

Bianca Romeu

**REPERTÓRIO ACÚSTICO DO BOTO-DA-TAINHA NO
CONTEXTO DA PESCA COOPERATIVA COM
PESCADORES ARTESANAIS EM LAGUNA, SUL DO
BRASIL**

Monografia submetida ao Centro de Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito
parcial para a obtenção do Grau de Bacharel
em Ciências Biológicas em Junho de 2012.
Orientador: Prof. Dr. Paulo César de Azevedo Simões-Lopes.
Co-orientador: Dr. Fábio Gonçalves Daura-Jorge

Florianópolis
2012

Dedico este trabalho a minha avó, que pensava que eu mergulhava com escafandro para estudar os golfinhos.

AGRADECIMENTOS

Depois de tanto tempo na graduação, não foram poucas vezes que pensei no momento de escrever os agradecimentos do meu TCC. Que palavras usar e quantas pessoas tenho a agradecer eram alguns pensamentos que me vinham à mente. Enfim este momento chegou, em meio a muita correria.

Agradeço primeiramente a Deus. Não por simples convenção, mas por realmente acreditar e perceber a presença dEle em vários momentos de minha vida, inclusive na elaboração deste trabalho, através de inspirações e por colocar pessoas no meu caminho que muito me ajudaram a chegar até aqui.

À minha família, que sempre me apoiou. Em especial à minha mãe, que não questionou quando eu decidi deixar o lar e a faculdade em Porto Alegre para vir estudar em Florianópolis.

Não posso deixar de lembrar e agradecer ao pessoal do Laboratório de Algas Marinhas (LAMAR), que em 2007 foram tão importantes no meu primeiro ano de UFSC. Agradecimento especial à prof^a Zenilda, que foi mais do que uma professora/orientadora. Se cheguei até este momento, concluindo meu curso na UFSC, foi graças a ela, que não permitiu que eu desistisse de estudar em Florianópolis por não ter conseguido uma bolsa ainda no meu primeiro semestre nesta Instituição.

Aos amigos do Centro de Informações Toxicológicas (CIT/HU), pela amizade e companhia em três anos de estágio. Muito aprendi com todos. Pessoas que se esforçam para o bom atendimento na saúde pública, e nunca perdem o bom humor.

Entre os muitos amigos que fiz, ao longo de 26 anos de caminhada, devo um agradecimento especial ao amigo da família Fernando de Oliveira, que me inspirou a escolher a Biologia e despertou meu interesse pelos botos. Graças a este amigo, também, que dei meu primeiro passo para entrar no “quadro de estagiários” do Lamac, lugar que eu vim de Porto Alegre buscar como laboratório para trabalhar.

Do Lamac tenho muitos a agradecer. À Ana, por ter me auxiliado e instruído nas primeiras atividades no laboratório. À Daiane, ou melhor, Daí, companheira das idas e vindas de Laguna: obrigada pelas conversas de viagem, e de hotel também. À Luiza e Camila, companheiras de “roubadas” envolvendo golfinhos, grandes e pequenos. À Thais, que sempre me divertiu com seus e-mails e seu constante

entusiasmo. Ao Maurício e ao Jorge, pelas conversas sobre assuntos aleatórios, e pelos cafés! À Carol, que mesmo do outro lado do mundo sempre esteve e está presente, nos orientando em atividades “lamaquenhás”.

Reservo agradecimento especial ao prof^o Paulo Simões-Lopes, que aceitou me orientar. Obrigada pela paciência e ajuda, e por ser sempre tão gentil nas correções. E também faço um agradecimento especial ao Fábio Daura-Jorge, ou melhor, Doutor Fábio, por ter me aceito como ajudante nas suas saídas de campo, por toda ajuda na elaboração deste trabalho e por ter se prestado a ir à Laguna só pra me ajudar com a pilotagem do barco. Vocês certamente estão entre as pessoas especiais que Deus colocou em meu caminho.

Agradeço também a todos os meus amigos e amigas, dentro e fora da UFSC. Em especial à Patrícia, minha eterna colega de casa. E minha eterna duplinha de trabalhos, Bia, que inúmeras vezes perdeu horas de sono concluindo apresentações em ppt para nossos seminários.

Gostaria de agradecer ainda a alguns “ilustres desconhecidos” que me ajudaram ao longo do desenvolvimento deste trabalho, principalmente com o equipamento. Infelizmente não lembro o nome destas pessoas, mas agradeço assim mesmo.

Por fim, agradeço à “mãe” UFSC, pelas bolsas que me sustentaram até hoje, pela gratuidade no RU, pelas bolsas no curso extracurricular de inglês, pelo seu ensino gratuito e, na maioria das vezes, de qualidade. Não teria chegado ao final deste curso sem o apoio sócio-econômico desta Instituição. Espero poder retribuir isto à sociedade. Também agradeço ao CNPq, pela chance de aprender com a Iniciação Científica neste último ano de graduação.

RESUMO

Conhecido no sul do Brasil como boto-da-tainha, *Tursiops truncatus* apresenta distribuição cosmopolita e é amplamente estudado. No entanto, persistem algumas lacunas no conhecimento, principalmente no que se refere ao comportamento acústico e seus significados sociais. Assim, estudar a bioacústica torna-se uma peça essencial para a compreensão de padrões sociais e comportamentais, que são variados para a espécie. Entre as muitas técnicas de forrageio, por exemplo, destaca-se a pesca cooperativa entre botos e pescadores em Laguna, no sul do Brasil, durante a pesca da tainha. Neste trabalho, inicia-se um esforço de conectar o comportamento acústico com este comportamento singular. Os sons produzidos pelos botos durante a interação com pescadores foi comparado com períodos de ausência de cooperação. Em 11 dias de campo, entre 2010 e 2011, o repertório acústico foi captado por um hidrofone, com capacidade de registro de frequências de até 22 kHz, e gravado em fitas de áudio digital (DAT). As gravações resultaram na análise de 209 amostras de 55s cada, 117 durante a cooperação e 92 na ausência da cooperação. Foram avaliadas as características e variações apresentadas pelas emissões de ecolocalização, assobios e sons pulsantes explosivos (SPE). De modo geral, a população em estudo produz assobios com duração média de 0,131s, com predomínio de assobios descendentes e ascendentes. Os SPE apresentaram duração média de 0,672s, sendo mais numerosos os SPE de aparência modulada. A taxa de emissão de sons por indivíduo foi influenciada por três fatores. Grupos grandes de botos emitiram menos cliques de ecolocalização, assobios e SPE do que grupos médios e pequenos. A ecolocalização foi mais produzida durante a pesca cooperativa, enquanto os SPE foram mais numerosos na ausência de interação com os pescadores. Na presença de ruídos de embarcação foram emitidos menos assobios e SPE. A presença de filhotes nos grupos não influenciou a taxa de emissão dos sons, mas houve mudanças na distribuição dos assobios e SPE entre grupos com e sem filhotes. Os grupos com filhotes apresentaram proporcionalmente maior emissão de assobios modulados, enquanto para SPE a diferença ocorreu principalmente no forrageio sem interação, onde os SPE foram quase que exclusivamente modulados. Continuar descrevendo e investigando as variações deste repertório no contexto da pesca cooperativa potencialmente contribuirá para o entendimento dos mecanismos de origem e desenvolvimento deste comportamento singular.

Palavras-chave: *Tursiops truncatus*, bioacústica, pesca cooperativa, estratégia de forrageio.

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Objetivos	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos	16
3. Metodologia	17
3.1. Área de estudo	17
3.2. Coleta de dados	18
3.3. Processamento dos dados	19
3.4. Análise estatística	24
4. Resultados	26
4.1. Geral	26
4.2. Repertório acústico e suas variações	27
4.2.1. Ecolocalização	28
4.2.2. Assobios	30
4.2.3. Sons pulsantes explosivos	36
4.3. Repertório acústico na presença de filhotes	39
4.3.1. Assobios	39
4.3.2. Sons pulsantes explosivos	40
5. Discussão	42
5.1. Geral	42
5.2. Repertório acústico e suas variações	42
5.2.1. Ecolocalização	43
5.2.2. Assobios	45
5.2.3. Sons pulsantes explosivos	48
5.3. Repertório acústico na presença de filhotes	51
6. Conclusões	53
Referências	55

1. INTRODUÇÃO

Tursiops truncatus é conhecido no Brasil como boto, boto-da-tainha, boto-da-corvina, golfinho, golfinho-nariz-de-garrafa ou golfinho Flipper. A espécie apresenta distribuição cosmopolita, ocorrendo em águas tropicais e temperadas, tanto oceânicas quanto costeiras (WELLS & SCOTT, 2002; SHIRIHAI & JARRETT, 2006), entrando em estuários, rios e lagunas (SIMÕES-LOPES, 1991; SANTOS et al., 1995; SIMÕES-LOPES et al., 1998; SIMÕES-LOPES & FABIAN, 1999; ROGAN et al., 2000). É o golfinho mais comum em cativeiro, tendo sua primeira exibição pública registrada para o ano de 1883 no Aquário Brighton (WELLS & SCOTT, 2002). O estudo de animais cativos ajudou a elucidar várias questões sobre sua biologia. Já as pesquisas com animais de vida livre foram se diversificando conforme surgiram novas técnicas e equipamentos, abordando estimativas populacionais, estudos de interações inter e intraespecíficas, estratégias de forrageio, comportamento e inclusive bioacústica (e.g., SHANE, 1990; SIMÕES-LOPES, 1991; SANTOS et al., 1995; PATTERSON et al., 1998; SMOLKER & POPPER, 1999; ROGAN et al., 2000; ACEVEDO-GUTIÉRREZ & STIENESSEN, 2004; LAMMERS et al., 2006).

Cetáceos são mamíferos extremamente “sonoros” (BOISSEAU, 2005). A produção e utilização de sons são de grande importância devido às características do ambiente em que vivem. Na água do mar a velocidade média de propagação do som é de 1.500 m/s. Assim, entre as várias formas de comunicação dos cetáceos, como contato visual, tátil ou mesmo quimiossensorial, os sinais acústicos acabam sendo os mais importantes. Eles permitem a comunicação entre indivíduos à distância e em ambientes com pouca visibilidade, facilitando a manutenção da coesão de grupos, coordenação de comportamentos (como forrageio e defesa contra predadores) e mesmo a navegação em um ambiente de muitas dimensões (ACEVEDO-GUTIÉRREZ & STIENESSEN, 2004; LAMMERS et al., 2006). Soma-se a isso o fato de, assim como outros mamíferos e aves, os cetáceos serem capazes de detectar complexos padrões de tempo e de frequência dos sons (BUCK et al., 2000), permitindo a troca de informações através dessa forma de comunicação.

Tursiops truncatus, como outros Delphinidae, possui um repertório acústico variado, produzindo sons audíveis e ultrassônicos (SANTOS et al., 1995). Alguns destes sons foram detalhadamente estudados, principalmente em animais de cativeiro (SANTOS et al., 1995). Três categorias gerais de sons produzidos por *T. truncatus* e outros delfínidos foram estabelecidas: assobios, sons pulsantes

explosivos e cliques de ecolocalização (WELLS & SCOTT, 2002; LAMMERS et al., 2006). Os assobios geralmente estão associados à comunicação, sendo usados em diferentes contextos, como forrageio e deslocamento (STEINER, 1981; CALDWELL et al., 1990; MONTEIRO-FILHO, 1991; SIMÕES-LOPES, 2005; QUICK & JANIK, 2011). Os sons pulsantes explosivos (“burst pulse sound”) também aparecem no contexto de comunicação social, sendo tão importantes quanto os assobios (LAMMERS et al., 2003; MONTEIRO-FILHO e MONTEIRO, 2008). A ecolocalização é utilizada para detecção e análise de objetos, reconhecimento do meio e orientação ou navegação do animal (AU, 1993; TYACK & MILLER, 2004; BERTA et al., 2006). Dentre estas categorias a mais estudada é a ecolocalização (e.g., AU, 1993; DANIKIEWICZ et al., 2002; HARLEY et al., 2003; HOUSER et al., 1999), seguida pelos assobios (e.g., CALDWELL et al., 1990; BUCK et al., 2000; JANIK, 2000a; BAZÚA-DURÁN, 2004; SAYIGH et al., 2007). Inicialmente estes estudos eram limitados a animais em cativeiro, pela facilidade de controlar as muitas variáveis envolvidas. Mais recentemente animais de vida livre também são estudados (e.g., JANIK, 2000a; JANIK, 2000b; LAMMERS et al., 2003; ACEVEDO-GUTIÉRREZ e STIENESSEN, 2004; AZEVEDO et al., 2007; MEDEIROS, 2009; QUICK e JANIK, 2011).

As pesquisas desenvolvidas sobre a ecolocalização analisam principalmente as características acústicas desta emissão sonora e a habilidade dos animais em utilizá-la para detecção de objetos (GANNON et al., 2005). A extraordinária sensibilidade deste biosonar, que pode atingir frequências muito além da capacidade de audição humana (BOISSEAU, 2005) e transmitir informações através do retorno do som refletido de um objeto focado, permite ao animal saber não só a distância e o tamanho de um determinado objeto, mas também sua textura, forma e estrutura (GANNON et al., 2005; SIMÕES-LOPES, 2005). Para tanto, o intervalo entre os cliques durante uma mesma ecolocalização pode variar de períodos longos a curtos, medidos em milissegundos (LAMMERS et al., 2003). Além disso, sabe-se hoje que os cetáceos podem controlar aspectos da ecolocalização, como o nível de energia e a quantidade de cliques emitidos (BRILL et al., 1992).

A abundância das pesquisas que estudam assobios se deve a facilidade atual de gravação e análise (AU, 1993; HOFFMANN, 2004). Isso porque, de modo geral, a frequência fundamental dos assobios encontra-se na faixa de audição humana (abaixo de 22 kHz) (LAMMERS et al., 2003). Trabalhos indicam o uso dos assobios por *T. truncatus* para o estabelecimento de contato vocal e físico entre os

indivíduos (CALDWELL et al., 1990; QUICK e JANIK, 2011), mas extrapolações quanto a esse uso para outros odontocetos devem ser feitas com cautela. Algumas espécies, como *Phocena phocena* e *Cephalorhynchus commersonii*, sabidamente não produzem assobios (AU, 1993).

Mesmo com vários estudos sobre assobios, a funcionalidade de algumas características deste som ainda não foi bem elucidada (BUCK et al., 2000, LAMMERS et al., 2003). Os harmônicos, múltiplos inteiros da frequência fundamental dos assobios, os quais podem apresentar frequências acima da faixa de audição humana, ainda são pouco compreendidos. Não se sabe qual a significância destes e se sua forma, presença, intensidade e frequência podem ser controlados. É possível que os harmônicos sejam apenas uma consequência da amplitude de modulação dos assobios ou mesmo sejam influenciados por sua direcionalidade (LAMMERS et al., 2003). Apesar das incertezas, alguns estudos apontam para parâmetros importantes. Reiss & McCowan (1993), ao realizarem um estudo em cativeiro com dois machos jovens de *T. truncatus*, observaram que os animais eram capazes de imitar assobios artificiais emitidos em baixo da água, de modo que rapidamente aprenderam a ajustar a modulação da frequência, duração e a estrutura do harmônico, para que o assobio produzido por eles fosse similar ao emitido artificialmente. Estas características do assobio poderiam ser importantes na discriminação e uso que os cetáceos fazem destes sons (REISS & MCCOWAN, 1993).

Os sons pulsantes explosivos (SPE) recebem este nome porque, assim como a ecolocalização, são compostos por cliques, porém diferem desta pela funcionalidade e tempo de intervalo entre os cliques, que são separados por 10 milissegundos ou menos. Consequentemente, o número de cliques por unidade de tempo é maior do que na ecolocalização (LAMMERS et al. 2003; LAMMERS et al., 2006).

Apesar de haver uma tendência de definir tipos de SPE com diferentes nomes, alguns pesquisadores preferem não entrar neste mérito e apenas fazer comparações entre estes sons produzidos por diferentes espécies de cetáceos e investigar suas funcionalidades. Lammers et al. (2006), em seu trabalho com *Stenella longirostris* residentes na costa da Ilha de Oahu, Havai, defendem que os SPE teriam função de comunicação entre os indivíduos de um grupo assim como os assobios, porém diferindo quanto ao contexto de utilização. Os autores propuseram que os SPE seriam usados para o contato entre animais mais próximos, enquanto os assobios apareceriam na comunicação entre animais separados por distâncias maiores. A função comunicativa dos

SPE também é defendida em trabalhos realizados com espécies que não produzem assobios, ou o fazem com pouca frequência. Rankin et al. (2007) defendem que *Lissodelphis borealis* não produz assobios e que seus SPE, emitidos em séries, podem ser estereotipados.

Mesmo após décadas de estudos de bioacústica, ainda se sabe pouco sobre o uso exato que eles fazem dos seus sinais acústicos (SANTOS et al., 1995). Estas lacunas são de grande relevância principalmente para *T. truncatus*, espécie com uma organização social muito flexível (LUSSEAU et al., 2006), extremamente sonora (BOISSEAU, 2005) e com padrões comportamentais que mudam conforme os fatores ecológicos, tais como distribuição de presas e regime de marés (SHANE, 1990). Dentre seus comportamentos, o forrageio é o que mais varia, com uma diversidade de técnicas e soluções para obtenção de recursos em diferentes ambientes (SHANE, 1990). Contudo, relacionar sinais acústicos com forrageio ainda é desafiador. Não há relatos, por exemplo, da produção de sons durante alimentação em trabalhos realizados em cativeiro (JANIK, 2000b). Isto se deve provavelmente ao fato de estes animais serem alimentados com peixes mortos, o que acaba por inibir qualquer necessidade de emissão sonora relacionada ao forrageio (JANIK, 2000b).

Diferentes técnicas de caça são relatadas para *T. truncatus*, as quais podem variar conforme o ambiente em que estes cetáceos se encontram. Shane (1990) descreve várias estratégias de forrageio desenvolvidas por *T. truncatus* da Ilha Sanibel, Florida. São relatadas caça submersa, contra-corrente, contra barreiras, em deslocamentos rápidos, arremesso de peixes a grandes alturas, batidas de cauda na superfície, entre outros. Algumas destas estratégias, e outras registradas por diferentes autores, foram agrupadas e descritas por Simões-Lopes (2005). Entre elas talvez os relatos mais interessantes sejam aqueles sobre a pesca cooperativa interespecífica. *Tursiops truncatus* associa-se, para caçar, com fragatas e outras aves marinhas, e também tira vantagem das atividades humanas de pesca (WELLS & SCOTT, 2002; SIMÕES-LOPES, 2005). Esta relação boto-homem pode ser prejudicial ao pescador, como quando *T. truncatus* rouba os peixes capturados em redes de pesca (BUSCAINO et al., 2009), ou não apresentar qualquer interferência, como nos casos de forrageio em peixes descartados por barcos (WELLS & SCOTT, 2002). Contudo, estas relações podem aparecer em alguns lugares como verdadeiras cooperações, havendo um aparente benefício mútuo (SIMÕES-LOPES, 2005). Uma associação boto-pescador, que envolve sincronismo e cooperação, é descrita para o sul do Brasil. No complexo lagunar Santo Antônio dos Anjos-Imaruí-

Mirim, na cidade de Laguna, Santa Catarina, há uma população residente de *T. truncatus*, chamados na região de botos-da-tainha. Na desembocadura do complexo lagunar, estes botos realizam uma pesca associada com os pescadores que fazem uso da tarrafa como artefato de pesca (SIMÕES-LOPES, 1991; SIMÕES-LOPES et al., 1998; SIMÕES-LOPES, 2005; PETERSON et al., 2008). Os botos-da-tainha conduzem os peixes, através de movimentos circulares, em direção aos pescadores que aguardam dentro da água, às margens do canal que liga o estuário ao mar, com suas tarrafas nas mãos, formando uma fila. Os pescadores permanecem atentos aos movimentos dos botos, aguardando um “sinal”, comportamento estereotipado realizado pelos botos, que indica o momento exato de arremessar suas tarrafas na água. A interação resulta em peixes maiores e em maior quantidade para o homem, e o boto captura mais facilmente os peixes desorientados que tentam escapar do outro predador, o pescador (SIMÕES-LOPES, 1991; SIMÕES-LOPES et al., 1998; SIMÕES-LOPES, 2005). A relevância deste acontecimento, tanto ecológica quanto sócio-econômica, levou ao reconhecimento dos botos como patrimônio da cidade, através de uma lei municipal, em 1997.

Além da descrição e quantificação da pesca cooperativa realizada em Laguna, outros estudos têm sido feitos com *T. truncatus* na região e no Brasil, sendo que alguns abordam o tema bioacústica (e.g., MANNA-CESAR, 1998; HOFFMANN, 2004; MEDEIROS & CREMER, 2008; MEDEIROS, 2009). Manna-Cesar (1998) descreveu a ocorrência dos três tipos sonoros para os botos de Laguna: assobios, sons pulsantes explosivos e ecolocalizações, havendo algumas variações dentro destas categorias. Medeiros (2009) realizou a caracterização dos assobios destes botos. Estes e outros trabalhos sobre a acústica dos botos de Laguna são facilitados, dada a condição de população residente destes animais na região e por estarem presentes em um complexo lagunar de águas abrigadas. Por estes motivos as pesquisas com *T. truncatus* desta localidade devem ser realizadas e incentivadas, pois serão de grande importância na ampliação do conhecimento sobre a variedade das produções sonoras destes cetáceos em meio natural e o uso destas em suas atividades. Especialmente para esta população residente, estudar a bioacústica pode oferecer informações valiosas sobre os mecanismos de desenvolvimento da pesca cooperativa entre botos e pescadores.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral:

- Caracterizar o repertório acústico do boto-da-tainha da Lagoa Santo Antônio dos Anjos, Laguna, e investigar sua variação em relação à estratégia de forrageio, ao hábitat, ao tamanho de grupo e à presença de embarcações e de filhotes.

2.2. Específicos:

- 1- Identificar cada tipo sonoro produzido e comparar com os padrões já descritos para a espécie;
- 2- Avaliar a variação do repertório acústico em relação à estratégia de forrageio, durante a pesca cooperativa com pescador artesanal e sem interação com os pescadores;
- 3- Avaliar o efeito de ruídos provenientes de embarcações no repertório acústico;
- 4- Avaliar a variação do repertório acústico em relação ao local de registro;
- 5- Avaliar a interferência do tamanho de grupo e presença de filhotes na variação do repertório acústico.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Laguna (28°28'54" S; 48°46'56" W). A localidade abriga o maior complexo lagunar do Estado, formado pelas Lagoas de Santo Antônio dos Anjos (ao sul, com 33,85 Km²), Imaruí (na porção central, com 86,32 Km²) e Mirim (ao norte, com 63,77 Km²), tendo como principal bacia fluvial o Rio Tubarão (Fig. 1). A desembocadura do complexo lagunar no Oceano Atlântico ocorre pelo Canal da Barra de Laguna, também conhecido por Molhes da Barra.

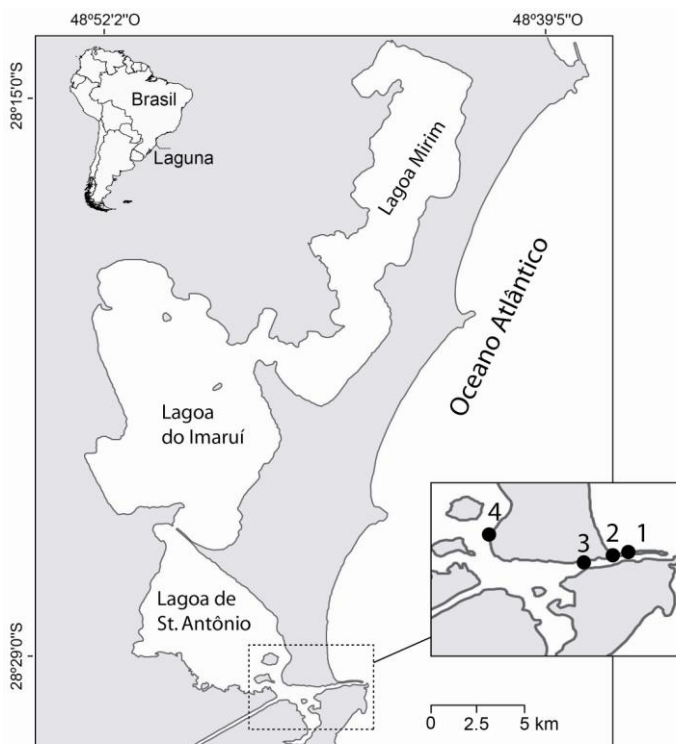


Fig. 1 – Complexo lagunar Santo Antônio dos Anjos-Imaruí-Mirim. Em detalhe, pontos de gravação por terra: 1- Praia da Tesoura, 2- Praia do Quarto, 3- Toca da Bruxa, 4- Iate Clube.

3.2. Coleta de dados

Foram realizadas 5 viagens à Laguna, no período entre Março de 2010 e Setembro de 2011, com duração média de dois dias cada uma, totalizando 11 dias de campo. O esforço amostral deu-se no período das 8:00 h às 17:00 h, com as gravações realizadas somente na presença e proximidade dos botos. Os sons foram gravados por terra e de barco, totalizando 67 grupos de botos gravados, sendo que 32 destes grupos tiveram suas gravações analisadas.

As coletas por terra foram feitas em quatro pontos localizados na margem norte do Canal da Barra: Praia da Tesoura, Praia do Quarto, Toca da Bruxa e Iate Clube (Fig. 1). Estes locais foram escolhidos devido à facilidade de acesso à lagoa e a maior frequência da presença dos botos.

Nas gravações dentro do estuário, utilizou-se um barco de alumínio de 5 metros com motor de 15 hp. As amostragens de barco objetivaram gravar os sons dos botos quando estes se encontravam forrageando no interior da Lagoa, em áreas mais afastadas dos pontos de pesca cooperativa. Para isso realizou-se buscas visuais, seguidas de aproximação ao encontrar um grupo. Feita a aproximação, o motor do barco era desligado, para não interferir na captação dos sons.

Utilizou-se um hidrofone Aquarium AQ-9, com frequência de amostragem de 0,01 a 100 kHz, sensibilidade de -180dB re: 1V/ μ Pa e cabo de 9 m de comprimento; um gravador de áudio digital DAT PCM-M1, com frequência de amostragem de 48 kHz que permite o registro de sons com frequências até 22 kHz; fitas de áudio digital (DAT) com capacidade de gravação de 60 min; um fone de ouvido. O hidrofone foi preso a um cabo de madeira de 1,2 m de comprimento e submerso a 0,5 m de profundidade para as gravações feitas por terra, e à metade da profundidade total dos locais onde foram realizadas as gravações por barco. Para acompanhar as gravações, evitando ruídos e interferências que pudessem prejudicar a posterior análise dos dados, o fone de ouvidos foi acoplado ao gravador durante a coleta dos sons.

Cada grupo de botos foi gravado por um tempo máximo de 20 minutos. Após este período, esperava-se saída dos botos do grupo gravado do local e chegada de outros indivíduos, ou iniciava-se a gravação em outra área. Foram considerados grupos, no caso da pesca cooperativa, os botos que estavam ajudando os pescadores e aqueles que se encontravam nas proximidades, e para a pesca não cooperativa, os botos em atividade de forrageio dentro de um raio de 100 m. Durante cada gravação eram registradas informações quanto ao tamanho de

grupo, comportamento, presença de filhotes e ruído de motor de embarcação.

3.3. Processamento dos dados

Em laboratório, as gravações foram transferidas para um computador por um cabo de áudio P2/P2 stereo. Os registros sonoros foram digitalizados das fitas DAT para o computador através do programa Raven Lite versão 1.0, sendo salvos em formato WAVE (.wav) com frequência de amostragem de 44.100 Hz e 24 bit. A digitalização ocorreu de modo que a gravação de cada grupo de botos foi dividida em segmentos de 60 segundos, e estes segmentos passaram a constituir as amostras que seriam posteriormente analisadas. Após a conclusão da digitalização, os sons foram gravados em DVD, e uma cópia foi depositada no Arquivo Bioacústico Catarinense (UFSC/CCB/ECZ), para que se possa ter um arquivo acústico de referência da produção sonora dos botos-da-tainha da localidade.

Com todas as gravações digitalizadas, realizou-se a triagem, edição e análise através da produção de sonogramas no programa Raven Lite 1.0.

a) Triagem

Cada gravação foi avaliada quanto a sua qualidade auditiva e visual, através do sonograma. Somente as gravações que permitiam uma boa visualização dos sons foram selecionadas para posterior análise. As demais gravações foram arquivadas.

b) Edição

As gravações selecionadas passaram por um processo de edição, onde as amostras (segmentos de 60 segundos de gravação) que haviam sido digitalizadas foram editadas em amostras de 55 segundos, visto que nem todas as amostras tinham exatos 60 segundos de duração. Assim, os cinco segundos finais das amostras foram excluídos na edição, padronizando as amostras para posterior análise. Grupos gravados por mais de 10 minutos tiveram no máximo 12 amostras analisadas, para evitar superamostragens de alguns grupos de botos gravados. Nestes casos foram selecionadas amostras que representavam o meio das gravações, excluindo das análises os períodos de início e fim destas gravações.

c) Análise

Foram avaliados os tipos sonoros de cada amostra, inicialmente definidos como:

- Ecolocalização: Sons pulsados, formados por sequências de cliques, com intervalo entre os cliques superior a 10 ms (Fig. 2a). Cliques com

intervalos menores que 10 ms foram considerados ecolocalização desde que pertencentes a uma sequência de cliques com intervalo superior a 10 ms.

- Sons pulsantes explosivos (SPE): Foram considerados nesta categoria sons com aparência modulada (Fig. 2b) (SIMARD et al., 2011) ou sequências de cliques com intervalo igual ou inferior a 10 ms (Fig. 2c) (LAMMERS et al., 2003), dissociado de uma sequência de cliques de ecolocalização.

- Assobios: sons modulados, podendo ou não apresentar um ou mais harmônicos (Fig. 2d).

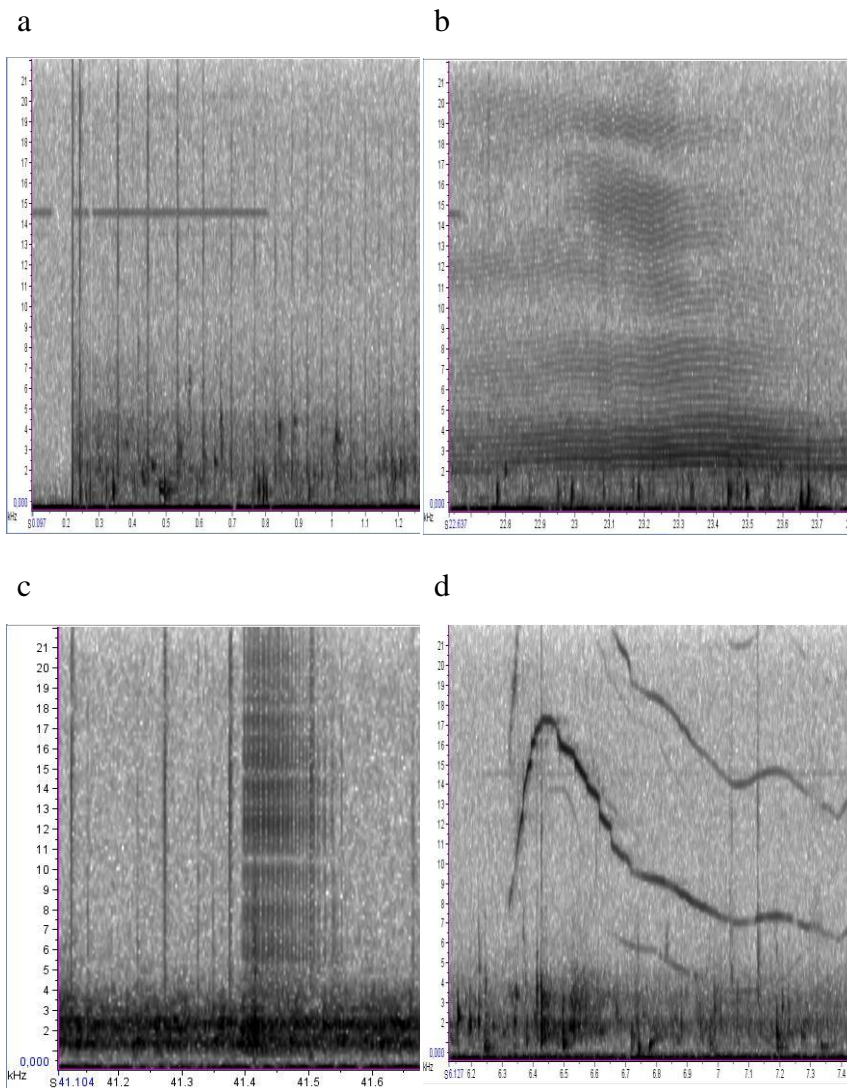
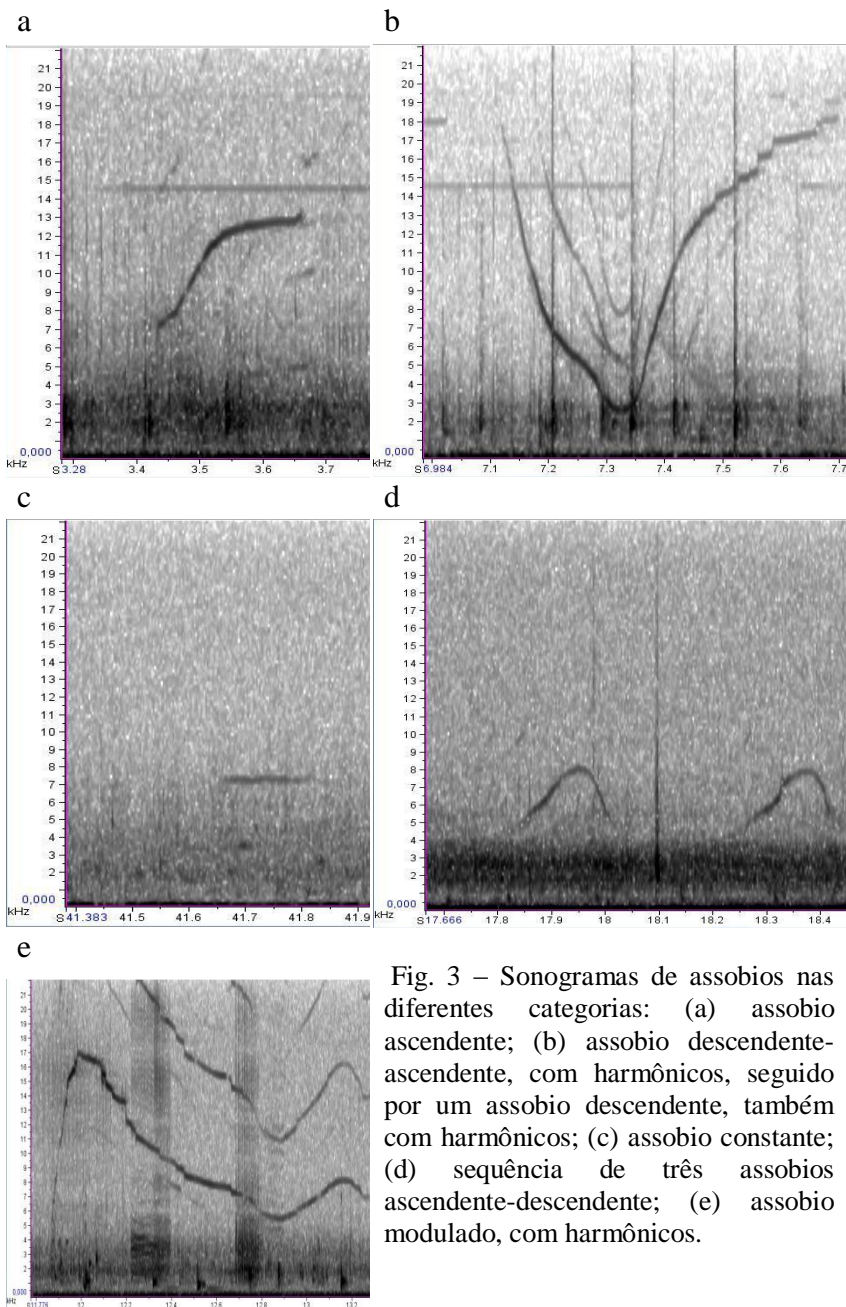


Fig. 2 – Sonograma dos tipos sonoros: (a) ecolocalização, com intervalo entre os cliques variando ao longo da sequência; (b) sons pulsantes explosivos (SPE) com aparência modulada; (c) SPE compostos por cliques, simultâneo a uma ecolocalização; (d) assobios, com o assobio central apresentando harmônicos.

Em cada amostra foram contabilizados os cliques de ecolocalização, os SPE e os assobios. Os SPE também tiveram seu tempo de duração medido, e foram separados em três categorias: SPE modulados (Fig. 2b), SPE formados por cliques (Fig. 2c) e SPE mistos (os quais ao longo da emissão mudavam de modulado para cliques ou de cliques para modulado). Para os assobios, além da quantificação foram medidos: duração, frequência inicial e final, frequência máxima e mínima, amplitude, quantidade de harmônicos e forma (ACEVEDO-GUTIÉRREZ & STIENESSEN, 2004; BAZÚA-DURÁN, 2004). As formas dos assobios foram definidas conforme a modulação de frequência, sendo categorizadas em: ascendente (Fig. 3a) (frequência inicial menor que a final), descendente (Fig. 3b) (frequência inicial maior que a final), ascendente-descendente (Fig. 3d) (frequências inicial e final menores que a frequência no ponto de inflexão), descendente-ascendente (Fig. 3b) (frequências inicial e final maiores que a frequência no ponto de inflexão), modulado (Fig. 3e) (dois ou mais pontos de inflexão) e constante (Fig. 3c) (sem variação de frequência do início ao fim) (Fig. 3).



3.4. Análise estatística

A caracterização do repertório acústico foi feita através da descrição e categorização da forma dos assobios e dos SPE, bem como da avaliação da taxa de emissão de cliques de ecolocalização. O teste qui-quadrado (χ^2) foi utilizado para analisar as diferenças na distribuição dos assobios (ascendente, descendente, ascendente-descendente, descendente-ascendente, modulado e constante) e SPE (modulados, cliques e mistos) entre a pesca cooperativa e o forrageio sem interação. O mesmo teste foi utilizado para comparar tais distribuições entre grupos com e sem a presença de filhotes, bem como a distribuição de assobios e SPE destes grupos em pesca cooperativa e forrageio sem interação.

A variação do repertório acústico, quanto à quantidade de cliques de ecolocalização, assobios e SPE emitidos, foi analisado utilizando-se Modelos Lineares Generalizados (“Generalized Linear Models” - GLM), com o objetivo de testar algumas variáveis que poderiam causar variações quantitativas na utilização dos sons pelos botos. Os GLM, com base em uma distribuição binomial negativa, foram utilizados considerando como possíveis variáveis explicativas o tamanho de grupo, o comportamento quanto à estratégia de forrageio, a presença de filhotes, a presença de ruído de embarcações e a localidade onde foi feita a gravação. Com estas variáveis, um conjunto de modelos foi construído, partindo do mais complexo para o mais simples (*Stepwise reduction*; cf. ZUUR et al., 2009). Todos os modelos incluíram o número de indivíduos presentes no momento de cada registro como offset, para corrigir o número de emissões sonoras por indivíduo. O modelo mais parcimonioso foi selecionado pelo critério de informação de Akaike (AIC) (cf. BURNHAM & ANADERSON, 2002).

Os grupos de botos foram separados em três categorias, conforme a quantidade de indivíduos: grupos grandes (G), formados por cinco a sete indivíduos; grupos médios (M), compostos por dois a quatro indivíduos; grupos pequenos (P), formados por indivíduos solitários.

Os pontos de registro sonoro foram agrupados, por proximidade ou similaridade, na variável local de gravação. Os pontos onde foram registrados principalmente momentos de pesca cooperativa foram separados da seguinte forma: Praia do Quarto e Praia da Tesoura foram consideradas como Tesoura (Te), devido a proximidade de ambos; Iate Clube e Arrebentão foram agrupados em Iate Clube (Ia), visto que ambos localizam-se acima da desembocadura do Rio Tubarão; Toca da Bruxa (To) não teve seus dados agrupados com nenhum outro ponto, por não ser próxima da Tesoura e se encontrar abaixo da desembocadura do

Rio Tubarão. Todos os registros feitos no interior da Lagoa, onde foram gravados os momentos de forrageio sem interação com os pescadores, foram agrupados como Lagoa (La).

As estratégias de forrageio foram separadas em pesca cooperativa e forrageio sem interação. As variáveis filhote e ruído de embarcação foram analisadas considerando apenas presença ou ausência. A presença de ruído de embarcação foi considerada a partir da audição do barulho da embarcação, visualização do ruído da embarcação no sonograma e visualização passagem da embarcação no momento da gravação, sendo estas embarcações o bote, a balsa ou barcos de pesca de diferentes tamanhos.

A influência deste conjunto de variáveis explicativas foi avaliada separadamente para cada tipo sonoro (ecolocalização, assobio e SPE).

4. RESULTADOS

4.1. Geral

Dos 32 grupos de botos gravados e analisados foram extraídas 209 amostras. Destas, 117 (56%) foram de grupos em forrageio durante a interação com pescadores. As outras 92 amostras (44%) foram de ocasiões de forrageio sem a presença de pescadores. A quantidade de amostras por grupo gravado variou de seis a dez trechos de 55s por grupo para pesca cooperativa, e de uma a doze para o forrageio sem interação.

As gravações realizadas por terra durante a pesca cooperativa totalizaram 107 amostras, distribuídas nas localidades Praia do Quarto, Praia da Tesoura, Toca da Bruxa e Iate Clube. Apenas uma gravação de pesca cooperativa foi realizada de barco, na localidade conhecida como Arrebetão, resultando em dez amostras (Fig. 4). As gravações dos momentos de forrageio sem interação foram realizadas de barco no interior da Lagoa Santo Antônio dos Anjos, e também por terra, na praia do Quarto e Iate Clube (Fig. 4). Estas últimas foram menos representativas, totalizando seis e cinco amostras, respectivamente, para cada ponto.

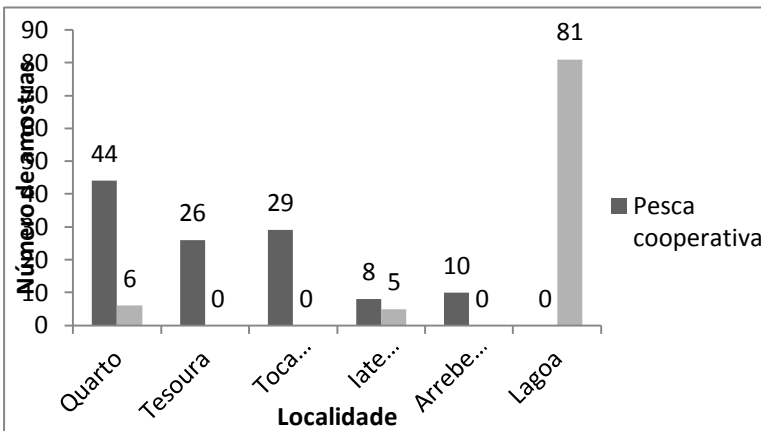


Fig. 4- Distribuição de amostras da pesca cooperativa e forrageio sem interação por localidade de gravação.

Os grupos amostrados eram compostos por um a sete indivíduos, com média de 3,3 indivíduos por grupo. Durante a pesca cooperativa os grupos tiveram de um a cinco botos, enquanto para o forrageio sem interação, um a sete indivíduos (Fig. 5).

Foi registrada a presença de filhote em 27 das 209 amostras. Os grupos com filhote durante a pesca cooperativa eram compostos por um ou dois adultos mais o filhote (dez e nove amostras, respectivamente), e durante o forrageio sem interação compostos de grupos com quatro adultos. Não houve grupos com mais de um filhote.

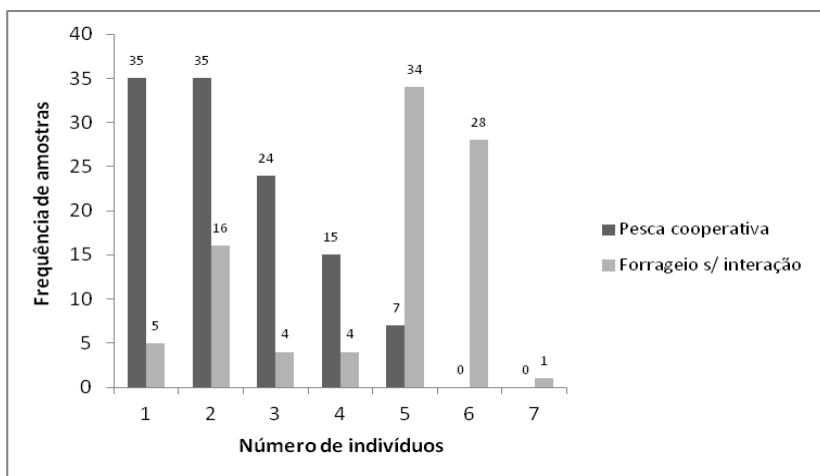


Fig. 5 – Frequência das amostras por tamanho de grupo para pesca cooperativa com pescadores artesanais e forrageio sem interação.

4.2. Repertório acústico e suas variações

Observou-se a produção de ecolocalização, assobios e sons pulsantes explosivos (SPE) tanto durante a pesca cooperativa quanto nos momentos de forrageio sem interação. Para a variação do repertório, das cinco variáveis explicativas avaliadas quatro mostraram-se importantes na alteração quantitativa das emissões sonoras: tamanho de grupo, estratégia de forrageio, local de gravação e presença de ruído de embarcação.

4.2.1. Ecolocalização

Os cliques de ecolocalização variaram de 0,74 a 61,5 cliques/s, com média de 16 cliques/s. Para a pesca cooperativa, a variação foi de 1 a 61,5 clique/s, com média de 20,9 cliques/s. Já para o forrageio sem interação, houve entre 0,7 e 39,6 cliques/s, com média de 10,2 cliques/s.

Houve diferenças na produção de cliques de ecolocalização por indivíduo quando consideradas as variáveis tamanho de grupo, localidade e estratégia de forrageio (Fig. 6). Grupos grandes produziram menos cliques do que grupos médios e pequenos (Fig. 6a). Indivíduos sozinhos produziram mais cliques do que os grupos médios, mas esta diferença não foi significativa.

Nos forrageios realizados nos pontos de pesca cooperativa ocorreram mais cliques, com pouca diferença na produção de cliques entre Tesoura, Toca da Bruxa e Iate Clube (Fig. 6b). Porém, indivíduos forrageando no interior da Lagoa emitiram menos cliques de ecolocalização comparado às outras localidades. Grupos em pesca cooperativa apresentaram maior produção de cliques do que aqueles que não interagiam com pescadores (Fig. 6c). Isto é corroborado pela menor emissão de cliques na localidade Lagoa, onde foi registrado forrageio sem a presença de pescadores.

A emissão de cliques por grupos com filhotes não diferiu daquela de grupos sem filhotes (Fig. 6d). A presença de ruído de embarcações também não alterou a quantidade de cliques produzidos (Fig. 6e).

Utilizando Modelos Lineares Generalizados (GLM), para avaliar as variáveis que melhor explicam a variação na produção de cliques, chegou-se a tamanho de grupo (GrupoT) e estratégia de forrageio (Compt) como principais determinantes na diferença da emissão de cliques (Tabela 1).

Este modelo confirmou que grupos grandes produzem menos cliques que grupos médios e pequenos. Em grupos que não estavam interagindo também são produzidos menos cliques do que em pesca cooperativa. Contudo, não há diferença significativa na emissão de cliques durante a pesca cooperativa e o forrageio sem interação quando os grupos são pequenos (Tabela 2).

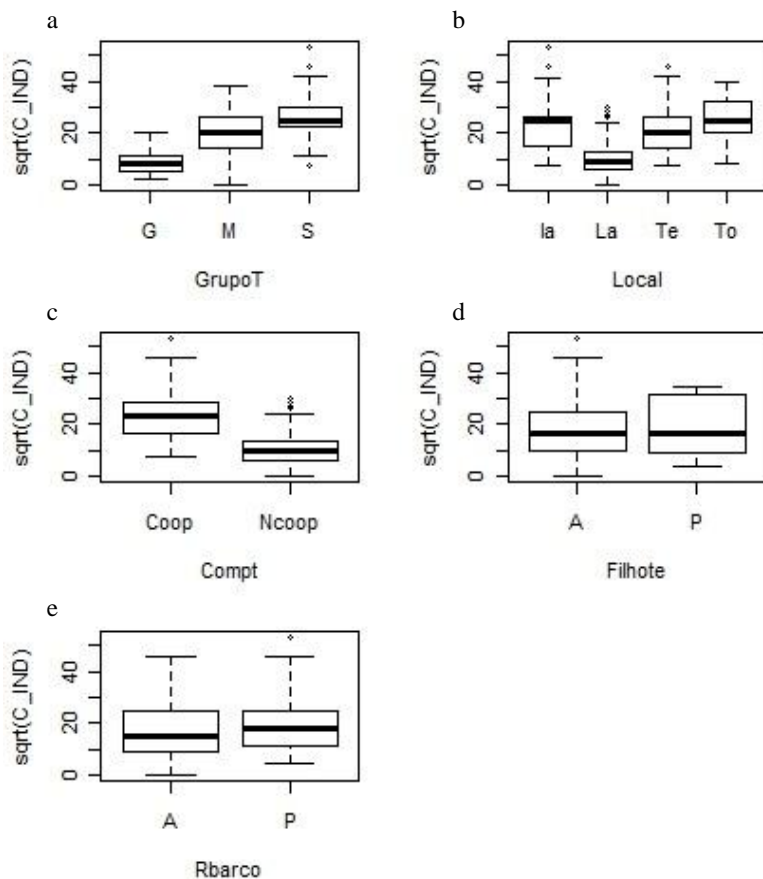


Fig. 6 - Boxplot da raiz quadrada ($\sqrt{C_IND}$) do número de cliques por indivíduos para cada variável. (a) GrupoT – tamanho de grupo. (b) Local – locais de gravação agrupados. (c) Compt – comportamento referente à estratégia de forrageio: Coop – pesca cooperativa, Ncoop: forrageio sem interação. (d) Filhote- presença (P) ou ausência (A). (e) Rbarco – ruído de embarcação, presença (P) ou ausência (A).

Tabela 1 - Seleção de modelos. Em negrito, modelo mais parcimonioso, que inclui as variáveis tamanho de grupo (GrupoT) e tipo de forrageio (Compt) para explicar a variação na produção de cliques. As variáveis local (Local), filhotes (Filhote) e ruído de embarcação (Rbarco) não foram apontadas como variáveis explicativas.

Modelos	AIC
Cliques~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Filhote+Rbarco	3236,3
Cliques~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Filhote	3234,9
Cliques~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt	3232,9
Cliques~offset(Grupo)+GrupoT+Compt	3229,8
Cliques~offset(Grupo)+GrupoT*Compt	3225,1
Cliques~offset(Grupo)+GrupoT	3242,4
Cliques~offset(Grupo)+Local	3305,2
Cliques~offset(Grupo)+Compt	3304,9
Cliques~offset(Grupo)+Filhote	3378,8
Cliques~offset(Grupo)+Rbarco	3378,9

Tabela 2 - Coeficientes do modelo selecionado. Em negrito, resultados significativos para grupos médios (GrupoTM) e pequenos (GrupoTS), forrageio sem cooperação (ComptNcoop) e a interação entre as variáveis grupos médios e forrageio sem cooperação (GrupoTM:ComptNcoop). A interação entre grupos pequenos e pesca não cooperativa (GrupoTS:ComptNcoop) não foi significativa.

Coeficientes	Estimativa	Erro	Valor	Pr (> z)
		Padrão	z	
(Intercepção)	5.3885	0.2949	18.272	< 2e-16 ***
GrupoTM	0.8338	0.3084	2.704	0.00685 **
GrupoTS	1.4336	0.3231	4.437	9.1e-06 ***
ComptNcoop	-0.9732	0.3109	-3.130	0.00175 **
GrupoTM:ComptNcoop	0.7117	0.3594	1.980	0.04766 *
GrupoTS:ComptNcoop	-0.4092	0.4863	-0.841	0.40015

4.2.2. Assobios

Foram contabilizados 1.708 assobios, dos quais 1.691 foram classificados quanto a sua forma. 709 assobios ocorreram durante a pesca cooperativa e 999 em forrageio sem interação. Os assobios tiveram duração entre 0,004s e 2,469s, com média de 0,131s. As frequências iniciais e finais dos assobios variaram de 702 a 21.390 Hz e

de 961 a 21.464 Hz, com médias de 7.720 Hz e 7.845 Hz, respectivamente. Já os valores das frequências mínima e máxima ficaram entre 111 a 21.108 Hz e 1.009 a 21.464 Hz, com médias de 6.735 Hz e 8.824 Hz, respectivamente. A amplitude, sendo esta o resultado dos valores de frequência máxima subtraídos pelas frequências mínimas, ficou entre 0 e 15.715 Hz, com média de 2.101 Hz. A Tabela 3 mostra os valores de cada variável dos assobios discriminados para os diferentes momentos de forrageio dos botos, com e sem interação com os pescadores.

Quanto à modulação de frequência, os assobios descendentes apareceram em maior quantidade, seguidos pelos ascendentes (Tabela 4). Ambas as categorias somadas resultaram em 69,2% de todos os assobios avaliados. Os assobios da categoria constante foram os menos numerosos.

Tabela 3 – Variáveis dos assobios durante a pesca cooperativa e o forrageio sem interação.

Variável Duração (segundos)	Pesca cooperativa		Forrageio sem interação	
	Variação	Média	Variação	Média
Frequência (hertz)				
Duração	0,004 - 2,469	0,160	0,004 - 1,442	0,111
Frequência inicial	960 – 21.220	8.267	702 – 21.390	7.340
Frequência final	1.031 – 21.464	8.201	961 – 21.249	7.599
Frequência mínima	817 – 20.758	7.196	111 – 21.108	6.413
Frequência máxima	1.458 – 21.464	9.344	1.009 – 21.438	8.462
Variação total de frequência	0 – 15.715	2.178	0 – 13.711	2.049

Tabela 4 – Distribuição dos assobios de acordo com a forma apresentada e entre estratégias de forrageio.

Forma do assobio	Quantidade total		Pesca cooperativa		Sem interação	
	n°	%	n°	%	n°	%
ascendente	516	30,5	149	21,4	367	36,9
descendente	654	38,7	301	43,3	353	35,4
ascendente-descendente	172	10,2	93	13,4	79	7,9
descendente-ascendente	180	10,6	79	11,4	101	10,2
modulado	124	7,3	64	9,2	60	6,0
constante	45	2,7	9	1,3	36	3,6
TOTAL	1691	100	695	100	996	100

Analisando os momentos de forrageio separadamente, verificou-se que os assobios ascendentes são mais numerosos que os descendentes durante o forrageio sem interação. Na pesca cooperativa, contudo, os assobios descendentes foram predominantes. Além disso, enquanto no forrageio sem interação os assobios descendente-ascendente foram mais frequentes que os ascendente-descendente, na pesca cooperativa ocorreu o inverso (Tabela 4). Estas diferenças entre os assobios foram estatisticamente significativas ($\chi^2_{0,05; 5} = 64,9$, $P < 0,0001$).

Os harmônicos estiverem presentes em 184 assobios. Nem todos harmônicos acompanharam a duração total do assobio, sendo comuns os harmônicos parciais. Todas as categorias de assobios apresentaram harmônicos, porém eles foram mais frequentes em assobios descendentes (Tabela 5). Foram registrados até seis harmônicos por assobio, mas predominaram os assobios com apenas um harmônico (65,8%). 95% dos assobios apresentaram até três harmônicos (Tabela 6).

Tabela 5 – Frequência de assobios relacionada à presença de harmônicos.

Forma do assobio	Quantidade total	Pesca cooperativa	Forrageio sem interação
ascendente	30	13	17
descendente	64	25	39
ascendente- descendente	21	11	10
descendente- ascendente	33	19	14
modulado	35	21	14
constante	1	0	1
TOTAL	184	89	95

Tabela 6 – Frequência de assobios relacionada à quantidade de harmônicos.

Quantidade de harmônicos	Quantidade de assobios		
	Total	Pesca cooperativa	Forrageio sem interação
1	121	59	62
2	40	21	19
3	14	7	7
4	5	1	4
5	3	1	2
6	1	0	1

Na avaliação da variação na produção de assobios, a quantidade de assobios emitidos por indivíduo foi alterada por três das variáveis explicativas consideradas (Fig. 7). A análise por GLM indica tamanho de grupo, local e ruído de embarcação como fatores importantes na variação da emissão de assobios (Tabela 7).

Conforme o modelo selecionado, grupos pequenos produziram mais assobios que grupos médios e grandes (Fig. 7a), sendo que a diferença na produção de assobios em grupos médios e grandes não foi

significativa. A emissão de assobios é menor quando há ruído de embarcação (Fig. 7e). Menos assobios também são produzidos quando o forrageio ocorre na Tesoura (Fig. 7b), não havendo diferença significativa na produção de assobios entre as outras localidades (Tabela 8).

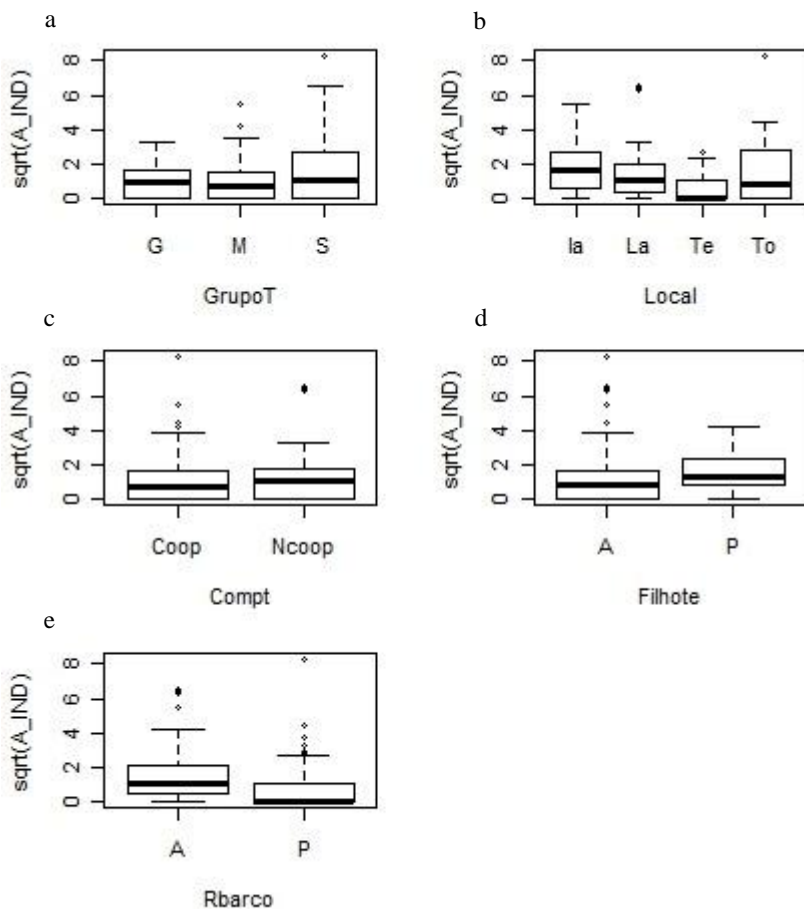


Fig. 7 - Boxplot da raiz quadrada ($\sqrt{\text{}}$) do número de assobios por indivíduos para cada variável. (a) GrupoT – tamanho de grupo. (b) Local – locais de gravação agrupados. (c) Compt – comportamento referente à estratégia de forrageio: Coop – pesca cooperativa, Ncoop: forrageio sem interação. (d) Filhote- presença (P) ou ausência (A). (e) Rbarco – ruído de embarcação, presença (P) ou ausência (A).

Tabela 7 - Seleção de modelos com base em uma distribuição binomial negativa. Em negrito, modelo mais parcimonioso, que inclui as variáveis tamanho de grupo (GrupoT), local (Local) e ruído de embarcação (Rbarco) para explicar a variação na produção de assobios. As variáveis tipo de forrageio (Compt) e filhotes (Filhote) não foram apontadas como variáveis explicativas.

Modelos	AIC
Assobios~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Filhote+Rbarco	1162,3
Assobios ~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Filhote	1164,9
Assobios ~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Rbarco	1160,3
Assobios ~offset(Grupo)+GrupoT+Compt+Rbarco	1183,6
Assobios ~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Rbarco	1158,5
Assobios ~offset(Grupo)+ Local+Rbarco	1174,1
Assobios ~offset(Grupo)+Local	1176,4
Assobios ~offset(Grupo)+Compt	1210,2
Assobios ~offset(Grupo)+Filhote	1210,0
Assobios ~offset(Grupo)+Rbarco	1206,4
Assobios ~offset(Grupo)+GrupoT	1191,6

Tabela 8 - Coeficientes do modelo selecionado. Em negrito, resultados significativos para grupos pequenos (GrupoTS), localidade Tesoura (LocalTe) e presença de ruído de embarcação (RbarcoP). As variáveis grupos médios (GrupoTM) e localidades lagoa (LocalLa) e Toca da Bruxa (LocalTo) não apresentaram resultados significativos.

Coeficientes	Estimativa	Erro Padrão	Valor z	Pr (> z)
(Intercepção)	1.12328	0.46016	2.441	0.014644 *
GrupoTM	0.23071	0.33756	0.683	0.494301
GrupoTS	1.36715	0.39303	3.479	0.000504 ***
LocalLa	-0.06143	0.43552	-0.141	0.887825
LocalTe	-1.48600	0.40660	-3.655	0.000258 ***
LocalTo	0.19618	0.44156	0.444	0.656838
RbarcoP	-0.58017	0.25816	-2.247	0.024616 *

4.2.3. Sons pulsantes explosivos

Foram contabilizados 1.103 sons pulsantes explosivos (SPE), dos quais 407 ocorreram durante a pesca cooperativa e 696 em forrageio sem interação. A duração dos SPE variou de 0,023 a 8,462 s, com média de 0,672 s. Para a pesca cooperativa a duração dos SPE foi de 0,039 a 8,105 s, com média de 0,670 s, enquanto que para o forrageio sem interação estes valores foram de 0,023 a 8,105 s, e a média de 0,673 s.

Houve um predomínio de SPE modulados, seguido por mistos e de cliques. Porém, dos SPE emitidos durante a pesca cooperativa os compostos por clique foram mais numerosos que os mistos. O mesmo não ocorreu para o forrageio sem interação, sendo esta diferença significativa ($\chi^2_{0,05; 2} = 21,2, P < 0,0001$) (Fig. 8).

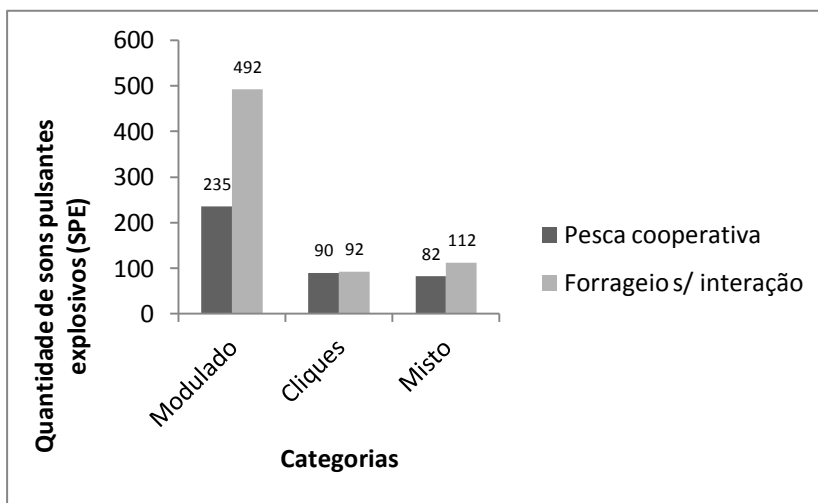


Fig. 8 – Distribuição de sons pulsantes explosivos (SPE) por categoria (modulado, cliques e misto) durante a pesca cooperativa e o forrageio sem interação.

Na avaliação da variação de emissão sonora, assim como para assobios, para os SPE três variáveis causaram alterações na emissão de SPE por indivíduo (Fig. 9). Os GLM sugerem as variáveis tamanho de grupo, estratégia de forrageio e ruído de embarcação como determinantes nas diferenças de produção de SPE (Tabela 9). Os grupos grandes produzem menos SPE do que os grupos médios e pequenos (Fig. 9a). Também há menor emissão de SPE na presença de ruído de embarcação (Fig. 9e). Durante o forrageio, os botos emitem mais SPE quando não estão interagindo com os pescadores (Fig. 9c) (Tabela 10).

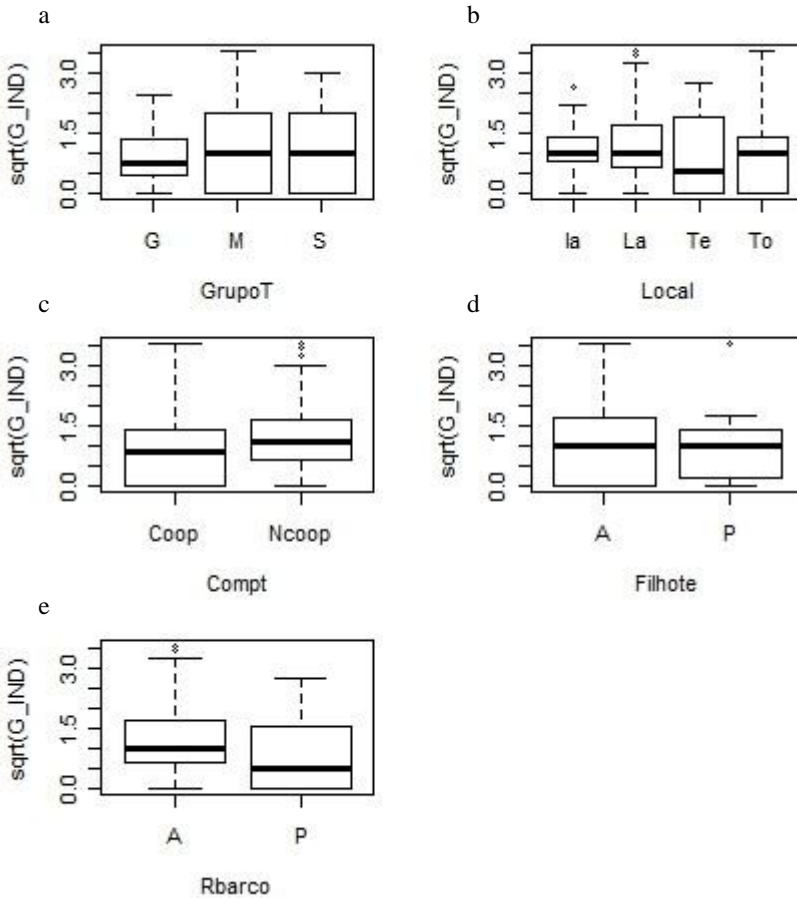


Fig. 9 - Boxplot da raiz quadrada ($\sqrt{\text{G_IND}}$) do número de sons pulsantes explosivos (SPE) por indivíduos para cada variável. (a) GrupoT – tamanho de grupo. (b) Local – locais de gravação agrupados. (c) Compt – comportamento referente à estratégia de forrageio: Coop – pesca cooperativa, Ncoop: forrageio sem interação. (d) Filhote- presença (P) ou ausência (A). (e) Rbarco – ruído de embarcação, presença (P) ou ausência (A).

Tabela 9 - Seleção de modelos com base em uma distribuição binomial negativa. Em negrito, modelo mais parcimonioso, que inclui as variáveis tamanho de grupo (GrupoT), tipo de forrageio (Compt) e ruído de embarcação (Rbarco) para explicar a variação na produção de sons pulsantes explosivos (SPE). As variáveis local (Local) e filhotes (Filhote) não foram apontadas como variáveis explicativas.

Modelos	AIC
Gritos~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Filhote+Rbarco	1109,7
Gritos~offset(Grupo)+GrupoT+Local+Compt+Rbarco	1107,7
Gritos ~offset(Grupo)+GrupoT+Compt+Rbarco	1107,4
Gritos ~offset(Grupo)+ GrupoT+Rbarco	1115,0
Gritos ~offset(Grupo)+Local	1133,7
Gritos ~offset(Grupo)+Compt	1130,4
Gritos ~offset(Grupo)+Filhote	1131,3
Gritos ~offset(Grupo)+Rbarco	1126,8
Gritos ~offset(Grupo)+GrupoT	1122,9

Tabela 10 - Coeficientes do modelo selecionado. Em negrito, resultados significativos para grupos médios (GrupoTM) e pequenos (GrupoTS), forrageio sem interação (ComptNcoop) e presença de ruído de embarcação (RbarcoP).

Coefficientes	Estimativa	Erro Padrão	Valor z	Pr (> z)
(Intercepção)	-0.5882	0.2945	-1.997	0.045798 *
GrupoTM	1.3291	0.2566	5.180	2.21e-07 ***
GrupoTS	1.3865	0.3290	4.214	2.51e-05 ***
ComptNcoop	0.8216	0.2478	3.315	0.000916 ***
RbarcoP	-0.3868	0.1950	-1.984	0.047269 *

4.3. Repertório acústico na presença de filhotes

4.3.1. Assobios

Dos 1.691 assobios analisados, 344 foram registrados em grupos com filhote, sendo que dos 695 assobios registrados em pesca cooperativa, 22% foram produzidos por grupos com filhotes, enquanto que no forrageio sem interação foram 19,2% dos 996 assobios.

Analisando a produção e distribuição dos assobios nas categorias, observa-se a predominância de assobios descendentes e

ascendentes, nos grupos com e sem filhotes (Tabela 11). A distribuição dos assobios dos grupos com filhotes, nas diferentes categorias, difere entre pesca cooperativa e forrageio sem interação. Praticamente metade dos assobios ocorridos na pesca cooperativa foi descendente, enquanto no forrageio sem interação os assobios ascendentes foram quase tão numerosos quanto os descendentes (Tabela 11). Para as demais categorias, os assobios modulados foram mais frequentes no forrageio sem interação, diferentemente da pesca cooperativa, onde predominaram apenas sobre os constantes (Tabela 11). As distribuições apresentadas em cada estratégia de forrageio foram significativamente diferentes ($\chi^2_{0,05; 5} = 25,6$, $P = 0,0001$).

Tabela 11 – Distribuição dos assobios produzidos por grupos de botos com e sem filhotes, durante a pesca cooperativa (PC) e o forrageio sem interação com pescadores (FSI).

Forma do assobio	Sem filhote		Com filhote		Total
	PC	FSI	PC	FSI	
ascendente	121	294	28	73	516
descendente	226	285	75	68	654
ascendente-descendente	77	70	16	9	172
descendente-ascendente	61	91	18	10	180
modulado	52	38	12	22	124
constante	5	27	4	9	45
TOTAL	542	805	153	191	1.691

Considerando cada estratégia de forrageio separadamente, a distribuição dos assobios de grupos com filhotes durante a pesca cooperativa não difere significativamente daquela apresentada por grupos sem filhotes ($\chi^2_{0,05; 5} = 6,6$, $P > 0,05$). Porém, para o forrageio sem interação o predomínio dos assobios modulados sobre os descendente-ascendente, ascendente-descendente e constante foi relevante, comparado a distribuição dos assobios de grupos sem filhotes ($\chi^2_{0,05; 5} = 54,6$, $P < 0,0001$) (Tabela 11).

4.3.2. Sons pulsantes explosivos

Os grupos com filhotes produziram 107 dos 1.103 sons pulsantes explosivos (SPE). 75 ocorreram durante a pesca cooperativa e

32 no forrageio sem interação. Os SPE de aparência modulada foram mais numerosos, seguido pelos compostos por cliques e os mistos. Esta distribuição não diferenciou consideravelmente daquela apresentada por grupos sem filhotes ($\chi^2_{0,05; 2} = 3,0$, $P > 0,05$).

A distribuição dos SPE nas categorias se manteve a mesma quando analisados os dois momentos de forrageio separadamente. Porém, enquanto na pesca cooperativa os SPE mostraram-se distribuídos entre modulados, cliques e mistos, no forrageio sem interação os SPE foram quase todos modulados, com apenas um SPE composto por cliques. A diferença destas distribuições foi significativa ($\chi^2_{0,05; 2} = 25,1$, $P < 0,0001$).

Os SPE produzidos por grupos com e sem filhotes apresentaram diferenças na sua distribuição entre as categorias, tanto na pesca cooperativa quanto no forrageio sem interação. Na pesca cooperativa, a proporção dos SPE modulados dos grupos sem filhotes foi muito maior do que os compostos por cliques e os mistos, enquanto nos grupos com filhotes esta diferença não foi tão grande ($\chi^2_{0,05; 2} = 6,2$, $P < 0,05$) (Tabela 12). No caso do forrageio sem interação, os SPE modulados foram predominantes, sendo que grupos sem filhotes produziram mais SPE mistos do que compostos por cliques e grupos com filhote não apresentaram nenhum SPE misto e apenas um composto por cliques ($\chi^2_{0,05; 2} = 11,2$, $P < 0,05$) (Tabela 12).

Tabela 12 – Distribuição dos sons pulsantes explosivos (SPE), entre as categorias modulado, cliques e misto, produzidos por grupos com e sem filhotes na pesca cooperativa (PC) e no forrageio sem interação (FSI).

Forma do grito	Sem filhote		Com filhote		Total
	PC	FSI	PC	FSI	
modulado	201	461	34	31	727
clique	67	91	23	1	182
misto	64	112	18	0	194
TOTAL	332	664	75	32	1103

5. DISCUSSÃO

5.1. Geral

As gravações da pesca cooperativa tiveram maior duração uma vez que a interação, com duração considerável, inclui movimentos ritualizados tanto da parte dos botos quanto dos pescadores (SIMÕES-LOPES et al., 1998), onde os botos deslocam-se apenas de modo a se afastar e aproximar dos pescadores. Este padrão facilitou a amostragem, sendo possível mais de 20 minutos de gravação durante a pesca cooperativa. Quando estão forrageando no interior da Lagoa os botos costumam realizar deslocamentos por áreas maiores. Isto dificultou as gravações, visto que não era possível manter o motor do barco ligado para uma aproximação durante a gravação com fins de acompanhar o grupo-focal. Por estes motivos a quantidade de amostras por gravação da pesca cooperativa (seis a dez amostras por grupo) variou menos do que as amostras dos grupos em forrageio sem interação (uma a doze amostras por grupo).

5.2. Repertório acústico e suas variações

Ecolocalização, assobios e sons pulsantes explosivos (SPE) foram registrados em todos os grupos gravados. Não raras vezes estes sons ocorreram de forma simultânea, sobrepondo-se uns aos outros. Nestes casos, os sons podem ter sido produzidos ao mesmo tempo por animais diferentes, ou serem provenientes de um único indivíduo. Assobios podem ser produzidos simultaneamente à ecolocalização por um mesmo animal (BERTA et al.; 2006), o que já foi relatado inclusive para os botos da região (MANNA-CESAR, 1998). Também são relatadas, tanto para *T. truncatus* como para outros delfínídeos, ocorrências simultâneas de SPE e assobios, bem como SPE e cliques e ecolocalização (SANTOS et al., 1995; LAMMERS et al., 2003; ROSSI-SANTOS et al., 2008).

Nem todo repertório acústico dos botos pode ser registrado, devido ao limite de frequência dos equipamentos utilizados (22 kHz). Delfínídeos costumam emitir ecolocalizações de espectro bimodal, com picos de baixa frequência entre 30 e 50 kHz e alta frequência, entre 80 e 120 kHz (AU, 2004). Porém, sabe-se que algumas emissões são exclusivamente ultrassônicas, inclusive para *T. truncatus* (BOISSEAU, 2005). Deste modo, frequências abaixo de 22 kHz não abrangem a totalidade dos cliques produzidos pelos botos, o que provavelmente resultou em uma subestimação da produção de cliques devido a limitação do equipamento utilizado.

Já o repertório de assobios pode ser registrado de modo significativo, se não em sua totalidade. Medeiros (2009), utilizando frequências de até 60 kHz para registrar os botos de Laguna, não encontrou nenhum assobio com frequência fundamental acima de 20,7 kHz. Ding et al. (1995), analisando assobios da espécie em diferentes locais, encontraram o valor de 21,6 kHz com frequência máxima. Outros delfínídeos também emitem assobios dentro desta faixa. A maioria dos assobios de *Stenella longirostris* e *Stenella frontalis*, no Havai, foi emitida abaixo dos 20 kHz (LAMMERS et al., 2003). Os harmônicos, contudo, ultrapassam estes valores (BOISSEAU, 2005).

Os SPE apresentam picos de frequência muito acima daquela registrada para os assobios e seus harmônicos. SPE compostos por cliques, emitidos por *S. longirostris* e *S. frontalis*, atingem frequências muito acima da audição humana. Entre 30% e 40% dos SPE destas espécies não puderam ser detectados abaixo de 20 kHz (LAMMERS et al., 2003). Para *T. truncatus* também são registrados SPE exclusivamente ultrassônicos (BOISSEAU, 2005). Porém, Santos et al. (1995) a partir de gravações em frequências de até 20 kHz descrevem os chamados “zurros”, produzidos por *T. truncatus* do estuário de Sado, Portugal, como sons não pulsados de baixa frequência. Ao avaliar a presença dos zurros descritos por Santos et al. (1995) para os *T. truncatus* de Moray Firth, Escócia, Janik (2000b) relata que a maior parte da energia destes SPE está abaixo dos 2 kHz. Assim, apesar da possibilidade do repertório completo dos SPE não ter sido captado, uma parte importante dele pode ser registrada.

5.2.1. Ecolocalização

A frequência de emissão de ecolocalização variou principalmente em relação ao tamanho de grupo e o tipo de forrageio. A produção de cliques de ecolocalização por indivíduo foi maior para grupos pequenos (um indivíduo) e médios (dois a quatro botos). Os grupos grandes (cinco a sete botos) apresentaram menor taxa de emissão. Nowacek (2005) relata, para *T. truncatus* da Baía de Sarasota, Flórida, uma taxa de produção de ecolocalização maior para indivíduos solitários, que se torna diretamente proporcional ao número de indivíduos a partir de grupos com dois animais. Os botos de Laguna, contudo, parecem produzir maior taxa de cliques de ecolocalização em grupos médios do que em grandes, não havendo uma relação direta entre quantidade de botos e número de cliques, ao menos em grupos entre dois a sete indivíduos.

A menor taxa de emissão de ecolocalização em grupos grandes pode ser um reflexo da capacidade que os botos têm de interpretar a informação da ecolocalização produzida por outro indivíduo do grupo (HARLEY et al., 1995). Quando um boto produz sons de ecolocalização, o retorno deste som será recebido tanto por ele quanto pelos demais membros do grupo. Mesmo os botos que receberem os cliques após eles terem passado através da presa são capazes de interpretar as alterações sofridas pelo som (TYACK, 1997). Assim, em grupos grandes, apesar de haverem mais indivíduos nem todos estariam emitindo cliques de ecolocalização, pois fariam uso do som emitido por outros componentes do grupo.

Para as estratégias de forrageio analisadas, durante o forrageio sem interação foram produzidos menos cliques. A maior emissão de cliques na pesca cooperativa talvez seja devido à necessidade dos botos de identificar a localização dos pescadores, para conduzirem o cardume até eles. A familiaridade com o ambiente onde residem pode levar a uma redução na utilização da ecolocalização para a navegação (NOWACEK, 2005). Contudo, durante a interação, apesar do ambiente ser conhecido, a posição dos pescadores na água não é constante. Durante um mesmo episódio de pesca cooperativa os pescadores podem se deslocar, entrando e saindo da água e mesmo mudando de lugar. Sendo os pescadores nesta situação uma barreira móvel utilizada pelos botos para encurralar o cardume, é provável que eles precisem saber a localização exata dos pescadores na água. Porém, quando estão forrageando no interior da lagoa, não há o pescador como “obstáculo variável”. Assim, é possível que no forrageio sem interação a ecolocalização seja utilizada mais para a localização da presa do que para a navegação, o que poderia explicar sua menor taxa de emissão. Ainda é possível pensar que se a ecolocalização for percebida pelos peixes (MANN et al., 1998), serviria na pesca cooperativa para induzir o deslocamento deles até os pescadores. Em uma situação de forrageio normal, não é vantagem para o predador que a presa o perceba. Porém no caso de direcionar o deslocamento da presa, como ocorre na pesca cooperativa, a percepção da presença do boto pela presa pode ser uma vantagem. Tentando fugir do boto os peixes acabam deslocando-se para os pescadores, e vice-versa.

A direcionalidade da emissão da ecolocalização (AU, 1993) também pode ter contribuído para esta diferença. Durante a pesca cooperativa o hidrofone estava posicionado juntamente a linha de pescadores. Como há um deslocamento constante dos botos em direção aos pescadores durante a interação, os cliques de ecolocalização foram

emitidos em direção ao hidrofone mais frequentemente. Na lagoa, contudo, os botos não apresentam um deslocamento pré-determinado, o que diminui as chances da emissão dos sons ocorrer direcionalmente ao hidrofone. Isto pode ter resultado no menor registro de ecolocalização durante o forrageio sem interação.

5.2.2. Assobios

Os assobios apresentaram um tempo médio de duração de 0,131s, valor inferior aos 0,299s encontrado por Medeiros (2009) para a mesma população. A média encontrada também foi muito inferior a outras relatadas para a mesma espécie. López (2011) registrou uma duração média de 0,600s para os *T. truncatus* do Mar Mediterrâneo, assim como Santos et al. (2005) relata 0,859s para a população do Estuário de Sado, em Portugal. No Brasil, são encontrados assobios com duração média de 0,553s, para a população do Estuário da Lagoa dos Patos (AZEVEDO et al., 2007), e 0,392s para os botos de Tramandaí (HOFFMANN, 2004), ambas as localidades no Rio Grande do Sul.

O intervalo de frequência, de 0,1 kHz a 21,5 kHz, onde os assobios ocorreram foi mais amplo do que o registrado por Medeiros (2009), que descreve a faixa de 1,7 kHz a 20,7 kHz para os assobios dos botos de Laguna. A frequência de 0,1 kHz é inferior também ao que tem sido registrado para outras populações de *T. truncatus* no sul do Brasil, sendo que a frequência máxima não diferiu muito da que ocorre nestas populações (Tabela 13). A média de 6,7 kHz das frequências mínimas foi superior às encontradas na literatura, inclusive para a população de Laguna, enquanto a média de 8,8 kHz das frequências máximas foi mais baixa (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores de frequência mínima (Fmín) e máxima (Fmáx), e suas respectivas médias (Média Fmín e Média Fmáx), de trabalhos realizados com *T. truncatus* de populações no sul do Brasil (Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC)). Valores das frequências em kHz.

Localidade	Média			Média Fmáx	Trabalho
	Fmín	Fmín	Fmáx		
Estuário de Laguna, SC	0,1	6,7	21,5	8,8	Presente estudo
Canal de Laguna, SC	1,7	2,8	20,7	19,0	Medeiros, 2009
Estuário da Lagoa dos Patos, RS	1,2	5,9	22,3	12,2	Azevedo et al., 2007
Barra de Tramandaí, RS	1,4	4,7	17,1	10,4	Hoffmann, 2004

Os valores máximos e mínimos da amplitude (variação total da frequência) foram semelhantes aos encontrados por Medeiros (2009) no mesmo local: de 0 a 15,9 kHz, mas a média da amplitude de 2,1 kHz foi quatro vezes maior que os 0,5 kHz encontrado pela autora. Comparando as variáveis dos assobios produzidos apenas na pesca cooperativa com os assobios analisados por Medeiros (2009), visto que suas gravações foram feitas na Praia da Tesoura, não foram encontradas maiores semelhanças.

A predominância dos assobios descendente e ascendente parece ser uma característica da população em estudo. Medeiros (2009) relata o mesmo padrão de assobios descendentes, seguido por ascendentes, os quais totalizaram 61,66% dos assobios em seu trabalho. Populações de outras localidades também apresentam peculiaridades próprias em seus repertórios. No Mar Mediterrâneo os assobios de *T. truncatus* são principalmente ascendentes e modulados com mais de dois pontos de inflexão (LÓPEZ, 2011). Já para as populações do sul do Brasil, são registrados os assobios modulados e ascendente-descendente para o Estuário da Lagoa dos Patos (AZEVEDO et al., 2007) e ascendente e ascendente-descendente para Tramandaí (HOFFMANN, 2004).

A ordenação do restante dos assobios nas demais categorias diferiu da registrada por Medeiros (2009), que relata serem os assobios ascendente-descendente mais frequentes que os descendente-ascendente, sendo os modulados de menor representatividade que os regulares. A categoria “regular”, utilizada pela autora, não pode ser comparada aos assobios aqui descritos como constantes, visto os assobios classificados como regulares permitiam uma variação de frequência de até 1000 Hz.

Considerando apenas os assobios produzidos durante a pesca cooperativa, é possível perceber que a distribuição nas categorias é semelhante à encontrada por Medeiros (2009) (excluindo as categorias “constante” e “regular”). Aparentemente os botos de Laguna, além de possuírem um repertório de assobios diferente de outras populações, utilizam este repertório de modo diferenciado para a pesca cooperativa e não cooperativa. Os assobios descendentes foram predominantes na pesca cooperativa, contabilizando o dobro dos assobios ascendentes, enquanto no forrageio sem interação os assobios ascendentes foram um pouco mais expressivos. Estes resultados reforçam a ideia de que as características dos assobios são influenciadas não só pelo hábitat, ecologia e grupos sociais, mas também pelo contexto comportamental, havendo uma relação entre a atividade desenvolvida e o tipo de assobio (LÓPEZ, 2011). As características de cada assobio podem ser sensíveis a mudanças comportamentais por transmitirem informações que sejam

particulares de cada comportamento (LÓPEZ, 2011), possibilitando que um mesmo tipo de atividade, como o forrageio, exija repertórios diferentes conforme a técnica utilizada.

A presença e quantidade de harmônicos não pode ser considerada na avaliação do repertório de assobios (e.g. SANTOS et al., 2005; LÓPEZ, 2011), visto que os harmônicos desta população podem atingir até 52,4 kHz (MEDEIROS, 2009). Porém, algumas considerações podem ser feitas.

Assim como registrado por Medeiros (2009), todas as categorias de assobios apresentaram harmônicos. Contudo, os que mais apresentaram harmônicos foram os assobios descendentes, ao contrário do que foi observado por Medeiros (2009). Foram mais frequentes assobios com um a três harmônicos, o que pode ser consequência da frequência utilizada nas gravações. Apesar do registro de seis harmônicos para um assobio, Medeiros (2009) registrou assobios com até nove harmônicos. Muitos harmônicos não ocorreram durante toda duração do assobio, sendo parciais. Esta parcialidade pode ter alguma função na transmissão de informações ou ser resultado da amplitude do assobio, que poderia gerar harmônicos como um subproduto de uma amplitude máxima (LAMMERS et al., 2003). A maioria dos assobios não apresentou harmônicos. Isto pode ser devido à limitação do equipamento ou à direcionalidade do assobio. Assobios que não foram emitidos em direção ao hidrofone são captados com menos energia, dificultando a visualização de harmônicos (LAMMERS et al., 2003; BRANSTETTER et al., 2012).

Os assobios não costumam apresentar variações consideráveis, em suas taxas de emissão, entre indivíduos solitários e em grupos (NOWACEK, 2005). Isto se deve, em parte, à utilização deste som para comunicação e socialização. Uma possibilidade para a maior emissão de assobios por botos solitários, encontrada no presente estudo, seria a comunicação com botos mais distantes (JANIK, 2000c; ACEVEDO-GUTIÉRREZ & STIENESSEN, 2004; NOWACEK, 2005).

A menor emissão de assobios na presença de embarcações poderia ser uma forma de minimizar gasto energético, visto que a transmissão e efetividade do sinal estariam prejudicadas pelo ruído da embarcação. Os assobios podem ser transmitidos a distâncias de até 25 Km, dependendo das condições do ambiente, inclusive com relação a ruídos de fundo. Ruídos como aqueles provocados por motor de embarcações afetam a transmissão dos assobios, diminuindo a distância que este som pode chegar (JANIK, 2000c).

Entre as localidades de gravação, os assobios foram menos frequentes na Tesoura. Este resultado pode explicar os dados de Medeiros (2009) quanto à taxa relativamente baixa de emissão de assobios dos botos de Laguna, visto que seus registros foram realizados exclusivamente nesta área. Este fato pode estar relacionado com a dinâmica da pesca cooperativa. Diferentemente dos demais pontos de cooperação, a Tesoura situa-se no canal de acesso ao estuário. Neste local o tráfego de embarcações é maior, além da dinâmica das águas do canal, que de modo geral apresentam maior velocidade se comparado às águas no interior do estuário. Isto pode afetar de algum modo a efetividade da comunicação entre os botos, levando a uma menor emissão de assobios.

5.2.3. Sons pulsantes explosivos

Os sons pulsantes explosivos (SPE) tiveram duração média de 0,672s, muito superior ao valor encontrado por Simard et al. (2011) para os *T. truncatus* do Golfo do México: 0,069s. Apesar de o tempo médio incluir os SPE mistos e formados por cliques, além dos modulados (como no caso de SIMARD et al., 2011), o predomínio de SPE modulados certamente influenciou a média calculada. Assim, os botos de Laguna aparentemente produzem SPE mais longos do que os do Golfo do México, podendo ser esta uma característica da população.

Lammers et al. (2003) definem os SPE como sons formados por cliques, que diferem da ecolocalização pelo intervalo entre os cliques (ICI). Nos SPE o ICI não excede 10 ms. Na ecolocalização o intervalo entre os cliques pode variar, dependendo da distância em que o boto está do seu alvo, seja ele um objeto, um obstáculo ou uma presa. Quanto menor a distância entre o boto e o alvo, menor é o intervalo entre os cliques (AKAMATSU et al., 1995; BERTA et al., 2006). Como o repertório foi registrado em momentos de forrageio, onde os botos estariam usando sua ecolocalização para localizar a presa, espera-se que haja uma variação do intervalo dos cliques de ecolocalização durante toda sequência de movimentos do forrageio. Por isso, foram considerados como SPE as sequências de cliques que, do início ao fim, não excederam os 10 ms de intervalo.

Os SPE aqui classificados como modulados foram predominantes. Manna-Cesar (1998) já havia registrado este mesmo tipo de SPE para os botos de Laguna, encontrando algumas variações quanto a sua duração e quantidade de harmônicos. Simard et al. (2011) denominaram estes SPE como “chamadas de banda estreita e baixa frequência”, que se caracterizaram por serem tonais, de baixa frequência

e curta duração. Eles assemelham-se aos zurros que Santos et al. (1995) descreveram como sons de baixa frequência e não pulsados, que ocorrem em sequências associados com outros sons não pulsados, e mesmo com alguns sons formados por cliques, chamados de rangidos. Janik (2000b) ao investigar a significância funcional dos zurros relata que estes SPE, na verdade, são compostos por cliques. Há semelhança dos SPE modulados também com as emissões de baixa frequência relatados para *Stenella longirostris* de Fernando de Noronha (ROSSI-SANTOS et al., 2008). Conforme Au (1993), os SPE podem apresentar “quebras” na distribuição de sua energia, o que resultaria em espectros ondulados devido à reflexão causada pela proximidade com o fundo e a superfície da água. Estes espectros ondulados apresentam uma maior distribuição de energia abaixo dos 20 kHz, e pode ser este fenômeno o que foi relatado em alguns trabalhos como SPE de baixas frequências (LAMMERS et al., 2003).

O predomínio dos SPE modulados, tanto na pesca cooperativa quanto no forrageio sem interação, pode ser devido à própria atividade de forrageio. Para Janik (2000b) os SPE, chamados de zurros, teriam como função alterar o comportamento da presa, para facilitar sua captura, além de atrair outros botos para o local onde está ocorrendo o forrageio. Hoffmann (2004) relata a maior incidência deste tipo de SPE nos momentos de forrageio dos botos de Tramandaí, ocorrendo inclusive em associação com ecolocalização, o que reforça a ideia da associação dos SPE à atividade de alimentação. Porém, os *T. truncatus* do Golfo do México fazem uso destes SPE principalmente durante eventos de socialização (SIMARD et al., 2011).

Sabendo da possibilidade do fenômeno de reflexão do som no fundo e na superfície da água, causando espectros ondulados com energia concentrada principalmente abaixo dos 20 kHz, não se pode descartar, ainda, a possibilidade de que o predomínio dos SPE modulados seja devido à frequência utilizada nas gravações.

Os SPE classificados como mistos foram os mais numerosos após os modulados, exceto durante a pesca cooperativa. É possível que eles representem a visualização da “transição” entre os cliques e o espectro ondulado. Por serem parcialmente modulados, a explicação para a quantidade de registros destes SPE pode ser a mesma válida para os SPE modulados.

A terceira categoria foi formada por SPE que apresentavam somente cliques. Os cliques que formam os SPE, assim como aqueles de ecolocalização, são predominantemente ultrassônicos. Para *S. longirostris* e *S. frontalis*, por exemplo, os cliques dos SPE chegam a

40,1 kHz e 44,4 kHz, respectivamente, e nem todos podem ser registrados abaixo de 20 kHz (LAMMERS et al., 2003). De fato, estes SPE tiveram menor representatividade durante o forrageio sem interação. Contudo, foram mais numerosos que os SPE mistos durante a pesca cooperativa. Dada a limitação da frequência utilizada, e considerando a hipótese do efeito de reflexão dos SPE, seria esperado que SPE formados por cliques fossem menos registrados na pesca cooperativa, visto que esta ocorre em áreas próximas às margens da Lagoa. Porém, o maior registro de SPE compostos de cliques durante a pesca cooperativa é um indicativo de que os SPE modulados são realmente emissões de baixas frequências, não sendo apenas resultado da reflexão do som no fundo e na superfície da água.

Deve-se considerar ainda que os três pontos onde foram feitas a maioria das gravações da pesca cooperativa sofrem constantemente com o ruído de embarcações. Próximo à Praia da Tesoura e Praia do Quarto localiza-se o ponto de embarque do bote que os moradores locais utilizam para atravessar o canal. Seu deslocamento é constante ao longo do dia, fazendo o trajeto de uma margem a outra. Na Toca da Bruxa há o ruído constante da balsa, também utilizada por moradores e turistas para a travessia de veículos. A balsa também trafega o dia todo. Para minimizar a influência dos ruídos de motor na emissão sonora, os SPE formados por cliques poderiam ser mais utilizados nestes locais, visto que os cliques atingem frequências maiores, o que superaria o ruído de fundo causado pelo motor das embarcações.

Na análise da variação do repertório acústico, os SPE foram menos emitidos por grupos grandes de botos, assim como os assobios e a ecolocalização. Sendo assim, é possível que indivíduos solitários e grupos médios estejam utilizando os SPE com a finalidade de afetar diretamente o comportamento da presa ou atrair outros botos para o local do forrageio, conforme defendido por Janik (2000b). Neste caso, em grupos grandes não haveria a necessidade de atração de mais indivíduos para o forrageio, bem como alguns indivíduos emitindo SPE que afetasse a presa poderia beneficiar os demais, facilitando a captura do peixe e assim diminuído a taxa de SPE produzida por cada boto.

Hoffmann (2004) registra uma maior emissão de SPE dos botos de Tramandaí quando estes estão interagindo mais diretamente com a fileira de pescadores. Contudo, em Laguna os botos produziram mais SPE durante o forrageio sem interação, o que não descarta a função dos SPE nas atividades de alimentação, mas indica que parece não haver uma relação direta entre os SPE e a interação com os pescadores.

Os botos, assim como outros cetáceos, formam grupos para forragear. Através de cooperação e coordenação entre os membros do grupo, desenvolvem estratégias que permitam captura de presas maiores e em maior quantidade (PARSONS & DOLMAN, 2004). Durante o forrageio sem interação os botos não contam com a presença dos pescadores para serem usados como uma barreira, para encurralar o cardume. Neste caso, os SPE podem estar sendo usados para facilitar a captura das presas, com função na comunicação para a coordenação dos botos ou mesmo afetando a presa diretamente (JANIK, 2000b).

Os SPE também foram menos emitidos na ocorrência de ruídos de embarcação. Como a maioria dos SPE emitidos foi do tipo modulado, é provável que o ruído das embarcações prejudique a detecção destes sons a distâncias maiores (SIMARD et al., 2011). Além disso, ruídos de fundo costumam favorecer o uso de altas frequências (TYACK, 1997). É possível, então, que na presença de embarcações os SPE tenham sido emitidos a frequências ultrassônicas (SPE formados por cliques), acima do ruído ambiente, e por isso não foram captados. Os botos também poderiam reduzir a produção de SPE nestas situações para minimizar o gasto energético, conforme proposto no caso dos assobios. Não se pode descartar, ainda, a possibilidade de erro de amostragem quanto aos SPE de menor frequência, devido ao ruído de fundo.

5.3. Repertório acústico na presença de filhotes

Os grupos com filhotes mantiveram o predomínio de assobios descendentes e ascendentes, que parece ser característica desta população. Porém, diferente do encontrado em grupos sem filhotes, os assobios modulados foram mais numerosos que as demais categorias. O aumento da quantidade de assobios modulados também é relatado para grupos com filhotes em Tramandaí (HOFFMANN, 2004). Apesar de não ter sido levantada a relação entre número de inflexões e tempo de duração dos assobios, de modo geral os assobios com mais de uma inflexão são mais longos (e.g. MEDEIROS, 2009; LÓPEZ, 2011). A emissão de um assobio por mais tempo permite uma localização contínua do boto que o está emitindo, sendo possível identificar seu deslocamento (CALDWELL et al., 1990). Isto poderia ser utilizado em grupos com filhotes para facilitar a localização da mãe ou de outros adultos. Principalmente durante o forrageio no interior da lagoa, onde os animais se deslocam por áreas maiores, pode ser fundamental manter o filhote perto do grupo. Já na pesca cooperativa, esta necessidade poderia ser reduzida pelo ambiente de menor profundidade, dada a proximidade

com a margem, e pelo deslocamento realizado se restringir a uma área menor, onde está ocorrendo a interação.

Os três tipos de sons pulsantes explosivos (SPE) registrados foram emitidos por grupos com filhotes. Porém, grupos com filhotes em forrageio sem interação praticamente só emitiram SPE modulados, sendo produzido apenas um SPE que não era modulado. Estes sons podem ter muitas funções, dependendo inclusive do contexto em que são utilizados (SIMARD et al., 2011). Porém, o que se sabe hoje sobre a funcionalidade dos SPE ainda não é suficiente para fazer extrapolações dos seus usos por grupos com filhotes.

6. CONCLUSÕES

Os botos de Laguna produzem os três tipos de sons descritos para a espécie: ecolocalização, assobios e sons pulsantes explosivos (SPE). Porém, as características apresentadas por cada um destes sons é diferente de outras populações, e sofre variações na taxa de emissão influenciadas pelo tamanho de grupo, estratégia de forrageio, localidade e presença de ruído de embarcações.

A taxa de emissão de cliques de ecolocalização por indivíduo é maior em grupos pequenos e médios, havendo redução desta taxa em grupos grandes. Isto reforça a ideia de que, em grupo, os botos são capazes de fazer uso das informações transmitidas pela ecolocalização produzida por outro indivíduo. Contudo, o que mais chamou a atenção foi a maior produção de cliques de ecolocalização durante a pesca cooperativa, quando comparado ao forrageio sem interação. Mais estudos são necessários para explorar as causas deste resultado.

Os assobios ocorreram dentro da faixa de frequência audível, com a frequência fundamental não ultrapassando os 22 kHz. A população se caracteriza pela produção predominante de assobios descendentes e ascendentes. Além disso, há um aparente uso diferenciado do repertório de assobios conforme a estratégia de forrageio desenvolvida. Destaca-se principalmente que na pesca cooperativa os assobios descendentes somam quase o dobro dos ascendentes, enquanto no forrageio sem interação os assobios ascendentes e descendentes apresentam pouca diferença na proporção de suas emissões. As outras categorias de assobios também apresentam distribuição diferenciada entre as estratégias de forrageio. A taxa de emissão de assobios por indivíduo mostrou-se influenciada pelo tamanho de grupo, local e ruído de embarcação. A taxa de emissão foi menor em grupos grandes, bem como na presença de embarcações. O ruído de embarcações pode limitar a transmissão dos assobios a distâncias menores, o que pode levar a uma redução na emissão destes sons. Quanto ao local, os botos emitiram menos assobios na localidade Tesoura, um importante ponto de pesca cooperativa, comparado aos demais pontos de gravação.

O som menos produzido no repertório dos botos-da-tainha foram os SPE. Entre estes, foram predominantes o de aparência modulada, tanto para a pesca cooperativa quanto para o forrageio sem interação. Porém, as outras categorias mostraram variações, sendo os SPE formados por cliques proporcionalmente mais numerosos na pesca cooperativa do que no forrageio sem interação. A taxa de emissão dos SPE foi influenciada pelo tamanho de grupo, estratégia de forrageio e

ruído de embarcação. Assim como no caso da ecolocalização e dos assobios, grupos grandes produziram menos SPE. O ruído de embarcações aparentemente também leva a uma redução na emissão de SPE. Além disso, a produção de SPE é proporcionalmente maior durante o forrageio sem interação.

Apesar de não influenciar na taxa de emissão sonora, os grupos com filhotes influenciam a distribuição dos assobios e gritos nas suas respectivas categorias. No caso dos assobios, os grupos com filhotes produziram, proporcionalmente, mais assobios modulados do que os grupos sem filhotes, considerando o forrageio sem interação. Para os SPE, no forrageio sem interação praticamente foram registrados só gritos modulados. Na pesca cooperativa a distribuição entre SPE modulados, formados por clique e mistos apresentou-se mais homogênea em grupos com filhotes do que em grupos sem filhotes.

Os resultados apontam para algumas distinções dos repertórios usados pelos botos principalmente durante sua interação com os pescadores e sem a presença destes. Mais estudos sobre esta relação da bioacústica com as estratégias de forrageio podem ajudar na compreensão do uso que os botos fazem dos sons que produzem. Adicionalmente, investigar esta relação entre o repertório acústico e a pesca cooperativa é essencial para o entendimento da natureza desta interação, e dos mecanismos por trás de sua origem e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS:

- ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A.; STIENESSEN, S. C. Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increase number of whistles when feeding. **Aquatic Mammals**, v.30, n.3, p. 357-362, 2004.
- AKAMATSU, T.; NAKAGAWA, T.; HATAKEYAMA, Y. Effects of visual deprivation on the echolocation rate by a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). In: KASTELEIN, Ron. A.; THOMAS, Jeanette. A.; NACHTIGALL, Paul. E. (Eds.). **Sensory Systems of Aquatic Mammals**. The Netherlands: De Spil, 1995.
- AU, Withlow W. L. **The sonar of dolphins**. 1. ed. Nova Iorque: Springer-Verlag, 1993.
- AU, W. W. L. Echolocation signals of wild dolphins. **Acoustical Physics**, v. 50, n. 4, p. 533-542, 2004.
- AZEVEDO, A. F.; OLIVEIRA, A. M.; ROSA, L. D.; LAILSON-BRITO, J. Characteristics of whistles from resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 121, n. 5, p. 2978-2983, 2007.
- BÁZUA-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.
- BERTA, Annalisa; SUMICH, James; KOVACS, Kit. **Marine Mammals – Evolutionary Biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2006.
- BOISSEAU, O. Quantifying the acoustic repertoire of a population: The vocalizations of free-ranging bottlenose dolphins in Fiordland, New Zealand. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, n. 4, p. 2318-2329, 2005.
- BRANSTETTER, B. K.; MOORE, P. W.; FINNERAN, J. J.; TORMEY, M. N.; AIHARA, H. Directional properties of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) clicks, burst-pulses, and whistle sounds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 2, p. 1613-1621, 2012.

- BRILL, R. L.; PAWLOSKI, J. L.; HELWEG, D. A.; AU, W. W.; MOORE, P. W. B. Target detection, shape discrimination, and signal characteristics of an echolocating false killer whale (*Pseudorca crassidens*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 92, n. 3, p. 1324-1330, 1992.
- BUCK, J. R.; MORGENBESSER, H. B.; TYACK, P. L. Synthesis and modification of the whistles of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 108, n. 1, p. 407-416, 2000.
- BURNHAM, Kenneth P.; ANDERSON, David R. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. 2. ed. New York: Springer Verlag, 2002.
- BUSCAINO, G.; BUFFA, G.; SARÀ, G.; BELLANTE, A.; TONELLO Jr., A. J.; HARDT, F. A. S.; CREMER, M. J.; BONANNO, A.; CUTTITTA, A.; MAZZOLA, S. Pinger affect fish catch efficiency and damage to bottom gill nets related to bottlenose dolphins. **Fisheries Science**, v. 75, n. 3, p. 537-544, 2009.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; TYACK, P. L. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic Bottlenose Dolphin. In: LEATHERWOOD, Stephen; REEVES, Randall R. (Eds.). **The Bottlenose Dolphin**. San Diego: Academic Press, 1990.
- DANKIEWICZ, L. A.; HELWEG, D. A.; MOORE, P. W.; ZAFRAN, J. M. Discrimination of amplitude-modulated synthetic echo trains by an echolocating bottlenose dolphin. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 112, n. 4, p. 1702-1708, 2002.
- DING, W.; WÜRSIG, B.; EVANS, W. Comparisons of whistles among seven odontocete species. In: KASTELEIN, Ron. A.; THOMAS, Jeanette. A.; NACHTIGALL, Paul. E. (Eds.). **Sensory Systems of Aquatic Mammals**. The Netherlands: De Spil, 1995.
- GANNON, D. P.; BARROS, N. B.; NOWACEK, D. P.; READ, A. J.; WAPLES, D. M.; WELLS, R. S. Prey detection by bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: an experimental test of the passive

- listening hypothesis. **Animal Behaviour**, v. 69, n. 3, p. 709-720, 2005.
- HARLEY, H. E.; XITCO Jr., M. J.; ROITBLAT, H. L. Echolocation, cognition, and the dolphin's world. In: KASTELEIN, Ron. A.; THOMAS, Jeanette. A.; NACHTIGALL, Paul. E. (Eds.). **Sensory Systems of Aquatic Mammals**. The Netherlands: De Spil, 1995.
- HARLEY, H. E.; PUTMAN, E. A.; ROITBLAT, H. L. Bottlenose dolphins perceive object features through echolocation. **Nature**, v. 424, p. 667-669, 2003.
- HOFFMANN, Lilian Sander. **Um estudo de longa duração de um grupo costeiro de golfinhos *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Cetacea, Delphinidae) no sul do Brasil: Aspectos de sua biologia e bioacústica**. Orientado por Thales Renato O. Freitas. Porto Alegre, 2004. 290 f. Dissertação (Doutorado em Biologia Animal)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Porto Alegre, 2004.
- HOUSER, D. S.; HELWEG, D. A.; MOORE, P. W. Classification of dolphin echolocation clicks by energy and frequency distributions. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 106, n. 3, p. 1579-1585, 1999.
- JANIK, V. M. Whistle matching in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Science**, v. 289, n. 5483, p. 1355-1357, 2000a.
- JANIK, V. M. Food-related bray calls in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Proceeding of the Royal Society of London B**, v. 267, p. 923-927, 2000b.
- JANIK, V. M. Source levels and the estimated active space of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) whistles in the Moray Firth, Scotland. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 186, p. 673-680, 2000c.
- LAMMERS, M. O.; AU, W. W. L.; 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.

- LAMMERS, M. O.; SCHOTTEN, M.; AU, W. W. The spatial context of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) producing acoustic signals. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 119, n. 2, p. 1244-1250, 2006.
- LÓPEZ, B. D. Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: Influence of behavior. **Mammalian Biology**, v. 76, p. 180-189, 2011.
- LUSSEAU, D.; WILSON, B.; HAMMOND, P. S.; GRELLIER, K.; DURBAN, J. W.; PARSONS, K. M.; BARTON, T. R.; THOMPSON, P. M. Quantifying the influence of sociality on population structure in bottlenose dolphins. **Journal of Animal Ecology**, V. 75, p. 14-24, 2006.
- MANN, D. A.; LU, Z.; HASTINGS, M. C.; POPPER, A. N. Detection of ultrasonic tones and stimulated dolphin echolocation clicks by a teleost fish, the American shad (*Alosa sapidissima*). **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 104, n. 1, p. 562-568, 1998.
- MANNA-CESAR, G. **Estudo dos padrões sonoros do boto *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) no canal de Laguna-SC.** Orientado por Alexandre Paulo Teixeira Moreira. Florianópolis, 1998. 43 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas)-Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas Brasil. Florianópolis, 1998.
- MEDEIROS, S. C.; CREMER, M. J. 2008. **Caracterização de assobios emitidos por *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) no canal de Laguna, SC.** Disponível em <<http://digital.univille.br/digital/seminarios/anais.phtml?idSeminarario=5&acao=resumos&idArea=2&cd=#851>>. Acesso em 12 de outubro de 2009.
- MEDEIROS, Sthefanie Caroline. **Caracterização dos assobios emitidos por *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) no canal de Laguna, SC.** Orientado por Marta Jussara Cremer. São Francisco do Sul, 2009. 41 f. Monografia (Bacharelado em Biologia Marinha)-Universidade da Região de Joinville, Departamento de Ciências Biológicas. São Francisco do Sul, 2009.

- MONTEIRO-FILHO, Emygdio Leite de Araujo. **Comportamento de caça e repertório sonoro do golfinho *Sotalia brasiliensis* (Cetacea: Delphinidae) na região de Cananéia, Estado de São Paulo.** Orientado por Cory Teixeira de Carvalho. Campinas, 1991. 99 f. Dissertação (Doutorado em Ciências Biológicas)- Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas, 1991.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; MONTEIRO, K. D. K. A. Repertório sonoro. In: MONTEIRO-FILHO, Emygdio L. A.; MONTEIRO, Karin D. K. A (Eds). **Biologia, ecologia e conservação do Boto-cinza.** São Paulo: Sema/ IPeC/ CNPq, 2008.
- 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.
- PARSON, C.; DOLMAN, S. The use of sound by cetaceans. In: SIMMONDS, Mark; DOLMAN, Sarah; WEILGART, Lindy (Eds). **Oceans of noise – A WDCCS science report.** Wiltshire: Whales and Dolphins Conservation Society, 2004.
- PETERSON, D.; HANAZAKI, N.; SIMÕES-LOPES, P. C. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Trusiops truncatus*) in Laguna, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 51, p. 469-475, 2008.
- RANKIN, S.; OSWALD, J.; BARLOW, J.; LAMMERS, M. Patterned burst-pulse vocalizations of the northern right whale dolphin, *Lissodelphis borealis*. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 121, n. 2, p. 1244-1250, 2007.
- REISS, D.; MCCOWAN, B. Spontaneous vocal mimicry and production by Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*): evidence for vocal learning. **Journal of Comparative Psychology**, v. 107, n. 3, p. 1213-1218, 1993.
- ROGAN, E.; INGRAM, S.; HOLMES, B.; O'FLANAGAN, C. 2000. **A survey of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Shannon Estuary.** Disponível em <<http://www.shannondolphins.ie/downloads/MarineResourceSeries.pdf>>. Acesso em 17 de maio de 2012.

- ROSSI-SANTOS, M. R.; SILVA Jr, J. M.; SILVA, F. L.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Descriptive parameters of pulsed calls for the spinner dolphin, *Stenella longirostris*, in the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 6, p. 1093-1097, 2008.
- QUICK, N. J.; JANIK, V. M. 2011. Bottlenose dolphins exchange signature whistles when meeting at sea. **Proceeding of the Royal Society B**. Disponível em <<http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/early/2012/02/23/rspb.2011.2537.full.pdf+html>>. Acesso em 17 de maio de 2012.
- SANTOS, M. E.; FERREIRA, A. J.; HARZEN, S. Rhythmic sound sequences emitted by aroused bottlenose dolphin in the Sado estuary, Portugal. In: KASTELEIN, Ron. A.; THOMAS, Jeanette. A.; NACHTIGALL, Paul. E. (Eds.). **Sensory Systems of Aquatic Mammals**. The Netherlands: De Spil, 1995.
- SAYIGH, L. S.; ESCH, H. C.; WELLS, R. S.; JANIK, V. M. Facts about signature whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Animal Behaviour**, v. 74 n. 6, p. 1631-1642, 2007.
- SHANE, S. H. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. In: LEATHERWOOD, Stephen; REEVES, Randall R. (Eds). **The Bottlenose Dolphin**. San Diego: Academic Press, 1990.
- SHIRIHAI, Hadoram; JARRETT, Brett. **Whales, dolphins and other marine mammals of the world**. 1. ed. Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2006.
- SIMARD, P.; LACE, N.; GOWANS, S.; QUINTANA-RIZZO, E.; KUCZAJ II, S. A.; WELLS, R. S.; MANN, D. A. Low frequency narrow-band calls in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): Signal properties, function, and conservation implications. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, n. 5, p. 3068-3076, 2011.
- SIMÕES-LOPES, P. C. Interaction of coastal populations of *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) with the mullet artisanal fisheries in southern Brazil. **Biotemas**, v. 4, n. 2, p. 83-94, 1991.

- SIMÕES-LOPES, P. C. Intraspecific agonistic behavior of *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) during dolphin-human cooperative fishing in southern Brazil. **Biotemas**, v. 11, n. 2, p. 165-171, 1998.
- SIMÕES-LOPES, P. C.; FABIAN, 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.
- 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, Paulo C. A. **O luar do delfim – A maravilhosa aventura da história natural**. 1. ed. Joinville: Letradágua, 2005.
- SMOLKER, R.; POPPER, J. W. Whistle convergence among allied male Bottlenose Dolphins (Delphinidae, *Tursiops* sp.). **Ethology**, v. 105, p. 595-617, 1999.
- STEINER, W. W. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western north Atlantic dolphin species. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 9, p. 241-246, 1981.
- TYACK, P. L. Studying how cetaceans use sound to explore their environment. In: BATESON, Paul P. G.; KLOPFER, Peter H.; THOMPSON, Nicholas S. (Eds.). **Perspectives in Ethology: Communication**. New York: Plenum Press, 1997.
- TYACK, P. L.; MILLER, E. H. Vocal anatomy, acoustic communication and echolocation. In: HOELZEL, A. Rus (Ed). **Marine Mammals Biology – An evolutionary approach**. Australia: Blackwell Publishing, 2004.
- WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Bottlenose dolphins – *Tursiops truncatus* and *T. aduncus*. In: PERRIN, William F.; WÜRSIG, Bernd G.; THEWISSEN, J G. M. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002.

ZURR, Alain F.; Ieno, Elena N.; Walker, Neil J.; Saveliev, Anatoly. A.; Smith, Graham. M. **Mixed effects models and extensions in ecology with R**. 1. ed. New York: Springer, 2009.