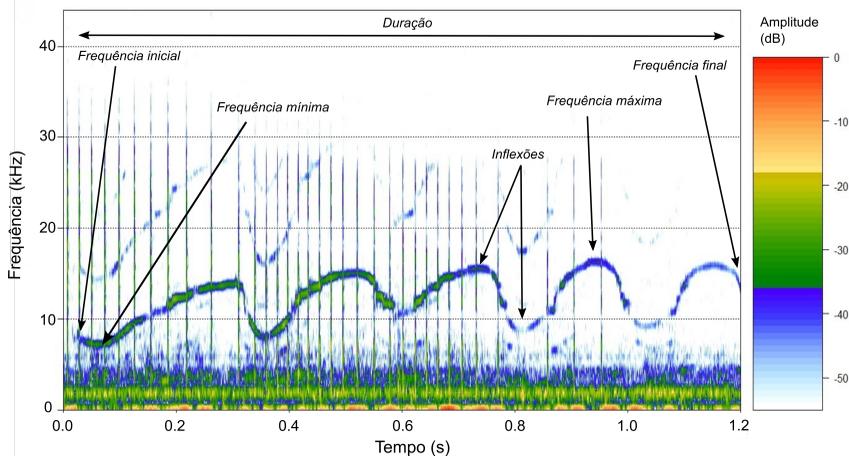


Figura 2: Representação gráfica de um assobio no espectrograma. Indicam-se os principais parâmetros acústicos utilizados na caracterização e análise destes sons. Figura realizada usando o pacote *seewave* no ambiente R (Sueur et al., 2008).

*Populações costeiras de cetáceos e ameaças antrópicas – O tráfego de embarcações*

Apesar da sua ampla distribuição, pequenas populações do boto-da-tainha com frequência se concentram em áreas costeiras, formando unidades populacionais discretas com limitada área de ocupação (CONSTANTINE; BRUNTON; DENNIS, 2004). Áreas costeiras têm experimentado uma expansão acelerada do desenvolvimento humano ao longo das últimas décadas, o que gera uma alta pressão sobre o ecossistema e seus recursos naturais (NEUMANN; VAFEIDIS; ZIMMERMANN & NICHOLLS, 2015), além de aumentar a exposição dos cetáceos que habitam estas áreas a uma série de possíveis distúrbios antrópicos (CRIBB; SEURONT, 2016, BAS et al., 2017). Entre as principais ameaças aos cetáceos encontram-se: (1) aumento nos níveis de poluição; (2) captura em redes de pesca; (3) degradação e perda do habitat; (4) exploração sísmica; (5) doenças por exposição a contaminantes; (6) aumento do tráfego de embarcações, entre outras (REEVES, 2003, SINI; CANNING; STOCKIN & PIERCE, 2005; DAURA-JORGE, 2011). Contudo, o incremento global no tráfego de embarcações, tanto de pesca quanto para recreação, representa uma das ameaças mais importantes (REEVES, 2003; LA MANNA; CLÔ; PAPAIE & SARÀ, 2010).

A influência dos distúrbios antrópicos sobre as populações animais é geralmente interpretada a partir de mudanças de curto-prazo observadas no comportamento (GILL; NORRIS; SUTHERLAND, 2001). Diversos estudos ao redor do mundo verificaram a existência de impactos provocados por embarcações sobre o comportamento de diferentes espécies de cetáceos (CHRISTIANSEN; RASMUSSEN; LUSSEAU, 2013; PIROTTA et al., 2015; BAS et al., 2017). Estes estudos apresentaram uma vasta gama de respostas comportamentais que, embora possam coincidir com o esperado para situações ou espécies similares, também podem apresentar resultados conflitantes. De modo geral, os cetáceos respondem ao distúrbio provocado pelas embarcações através de alterações percebidas tanto no seu comportamento de superfície quanto nas vocalizações (LA MANNA et al., 2013). Estas variações comportamentais podem ser resultado da proximidade física entre os barcos e os animais, do ruído introduzido pelas embarcações no ambiente ou uma combinação de ambos fatores (LUSSEAU, 2003; LEMON; LYNCH; CATO & HARCOURT, 2006; PAPAIE; AZZOLIN; GIACOMA, 2012; PIROTTA et al., 2015).

Algumas das alterações comportamentais de superfície observadas no curto prazo incluem: (1) mudanças no padrão de movimento; (2) alteração no padrão respiratório; (3) diminuição dos intervalos de permanência na superfície (NOWACEK; WELLS; SOLOW, 2001; PEREIRA; BAZZALO; DE CARVALHO FLORES, 2009); (4) alteração nos padrões do uso do hábitat (NOWACEK; WELLS; SOLOW, 2001; PEREIRA; BAZZALO; DE CARVALHO FLORES, 2009; CARVALHO; NUNES; DA SILVA, 2014); (5) alterações na composição e coesão do grupo (DO VALLE; MELO, 2006); (6) e alterações no comportamento de forrageio (CARVALHO; NUNES; DA SILVA, 2014; PIROTTA et al., 2015). Por outro lado, o ruído das embarcações ocupa um amplo espectro de frequências, interferindo no comportamento acústico dos cetáceos. Os indivíduos podem responder a este mascaramento na comunicação acústica através de mudanças na frequência das vocalizações, alterações na duração ou na taxa de repetição dos sons (MAY-COLLADO; WARTZOK 2008; HOLT et al., 2009; PAPALE et al., 2015).

#### *Tursiops truncatus e o tráfego de embarcações*

Para *T. truncatus*, em particular, áreas de intenso tráfego de embarcações podem provocar o abandono temporal ou definitivo da área. Variações temporais no uso da área foram observadas para uma população de *Tursiops* sp. na Nova Zelândia, quando nas épocas de maior tráfego de embarcações os golfinhos abandonam temporariamente a área em lugar de aumentar o gasto de energia evitando os barcos (LUSSEAU, 2005). Por outro lado, um abandono definitivo da área foi constatado para uma população de botos na Austrália, exposta em maior medida a interações com embarcações de turismo, evidenciado através da diminuição na abundância populacional (BEJDER et al., 2006). Estudos também verificaram uma interrupção de atividades como alimentação, socialização e descanso, aumentando o deslocamento possivelmente como uma forma de evitar a embarcação (MILLER; SOLANGI; KUCZAJ, 2008; PAPALE; AZZOLIN; GIACOMA, 2012, BAS et al., 2017). Assim, a resposta pode ser vertical, através do aumento no tempo de mergulho (LUSSEAU, 2003; PENNINO et al., 2016, BAS et al., 2017); ou horizontal incrementando a velocidade de natação, tempo de natação ou experimentando mudanças na direção do deslocamento (JANIK; THOMPSON, 1996; NOWACEK; WELLS; SOLOW, 2001; BEJDER; SAMUELS; WHITEHEAD & GALES,

2006; MILLER; SOLANGI; KUCZAJ, 2008). Esse tipo de respostas, classificadas em muitos trabalhos como reações “negativas”, são mais evidentes para embarcações se deslocando em alta velocidade e com direção variável (SINI et al., 2005; LUSSEAU, 2006, LA MANNA et al., 2013). No entanto, outro estudo constatou que embarcações em alta velocidade, independente do tipo de aproximação, interromperam a atividade do grupo em 100% das ocasiões, mostrando que mesmo com deslocamento previsível, velocidades altas afetam de forma significativa o normal desenvolvimento das atividades do grupo (PAPALE; AZZOLIN; GIACOMA, 2012). As embarcações também provocam alterações na coesão do grupo, seja formando unidades mais compactas (NOWACEK; WELLS; SOLOW, 2001; BEJDER; SAMUELS; WHITEHEAD & GALES, 2006; MILLER; SOLANGI; KUCZAJ, 2008), ou provocando o afastamento entre os indivíduos (GUERRA; DAWSON; BROUGH & RAYMENT, 2014).

Em relação ao comportamento acústico, esta espécie apresenta respostas variadas em relação aos parâmetros acústicos dos seus assobios, sendo observado tanto aumentos nas frequências (LUÍS; COUCHINHO; SANTOS, 2014; HEILER; ELWEN; KRIESELL & GRIDLEY, 2016), como diminuições (MAY-COLLADO; QUIÑONES-LEBRÓN, 2014) ou ausência de variações (BUCKSTAFF, 2004). Além disso, um estudo observou que *Tursiops* sp. tentaria evitar o ruído das embarcações emitindo assobios de frequências maiores quando o ruído é de baixa frequência e produzindo assobios de frequências menores quando o ruído dos barcos apresenta frequências mais altas (GOSPIC; PICCIULIN, 2016). A taxa de emissão de sons também pode variar em resposta as embarcações, sendo registrados tanto aumentos na produção de assobios (SCARPACI; BIGGER; CORKERON & NUGEGODA, 2000; BUCKSTAFF, 2004), como diminuições na produção de todas as vocalizações (LUÍS; COUCHINHO; SANTOS, 2014). O aumento na produção de assobios poderia ser resultado do estado maior de excitação, uma motivação para os indivíduos do grupo se juntarem ou para compensar o mascaramento produzido pelo ruído (BUCKSTAFF, 2004). A diminuição de cliques e sons pulsados indica uma interrupção de atividades mediadas por estes sons como o forrageio, sendo este efeito incrementado pelo tipo e número de embarcações presentes (PIROTTA et al., 2015). Os golfinhos param de forragear para aumentar a vigilância ou se distanciar temporalmente da fonte do distúrbio, retomando as atividades quando as embarcações se afastam (PIROTTA et al., 2015). Grupos com filhotes seriam mais sensíveis à interação com

embarcações, apresentando assobios de maior frequência e duração em relação a grupos sem filhotes, assim como um marcado aumento na emissão de assobios (GUERRA; DAWSON; BROUGH & RAYMENT, 2014).

O efeito acumulado de reiteradas respostas comportamentais de curto prazo como consequência de distúrbios não letais poderia afetar a saúde dos indivíduos e derivar em efeitos a longo prazo, que irão influenciar em parâmetros populacionais como sobrevivência e sucesso reprodutivo dos animais (NEW et al., 2013).

### *A população de botos de Laguna*

No complexo lagunar próximo à cidade de Laguna, sul do Brasil, uma parcela de uma pequena e residente população do boto-da-tainha *T. truncatus* (SIMÕES-LOPES; FABIAN 1999, DAURA - JORGE; INGRAM; SIMÕES - LOPES, 2013) interage com pescadores artesanais locais em uma peculiar tática de forrageio (DAURA - JORGE; INGRAM; SIMÕES - LOPES, 2013). Através de movimentos circulares, os botos arrebanham os cardumes de peixes e os conduzem até os pescadores, que posicionados em fila aguardam a ocorrência de um “sinal” estereotipado feito pelos botos para jogar suas tarrafas na água (detalhes em SIMÕES-LOPES; FABIÁN; MENEGHETI, 1998) (Fig. 3). Esta interação, aparentemente cooperativa, beneficia os pescadores mediante a obtenção de presas em maior quantidade e tamanho, enquanto os botos capturam mais facilmente os peixes que ficam desorientados pelo impacto das tarrafas na água (SIMÕES-LOPES; FABIÁN; MENEGHETI, 1998.). Esta interação acontece ao longo do ano todo, mas é mais frequente no outono durante a migração das tainhas (principal espécie explorada) em direção norte. A pesca cooperativa é a principal fonte de renda para os pescadores artesanais, onde a tainha alcança até 92% do total de peixes capturados (MACHADO, 2015). A relevância ecológica e socioeconômica desta interação, fez com que os botos fossem reconhecidos na década de 90 como patrimônio natural da cidade (IBAMA 2001, PETERSON; HANAZAKI; SIMOES-LOPES, 2008).

Um estudo prévio realizado com esta população do boto-da-tainha demonstrou que os indivíduos que utilizam a pesca cooperativa como tática de forrageio assobiam de forma diferente daqueles que forrageiam de forma independente, sugerindo um possível papel funcional dos sons no desenvolvimento e execução da cooperação com

os pescadores. A utilização de sons específicos durante a pesca cooperativa poderia servir para compartilhar informações sobre o forrageio e promover a coesão social entre os membros do grupo (ROMEU et al., 2017).

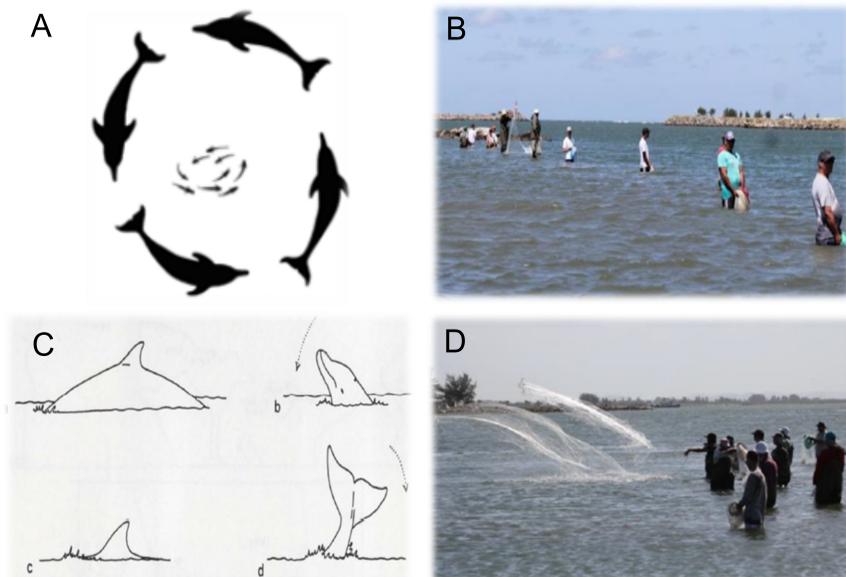


Figura 3: Sequência de eventos durante a pesca interativa entre botos e pescadores em Laguna. Os botos arrebanham cardumes de peixes (A) e os levam até os pescadores, que posicionados em fila (B), aguardam o “sinal” dos botos (C) para o lance de tarrafas (D).

### *Problemática do tráfego de embarcações em Laguna*

Dentre as múltiplas interações negativas de cetáceos com atividades antrópicas que ocorrem em Laguna, o crescente tráfego de embarcações observado no local é uma das mais preocupantes e ainda não estudada. Além de contar com um dos principais terminais pesqueiros do sul do Brasil (DE FREITAS, 2014), a área é intensamente utilizada por embarcações turísticas, pequenas embarcações de pesca, lanchas particulares e jet-skis (SIMÕES-LOPES; PAULA, 1997). Ao

mesmo tempo, as áreas de ocorrência da interação boto-pescador são proximais ao canal de ligação do sistema lagunar com o mar, expondo, inevitavelmente, os indivíduos que forrageiam com pescadores aos distúrbios não letais gerados pelas embarcações.

Existe uma notável preocupação da comunidade local sobre como o tráfego desordenado de embarcações, com especial ênfase no jet-skis, pode afetar a população de botos. Isto promoveu diversas reuniões com representantes de diferentes setores da sociedade (e.g. Marinha do Brasil, Polícia Ambiental, Conselho Municipal do Meio Ambiente, Universidade do Estado de Santa Catarina, Prefeitura Municipal, Associação de Usuários de Jet-Skis e Amigos do Mar, Câmara de Vereadores, Ministério Público Federal e Instituto Boto Flipper) com o objetivo de normatizar a realização de competições náuticas na cidade e o uso de embarcações com motor na lagoa de Santo Antônio dos Anjos e canal dos Molhes. A partir destes encontros, foi combinado não realizar competições de embarcações com motor na área de concentração dos botos, assim como a proibição do desembarque de jet-skis no canal dos Molhes e realização de manobras neste trecho. A lei federal nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997, permite que as embarcações utilizem o canal apenas para realização de travessias, sem realização de manobras. No entanto, a não obediência dessas normas foi observada em repetidas ocasiões durante o período do presente trabalho e a discussão sobre o tráfego de embarcações nas proximidades das áreas de ocorrência da interação boto-pescador persiste entre os atores sociais interessados e agentes de públicos. Ao longo dessas discussões, é evidente a demanda por informações sobre as possíveis consequências do tráfego de embarcações para a população de botos.

Neste cenário, uma avaliação do quanto este distúrbio interfere na dinâmica do forrageio em interação com pescadores torna-se essencial. Nota-se que a interação boto-pescador é certamente uma atividade vital para os botos, e com aparentes consequências positivas para a dinâmica desta pequena e residente população (BEZAMAT et al. *In prep.*).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar possíveis interferências da presença de embarcações na interação entre botos-pescadores, analisando tanto respostas comportamentais de superfície quanto padrões da comunicação acústica dos botos. Os resultados esperados serão uma contribuição importante para uma literatura ampla, porém nem sempre convergente, sobre os efeitos do tráfego de

embarcações sobre *Tursiops truncatus*, mas também uma contribuição local, aplicada, para as discussões sobre ordenação da área do estudo.



## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência do tráfego de embarcações no comportamento do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus*) durante a interação com pescadores artesanais em Laguna, analisando as alterações comportamentais de superfície e da comunicação acústica dos indivíduos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Avaliar possíveis mudanças comportamentais de superfície dos botos durante a interação com pescadores na presença de embarcações.
2. Avaliar se os parâmetros acústicos dos assobios, assim como a taxa de emissão de assobios e cliques de ecolocalização dos botos, variam em resposta à presença de embarcações durante a interação com pescadores.
3. Verificar variações das respostas comportamentais tanto de superfície quanto acústicas em relação ao tipo de embarcação, número de embarcações e forma de aproximação (direção e velocidade), durante a interação com pescadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AU, W. W. L. 1993. **The Sonar of Dolphins**. New York: Springer-Verlag.
- AU, W. W. Echolocation in dolphins with a dolphin-bat comparison. **Bioacoustics**, v. 8, n. 1-2, p. 137-162, 1997.
- AU, W. W. et al. Nighttime foraging by deep diving echolocating odontocetes off the Hawaiian islands of Kauai and Ni'ihau as determined by passive acoustic monitors. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 133, n. 5, p. 3119-3127, 2013.
- AURELI, F. et al. Fission-fusion dynamics: new research frameworks. **Current Anthropology**, v. 49, n. 4, p. 627-654, 2008.
- BAS, A. A. et al. Marine vessels alter the behaviour of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Istanbul Strait, Turkey. **Endangered Species Research**, v. 34, p.1-14, 2017.
- BAZÚA-DURÁN, C. Differences in the whistle characteristics and repertoire of bottlenose and spinner dolphins. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, n. 2, p. 386-392, 2004.
- BEJDER, L.; SAMUELS, A.; WHITEHEAD, H.; GALES, N. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. **Animal Behaviour**, v. 72, n. 5, p. 1149-1158, 2006.
- BEJDER, L. et al. Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long term disturbance. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p. 1791-1798, 2006.
- BUCKSTAFF, K. C. Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. **Marine mammal science**, v. 20, n. 4, p. 709-725, 2004.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; TYACK P. L. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin. **The bottlenose dolphin**, p.199-234, 1990.
- CARVALHO, G. S.; NUNES, E. S.; DA SILVA, M. N. Reações comportamentais de *Sotalia guianensis*, (Boto-cinza), durante encontro com embarcações no estuário do rio Sergipe e foz do rio Poxim, Aracaju, Sergipe. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT** v. 2, n. 1, p. 111-129, 2014.
- CHRISTIANSEN, F.; RASMUSSEN, M.; LUSSEAU D. Whale watching disrupts feeding activities of minke whales on a feeding ground. **Marine Ecology Progress Series**, v. 478, p. 239-251, 2013.

- CONNOR, R. C.; WELLS, R. S.; MANN, J.; READ, A. J. The bottlenose dolphin: social relationships in a fission–fusion Q10 society. **Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales**, p. 91-126, 2000.
- CONSTANTINE, R.; BRUNTON, D. H.; DENNIS, T. Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour. **Biological conservation**, v. 117, n. 3, p. 299-307, 2004.
- CREMER, M. J. et al. Social sounds produced by franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Cetartiodactyla, Pontoporiidae). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.141, n.3, p. 2047-2054, 2017.
- CRIBB, N.; SEURONT, L. Changes in the behavioural complexity of bottlenose dolphins along a gradient of anthropogenically impacted environments in South Australian coastal waters: Implications for conservation and management strategies. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 482, p. 118-127, 2016.
- DAURA-JORGE, F. G. Quantos? Onde? Como? Múltiplos aspectos ecológicos de uma população do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus*) em Laguna, sul do Brasil: implicações para a conservação (**Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, Brazil**). 2011.
- DAURA- JORGE, F. G., INGRAM, S. N.; SIMÕES- LOPES, P. C. Seasonal abundance and adult survival of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a community that cooperatively forages with fishermen in southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 29, n.2, p. 293-311, 2013.
- DE FREITAS, L. C. Inserção e consolidação do terminal pesqueiro de Laguna na formação da cadeia produtiva da pesca em Santa Catarina. In: **Seminário de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 4, n. 4, 2014.
- DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 5, p. 3899-3904, 2013.
- DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. Day and night sounds of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in southeastern Brazil. **Acta ethologica**, v. 19, n. 1, 61-68, 2016.
- DING, W.; WURSIG, B.; EVANS, W. E. Whistles of bottlenose dolphins: comparisons among populations. **Aquatic Mammals**, v. 21, n. 1, p. 65-77, 1995.
- DO VALLE, A. L.; MELO, F. C. C. Alterações comportamentais do golfinho *Sotalia guianensis* (Gervais, 1953) provocadas por embarcações. **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 75-80, 2006.

- ERBE, C. et al. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. **Marine pollution bulletin**, v. 103, n.1-2, p. 15-38, 2016.
- GATESY, J.; HAYASHI, C.; CRONIN, M. A.; ARCTANDER, P. Evidence from milk casein genes that cetaceans are close relatives of hippopotamid artiodactyls. **Molecular biology and evolution**, v. 13, n. 7, p. 954-963, 1996.
- GILL, J. A.; NORRIS, K.; SUTHERLAND, W. J. Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. **Biological Conservation**, v. 97, n. 2, p. 265-268, 2001.
- GOSPIĆ, N. R.; PICCIULIN, M. Changes in whistle structure of resident bottlenose dolphins in relation to underwater noise and boat traffic. **Marine pollution bulletin**, v. 105, n.1, p.193-198, 2016.
- GUERRA, M.; DAWSON, S. M.; BROUGH, T. E.; RAYMENT, W. J.. Effects of boats on the surface and acoustic behaviour of an endangered population of bottlenose dolphins. **Endangered Species Research**, v. 24, n. 3, p. 221-236, 2014.
- HEILER, J.; ELWEN, S. H.; KRIESELL, H. J.; GRIDLEY, T. Changes in bottlenose dolphin whistle parameters related to vessel presence, surface behaviour and group composition. **Animal behavior**, v. 117, p. 167-177, 2016.
- HERZING, D. L. Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Aquatic Mammals**, v. 22, p. 61-80, 1996.
- HERZING, D. L. Clicks, whistles and pulses: Passive and active signal use in dolphin communication. **Acta Astronautica**, v.105, n. 2, p. 534-537, 2014.
- HOLT, M. M. et al. Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n.1, p. EL27-EL32, 2009.
- HOLT, M. M.; NOREN, D. P.; DUNKIN, R. C.; WILLIAMS, T. M. Vocal performance affects metabolic rate in dolphins: implications for animals communicating in noisy environments. **Journal of Experimental Biology**, v. 218, n. 11, p. 1647-1654, 2015.
- JANIK, V. M. Acoustic communication in delphinids. **Advances in the Study of Behavior**, v. 40, p. 123-157, 2009.
- JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 199, n. 6, p. 479-489, 2013.

- JANIK, V. M.; SLATER, P. J. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. **Animal behaviour**, v. 56, n. 4, p. 829-838, 1998.
- KRIESELL, H. J.; ELWEN, S. H.; NASTASI, A.; GRIDLEY, T. Identification and characteristics of signature whistles in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Namibia. **PloS one**, v. 9, n. 9, e106317, 2014.
- LA MANNA, G.; CLÒ, S.; PAPALE, E.; SARÀ, G. Boat traffic in Lampedusa waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea) and its relation to the coastal distribution of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). **Ciencias Marinas**, v. 36, n. 1, 2010.
- LA MANNA, G. et al. Behavioural strategy of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in response to different kinds of boats in the waters of Lampedusa Island (Italy). **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 23, n. 5, p. 745-757, 2013.
- LA MANNA, G. et al. Assessing geographical variation on whistle acoustic structure of three Mediterranean populations of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). **Behaviour**, v. 154, n. 5, p. 583-607, 2017.
- LAMMERS, M. O.; AU, W. W.; HERZING, D. L. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 114, n. 3, p. 1629-1639, 2003.
- LEMON, M.; LYNCH, T. P.; CATO, D. H.; HARCOURT R. G. Response of travelling bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) to experimental approaches by a powerboat in Jervis Bay, New South Wales, Australia. **Biological Conservation**, v.127, n.4, p. 363-372, 2006.
- LÓPEZ, B. D. Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: Influence of behaviour. **Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde**, v. 76, n. 2, p. 180-189, 2011.
- LUÍS, A. R.; COUCHINHO, M. N.; SANTOS, M. E. Changes in the acoustic behavior of resident bottlenose dolphins near operating vessels. **Marine Mammal Science**, v. 30, n. 4, p. 1417-1426, 2014.
- LUÍS, A. R.; M. N. COUCHINHO; SANTOS, M. E. 2016. Signature whistles in wild bottlenose dolphins: long-term stability and emission rates. **Acta ethologica**, v.19, n.2, p. 113-122.
- LUSSEAU, D. Male and female bottlenose dolphins *Tursiops* spp. have different strategies to avoid interactions with tour boats in Doubtful Sound, New Zealand. **Marine Ecology Progress Series**, v. 257, p. 267-274, 2003.

- LUSSEAU, D. Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops* spp. in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. **Marine Ecology Progress Series**, v. 295, p. 265-272, 2005.
- MACHADO, A. M. **Dois jogam e todos ganham: a interação boto-pescador de Laguna (Santa Catarina), sob a abordagem de serviços ambientais.** 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 5, p. 1229-1240, 2008.
- MILLER, L. J.; SOLANGI, M.; KUCZAJ, S. A. Immediate response of Atlantic bottlenose dolphins to high-speed personal watercraft in the Mississippi Sound. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 6, p. 1139-1143, 2008.
- NEUMANN, B.; VAFEIDIS, A. T.; ZIMMERMANN, J.; NICHOLLS, R. J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding-a global assessment. **PloS one**, v. 10, n. 3, 2015.
- NEW, L. F. et al. Modelling the biological significance of behavioural change in coastal bottlenose dolphins in response to disturbance. **Functional Ecology**, v. 27, n. 2, p. 314-322, 2013.
- NOWACEK, S. M.; WELLS, R. S.; SOLOW, A. R. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. **Marine Mammal Science**, v. 17, n. 4, p. 673-688, 2001.
- NOWACEK, D. P. Acoustic ecology of foraging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), habitat- specific use of three sound types. **Marine Mammal Science**, v. 21, n. 4, p. 587-602, 2005.
- PAPALE, E.; AZZOLIN, M.; GIACOMA, C. Vessel traffic affects bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour in waters surrounding Lampedusa Island, south Italy. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 8, p. 1877-1885, 2012.
- PAPALE, E. et al. Dolphins adjust species-specific frequency parameters to compensate for increasing background noise. **PloS one**, v. 10, n. 4, e0121711, 2015.
- PEREIRA, M. G.; BAZZALO, M.; DE CARVALHO FLORES, P. A. 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, 2009.

- PETERSON, D.; HANAZAKI, N.; SIMOES-LOPES, P. C. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 51, n. 6, p. 469-475, 2008.
- PIROTTA, E. et al. Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity. **Biological Conservation**, v. 181, p. 82-89, 2015.
- REEVES, R. R. **Dolphins, whales and porpoises: 2002-2010 conservation action plan for the world's cetaceans**. IUCN. 2003
- ROMEU, B. et al. Bottlenose dolphins that forage with artisanal fishermen whistle differently. **Ethology**, v. 123, n. 12, p. 906-915, 2017.
- SAYIGH, L. S., et al. Individual recognition in wild bottlenose dolphins: A field test using playback experiments. **Animal Behaviour**, v. 57, p.41-50, 1999.
- SCARPACI, C.; BIGGER, S. W.; CORKERON, P. J.; NUGEGODA, D. Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increase whistling in the presence of swim-with-dolphin'tour operations. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 2, n. 3, p. 183-185, 2000.
- SIMÕES-LOPES, P. C.; FABIAN, M. E.. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 4, p. 1017-1024, 1999.
- SIMÕES-LOPES, P. C.; PAULA, G. DE S. Mamíferos aquáticos e impacto humano: diretrizes para conservação e “utilização não letal”. **Aquitaine Ocean**, v. 3, p. 69-78, 1997.
- SIMÕES-LOPES, P. C., FABIÁN, M. E.; MENEGHETI, J. O. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.15, n.3, p. 709-726, 1998.
- SINI, M. I., CANNING, S. J., STOCKIN, K. A., PIERCE, G. J. Bottlenose dolphins around Aberdeen harbour, north-east Scotland: a short study of habitat utilization and the potential effects of boat traffic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 85, n. 6, p. 1547-1554, 2005.
- SUEUR, J.; AUBIN T. ; SIMONIS C. Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. **Bioacoustics** v. 18, p. 213-226, 2008.
- TAUBITZ, E. Potential effect of whale-watching engine noise on the vocal behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bocas del Toro, Panama and Manzanillo, Costa Rica. **University of Rostock**, pp. 68, 2007.

- TYACK, P.L. Functional aspects of cetacean communication. **Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales**, p. 270-307, 2000.
- TYACK, P. L. Development and social functions of signature whistles in bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. **Bioacoustics**, v. 8, n. 1-2, p. 21-46, 1997.
- URICK, R.J. Principles of Underwater Sound. McGraw-Hill Co, New York, 1983.
- WILSON, B.; HAMMOND, P. S.; THOMPSON, P. M. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. **Ecological Applications**, v. 9, n. 1, p. 288–300, 1999.
- WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). **Handbook of marine mammals: the second book of dolphins and porpoises**, v. 6, p. 137–182, 1999.
- WEILGART, L. S. A brief review of known effects of noise on marine mammals. **International Journal of Comparative Psychology**, v. 20, n. 2, 2007.

*Manuscrito em preparação para ser submetido ao periódico Marine Mammal Science.*

**Efeito do tráfego de embarcações no boto-da-tainha, *Tursiops truncatus*, em forrageio com pescadores artesanais.**

Andrea Yanina Pellegrini\*, Bianca Romeu, Fábio G. Daura-Jorge

Laboratório de Mamíferos Aquáticos, Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, Caixa Postal 5102, 88040-970 Florianópolis, SC, Brazil.  
\*Autor para correspondência: yanipellegrini89@gmail.com.

**Resumo**

No sul do Brasil, uma parcela de uma pequena população de botos-da-tainha (*Tursiops truncatus*), desenvolveu uma tática particular de forrageio na qual interage em aparente cooperação com pescadores artesanais. O tráfego de embarcações representa uma das ameaças antrópicas mais preocupantes para esta população, porém ainda não estudada. Assim, este estudo buscou avaliar possíveis alterações no comportamento de superfície e na comunicação acústica dos botos em interação com pescadores, quando expostos à presença de embarcações. Os resultados sugerem que não há variações comportamentais de superfície, nem alterações nos parâmetros acústicos dos assobios quando comparados na presença e ausência de embarcações. Porém, ao considerar apenas a presença de embarcações, foram observados ajustes nas frequências e duração dos assobios. As taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização foram menores na presença de embarcações comparadas à ausência. Durante a presença de embarcações, grupos maiores emitiram maior quantidade de assobios e cliques, e grupos com filhotes ecolocalizaram mais do que grupos sem filhotes. Por fim, as alterações no comportamento acústico sugerem uma interrupção da interação boto-pescador durante o encontro com embarcações, o que pode gerar consequências no *fitness* individual e populacional.

**Palavras chave:** *Tursiops truncatus*, embarcações, interação boto-pescador, comportamento superficial, comunicação acústica.

## Introdução

Nas últimas décadas, a expansão acelerada do desenvolvimento humano em zonas costeiras tem aumentado a exposição das espécies de cetáceos que habitam estas áreas a uma variedade de possíveis distúrbios antrópicos (Kelly *et al.* 2004, Sini *et al.* 2005, Neumann *et al.* 2015, Bas *et al.* 2017). Entre eles, o incremento do tráfego de embarcações em nível mundial representa uma das principais ameaças, interferindo em atividades vitais dos cetáceos como alimentação, reprodução e socialização (Reeves 2003, La Manna *et al.* 2010).

Os mamíferos marinhos respondem ao distúrbio provocado pelas embarcações através de mudanças percebidas tanto no seu comportamento de superfície quanto nas vocalizações (Weilgart 2007, La Manna *et al.* 2013). Estas variações comportamentais podem ser resultado da proximidade física entre os barcos e os animais, do ruído introduzido pelas embarcações no ambiente ou uma combinação de ambos fatores (Lusseau 2003, Lemon *et al.* 2006, Papale *et al.* 2012, Pirotta *et al.* 2015). Algumas das alterações comportamentais de superfície observadas no curto prazo incluem: mudanças no padrão de movimento, alteração no padrão respiratório, diminuição dos intervalos de permanência na superfície (Nowacek *et al.* 2001, Pereira *et al.* 2009), alteração nos padrões do uso do hábitat (Nowacek *et al.* 2001, Pereira *et al.* 2009, Carvalho *et al.* 2014), alterações na composição e coesão do grupo (do Valle e Melo 2006) e alterações no comportamento de forrageio (Christiansen *et al.* 2013, Pirotta *et al.* 2015).

Em relação ao comportamento acústico, os cetáceos dependem dos sons para se comunicar, coordenar o grupo, manter a coesão entre mãe-filhote, detectar predadores e presas e se orientar no ambiente (Lemon *et al.* 2006, Weilgart 2007). As embarcações motorizadas são provavelmente a principal fonte de ruído em águas costeiras (Buckstaff 2004); introduzem ruído no ambiente através do fenômeno de cavitação, em que bolhas de ar são geradas e explodem na borda da hélice do barco ao girar rapidamente (Hatch e Wrigth 2007). O ruído de cavitação ocupa um amplo espectro de frequências, sobrepondo com a frequência da maioria dos sons de cetáceos e mascarando a comunicação (Jensen *et al.* 2009). No intuito de compensar o ruído e manter a comunicação do grupo, os indivíduos podem alterar a amplitude, duração, taxa de repetição ou frequência dos sons (May-Collado e Wartzok 2008, Holt *et al.* 2009, Papale *et al.* 2015).

Para o boto-da-tainha *Tursiops truncatus* (Montagu 1821) em particular, uma ampla gama de respostas comportamentais já foi documentada. O intenso tráfego de embarcações pode levar ao abandono da área temporariamente (e.g. Lusseau 2005) ou definitivamente (e.g. Bejder *et al.* 2006b). Também foi observada uma interrupção das atividades de forrageio, socialização e descanso, aumentando o deslocamento e afastamento dos indivíduos em relação à embarcação (Miller *et al.* 2008, Papale *et al.* 2012, Bas *et al.* 2017). Além disso, embarcações podem alterar a coesão do grupo formando unidades mais compactas (Nowacek *et al.* 2001; Bejder *et al.* 2006a, Miller *et al.* 2008), ou provocando o afastamento entre os indivíduos (Guerra *et al.* 2014). Quanto às vocalizações, os parâmetros acústicos dos assobios (i.e. frequências e duração) podem experimentar aumentos (Luis *et al.* 2014, Heiler *et al.* 2016), diminuições (May-Collado e Quiñones-Lebrón 2014) ou ausência de variações (Buckstaff 2004). A taxa de emissão de sons também pode aumentar (Scarpaci *et al.* 2000, Buckstaff 2004) ou diminuir (Luis *et al.* 2014). Grupos com filhotes seriam mais sensíveis à interação com embarcações, apresentando assobios de maior frequência e duração em relação a grupos sem filhotes, assim como um marcado aumento na emissão de assobios (Guerra *et al.* 2014). Alterações comportamentais, tanto de superfície quanto acústicas, são com frequência mais intensas para embarcações se deslocando em alta velocidade e direção errática (Sini *et al.* 2005, Lusseau 2006, Jensen *et al.* 2009, La Manna *et al.* 2013).

No complexo lagunar próximo à cidade de Laguna, sul do Brasil, ocorre uma pequena e residente população do boto-da-tainha de aproximadamente 54 indivíduos (Simões-Lopes e Fabian 1999, Daura-Jorge *et al.* 2013). Uma parte desta população se especializou em uma tática de forrageio em interação com pescadores artesanais locais (Daura-Jorge *et al.* 2013). Através de movimentos circulares, os botos arrebanham os cardumes de peixes e os conduzem até os pescadores, que ficam posicionados em fila aguardando o reconhecimento de um “sinal” estereotipado feito pelos botos para jogar suas tarrafas na água (detalhes em Simões-Lopes *et al.* 1998). Esta interação, aparentemente cooperativa, beneficia os pescadores mediante a obtenção de presas em maior quantidade e tamanho, enquanto os botos aparentemente capturam mais facilmente os peixes que ficam desorientados pelo impacto das tarrafas na água (Simões-Lopes *et al.* 1998). A relevância ecológica e socioeconômica desta interação, fez com que os botos fossem reconhecidos na década de 90 como patrimônio natural da cidade

(IBAMA 2001, Peterson *et al.* 2008). Um estudo prévio realizado para esta população do boto-da-tainha demonstrou que os indivíduos que utilizam a pesca cooperativa como tática de forrageio assobiam de forma diferente daqueles que forrageiam de forma independente, sugerindo um possível papel funcional dos sons no desenvolvimento e execução da cooperação com os pescadores. A utilização de sons específicos durante a pesca cooperativa poderia servir para compartilhar informações sobre o forrageio e promover a coesão social entre os membros do grupo (Romeu *et al.* 2017).

Dentre as múltiplas interações negativas de cetáceos com atividades antrópicas que ocorrem em Laguna, o crescente tráfego de embarcações observado no local é uma das mais preocupantes e ainda não estudada. Além de contar com um dos principais terminais pesqueiros do sul do Brasil (De Freitas 2014), a área é intensamente utilizada por embarcações turísticas, pequenas embarcações de pesca, lanchas particulares e jet-skis (Simões-Lopes e Paula 1997). Ao mesmo tempo, as áreas de ocorrência da interação boto-pescador são proximais ao canal de ligação do sistema lagunar com o mar, expondo, inevitavelmente, os indivíduos que forrageiam com pescadores aos distúrbios não letais gerados pelas embarcações. Neste cenário, uma avaliação do quanto este distúrbio interfere na dinâmica do forrageio em interação com pescadores torna-se essencial. Nota-se que a interação boto-pescador é certamente uma atividade vital para os botos, e com aparentes consequências positivas para a dinâmica desta pequena e residente população (Bezamat *et al. In prep.*).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar possíveis interferências da presença de embarcações na interação entre botos-pescadores, analisando tanto respostas comportamentais de superfície quanto padrões da comunicação acústica dos botos. A hipótese central é que a aproximação de embarcações altera o comportamento dos botos em interação com os pescadores e que a resposta varia em relação ao tipo e forma de aproximação da embarcação. Com base na literatura sobre distúrbios de embarcações no comportamento de superfície do boto-da-tainha (e.g. Sini *et al.* 2005, Lusseau 2006, La Manna *et al.* 2013), espera-se que embarcações rápidas e de movimentos menos previsíveis provoquem maior frequência de eventos de distanciamento e abandono da área, assim como um aumento da coesão do grupo. Em relação ao comportamento acústico (e.g. Luis *et al.* 2014, Heiler *et al.* 2016), espera-se um aumento na frequência e duração dos assobios, assim como uma menor taxa de emissão de assobios e cliques de

ecolocalização em presença de embarcações. Este estudo constitui a primeira avaliação de como a exposição ao tráfego de embarcações pode afetar o comportamento dos botos em interação com os pescadores, e como isto pode interferir na dinâmica desta singular tática de forrageio. A partir disso, o presente trabalho visa apontar informações de interesse para a ordenação do tráfego de embarcações na área, a fim de mitigar possíveis impactos negativos sobre a população de botos no longo prazo e sobre o forrageio em cooperação com pescadores artesanais.

## **Material e métodos**

### *Coleta de dados*

Os dados foram coletados entre setembro de 2016 e maio de 2017 em Laguna, estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Adjacente à cidade, encontra-se o sistema lagunar formado pelas lagoas Mirim, Imaruí e Santo Antônio. Na lagoa de Santo Antônio e ao longo do canal que liga o sistema lagunar ao mar ocorre a maior parte dos eventos de pesca interativa entre botos e pescadores (Peterson *et al.* 2008). Nesta área, por ser um canal de navegação, também ocorre um intenso tráfego de embarcações (Daura-Jorge *et al.* 2013). Assim, os registros foram realizados de um ponto fixo, na Praia da Tesoura (28°29'43.70"S 48°45'36.68"O), situado neste canal de ligação do complexo lagunar com o mar (Fig. 1).

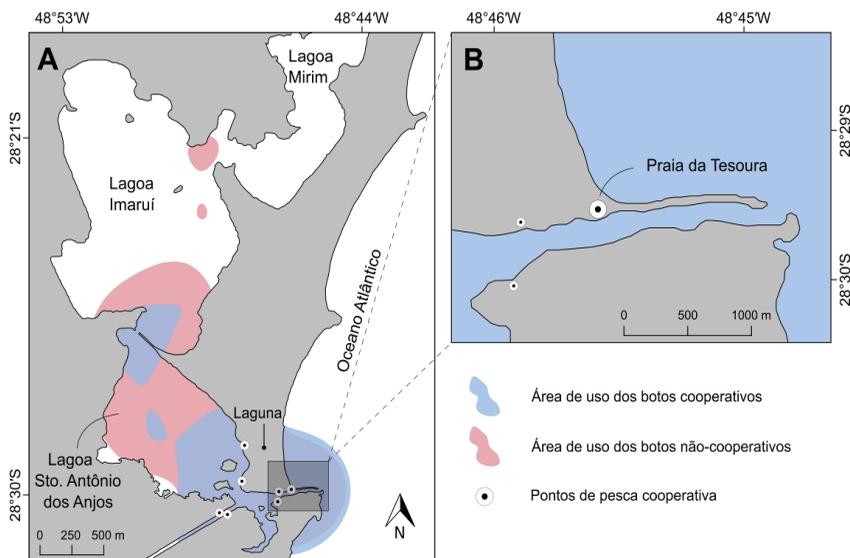


Figura 1: (A) Complexo lagunar de Sto. Antônio dos Anjos-Imaruí-Mirim, próximo à cidade de Laguna, Santa Catarina, sul do Brasil. Apresenta-se a área de uso dos botos cooperativos (azul), área de uso dos botos não cooperativos (vermelho) (Adaptado de Agrelo, 2017) e principais pontos de pesca interativa. (B) Em destaque a Praia da Tesoura, ponto fixo da amostragem.

A fim de avaliar se as embarcações provocam mudanças no comportamento do boto-da-tainha durante a interação com pescadores, dados do comportamento de superfície e do comportamento acústico foram coletados de forma simultânea para cada grupo de botos, entre o período das 08:00 às 17:00 hs. Considerou-se como grupo os indivíduos presentes num raio de 50 m compartilhando o mesmo estado comportamental (Daura-Jorge *et al.* 2013). Os registros foram realizados apenas para botos interagindo com pescadores, na presença e ausência de embarcações. Foi considerada como atividade de forrageio em interação com pescadores a seguinte sequência de eventos comportamentais: (i) aproximação dos botos à linha de pescadores; (ii) sinal dos botos aos pescadores; (iii) lançamento de tarrafa por parte dos pescadores (Simões-Lopes *et al.* 1998). A presença de embarcações foi

definida como a presença física destas dentro de uma faixa de 500 m, previamente estabelecida e estimada visualmente com a utilização de pontos de referência em terra (Fig. 2). A ausência de embarcações foi determinada tanto pela falta de embarcações dentro da faixa de 500 m, assim como pela ausência de qualquer captação sonora do motor do barco pelo hidrofone, independente da distância. Quanto às embarcações, foram coletados dados referentes à quantidade, tipo de embarcação (barcos de pesca, lanchas com motor de popa, jet-skis) e forma de aproximação, considerando direção (retilínea contínua, errática) e velocidade. Em casos de presença simultânea de tipos de embarcações diferentes, foi utilizada a categoria “mista”. As categorias de velocidade foram definidas da seguinte forma: cruzeiro constante (velocidade < 10 nós); média (velocidade > 10 nós) e plainando (velocidade na qual o casco da embarcação fica suspenso, se deslizando sobre a superfície da água).

Quando um grupo de botos chegava ao local, esperava-se até confirmar a existência de interação boto-pescador. Uma vez confirmada, iniciava-se a amostragem para o comportamento acústico e de superfície. Contudo, variáveis relacionadas ao comportamento de superfície foram registradas apenas na presença física das embarcações dentro da faixa de 500 m. Para o comportamento acústico, na presença de embarcações, a gravação foi mantida durante todo o período em que a embarcação permaneceu dentro da faixa de 500 m. Gravações na ausência de embarcações tiveram uma duração máxima de 20 min. Se durante o período de registro ocorresse mudança na composição do grupo amostrado, a coleta de dados era suspensa e descartada.

### *Comportamento de superfície*

Possíveis alterações comportamentais de superfície dos botos em relação à presença de embarcações foram analisadas considerando as variáveis: (i) abandono da área – o boto se afasta da área de cooperação, saindo dos limites de uma faixa de 200 m previamente estabelecida e estimada visualmente; (ii) distanciamento – o boto se afasta a uma distância maior do que 50 m da linha de pescadores, porém mantendo-se dentro da faixa preestabelecida de 200 m (Fig. 2); (iii) coesão do grupo (adaptado de Daura-Jorge *et al.* 2005) – estimada visualmente considerando três níveis: 1) indivíduos com um corpo ou menos de distância entre si; 2) indivíduos distantes até 10 m; 3) indivíduos distantes entre 10 e 50 m. As variáveis abandono da área e distanciamento foram de resposta binária (sim-não). O método de

amostragem utilizado foi o de grupo focal (Altmann 1974). O intervalo amostral de cada registro foi o período de passagem da embarcação. Para as variáveis abandono da área e distanciamento, se qualquer um dos indivíduos compondo um determinado grupo em interação com pescadores se distanciava ou abandonava a área durante o intervalo amostral, o registro do grupo era considerado como positivo, ou seja, houve distanciamento/abandono. Ao início de cada registro, também foi estimado visualmente o tamanho do grupo e a presença ou não de filhotes. Filhotes foram considerados os indivíduos que apresentaram cerca de  $\frac{1}{2}$  do tamanho corporal do animal adulto, sendo sempre acompanhados por um ou mais indivíduos adultos e deslocando-se bem próximo à nadadeira dorsal de um desses adultos (Lodi 2012).



Figura 2: Áreas delimitadas visualmente para determinar as condições de presença da embarcação (faixa de 500 m), abandono da área (faixa de 200 m) e distanciamento (distância de 50 m desde a linha de pescadores). A linha de pescadores foi representada através dos círculos amarelos. (Fonte: Adaptado de Google Earth 2017).

### *Comportamento acústico*

O comportamento acústico foi registrado utilizando um gravador digital Sony PCM D50, que grava a uma frequência de amostragem de 96 kHz e 24 bit, permitindo uma frequência máxima de gravação a 48 kHz; um hidrofone Aquarian H2a com frequência de amostragem de

0,01 a 100 kHz, sensibilidade de -180 dB re: 1 V/ $\mu$ Pa; e fones de ouvido. As gravações foram realizadas a partir da margem do canal e armazenadas em cartão de memória como arquivos de áudio não compactados, em formato WAVE (. WAV). Para minimizar a captação de sons de indivíduos não pertencentes ao grupo amostrado, os registros sonoros foram realizados na ausência de outros botos em um raio de 200 m (*cf.* Romeu *et al.* 2017). Utilizando o software Raven Pro 1.5 foram criados espectrogramas (gráficos de frequência em função do tempo) utilizando janela *Hanning* com FFT de 512, a partir dos quais foi realizado o processamento visual e acústico das gravações.

A possível influência do tráfego de embarcações no comportamento acústico dos botos foi estudada através da análise de dois tipos de sons: assobios e cliques de ecolocalização. Assobios foram identificados como aqueles sons tonais contínuos de duração maior do que 0.1 s, com a última parte da sua frequência fundamental acima de 3 kHz (Lilly e Miller 1961, Janik *et al.* 2013, Kriesell *et al.* 2014, Heiler *et al.* 2016). Os cliques de ecolocalização foram considerados aqueles sons pulsados de banda larga, com uma separação mínima entre eles de 10 ms (Lammers *et al.* 2003). Quanto aos assobios, foram considerados apenas os de contorno claramente visível e não mascarados por outros sons simultâneos. Cada assobio foi avaliado visualmente e classificado com base em uma relação sinal-ruído (SNR) da seguinte forma: (1): o sinal é fraco e pouco visível no espectrograma; (2): o sinal é claramente visível, com início e final bem definido no espectrograma; (3): o sinal é bem nítido e dominante, com início e final claro no espectrograma (Gridley *et al.* 2014, Kriesell *et al.* 2014, Heiler *et al.* 2016, Luis *et al.* 2016). Só aqueles assobios com SNR 2 e 3 foram utilizados nas análises.

Para analisar variações nos parâmetros acústicos dos assobios na presença e ausência de embarcações, foram medidos manualmente os parâmetros: duração (s), frequência inicial, frequência final, frequência máxima, frequência mínima, amplitude – diferença entre as frequências mínima e máxima – (kHz para todos os valores de frequências), e número de pontos de inflexão – mudanças na inclinação do contorno do assobio de ascendente para descendente ou vice-versa –, determinado visualmente desde o espectrograma. Cada parâmetro foi medido sobre a frequência fundamental do assobio, sem considerar os harmônicos.

Durante o processamento das gravações, foi verificada a presença de assobios com o mesmo contorno de frequência produzidos dentro de um curto intervalo de tempo, o que poderia representar repetições do

mesmo assobio (possíveis assobios assinatura). O método *SIGID-Signature identification* (Janik *et al.* 2013) estabelece que assobios assinatura são reconhecidos como aqueles assobios com o mesmo contorno de frequência, separados por um intervalo máximo de 10 segundos entre si. Portanto, os assobios com o mesmo contorno presentes dentro da mesma gravação, foram incluídos nas análises somente quando separados por um intervalo de tempo superior a 30 segundos, a fim de evitar vieses por pseudoreplicação.

As taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização foram obtidas através da contagem da quantidade absoluta destes sons em um determinado período de tempo. Para registros na presença de embarcações, foram contabilizados todos os assobios e cliques de ecolocalização presentes no tempo total da gravação. Já na ausência, foram selecionadas e processadas de cada gravação amostras de 1 minuto de duração (começando no tempo 0 s), separadas por intervalos de 2 minutos entre elas. Além disso, se na ausência de embarcações houvessem grupos com mais de uma gravação por dia, apenas a gravação com maior tempo de duração foi considerada a fim de se evitar pseudoreplicações, mas ao mesmo tempo se obter o maior número de amostras.

### *Análises estatísticas*

#### *Comportamento de superfície*

A variável abandono da área teve 128 registros negativos e só dois positivos, o que impossibilitou uma análise quantitativa destes dados. A influência do tráfego de embarcações sobre o distanciamento foi avaliada através de Modelos Lineares Generalizados (GLMs), utilizando uma distribuição de erro Binomial com função de ligação ‘*cloglog*’. Foram adicionadas ao modelo como variáveis explanatórias o tipo de embarcação, número de embarcações, velocidade, presença de filhotes e tamanho do grupo. Testes do Chi-Quadrado foram utilizados para analisar se a variação observada na coesão do grupo se relaciona às variáveis tipo de embarcação, número de embarcações e velocidade.

#### *Comportamento acústico*

Inicialmente, as alterações na comunicação acústica dos indivíduos foram avaliadas através da comparação dos parâmetros acústicos dos assobios, assim como das taxas de assobios e cliques de ecolocalização, na presença e ausência de embarcações. Para analisar variações nos parâmetros acústicos dos assobios, primeiramente foi

testada a normalidade das variáveis utilizando o teste de Shapiro-Wilks. Uma vez que os parâmetros não apresentaram distribuição normal, foram transformados a  $\log(x+1)$ , buscando uma aproximação à normalidade. Na sequência, uma Análise de Função Discriminante (DFA) foi realizada para identificar os parâmetros acústicos que melhor explicam uma possível separação das amostras de assobios na presença e ausência de embarcações. Por fim, uma Análise Multivariada de Variância (MANOVA) foi realizada para testar a significância dos grupos separados pela DFA. Para avaliar se a taxa de emissão de assobios e cliques de ecolocalização difere em presença e ausência de embarcações foram realizados Testes de Permutação, baseados em 9999 reamostragens de Monte Carlo, utilizando como variável resposta a quantidade absoluta de sons/indivíduo/minuto.

Posteriormente, a influência das variáveis relacionadas às embarcações (tipo de embarcação, número de embarcações e velocidade) sobre os parâmetros acústicos dos assobios, a exceção do número de pontos de inflexão, foi explorada usando GLMs com distribuição de erro Gamma e função de ligação 'log'. O número de pontos de inflexão foi tratado como uma variável discreta (contagem) e avaliado através de GLM com distribuição de erro Binomial Negativa e função de ligação 'log', após ser observada sobredispersão dos dados. Além das variáveis relacionadas às embarcações, foi analisada a influência do tamanho do grupo e presença de filhotes como covariáveis. A influência das embarcações sobre as taxas de assobios e cliques de ecolocalização foi avaliada através de GLM com distribuição de erro Binomial Negativa e função de ligação 'log', usando a quantidade absoluta de assobios e cliques como variável resposta e a duração das gravações como *offset*. As variáveis explanatórias incorporadas ao modelo foram: número de embarcações, velocidade, tipo de embarcação, tamanho do grupo e presença de filhotes. Para todos os modelos realizados, a colinearidade entre variáveis explanatórias foi testada usando o fator de inflação da variância (VIF), com valor acima de três indicando colinearidade. A exploração *a priori* dos dados foi realizada seguindo protocolo recomendado (*cf.* Zuur *et al.* 2010). Os modelos foram sequencialmente simplificados e o modelo mais parcimonioso selecionado pelo Critério de Informação de Akaike (AIC). A validação do modelo mais parcimonioso foi corroborada visualmente através da análise gráfica dos resíduos (*cf.* Zuur *et al.* 2016). Todas as análises estatísticas foram realizadas em ambiente R versão 3.4.2 (R Core Team 2017) com os pacotes *vegan*, *MASS*, *stats* e *coin*.

## Resultados

O esforço amostral teve uma duração total de 16 dias, com o registro de 26,09 h de gravação: 21,64 h na ausência de embarcações e 4,45 h na presença delas. Os registros na presença de embarcações (n=122) tiveram a seguinte distribuição por tipo de embarcação: pesca (42,62 %; n=52), lancha (36,88%; n=45), jet-ski (18,86%; n=23) e misto (1,64%; n=2). Para as categorias de velocidade foram registradas: cruzeiro (59,02%; n=72), média (19,67%; n=24) e plainando (21,31%; n=26). Para forma de aproximação a categoria errática não foi observada durante o período amostral, ocorrendo apenas a categoria retilínea contínua. Portanto, esta variável foi desconsiderada na análise dos dados subsequente. A quantidade de embarcações por registro variou de uma a nove, sendo mais frequentes os registros com uma embarcação (90,98%; n=111).

### *Comportamento de superfície*

O modelo mais parcimonioso para explicar o distanciamento da área de interação por parte dos botos foi o modelo nulo, indicando que nenhuma das variáveis consideradas (tipo de embarcação, velocidade, número de embarcações, número de indivíduos e presença de filhotes) teve influência nessa variável resposta (Tabela 1). As variáveis tipo de embarcação, número de embarcações e velocidade também não influenciaram a coesão do grupo (tipo de embarcação:  $X^2= 3.64$ ,  $df = 6$ ,  $P =0.756$ ; número de embarcações:  $X^2= 1.66$ ,  $df = 6$ ,  $P =1$ ; velocidade:  $X^2= 6.00$ ,  $df = 4$ ,  $P=0.964$ ).

Tabela 1: Seleção do modelo mais parcimonioso para analisar a influência das variáveis relacionadas às embarcações, assim como do tamanho de grupo (N indivíduos) e presença de filhotes, sobre o distanciamento dos botos. O menor valor de AIC indica o modelo que melhor se ajusta aos dados; gl (graus de liberdade);  $\Delta$ AIC (diferença entre os valores de AIC); Peso AIC (probabilidade do modelo se ajustar aos dados); Tipo (Tipo de embarcação); Vel (Velocidade); Nem (Número de embarcações); Nin (Número de indivíduos); Fi (filhotes).

Rank	Modelos	gl	AIC	$\Delta$ AIC	Peso AIC
1	Modelo Nulo	1	89.0	0.00	0.660
2	Tipo	4	91.0	2.01	0.242
3	Tipo + Vel	6	93.7	4.76	0.061
4	Tipo + Vel + Nem	7	95.6	6.60	0.024
5	Tipo + Fi + Vel + Nem	8	97.5	8.50	0.009
6	Tipo + Fi + Vel + Nin + N 9	9	99.7	10.67	0.003

#### *Parâmetros acústicos dos assobios*

Foram processados e medidos os parâmetros acústicos de um total de 1.760 assobios. Depois de excluir aqueles assobios com o mesmo contorno de frequência separados por intervalos menores do que 30 s, um total de 608 assobios foram utilizados nas análises estatísticas. O modelo DFA mais ajustado para diferenciar os parâmetros acústicos na presença e ausência das embarcações contém os parâmetros acústicos frequência inicial, frequência máxima, frequência mínima e inflexões ( $Embarcações \sim -2.07 \times frequência\ inicial + 1.58 \times frequência\ máxima - 0.93 \times frequência\ mínima - 0.06 \times inflexões$ ). O resultado da DFA indicou a frequência inicial e duração como os parâmetros acústicos que mais contribuiriam para a diferenciação das amostras de assobios na presença e ausência de embarcações. No entanto, verificou-se uma alta sobreposição das amostras no eixo da função discriminante (Fig. 3). Portanto, os grupos de amostras na presença ou ausência de embarcações não podem ser separados de forma consistente (MANOVA Hotelling  $t = 0.009$ ,  $df = 1$ ,  $F = 0.819$ ,  $P = 0.572$ ).

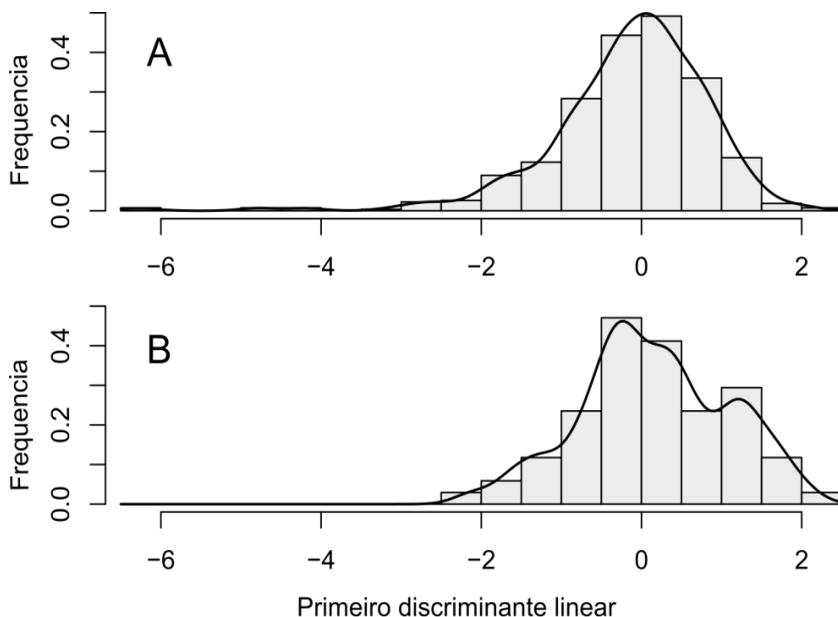


Figura 3: Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios em relação à ausência (A) e presença (B) de embarcações, no eixo da função discriminante. A sobreposição das distribuições evidencia uma fraca separação dos grupos.

#### *Taxa de emissão de assobios e cliques*

A taxa de assobios na presença de embarcações ( $\bar{x} \pm SD = 0.35 \pm 0.83$ ) foi menor que na ausência de embarcações ( $\bar{x} \pm SD = 0.58 \pm 1.09$ ). Redução similar foi observada na taxa de cliques (ausência:  $\bar{x} \pm SD = 347.55 \pm 304.36$ ; presença:  $\bar{x} \pm SD = 280.71 \pm 233.97$ ). Ambas reduções foram significativas segundo o teste de permutações (assobios:  $Z = 2.15$ ,  $P = 0.019$ ; cliques de ecolocalização:  $Z = 2.16$ ,  $P = 0.035$ ; Fig. 4).

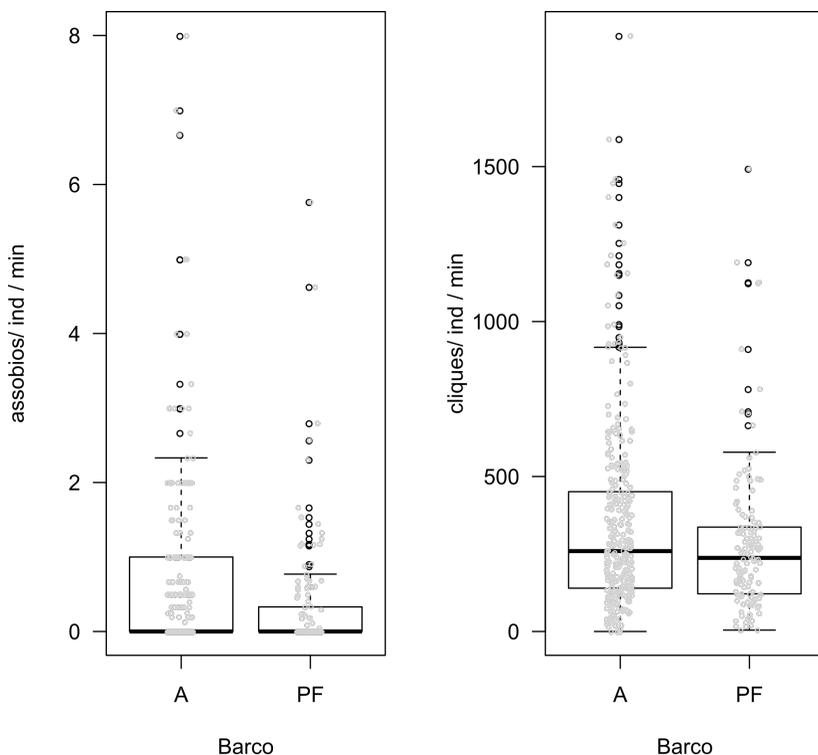


Figura 4: Boxplot para as taxas de emissão de assobios (esq.) e cliques de ecolocalização (dir.) na ausência (A) e presença física (PF) de embarcações. As taxas são expressas por número de sons/ind/min.

#### *Variações dos parâmetros acústicos na presença de embarcações*

Os modelos mais parcimoniosos (GLMs) mostraram que o tipo da embarcação influencia a quantidade de inflexões dos assobios, apresentando os assobios emitidos na presença de jet-skis uma menor quantidade de inflexões em relação aos assobios emitidos na presença de embarcações de pesca (glm SE= 0.5574,  $Z = -2.883$ ,  $P = 0.004$ ) (Fig. 5A). Além disso, o segundo melhor modelo para frequência final também suporta os dados ( $\Delta AICc < 2$ ) e indica que lanchas provocam uma diminuição desta frequência, comparada com embarcações de pesca (glm SE=0.148,  $t = -2.030$ ,  $P = 0.047$ ) (Fig. 5B). Observou-se também que quanto mais embarcações presentes no canal, maior foi a quantidade de inflexões (glm SE= 0.106,  $Z = 1.974$ ,  $P = 0.048$ ) (Fig. 5C),

frequência inicial (glm SE= 0.036,  $t = 2.087$ ,  $P = 0.041$ ) (Fig. 5D), frequência final (glm SE= 0.037,  $t = 2.421$ ,  $P = 0.018$ ) (Fig. 5E) e frequência máxima (glm SE=0.025,  $t = 2.701$ ,  $P = 0.009$ ) (Fig. 5F) dos assobios. Quanto à velocidade das embarcações, os modelos indicaram que a duração dos assobios foi menor com embarcações se deslocando em velocidade média em relação à velocidade de cruzeiro (glm SE= 0.369,  $t = -2.069$ ,  $P = 0.042$ ) (Fig. 5G). Assim, velocidades maiores provocariam diminuições na duração dos assobios emitidos pelos botos durante o forrageio cooperativo.

Em relação à covariável tamanho do grupo, os modelos mais parcimoniosos não mostraram influência significativa sobre os parâmetros acústicos analisados. Porém, o segundo melhor modelo para frequência final mostrou um aumento neste parâmetro conforme o aumento do tamanho de grupo (Fig. 5H). Por fim, na presença de embarcações no canal, grupos com filhotes passaram a emitir assobios de frequência inicial (Fig. 5I), frequência mínima (Fig. 5J) e frequência máxima (Fig. 5K) maiores quando comparados a grupos sem filhotes (Frequência inicial: glm SE= 0.143,  $t = 2.529$ ,  $P = 0.014$ ; Frequência mínima: glm SE= 0.146,  $t = 2.553$ ,  $P = 0.013$ ; Frequência máxima: glm SE= 0.105,  $t = 2.111$ ,  $P = 0.034$ ). Para cada parâmetro analisado, os quatro primeiros modelos criados e seus coeficientes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da seleção de modelos que avaliam a influência das embarcações, tamanho do grupo (Número de indivíduos) e presença de filhotes sobre os parâmetros acústicos dos assobios. São apresentados para cada parâmetro os primeiros quatro modelos, ranqueados em ordem crescente de  $\Delta$  AICc. Indica-se no modelo mais parcimonioso, o nível de significância das variáveis: (\*)  $p < 0.05$ , (\*\*)  $p < 0.01$ . gl (graus de liberdade);  $\Delta$ AIC (diferença entre os valores de AIC); Peso AIC (probabilidade do modelo se ajustar aos dados); Tipo (Tipo de embarcação); Vel (Velocidade); Nem (Número de embarcações); Nin (Número de indivíduos); Fi (filhotes).

<i>Rank</i>	<b>Parâmetros acústicos / Modelos</b>	<b>gl</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta</math>AICc</b>	<b>Peso AICc</b>
<b>Inflexões</b>					
1	Nem <sup>(*)</sup> + Tipo <sup>(**)</sup>	5	209.9	0.00	0.582
2	Nem+ Tipo + Vel	7	211.9	2.06	0.208
3	Modelo nulo	2	213.1	3.19	0.118
4	Nem+ Tipo + Vel + Nin	8	214.1	4.18	0.072
<b>Duração</b>					
1	Tipo + Vel <sup>(**)</sup>	6	44.2	0.00	0.498
2	Nem + Tipo + Vel	7	45.3	1.14	0.282
3	Nem + Tipo + Vel + Fi	8	46.6	2.50	0.143
4	Modelo nulo	2	49.2	5.06	0.040
<b>Frequência inicial</b>					
1	Nem + Vel + Fi <sup>(*)</sup>	6	1255.5	0.00	0.659
2	Nem + Vel + Fi + Nin	7	1257.5	2.05	0.237
3	Modelo nulo	2	1259.5	4.07	0.086
4	Nem + Tipo + Vel + Fi + Nin	9	1262.6	7.18	0.018
<b>Frequência final</b>					
1	Nem <sup>(*)</sup> + Fi + Nin	5	1265.0	0.00	0.477
2	Nem <sup>(*)</sup> + Tipo <sup>(*)</sup> + Fi + Nin <sup>(**)</sup>	7	1265.0	0.01	0.474
3	Nem+ Tipo + Vel + Fi + Nin	9	1269.7	4.68	0.046
4	Modelo nulo	2	1275.1	10.13	0.003

Tabela 2 (continuação)

<b>Frequência mínima</b>					
1	Nem+ Fi (*)	4	1215.7	0.00	0.672
2	Nem + Vel+ Fi	6	1217.4	1.75	0.280
3	Nem+ Tipo + Vel + Fi	8	1222.5	6.85	0.022
4	Modelo nulo	2	1222.7	7.07	0.020
<b>Frequência máxima</b>					
1	Nem <sup>(**)</sup> + Fi <sup>(*)</sup> + Nin	5	1281.9	0.00	0.721
2	Nem+ Vel + Fi + Nin	7	1284.0	2.13	0.248
3	Nem+ Tipo + Vel + Fi+ Nin	9	1289.3	7.37	0.018
4	Modelo nulo	2	1290.1	8.17	0.012
<b>Amplitude</b>					
1	Nin	3	1261.0	0.00	0.425
2	Modelo nulo	2	1261.7	0.69	0.301
3	Vel + Nin	5	1263.0	1.98	0.158
4	Nem+ Vel + Nin	6	1263.8	2.80	0.105

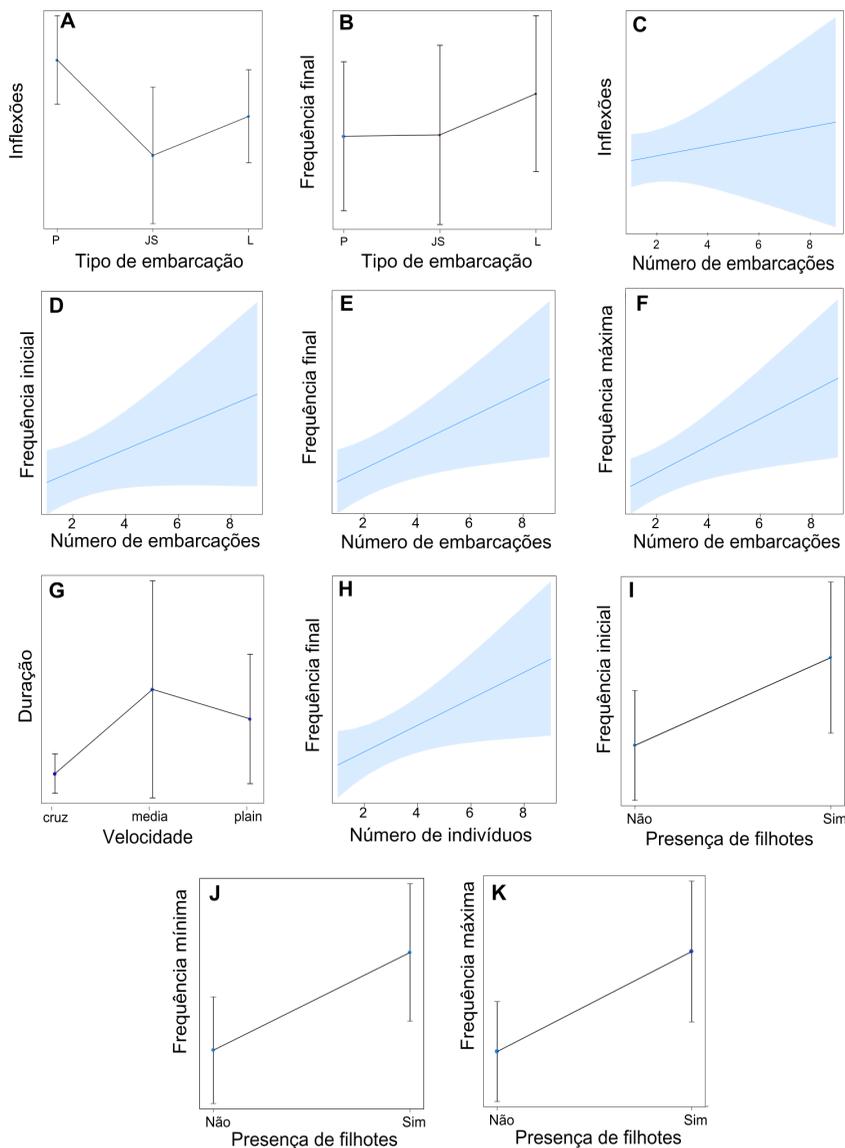


Figura 5: Previsões dos modelos seleccionados indicando o efeito das variáveis explanatórias com influência significativa sobre os parâmetros acústicos dos assobios. A) Pontos de inflexão vs. tipo de embarcação; B)

Frequência final vs. tipo de embarcação; C) Pontos de inflexão vs. número de embarcações; D) Frequência inicial vs. número de embarcações; E) Frequência final vs. número de embarcações; F) Frequência máxima vs. número de embarcações; G) Duração vs. velocidade; H) Frequência final vs. número de indivíduos; I) Frequência inicial vs. presença de filhotes; J) Frequência mínima vs. presença de filhotes; K) Frequência máxima vs. presença de filhotes. Os valores preditos pelo modelo são representados em pontos azuis e o intervalo de confiança de 95% (barras). Os tipos de embarcação foram: pesca (P); jet-ski (JS); lancha (L). As categorias de velocidade consideradas foram: (cruz) cruzeiro; média (media); plainando (plain).

#### *Variações nas taxas de emissões na presença de embarcações*

O modelo mais parcimonioso para taxa de emissão de assobios mostrou uma influência significativa da covariável tamanho do grupo e da variável velocidade das embarcações. Assim, quanto maior o grupo, maior a quantidade de assobios emitidos pelos botos (glm SE = 0.1390,  $Z = 2.704$ ,  $P = 0.007$ ) (Fig. 6A). Na presença de embarcações em velocidade média, a taxa de assobios foi menor do que para embarcações em velocidade de cruzeiro (glm SE = 5.798,  $Z = -2.369$ ,  $P = 0.018$ ) (Fig. 6B).

Para a taxa de emissão de cliques de ecolocalização, o modelo mais parcimonioso indicou o tamanho do grupo como a única variável com influência significativa (glm SE= 0.048,  $Z = 2.625$ ,  $P= 0.009$ ) (Fig. 6C), aumentando a taxa de cliques com o aumento de indivíduos no grupo. Os modelos criados e seus coeficientes são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Seleção de modelos para avaliar a influência das embarcações, assim como do tamanho do grupo e presença de filhotes, sobre as taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização. O menor valor de AICc indica o modelo com melhor ajuste aos dados. Indica-se para modelo mais parcimonioso, o nível de significância das variáveis: (\*)  $p < 0.05$ , (\*\*).  $p < 0.01$ . gl (graus de liberdade);  $\Delta AICc$  (diferença entre os valores de AIC); Peso AIC (probabilidade do modelo se ajustar aos dados); Tipo (Tipo de embarcação); Vel (Velocidade); Nem (Número de embarcações); Nin (Número de indivíduos); Fi (filhotes).

Rank	Modelos	gl	AICc	$\Delta AICc$	Peso AICc
<b>Assobios</b>					
1	Offset(log(duração)) + Nin <sup>(**)</sup> + Vel <sup>(*)</sup>	5	330.5	0.00	0.426
2	Offset(log(duração)) + Nin + Vel + Nem	6	331.8	1.26	0.227
3	Offset(log(duração)) + Nin	3	332.7	2.23	0.140
4	Offset(log(duração)) + Nin + Fi + Vel + Nem	7	333.6	3.14	0.089
5	Offset(log(duração)) + Nin + Tipo	6	334.1	3.61	0.070
6	Offset(log(duração)) + Nin + Tipo + Nem	7	335.4	4.91	0.037
7	Offset(log(duração)) + Nin + Fi + Tipo + Nem	8	337.6	7.15	0.012
8	Modelo nulo	2	344.0	13.46	0.001

Tabela 3 (continuação)

Rank	Modelos	gl	AICc	$\Delta$ AICc	Peso AICc
<b>Cliques de ecolocalização</b>					
1	Offset(log(duração)) + Nin <sup>(**)</sup>	3	1858.6	0.00	0.494
2	Offset(log(duração)) + Nin+ Fi	4	1859.9	1.36	0.250
3	Offset(log(duração)) + Fi	3	1861.1	2.49	0.142
4	Offset(log(duração)) + Fi + Tipo	6	1863.7	5.15	0.038
5	Offset(log(duração)) + Nin + Fi + Vel	6	1864.2	5.66	0.029
6	Offset(log(duração)) + Nin + Fi + Tipo	7	1864.3	5.73	0.028
7	Offset(log(duração)) + Nin + Fi + Vel + Nem	7	1866.4	7.85	0.010
8	Offset(log(duração)) + Nin + Fi + Tipo + Nem	8	1866.5	7.93	0.009
9	Modelo nulo	2	1901.8	43.22	0.000

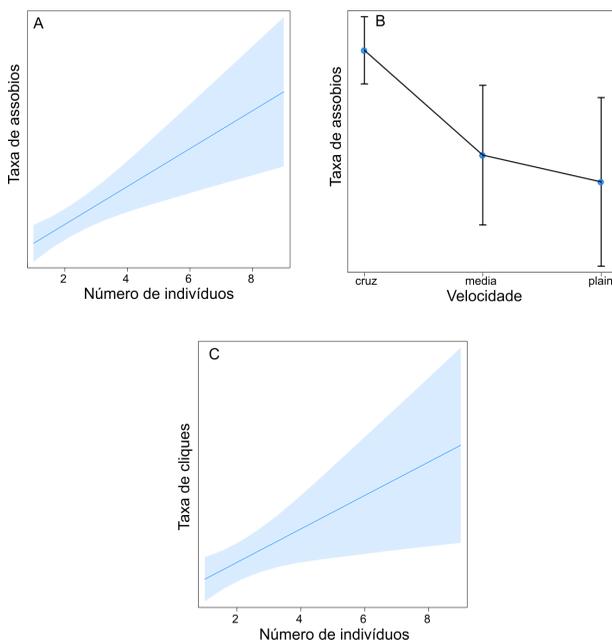


Figura 6: Previsões dos modelos selecionados indicando o efeito das variáveis explanatórias com influência significativa sobre a taxa de assobios e cliques de ecolocalização. A) Taxa de emissão de assobios vs. número de indivíduos; B) Taxa de emissão de assobios vs. velocidade; C) Taxa de emissão de cliques vs. número de indivíduos. Os valores preditos pelo modelo são representados em pontos azuis e o intervalo de confiança de 95% (barras). As categorias de velocidade consideradas foram: (cruz) cruzeiro; média (media); plainando (plain).

## Discussão

O distanciamento ou o abandono do sitio de interação com o pescador em resposta ao tráfego de embarcações, representariam estratégias dos botos para evitar ou minimizar a exposição ao distúrbio. Os resultados deste trabalho mostraram que botos em forrageio cooperativo permanecem no ponto de interação com o pescador durante a passagem das embarcações no canal, tendo sido observado abandono da área apenas em duas ocasiões. Além disso, o distanciamento da área

também não mostrou relação com as variáveis relacionadas às embarcações.

O incremento do tráfego de embarcações representa uma das principais ameaças para os cetáceos que habitam zonas costeiras. Ao perceber uma ameaça, os cetáceos podem reagir utilizando estratégias evasivas similares às que utilizam ao fugir de um predador (Frid e Dill 2002). Assim, eles podem responder através de evasão vertical, incrementando a duração do mergulho (Lusseau 2003), ou utilizando evasão horizontal, mudando a direção do deslocamento e realizando movimentos menos previsíveis para se afastar da embarcação (Lemon *et al.* 2006). Os resultados deste trabalho não evidenciaram respostas comportamentais de superfície que correspondam a um afastamento dos animais em relação às embarcações. No entanto, o distanciamento corresponderia a uma resposta de evasão horizontal, não sendo consideradas neste trabalho possíveis respostas de evasão vertical como duração do mergulho.

Aumentos na coesão de grupo em resposta à aproximação de embarcações, ou em situações de surpresa e ameaça, foram observados para pequenos cetáceos como *Cephalorhynchus hectori* (van Beneden, 1881) (Bejder *et al.* 1999) e *T. truncatus* (Nowacek *et al.* 2001). Juntar o grupo possivelmente oferece maior proteção para o indivíduo (Johnson e Norris 1986), facilitando a coordenação de movimentos do grupo e acelerando as reações ao perigo (Bejder *et al.* 2006a). Porém, neste estudo não foram verificadas variações na coesão em relação ao tipo, quantidade ou velocidade das embarcações. Isto coincide com o observado para *T. truncatus* na Carolina do Sul (Estados Unidos), onde nem a presença nem o número de barcos influenciaram na coesão dos grupos (Mattson *et al.* 2005).

A ausência de variações nas métricas consideradas para avaliar o comportamento de superfície em relação às embarcações, poderia sugerir de forma precoce que o tráfego de embarcações não tem impacto sobre o comportamento dos botos. No entanto, outras medidas comportamentais mais sensíveis, não consideradas neste estudo, podem estar sendo afetadas. Por exemplo, respirações mais sincrônicas foram observadas para grupos de *T. truncatus* na Escócia (Hastie *et al.* 2003), assim como também aumentos na velocidade de natação e tempo de mergulho (Janik e Thompson 1996). Adicionalmente, a falta de mudanças no comportamento de superfície dos botos poderia refletir não a ausência de algum impacto, mas sim o desenvolvimento de um alto

nível de tolerância ao distúrbio (Richardson e Würsig 1997, Weilgart 2007), em especial quando este é crônico e vem ocorrendo há muito tempo. A tolerância pode ser entendida como "a intensidade da perturbação que um indivíduo tolera sem responder de um modo definido" (Nisbet 2000). Em casos onde é possível realizar o monitoramento individual ao longo prazo, a ausência de mudanças comportamentais ou a diminuição persistente de respostas comportamentais ao longo do tempo, poderia indicar que os indivíduos estão experimentando um processo de habituação ao distúrbio (Thorpe 1963). Porém, mesmo na ausência de mudanças comportamentais observáveis, estudos mostraram que a habituação a um distúrbio antrópico pode ter consequências negativas para os animais como redução do medo e resposta a predadores (Geffroy et al. 2015) ou aumento de exposição a doenças (Woodford et al. 2002). Além disso, foi comprovado para diferentes espécies animais que o distúrbio antrópico pode não influenciar o comportamento superficial do indivíduo, mas gerar um efeito a nível fisiológico como aumentos da frequência cardíaca e alterações hormonais (Ditmer et al., 2015; Fowler, 1999; Coetzee e Chown, 2016). Portanto, a ausência de variações observadas no comportamento de superfície dos botos, não deve ser traduzida na ausência de um impacto na população.

Tolerar ou evitar um distúrbio depende da relação entre os benefícios aportados pelo habitat e os custos de permanecer expostos ao impacto humano. A escolha de ficar ou abandonar uma área determinada também deve levar em consideração a distância e disponibilidade de habitats adequados alternativos (La Manna *et al.* 2013). Em Laguna, a praia da Tesoura representa um dos pontos de maior frequência de interação boto-pescador, uma especialização comportamental de forrageio que aparentemente aporta grandes benefícios quanto à obtenção de presas (Simões-Lopes *et al.* 1998). Mesmo que os botos que interagem com os pescadores tenham a capacidade de forragear de forma independente, esta tática perdura no tempo, persistindo de forma estável por gerações tanto de botos quanto de pescadores (Simões-Lopes *et al.* 1998). Botos que interagem com pescadores tem uma área de vida menor do que aqueles que forrageiam de forma independente (Daura-Jorge *et al.* 2012). A alta fidelidade à área, o pequeno tamanho populacional e a reduzida área de vida tornam essa população extremamente vulnerável. Contudo, a elevada preferência dos indivíduos por esta área e a permanência frente ao

distúrbio provocado pela passagem dos barcos, reforça a ideia de que as vantagens obtidas da cooperação com pescadores na Tesoura compensariam os riscos. Além disso, sugere-se que a habilidade de botos forragearem com pescadores seja transmitida principalmente de mães para filhotes (Simões-Lopes *et al.* 1998). Nesse caso, novos indivíduos da população aprenderiam a forragear estando já expostos à passagem de embarcações neste local, o que poderia aumentar as probabilidades de tolerância a este distúrbio.

Outro fator que poderia contribuir para a ausência de mudanças no comportamento de superfície é que todas as embarcações que transitaram no canal, durante a amostragem, tiveram uma trajetória retilínea contínua, o que faz os movimentos do barco mais previsíveis. Para o boto cinza *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864), uma predominância de reações comportamentais neutras foi observada quando os indivíduos estiveram expostos a embarcações grandes em velocidade constante e movimentos previsíveis (Araújo *et al.* 2008). Para *T. truncatus*, embarcações rápidas e de movimentos erráticos (Mattson *et al.* 2005), e o aumento na quantidade de embarcações (Constantine *et al.* 2004), provocariam maiores mudanças comportamentais.

O ruído provocado pelas embarcações pode produzir o mascaramento dos sinais acústicos dos cetáceos, dificultando a comunicação entre eles. Pequenos cetáceos tentam responder modificando seu comportamento vocal através de mudanças na frequência dos sinais acústicos e/ou na taxa de produção de sons. (Van Parijs e Corkeron 2001, Buckstaff 2004). No presente trabalho, não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros acústicos dos assobios na presença e ausência de embarcações. Porém, as taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização foram significativamente menores na presença de barcos.

Assobios são sinais acústicos utilizados na comunicação dos cetáceos principalmente para o reconhecimento dos indivíduos, organização e coesão do grupo (Caldwell *et al.* 1990). Para o golfinho corcunda do indo-pacífico (*Souza chinensis*, Osbeck, 1765), na Austrália, foi observado um aumento na taxa de assobios após a passagem de embarcações, principalmente em grupos que incluem mães e filhotes (Van Parijs e Corkeron 2001). Os autores concluíram que o ruído produzido pelas embarcações provocaria uma diminuição na coesão do grupo (aumento na distância entre os indivíduos), enquanto

um aumento na taxa de assobios serviria para reestabelecer o contato vocal entre os indivíduos após a separação. Resultados similares foram observados para *T. truncatus* na Nova Zelândia (Guerra *et al.* 2014), onde grupos com filhotes foram mais sensíveis ao ruído das embarcações, experimentando uma diminuição na coesão do grupo e incremento na taxa de repetição de assobios com o aumento da velocidade das embarcações. Para a parcela de botos que interage com os pescadores em Laguna não foram observadas variações na coesão do grupo em relação às embarcações, o que justificaria a ausência de um aumento na emissão de assobios.

Em Laguna, um estudo recente observou que os botos utilizam sons específicos durante a pesca cooperativa, o que poderia servir para compartilhar informações sobre o forrageio e promover a coesão social entre os membros do grupo (Romeu *et al.* 2017). Portanto, seria esperado que durante a passagem de embarcações os indivíduos aumentassem a taxa de assobios afim de manter a coordenação do grupo durante o forrageio. Por outro lado, sabe-se que os cliques de ecolocalização são utilizados pelos botos para detecção e reconhecimento das presas, predadores e obstáculos no ambiente (Au, 1993). Assim, a menor taxa de emissão de cliques de ecolocalização indicaria uma interrupção da atividade de forrageio na presença de embarcações. Nesse caso, a coordenação da atividade de forrageio por meio dos assobios também seria interrompida, gerando uma menor taxa de emissão de assobios observada. Interrupções da atividade de forrageio resultante do tráfego de embarcações foram observadas previamente para a mesma espécie na costa este da Escócia (Pirota *et al.* 2015). Para essa população de botos, foi percebida uma diminuição na taxa de cliques de ecolocalização durante o forrageio na presença de embarcações, aumentando o efeito ao aumentar a quantidade de embarcações na área. Os golfinhos suspenderam o forrageio só durante a passagem da embarcação, talvez para aumentar a vigilância, e retomaram a atividade quando o barco se afastava.

Mesmo padrão foi observado para *T. truncatus* em Portugal, que reduz a emissão de vocalizações na presença de embarcações possivelmente como uma forma de otimizar a eficiência da comunicação, ou como uma resposta ao perigo (Luís *et al.* 2014). Odontocetos (cetáceos que possuem dentes) e mysticetos (cetáceos com barbatana) diferem nos mecanismos de emissão e recepção de sons (Cranford *et al.* 1996, Reidenberg & Laitman 2007). No entanto, por

compartilhar o mesmo ambiente e estar, muitas vezes, expostos às mesmas pressões do entorno, podem responder de forma semelhante ao tráfego de embarcações. Diminuições na emissão de sons também foram verificadas para baleias francas (*Eubalaena glacialis* (P.L.S. Müller, 1776) e *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822)), que esperariam para vocalizar somente após a redução nos níveis de ruído, como estratégia para compensar o mascaramento (Parks *et al.* 2007). O ruído das embarcações poderia estar mascarando as vocalizações, fazendo com que as menores taxas de emissão de sons observadas sejam um efeito desse mascaramento. No entanto, neste trabalho só foram utilizadas as gravações onde foi possível diferenciar os cliques e assobios por cima do ruído do barco. Assim, o mascaramento não teria influência nos resultados.

Embora não tenham sido verificadas claras alterações significativas nos parâmetros acústicos dos assobios quando comparados na presença e ausência de embarcações, os modelos estatísticos elaborados mostraram que durante a passagem das embarcações estes parâmetros experimentam alguns ajustes ou variações. Assim, o aumento na quantidade de embarcações no canal provocaria um incremento na quantidade de pontos de inflexão e nas frequências inicial, final e máxima. Além disso, velocidades maiores provocariam diminuições na duração dos assobios emitidos pelos botos durante o forrageio cooperativo. Estas alterações seriam uma estratégia dos botos para compensar o mascaramento produzido pelas embarcações, já que aumentos na velocidade das embarcações fazem com que as hélices do motor girem mais rapidamente e isto se traduz num incremento do ruído produzido por cavitação (May Collado e Wartzok 2008, Jensen *et al.* 2009, Guerra *et al.* 2014), ao mesmo tempo que um maior número de barcos incrementa os níveis de ruído no local. Mudanças nas frequências dos assobios para faixas de frequência com menores níveis de ruído poderiam incrementar a detecção dos sinais (La Manna *et al.* 2013). Porém, não todas as populações de cetáceos respondem ao ruído da mesma forma. Morisaka *et al.* (2005) observaram que populações de *Tursiops aduncus* (Ehrenberg, 1833) respondem de forma diferente segundo os níveis de ruído do ambiente. No seu trabalho, populações expostas a menores níveis de ruído apresentaram um aumento nas frequências dos assobios, enquanto que as populações expostas a um ruído maior responderam diminuindo as frequências dos sons. Para os botos de Laguna, a presença de jet-skis provocou uma diminuição na

quantidade de inflexões em relação aos barcos de pesca e o tipo de barco lancha provocou uma redução da frequência final dos assobios. As lanchas e jet-skis são embarcações rápidas que contribuem significativamente na quantidade de ruído subaquático nas áreas costeiras. Além disso, por serem embarcações rápidas, o aumento da cavitação também aumenta os níveis de frequência alcançados pelo ruído (Jensen *et al.* 2009) e, portanto, os botos poderiam diminuir os níveis de frequência dos seus sons para ajustá-los a uma faixa de frequência mais livre de ruído, mantendo assim a comunicação com os membros do grupo.

Os parâmetros acústicos dos assobios também foram influenciados pelo tamanho do grupo e presença de filhotes. Na presença de embarcações no canal, grupos maiores emitiram assobios com maior frequência final, enquanto grupos com filhotes passaram a emitir assobios de frequência inicial, frequência mínima e frequência máxima maiores quando comparados a grupos sem filhotes. Os grupos com filhotes seriam mais sensíveis ao distúrbio e o incremento nas frequências poderia ser uma reação para tentar incrementar a probabilidade de detecção dos assobios pelos filhotes, diminuindo a sobreposição com o ruído do barco (Guerra *et al.* 2014).

Em relação às taxas de emissão de sons, os modelos sugeriram que na presença de embarcações existiria um incremento na emissão de assobios e cliques quanto maior a quantidade de indivíduos no grupo. Porém, tal incremento seria suportado até um determinado tamanho do grupo, onde começaria a existir um mascaramento produzido pela competência dos sinais acústicos dos próprios indivíduos. Para evitar isso, em grupos numerosos (estimado como 5 indivíduos por Hernandez *et al.* (2010) e 15 indivíduos por Quick e Janik (2008)), os golfinhos optariam por diminuir a quantidade de vocalizações emitidas. Na presença de embarcações, grupos com mais de 5 indivíduos foram registrados só em duas ocasiões. A taxa de assobios também foi influenciada pela velocidade do barco, onde a velocidade média provocaria uma maior interferência na comunicação do que a velocidade de cruzeiro, diminuindo a quantidade de assobios emitidos.

Alterações no comportamento acústico através de mudanças nas frequências, duração e/ou taxa de repetição – como estratégia para compensar o mascaramento produzido pelo ruído das embarcações – exigem um gasto adicional de energia e consumo de oxigênio por parte dos indivíduos (Holt *et al.* 2015). Em ambientes com elevado nível de

ruído, estas demandas poderiam ter consequências negativas para aqueles indivíduos que não conseguem supri-la, especialmente em períodos energeticamente vulneráveis como a reprodução e amamentação (Holt *et al.* 2015). O efeito acumulativo de reiteradas respostas comportamentais de curto prazo como consequência de distúrbios não letais poderia derivar em efeitos de longo prazo, que irão influenciar em parâmetros populacionais como sobrevivência e sucesso reprodutivo dos animais. Apesar dos botos em forrageio cooperativo permanecerem numa área de distúrbio frequente por embarcações, os resultados aqui apresentados mostram que existe um efeito das embarcações no seu comportamento acústico, com redução da comunicação entre os indivíduos e possível interferência no comportamento de forrageio, evidenciado pela diminuição nas taxas de emissão de sons. Caso o comportamento de forrageio esteja sendo interrompido, o incremento no tráfego de embarcações poderia reduzir os benefícios da interação boto-pescador, com a consequente redução da energia adquirida pelos indivíduos (Pirotta *et al.* 2015). Como a interação com pescadores aparentemente interfere na dinâmica populacional (Bezamat *et al.* *In prep.*), o distúrbio promovido pelas embarcações pode interferir na viabilidade da população como um todo.

Como conclusão, nossos dados sugerem uma alta tolerância comportamental dos indivíduos em forrageio com pescadores artesanais aos efeitos do tráfego de embarcações. No entanto, sugerem também que a interação com pescadores – uma tática de forrageio importante para o indivíduo e sua população – é interrompida com o incremento do tráfego de embarcações. Uma avaliação mais profunda dessa resposta é fundamental para a compreensão do real impacto dos encontros com embarcações na população e para a aptidão do indivíduo. Assim, recomenda-se a realização de pesquisas adicionais sobre os efeitos em longo prazo desses encontros, tanto em nível individual, quanto populacional. No entanto, baseado em estudos prévios para esta e outras espécies de pequenos cetáceos, (David 2002, Guerra e Dawson 2016) e nos resultados aqui apresentados, uma série de recomendações podem ser consideradas com o intuito de prevenir ou reduzir efeitos negativos ainda não plenamente identificados. No mínimo, sugere-se a implementação das seguintes medidas:

(1) regulação do número de embarcações presentes no canal de forma simultânea;

(2) regulação do tráfego e velocidade de embarcações rápidas na área (principalmente jet-skis);

(3) aproximação do grupo de botos em sentido paralelo, mantendo a maior distância possível e evitando a aproximação direta;

(4) diminuição da velocidade sempre que um grupo de botos seja avistado.

Implementar essas medidas imediatamente é um ponto de partida essencial para proteger essa população de botos e sua especialização comportamental de forragear com pescadores artesanais.

### Referências bibliográficas

- Agrelo, Macarena. 2017. Impactos antropogênicos sobre a população do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus*) em Laguna, sul do Brasil: uso do espaço e bases para um modelo conceitual de conservação. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49(3): 227-266.
- Araújo, J. P., A. Souto, L. Geie and M. E. Araújo. 2008. The behavior of *Sotalia guianensis* (Van Bénédén) in Pernambuco coastal waters, Brazil, and a further analysis of its reaction to boat traffic. *Revista Brasileira de Zoologia* 25(1): 1-9.
- Au, W. W. L. 1993. *The sonar of dolphins*. New York, US: Springer-Verlag.
- Bas, A. A., F. Christiansen, B. Öztürk, A. A. Öztürk and L. J. Watson. 2017. Marine vessels alter the behaviour of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Istanbul Strait, Turkey. *Endangered Species Research* 34:1-14.
- Bejder, L., S. M. Dawson and J. A. Harraway. 1999. Responses by Hector's dolphins to boats and swimmers in Porpoise Bay, New Zealand. *Marine Mammal Science* 15(3):738-750.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead and N. Gales. 2006a. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour* 72(5): 1149-1158.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead et al., 2006b. Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to longterm disturbance. *Conservation Biology* 20(6):1791-1798.
- Bonin, C. A. 2001. Utilização de hábitat pelo boto-cinza, *Sotalia fluvitilis guianensis* (Cetacea, Delphinidae), na porção norte do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, PR. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal do Paraná.

- Buckstaff, K. C. 2004. Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine mammal science* 20(4):709-725.
- Caldwell, M. C., D. K. Caldwell and P. L. Tyack. 1990. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin. *The bottlenose dolphin*, 199-234.
- Carvalho, G. S., E. S., Nunesand and M. N. Da Silva. 2014. Reações comportamentais de *Sotalia guianensis*, (Boto-cinza), durante encontro com embarcações no estuário do rio Sergipe e foz do rio Poxim, Aracaju, Sergipe. *Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT* 2(1):111-129.
- Christiansen, F., M. Rasmussen and D. Lusseau, 2013. Whale watching disrupts feeding activities of minke whales on a feeding ground. *Marine Ecology Progress Series* 478:239-251.
- Coetzee, B. W. and S. L. Chown. 2016. A meta-analysis of human disturbance impacts on Antarctic wildlife. *Biological Reviews* 91(3): 578-596.
- Constantine, R., D. H. Brunton and T. Dennis. 2004. Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour. *Biological Conservation* 117(3): 299-307.
- Cranford, T. W., M. Amundin and K. S. Norris, 1996. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of morphology*, 228(3), 223-285.
- Daura-Jorge, F. G., L. L. Wedekin, V. D. Q. Piacentini and P. C. Simões-Lopes, 2005. 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* 22(4):1014-1021.
- Daura-Jorge, F. G. 2011. Quantos? Onde? Como? Múltiplos aspectos ecológicos de uma população do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus*) em Laguna, sul do Brasil: Implicações para a conservação. Tesis Doctoral. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil.
- Daura-Jorge, F. G., M. Cantor, S. N. Ingram, D. Lusseau and P. C. Simões-Lopes. 2012. The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, 8(5): 702-705.
- Daura-Jorge, F. G., S. N. Ingram and P. C. Simões-Lopes. 2013. Seasonal abundance and adult survival of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a community that cooperatively forages with fishermen in southern Brazil. *Marine Mammal Science* 29(2):293-311.
- David L. 2002. Disturbance to Mediterranean cetaceans caused by vessel traffic. In: G. Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002. Section 11, 21 p.*

- De Freitas, L. C. 2014. Inserção e consolidação do terminal pesqueiro de Laguna na formação da cadeia produtiva da pesca em Santa Catarina. In: Seminário de Ciências Sociais Aplicadas 4(4).
- Ditmer, M. A., J. B. Vincent, L. K. Werden, J. C., Tanner, T. G Laske,, P. A. Iazzo and J. R. Fieberg. 2015. Bears show a physiological but limited behavioral response to unmanned aerial vehicles. *Current Biology* 25(17): 2278-2283.
- Do Valle, A. L., and F. C. C. Melo. 2006. Alterações comportamentais do golfinho *Sotalia guianensis* (Gervais, 1953) provocadas por embarcações. *Biotemas* 19(1):75-80.
- Fowler, G. S. 1999. Behavioral and hormonal responses of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) to tourism and nest site visitation. *Biological Conservation* 90(2):143-149.
- Frid, A., and L. Dill. 2002. Human-caused Disturbance Stimuli as a Form of Predation Risk. *Conservation Ecology* 6.
- Geffroy, B., D. S. Samia, E. Bessa and D. T. Blumstein. 2015. How nature-based tourism might increase prey vulnerability to predators. *Trends in ecology & evolution* 30(12):755-765.
- Gospić, N. R. and M. Picciulin. 2016. Changes in whistle structure of resident bottlenose dolphins in relation to underwater noise and boat traffic. *Marine pollution bulletin* 105(1):193-198.
- Gridley, T., V. G. Cockcroft, E. R. Hawkins, M. L. Blewitt, T. Morisaka and V. M. Janik. 2014. Signature whistles in free-ranging populations of Indo-Pacific bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus*. *Marine Mammal Science* 30(2):512-527.
- Guerra, M., S. M. Dawson, T. E. Brough and W. J. Rayment. 2014. Effects of boats on the surface and acoustic behaviour of an endangered population of bottlenose dolphins. *Endangered Species Research*, 24(3):221-236.
- Hastie, G. D., B. Wilson, L. H. Tufft, and P. M. Thompson. 2003. Bottlenose dolphins increase breathing synchrony in response to boat traffic. *Marine Mammal Science* 19(1):74.
- Hatch, L. T., and A. J. Wright. 2007. A brief review of anthropogenic sound in the oceans. *International Journal of Comparative Psychology* 20(2).
- Heiler, J., S. H. Elwen, H. J. Kriesell and T. Gridley. 2016. Changes in bottlenose dolphin whistle parameters related to vessel presence, surface behaviour and group composition. *Animal behaviour* 117:167-177.
- Hernandez, E. N., M. Solangi and S. A. Kuczaj. 2010. Time and frequency parameters of bottlenose dolphin whistles as predictors of surface behavior in the Mississippi Sound. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(5): 3232-3238.
- Holt, M. M., D. P. Noren, R. C. Dunkin and T. M. Williams. 2015. Vocal performance affects metabolic rate in dolphins: implications for animals

- communicating in noisy environments. *Journal of Experimental Biology* 218(11): 1647-1654.
- Holt M. M., D.P. Noren, V. Veirs, C. K.Emmons and S. Veirs 2009. Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 125.
- IBAMA. 2001. Mamíferos Aquáticos do Brasil. Plano de Ação. Brasília, 102 p.
- Janik, V. M., S. L. King, L. S. Sayigh and R. S. Wells. 2013. Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science* 29(1):109-122.
- Janik, V. M., and P. M. Thompson. 1996. Changes in surfacing patterns of bottlenose dolphins in response to boat traffic. *Marine mammal science* 12(4):597-602.
- Jensen, F. H., L. Bejder, M. Wahlberg , N. Aguilar de Soto , M. P. Johnson and P. T. Madsen. 2009. Vessel noise effects on delphinid communication. *Marine Ecology Progress Series* 395:161-175.
- Johnson, M. and K. Norris. 1986. Delphinid social organization and social behavior. In R. Schusterman, J. Thomas, & F. Wood (Eds.), *Dolphin cognition and behavior: A comparative approach* (pp. 335-346). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kelly, C., G. A. Glegg and C. D. Speedie. 2004. Management of marine wildlife disturbance. *Ocean & coastal management* 47(1):1-19.
- Kriesell, H. J., S. H. Elwen, A. Nastasi and T. Gridley. 2014. Identification and characteristics of signature whistles in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Namibia. *PloS one* 9(9).
- La Manna, G., S. Clò, E. Papale and G. Sarà. 2010. Boat traffic in Lampedusa waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea) and its relation to the coastal distribution of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Ciencias Marinas* 36(1).
- La Manna, G., M. Manghi, G. Pavan, F. Lo Mascolo and G. Sarà. 2013. Behavioural strategy of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in response to different kinds of boats in the waters of Lampedusa Island (Italy). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23(5):745-757.
- Lammers, M. O., W. W. Au and D. L. Herzog. 2003. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *The Journal of the Acoustical Society of America* 114(3):1629-1639.
- Lemon, M., T. P. Lynch, D. H. Cato and R. G. Harcourt. 2006. Response of travelling bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) to experimental approaches by a powerboat in Jervis Bay, New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 127(4):363-372.
- Lilly, J. C. and A. M. Miller. 1961. Sounds Emitted by the Bottlenose Dolphin. *Science* 133:1689-1693.

- Lodi, L. F. 2012. Group size and composition of *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae), in a coastal insular habitat off southeastern Brazil. *Biotemas* 25(2):157-164.
- Luis, A. R., M. N. Couchinho and M. E. Santos. 2014. Changes in the acoustic behavior of resident bottlenose dolphins near operating vessels. *Marine Mammal Science*, 30(4):1417-1426.
- Luis, A. R., M. N. Couchinho and M. E. Dos Santos. 2016. Signature whistles in wild bottlenose dolphins: long-term stability and emission rates. *Acta ethologica* 19(2): 113-122.
- Lusseau, D. 2003. Male and female bottlenose dolphins *Tursiops* spp. have different strategies to avoid interactions with tour boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Ecology Progress Series* 257:267-274.
- Lusseau, D. 2005. Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops* spp. in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress Series* 295:265-272.
- Lusseau, D. 2006. The short - term behavioral reactions of bottlenose dolphins to interactions with boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Mammal Science* 22(4):802-818.
- Mattson, M. C., J. A. Thomas and D. St Aubin. 2005. Effects of boat activity on the behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in waters surrounding Hilton Head Island, South Carolina. *Aquatic Mammals* 31(1):133-140.
- May-Collado, L. J., and S. G. Quiñones-Lebrón. 2014. Dolphin changes in whistle structure with watercraft activity depends on their behavioral state. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4): EL193-EL198.
- May-Collado, L. J., and D. Wartzok. 2008. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. *Journal of Mammalogy* 89(5):1229-1240.
- Miller, L. J., M. Solangi, and S. A. Kuczaj. 2008. Immediate response of Atlantic bottlenose dolphins to high-speed personal watercraft in the Mississippi Sound. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(6): 1139-1143.
- Morisaka, T., M. Shinohara, F. Nakahara and T. Akamatsu. 2005. Effects of ambient noise on the whistles of Indo-Pacific bottlenose dolphin populations. *Journal of Mammalogy* 86(3):541-546.
- Neumann, B., A. T. Vafeidis, J. Zimmermann and R. J. Nicholls. 2015. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding-a global assessment. *PloS one* 10(3).
- Nisbet, I. C. 2000. Disturbance, habituation, and management of waterbird colonies. *Waterbirds* 312-332.
- Nowacek, S. M., R. S. Wells and A. R. Solow. 2001. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science* 17(4): 673-688.

- Papale, E., M. Azzolin and C. Giacoma, 2012. Vessel traffic affects bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour in waters surrounding Lampedusa Island, south Italy. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92(8):1877-1885.
- Papale, E., M. Gamba, M. Perez-Gil, V. M. Martin and C. Giacoma. 2015. Dolphins adjust species-specific frequency parameters to compensate for increasing background noise. *PLoS one* 10(4).
- Parks, S. E., C. W. Clark and P. L. Tyack. 2007. Short-and long-term changes in right whale calling behavior: the potential effects of noise on acoustic communication. *The Journal of the Acoustical Society of America* 122(6): 3725-3731.
- Pereira, M. G., M. Bazzalo and P. A. De Carvalho Flores. 2009. Reações comportamentais na superfície de *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) durante encontros com embarcações na Baía Norte de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zootecias* 9(2).
- Peterson, D., N. Hanazaki and P. C. Simoes-Lopes. 2008. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna, Brazil. *Ocean & Coastal Management* 51(6): 469-475.
- Pirotta, E., N. D. Merchant, P. M. Thompson, T. R. Barton and D. Lusseau. 2015. Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity. *Biological Conservation* 181:82-89.
- Quick, N. J. and V. M. Janik. 2008. Whistle rates of wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): influences of group size and behavior. *Journal of Comparative Psychology*, 122(3): 305-311.
- Reeves, R. R. Dolphins, whales and porpoises: 2002-2010 conservation action plan for the world's cetaceans 58. 2003. IUCN.
- Reidenberg, J. S., and J. T. Laitman. 2007. Discovery of a low frequency sound source in Mysticeti (baleen whales): anatomical establishment of a vocal fold homolog. *The Anatomical Record*, 290(6): 745-759.
- Richardson, W. J., and B. Würsig. 1997. Influences of man- made noise and other human actions on cetacean behaviour. *Marine & Freshwater Behaviour & Phy*, 29(1-4):183-209.
- Romeu, B., Cantor, M., Bezamat, C., Simões-Lopes, P. C., and F. G. Daura-Jorge. 2017. Bottlenose dolphins that forage with artisanal fishermen whistle differently. *Ethology* 123(12):906-915.
- Scarpaci, C., S. W. Bigger, P. J. Corkeron and D. vNugegoda. 2000. Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increase whistling in the presence of swim-with-dolphin tour operations. *Journal of Cetacean Research and Management* 2(3):183-185.
- Simões-Lopes, P. C., and M. E. Fabian, 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea,

- Delphinidae) off Southern Brazil. *Revista brasileira de Zoologia* 16(4):1017-1024.
- Simões-Lopes, P. C., Fabián, M. E., and J. O. Menegheti. 1998. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. *Revista Brasileira de Zoologia* 15(3):709-726.
- Simões-Lopes, P. C., and G. de S. Paula. 1997. Mamíferos aquáticos e impacto humano: diretrizes para conservação e “utilização não letal”. *Aquitaine Ocean* 3:69-78.
- Sini, M. I., S. J. Canning, K. A. Stockin and G. J. Pierce. 2005. Bottlenose dolphins around Aberdeen harbour, north-east Scotland: a short study of habitat utilization and the potential effects of boat traffic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85(6):1547-1554.
- Thorpe W. H. 1963. *Learning and instinct in animals*. Methuen & Co., London.
- Van Parijs, S. M., and P. J. Corkeron. 2001. Boat traffic affects the acoustic behaviour of Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81(3):533-538.
- Wang, Y., U. Naumann, S. Wright and D. I. Warton. 2012. Mvabund- an R package for model-based analysis of multivariate abundance data. *Methods in Ecology and Evolution* 3:471-474.
- Weilgart, L. S. 2007. A brief review of known effects of noise on marine mammals. *International Journal of Comparative Psychology* 20(2).
- Woodford, M. H., T.M. Butynski and W.B. Karesh, 2002. Habituating the great apes: the disease risks. *Oryx* 36(2):153-160.
- Zuur, A. F., E. N. Ieno and C. S. Elphick. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution* 1(1):3-14.
- Zuur, A. F., and E. N. Ieno. 2016. A protocol for conducting and presenting results of regression-type analyses. *Methods in Ecology and Evolution* 7(6):636-645.



## CONCLUSÕES GERAIS

Este estudo buscou avaliar se e como o tráfego de embarcações influencia o comportamento dos botos de Laguna, durante o forrageio em interação com pescadores artesanais. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

1. A ausência de alterações observada no comportamento de superfície (distanciamento e coesão do grupo) na presença de embarcações poderia significar o desenvolvimento de tolerância ou habituação ao distúrbio por parte dos botos. Todas as embarcações tiveram uma trajetória retilínea contínua ao longo da amostragem, o que faz os movimentos do barco mais previsíveis, o que poderia justificar uma ausência de resposta.
2. Os parâmetros acústicos dos assobios não evidenciaram diferenças significativas quando comparados na presença e ausência de embarcações. Porém, as taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização foram significativamente menores na presença de barcos. A menor emissão de cliques sugere uma interrupção da atividade de forrageio. Nesse caso, o possível intercâmbio de informações através dos assobios durante esta atividade também diminuiria.
3. Ao analisar apenas o intervalo de passagem das embarcações no ponto de cooperação amostrado (faixa de 500 m), foram observados ajustes nas frequências e duração dos assobios, assim como variações nas taxas de emissão de assobios e cliques de ecolocalização. Estas mudanças tentariam compensar o mascaramento produzido pelo ruído das embarcações. A presença de filhotes e tamanho do grupo também influenciaram estas respostas.
4. Desta forma, mesmo apresentando os botos em forrageio cooperativo um aparente nível de tolerância ao distúrbio, as variações observadas no comportamento acústico refletem uma influência das embarcações na comunicação destes indivíduos. Incrementos no tráfego de embarcação podem intensificar estas

respostas com consequências imprevisíveis para a população. Assim, recomenda-se que medidas destinadas ao ordenamento e redução do tráfego de embarcações na área sejam implementadas no curto prazo, com o intuito de prevenir consequências populacionais de longo-prazo.