



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro Biomédico  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Isabela Maria Seabra de Lima

**Repertório de emissões sonoras do golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno  
bredanensis*) (Cetartiodactyla: Delphinidae) na costa do Estado do Rio  
de Janeiro**

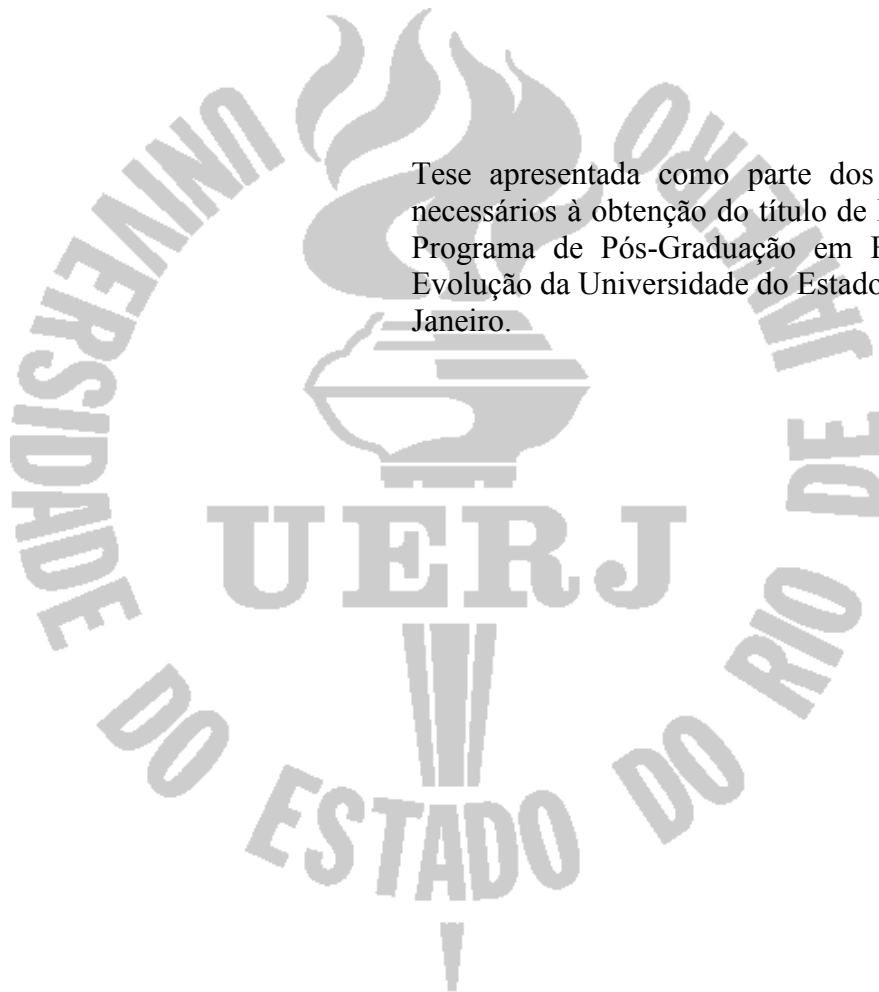
Rio de Janeiro

2017

Isabela Maria Seabra de Lima

**Repertório de emissões sonoras do golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*)  
(Cetartiodactyla: Delphinidae) na costa do Estado do Rio de Janeiro**

Tese apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.



Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

L732 Lima, Isabela Maria Seabra de.  
Tese Repertório de emissões sonoras do golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) (Cetartiodactyla: Delphinidae) na costa do Estado do Rio de Janeiro / Isabela Maria Seabra de Lima. – 2017. 127 f. : il.  
Orientador: Alexandre de Freitas Azevedo.  
Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.  
1. Golfinho – Comportamento - Teses. 2. Mamíferos marinhos - - Rio de Janeiro (Estado) – Teses. 3. Som produzido por animais – Teses. I. Azevedo, Alexandre de Freitas. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 599.53

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Isabela Maria Seabra de Lima

**Repertório de emissões sonoras do golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*)  
(Cetartiodactyla: Delphinidae) na costa do Estado do Rio de Janeiro**

Tese apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em:  
Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo  
Faculdade de Oceanografia – UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Lena Geise  
Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução – UERJ

---

Prof. Dr. José Lailson-Brito Jr.  
Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução – UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Neuza Rejane Wille Lima  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Patrícia Abrunhosa  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2017

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta tese a UERJ, uma instituição que mudou não somente a minha vida, como a de muitas outras pessoas até hoje. Sem ela, a educação, a pesquisa e a arte do nosso Estado perderia muito.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Alexandre de Freitas Azevedo por me orientar desde a graduação até o doutorado. Obrigada por sempre ajudar com ótimos conselhos, ensinamentos, incentivo, sugestões e paciência durante toda essa jornada. Mesmo com todas as responsabilidades da vida profissional de um pesquisador e professor, mesmo com todas as suas tarefas, ele sempre arrumou tempo para conversar sobre meu trabalho, mesmo que fosse só para me deixar mais segura em fases difíceis. Agradeço por ser um grande exemplo de pesquisador, orientador e professor para mim!

Ao professor José Lailson-Brito Jr. por ter me dado a oportunidade de fazer parte do MAQUA, local em que pude aprender tanto. Obrigada por todos os discursos sobre a importância de valorizar nosso próprio trabalho, importância da divulgação científica e conservação! Suas palavras contribuíram muito para minha noção de responsabilidade tanto na pesquisa quanto na formação de pessoas e conservação.

À Luciana Andrade, que não somente me ensinou a analisar assobios, me ajudando nos primeiros passos na bioacústica, mas também os caminhos do MATLAB e das análises de som pulsante. Obrigada por me ouvir, pelas nossas conversas e toda a amizade que amadureceu ao longo desses anos.

À Lis Bittencourt, que é uma grande amiga, além de excelente colega de trabalho. Obrigada por ser uma excelente dupla, com quem sempre posso contar tanto para discussões de trabalho, coletas, análises, quanto para as mais diversas questões pessoais. Agradeço, inclusive, pelas broncas que me ajudaram a processar melhor as coisas e a ser menos insegura!

A Rafael Carvalho, meu amigo e colega de todas as etapas acadêmicas! Agradeço pelos ótimos momentos de campo e por ser uma pessoa com quem sempre posso contar. Aprendi muito com ele ao longo desses anos! Agradeço por me mostrar um jeito diferente do meu de encarar as dificuldades de trabalho.

À equipe do MAQUA por todo o aprendizado que veio com o convívio diário com tantas pessoas diferentes no Laboratório. Obrigada pelo trabalho em equipe, principalmente pela ajuda dos estagiários da bioacústica em várias etapas! Levarei para a vida várias lições que aprendi com pessoas que passaram pelo MAQUA e que me influenciaram profissional e pessoalmente.

Aos membros da banca por toda a contribuição para a versão final do trabalho.

À professora Tatiana Bisi por ter contribuído com conselhos não somente com o trabalho em si, mas também sobre as diversas etapas da vida acadêmica. Seus ensinamentos em

disciplinas também foram muito importantes, inclusive para o aumento do meu ritmo de leitura. Obrigada por ser um exemplo de profissional que sempre procura ser o melhor que pode em cada função que exerce!

À professora Haydée Cunha por ter sido a pessoa que inicialmente me colocou no MAQUA em 2007, tendo paciência para me explicar sobre todas as linhas de pesquisa desenvolvidas no Laboratório e os diversos trabalhos comuns realizados lá. Obrigada por fazer parte do início da minha história no MAQUA e também por ter contribuído com conversas ao longo desse caminho acadêmico.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução – PPGEE pelas disciplinas interessantes que abriram minha mente e contribuíram muito para a minha formação acadêmica. Em especial às coordenadoras Gisele Lôbo-Hajdu e Helena de Godoy Bergallo, e a Sônia e Verusca da secretaria da pós-graduação por todo o apoio durante o doutorado.

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, pela Bolsa Nota 10 nos últimos dois anos de doutorado e pelos projetos de pesquisa do MAQUA/UERJ.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa nos primeiros anos de doutorado.

Ao Iate Clube Jardim Guanabara pelo suporte logístico para a realização das saídas de campo.

À ESEC Tamoios pelo apoio logístico nos trabalhos de campo na Baía de Ilha Grande.

Agradeço à minha família por todo o carinho, apoio e paciência durante todas as etapas da minha vida acadêmica até aqui! Em especial ao meu pai Luiz Alberto, minha mãe Maria Clara e meu irmão Eduardo. Agradeço ao meu pai pelos conselhos, auxílio em discussões matemáticas e conversas sobre doutorado. À minha mãe por ter sido sempre um dos pontos de apoio mais importantes para mim, com suas mensagens, nossas saídas para tomar café e seus doces sempre me animando. Agradeço ao meu irmão por toda a companhia, todo o apoio e ajuda, principalmente nos últimos três anos. Meu irmão fez toda a diferença no meu apoio emocional, principalmente nos dois anos em que meus pais não estavam no Brasil.

Ao meu noivo Rafael, por ter estado ao meu lado durante todos esses anos! Seu apoio vai muito além da vida acadêmica. Agradeço por sempre acreditar em mim, por me encorajar em cada etapa, e por constantemente me lembrar que sou mais forte e capaz do que penso ser. Sua parceria, apoio e exemplo de bom profissional fizeram toda a diferença, principalmente nos últimos anos de doutorado e me ajudaram a amadurecer em vários aspectos! Obrigada por toda

a paciência inesgotável, amor, carinho e todos os esforços para me animar em cada momento de dificuldade.

À Tatá, uma das minhas melhores amigas, por me escutar em todos os momentos, pelos conselhos, por me ajudar durante todo o processo de doutorado e em qualquer situação que eu precisasse! Sua amizade e apoio foram muito necessários desde as disciplinas de graduação até a pós-graduação! Todas as experiências difíceis nesses anos de vida acadêmica, principalmente no doutorado teriam sido mais complexas sem as nossas conversas. Sempre posso contar com a minha “maninha” botânica!

À Antônia, que sempre me tratou com muito carinho durante anos, e que foi fundamental nos anos em que meus pais estavam fora do país. Obrigada por toda a companhia, cuidado e comidas ótimas, principalmente o bolo de laranja acolhedor.

À Regina, por todos os conselhos, florais e seções que me ajudaram a me acalmar, me organizar e focar no que era realmente prioridade.

Aos meus amigos, essenciais em cada momento, em especial Gabi, Marco, Falcão, Bernardo, Anna, Fernanda e Marcos. Desde os encontros simples ou conversas rápidas no dia-a-dia até momentos de lazer nos finais de semana, eles me ajudaram a ter energia para continuar. Aprendi muito com vários deles, inclusive maneiras distintas de lidar com problemas.

Aos bichinhos que me ajudaram me transmitindo paz e tranquilidade: Locke, Shoyu, Sakura e Naomi.

The human mind delights in finding pattern-so much so that we often mistake coincidence or forced analogy for profound meaning. No other habit of thought lies so deeply within the soul of a small creature trying to make sense of a complex world not constructed for it.

*Stephen Jay Gould*

## RESUMO

LIMA, I.M.S. Repertório de emissões sonoras do golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) (Cetartiodactyla: Delphinidae) na costa do Estado do Rio de Janeiro. 2017. 127 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

Os sons emitidos por delfínídeos são muito importantes em interações sociais. Apesar disso, a relação de assobios com os contextos sociais de emissão foi estudada em poucas espécies e sons pulsantes foram alvos de poucos estudos. O golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) é uma espécie pouco estudada e o conhecimento sobre o seu repertório acústico é baseado em gravações esporádicas em somente alguns pontos de sua distribuição. A tese apresenta a caracterização de assobios e sons pulsantes de *S. bredanensis* na costa do Estado do Rio de Janeiro. A primeira seção apresenta a caracterização de repertório de assobios e as variações destes em relação aos estados comportamentais de alimentação e deslocamento e demais características de grupo. As gravações foram realizadas com um hidrofone C54XRS (-165 dB re: 1V/ $\mu$ Pa; resposta de frequência entre 0,009 e 100 kHz) e um gravador digital com taxa de amostragem de 192 kHz. Foram realizados 17 dias de gravação entre 2010 e 2015. Foram extraídos 12 parâmetros acústicos de 317 assobios de *S. bredanensis* (*Raven Pro 1.4*, FFT 512, *overlap* 50%). Os assobios apresentaram uma duração média de  $380 \pm 179$  ms e geralmente baixos valores de modulação de frequência (média =  $2,1 \pm 1,6$  kHz). Adicionalmente, 42,3% dos assobios apresentaram contorno dividido em segmentos. A modulação de frequência dos assobios se concentra em geral em uma pequena porcentagem da duração destes, com trechos constantes ocupando em média 58,5% da duração dos assobios. Assobios emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento ( $N=256$ ) foram comparados em relação aos parâmetros acústicos. Cinco dos parâmetros foram distintos entre os assobios emitidos nesses comportamentos (*Mann-Whitney*,  $p < 0,05$ ) e quatro desses foram selecionados na análise discriminante para diferenciar os comportamentos: duração, número de pontos de inflexão, frequência final e frequência a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio. A taxa de emissão de assobios não apresentou correlação com tamanho de grupo ( $r=0,2$ ;  $p > 0,05$ ) e não variou entre os comportamentos (*Mann-Whitney*,  $p > 0,05$ ). Grupos com filhotes apresentaram maior taxa de emissão ( $0,27 \pm 0,22$ ) do que os sem filhotes ( $0,07 \pm 0,09$ ) (*Mann-Whitney*,  $p < 0,05$ ). Dentre os 508 assobios adequados para análise, 61,4% eram estereotipados (apresentam contornos característicos e repetidos em sequência em pelo menos um dos dias de gravação). Esses assobios foram classificados em 28 categorias e quatro subcategorias de forma de contorno. Foram contabilizadas 71 sequências formadas por no mínimo dois e no máximo 12 assobios estereotipados de mesma forma de contorno, com média de  $3,3 \pm 1,6$  assobios em cada uma. Esses assobios foram encontrados em 11 dos 17 grupos e em todos os comportamentos. A segunda seção apresenta uma análise de sons pulsantes. A detecção desses foi realizada no *Triton*, a inspeção dessas foi realizada no *Wavesurfer* e MATLAB e a análise de parâmetros acústicos no MATLAB. Os sons pulsantes considerados adequados para análise foram 44, apresentando em média  $317 \pm 208$  pulsos e  $317 \pm 229$  ms de duração. A duração média de cada pulso foi  $249 \pm 53$   $\mu$ s e o intervalo entre pulsos variou de 0,4 a 3,0 ms. As médias de pico de frequência, frequência central, -3dB e -10dB foram  $27,9 \pm 6,5$ ,  $31,4 \pm 5,5$ ,  $10,8 \pm 2,7$  e  $31,2 \pm 8,2$  kHz respectivamente.

Palavras-chave: Bioacústica. Assobios. Comportamento. Sons pulsantes.

## ABSTRACT

LIMA, I.M.S. Sound emission repertoire of rough-toothed-dolphins (*Steno bredanensis*) (Cetartiodactyla: Delphinidae) in the Rio de Janeiro State Coast. 2017. 127 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

Sounds emitted by delphinids are very important in social interactions. However, the relationships between whistles and the social contexts of these emissions were studied in only a few species and pulsed sounds were the focus of few studies. Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) is a species rarely studied and information about their acoustic repertoire is based on opportunistic recordings in only a few places in their distribution. This thesis presents a characterization of whistles and pulsed sounds of *S. bredanensis* in the Rio de Janeiro State Coast. The first section presents a characterization of whistle repertoire and variations of these in relation to behavior states of feeding and travelling and other group characteristics. Recordings were made with a C54XRS hydrophone (-165 dB re: 1V/ $\mu$ Pa; frequency response between 0,009 and 100 kHz) and one um digital recorder with 192 kHz sample rate. Seventeen days of recording were done between 2010 and 2015. Twelve acoustic parameters were extracted from 317 whistles of *S. bredanensis* (*Raven Pro 1.4*, FFT 512, *overlap* 50%). The whistles presented a mean duration of  $380\pm 179$  ms and generally low values of frequency modulation (mean =  $2.1\pm 1.6$  kHz). Furthermore, 42.3% of the whistles presented segmented contours. In general, frequency modulations concentrate in a small percentage of the duration of the whistles, with constant parts occupying 58.5% of the whistle duration on average. Whistles emitted during feeding and travelling ( $N=256$ ) were compared through acoustic parameters. Five parameters were different between whistles emitted in these behaviors (*Mann-Whitney*,  $p<0.05$ ) and four of these were selected in the discriminant analysis to separate behaviors: duration, number of inflexion points, ending frequency and frequency at  $\frac{3}{4}$  of the duration of the whistle. The whistle emission rate did not present correlation with group size ( $r=0.2$ ;  $p>0.05$ ) and did not vary between behavior states (*Mann-Whitney*,  $p>0.05$ ). Groups with calves presented higher whistle emission rate ( $0.27\pm 0.22$ ) than groups without ( $0.07\pm 0.09$ ) (*Mann-Whitney*,  $p<0.05$ ). Among the 508 whistles selected for analysis, 61.4% were stereotyped (presented characteristic contours, distinct from the others, and repeated in sequence at least in one recording session). These whistles were classified in 28 categories and four subcategories according to contour form. Seventy-one sequences were identified. These were formed by a minimum of two and a maximum of 12 stereotyped whistles of the same contour form, with a mean value of  $3.3\pm 1.6$  whistles in each sequence. These whistles were found in 11 of the 17 groups and in all of the behavior states. The second section presents an analysis of pulsed sounds. The detections of these sounds was done in *Triton*, the inspection of these in *Wavesurfer* and MATLAB and the analysis of acoustic parameters was done in MATLAB. Forty-four pulsed sounds were considered adequate for analysis. These sounds had a mean number of  $317\pm 208$  pulses per sound and a mean duration of  $317\pm 229$  ms. The mean duration per pulse was  $249\pm 53$   $\mu$ s and the inter-click interval varied from 0.4 to 3.0 ms. The mean values of peak, center frequency, -3dB and -10dB bandwidth were  $27.9\pm 6.5$ ,  $31.4\pm 5.5$ ,  $10.8\pm 2.7$  and  $31.2\pm 8.2$  kHz respectively.

Key-words: Bioacoustics. Whistles. Behavior. Pulsed sounds.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	<i>Steno bredanensis</i> na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.....	20
Figura 2-	Grupo de <i>Steno bredanensis</i> na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.....	22
Figura 3-	Mapa da área de estudo.....	30
Figura 4-	Mapa de área de estudo e locais de gravação de <i>Steno bredanensis</i> na Baía de Guanabara e adjacências e na Baía de Ilha Grande e adjacências, Rio de Janeiro, Brasil.....	37
Figura 5-	Assobios de <i>Steno bredanensis</i> (golfnho-de-dentes-rugosos) com diferentes contornos ao longo da duração dos assobios .....	40
Figura 6-	Alguns dos parâmetros acústicos extraídos dos assobios de <i>Steno bredanensis</i> .....	41
Figura 7-	Repetições de dois tipos de assobios estereotipados de <i>Steno bredanensis</i> gravados na costa do Rio de Janeiro.....	44
Figura 8-	Exemplos de assobios de <i>Steno bredanensis</i> utilizados na classificação de assobios estereotipados em categorias.....	45
Figura 9-	Exemplos de assobios de <i>Steno bredanensis</i> (golfnho-de-dentes-rugosos) com quebras de contorno .....	52
Figura 10-	Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de <i>Steno bredanensis</i> emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos .....	56
Figura 11-	Exemplos de assobios estereotipados de <i>Steno bredanensis</i> cujas categorias foram subdivididas .....	67
Figura 12-	Percentual de assobios estereotipados de <i>Steno bredanensis</i> por grupo gravado.....	74
Figura 13-	Número de assobios estereotipados de <i>Steno bredanensis</i> por grupo gravado.....	75
Figura 14-	Percentual de assobios estereotipados de <i>Steno bredanensis</i> por comportamento gravado .....	75
Figura 15-	Assobios segmentados de <i>Steno bredanensis</i> gravados no Oceano Pacífico .....	77
Figura 16-	Visualização de detecções de cada pulso de um som pulsante .....	94
Figura 17-	Visualização do <i>waveform</i> e espectrograma de um som pulsante .....	95
Figura 18-	Exemplos de dois sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	99

Figura 19-	Histograma da duração (DUR_SP) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	100
Figura 20-	Histograma de número de pulsos (NP) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	101
Figura 21-	Histograma de duração de pulsos (DUR_P) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	101
Figura 22-	Histograma de intervalo entre cliques (ICI) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	102
Figura 23-	Histograma de picos de frequência (PF) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	104
Figura 24-	Histograma de frequência central (FC) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	104
Figura 25-	Histograma de largura de banda de frequência a -3 dB (-3dB bandwidth) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	105
Figura 26-	Histograma de largura de banda de frequência a -10 dB (-10dB bandwidth) dos sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	106

## LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1-	Estudos de emissões sonoras de <i>Steno bredanensis</i> em diversas regiões...	24
Tabela 1-	Informações de gravações de grupos de <i>Steno bredanensis</i> entre 2010 e 2015.....	50
Tabela 2-	Percentual das formas de contorno ao longo da duração de assobios de <i>Steno bredanensis</i> .....	52
Tabela 3-	Estatística descritiva dos parâmetros acústicos de assobios de <i>Steno bredanensis</i> .....	53
Tabela 4-	Três componentes que explicam 85,2% das variações encontradas em assobios de <i>Steno bredanensis</i> emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento.....	62
Tabela 5-	Correlações entre os parâmetros acústicos e os componentes que explicam 85,2% das variações encontradas em assobios de <i>Steno bredanensis</i> emitidos em alimentação e deslocamento.....	63
Tabela 6-	Categorias de formas de contorno de assobios estereotipados de <i>S. bredanensis</i> e parâmetros acústicos.....	65
Tabela 7-	Categorias de formas de contorno de assobios estereotipados de <i>S. bredanensis</i> gravados na costa do Rio de Janeiro .....	69
Tabela 8-	Informações sobre número de assobios estereotipados identificados em relação aos dados de gravação de cada grupo de <i>S. bredanensis</i> .....	72
Tabela 9-	Valores médios e desvio padrão de parâmetros acústicos de assobios de <i>Steno bredanensis</i> reportados no presente estudo e em três do Oceano Pacífico.....	79
Tabela 10-	Informações de gravações de grupos de <i>Steno bredanensis</i> entre 2013 e 2015.....	97
Tabela 11-	Estatísticas descritivas de parâmetros acústicos de sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> .....	103
Tabela 12-	Valores médios e desvio padrão de parâmetros acústicos de sons pulsantes de diferentes espécies de delfínídeos.....	111
Tabela 13-	Valores de mediana e intervalo de confiança de 80% de parâmetros acústicos de sons pulsantes de <i>Steno bredanensis</i> reportados no presente estudo e para cliques e “pacotes” de cliques de <i>Steno bredanensis</i> no Oceano Pacífico.....	114

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BG – Baía de Guanabara

BIG – Baía de Ilha Grande

N – Grupos sem filhote

S – Grupos com filhotes

A – Alimentação

D – Deslocamento

S – Socialização

M – *Milling*

DS – Descanso

N – Grupos sem filhotes

Inf – Número de pontos de inflexão

FI – Frequência inicial

FF – Frequência final

Fmin – Frequência mínima

Fmax – Frequência máxima

Mod – Modulação de frequência

PF – Pico de frequência

FC – Frequência central

F1/4 – Frequência a 1/4 da duração do assobio

F1/2 - Frequência a 1/2 da duração do assobio

F3/4 – Frequência a 3/4 da duração do assobio

Dur – Duração

DUR\_SP – Duração do som pulsante

NP – Número de pulsos

DUR\_P – Duração do pulso

ICI – Intervalo entre cliques

-3dB bandwidth – Largura de banda de frequência a -3dB

-10dB bandwidth – Largura de banda de frequência a -10dB.

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
1	<b>ESPÉCIE ESTUDADA</b> .....	19
1.1	<b>Emissões sonoras de <i>Steno bredanensis</i></b> .....	23
2	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	26
2.1	<b>Baía de Guanabara</b> .....	26
2.2	<b>Baía de Ilha Grande</b> .....	27
3	<b>CARACTERIZAÇÃO E VARIAÇÕES INTRAESPECÍFICAS DE ASSOBIOS DE <i>Steno bredanensis</i> (Cetartiodactyla: Delphinidae) NA COSTA DO RIO DE JANEIRO</b> .....	31
	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	31
4	<b>OBJETIVOS</b> .....	35
5	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	36
5.1	<b>Gravação de emissões</b> .....	36
5.2	<b>Análise de assobios</b> .....	39
5.3	<b>Caracterização de assobios estereotipados de <i>Steno bredanensis</i></b> .....	42
5.4	<b>Análises estatísticas</b> .....	46
5.4.1	<u>Análise estatística de formas de contorno e parâmetros acústicos de assobios</u> .....	46
5.4.2	<u>Comparação de parâmetros acústicos dos assobios entre comportamentos</u> .....	46
5.4.3	<u>Caracterização de assobios estereotipados</u> .....	48
6	<b>RESULTADOS</b> .....	49
6.1	<b>Caracterização de assobios</b> .....	51
6.1.1	<u>Comparação dos assobios entre comportamentos</u> .....	55
6.1.2	<u>Caracterização de assobios estereotipados</u> .....	64
7	<b>DISCUSSÃO</b> .....	76
8	<b>CONCLUSÃO</b> .....	88
9	<b>CARACTERIZAÇÃO DE SONS PULSANTES DE <i>Steno bredanensis</i> (Cetartiodactyla: Delphinidae) NA COSTA DO RIO DE JANEIRO</b> .....	89
	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	89

10	<b>OBJETIVOS</b> .....	91
11	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	92
12	<b>RESULTADOS</b> .....	97
13	<b>DISCUSSÃO</b> .....	107
14	<b>CONCLUSÃO</b> .....	116
15	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES FUTURAS</b> .....	117
16	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	119

## INTRODUÇÃO GERAL

Os odontocetos emitem diferentes tipos de sons, importantes para a sua navegação, orientação e comunicação entre indivíduos (RICHARDSON et al., 1995). Esses sons estão divididos em duas categorias amplas: assobios e pulsos. Os assobios são emissões tonais, de banda estreita e apresentam função de comunicação acústica entre indivíduos em diversos contextos sociais (JANIK; SLATER, 1998; LAMMERS; AU; HERZING, 2003; RICHARDSON et al., 1995). Os pulsos são uma categoria formada por sinais pulsados de banda larga, sendo divididos em cliques de ecolocalização e sons pulsantes. Os cliques de ecolocalização estão relacionados a busca por alimento e navegação (LAMMERS; AU; HERZING, 2003; RICHARDSON et al., 1995). Os demais sons pulsantes, apesar de menos estudados, têm tido suas funções relacionadas a comunicação entre indivíduos, inclusive durante comportamentos agonísticos (BLOMQVIST; AMUNDIN, 2004; HERZING, 1996; LAMMERS; AU; HERZING, 2003).

A maioria dos estudos de bioacústica de odontocetos até o momento se concentra na família de Delphinidae e apresenta enfoque predominante em caracterização de assobios (ANSMANN et al., 2007; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; AZEVEDO et al., 2010; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009) e cliques de ecolocalização (BAUMANN-PICKERING et al., 2010; LUÍS; COUCHINHO; SANTOS, 2016; RASMUSSEN; MILLER, 2002; WAHLBERG et al., 2011). Esses estudos, em sua maioria, apresentam caracterização das emissões através da utilização de parâmetros acústicos de frequência e duração. Estudos de assobios muitas vezes também utilizam caracterização qualitativa de forma de contorno (ANDRADE et al., 2015a; AZEVEDO et al., 2007, 2010; DÍAZ LÓPEZ, 2011). Análises de assobios também são utilizadas para comparação de repertório entre espécies diferentes de delfínídeos (LIMA et al., 2016; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003) e entre populações da mesma espécie (ANDRADE et al., 2015a; ANSMANN et al., 2007). Parâmetros acústicos de cliques de ecolocalização também têm sido utilizados para comparação de repertório entre espécies (BAUMANN-PICKERING et al., 2010).

Apesar da quantidade de estudos realizados com enfoque em assobios, são poucos os que relacionam estas emissões com contextos sociais em que foram emitidas (DÍAZ LÓPEZ, 2011; MAY-COLLADO, 2013). Uma das dificuldades para isso se deve a limitação de observações em campo durante a realização das gravações. Essa limitação pode ocorrer por

efeito de condições climáticas durante a coleta ou pela própria característica de comportamentos de espécies, que podem dificultar a observação dessas (RANKIN; OSWALD; BARLOW, 2008). Adicionalmente, grande parte dos estudos é limitado a associar assobios somente a comportamentos observados em superfície, devido em grande parte a condições de visibilidade da água em que os animais são encontrados (MAY-COLLADO, 2013). Isso restringe a compreensão do uso desses sinais em diversas situações.

Estudos de cliques de ecolocalização, apesar de mais comuns do que os de sons pulsantes, também não foram realizados para muitas espécies de delfínídeos e são escassos em diversas regiões do mundo. Isso pode estar relacionado ao baixo acesso a equipamentos adequados para gravação de sons de banda larga de frequência, com ampla taxa de amostragem e hidrofones sensíveis a altas frequências. Nos últimos anos equipamentos com alta taxa de amostragem passaram a ser mais acessíveis, contribuindo para um maior número de estudos desse tipo de emissão (BAUMANN-PICKERING et al., 2010; KYHN et al., 2009, 2010; LUÍS; COUCHINHO; SANTOS, 2016; SOLDEVILLA et al., 2008; TOUGAARD; KYHN, 2009). Adicionalmente, ferramentas de análise de sons de banda larga também têm sido aprimoradas e contribuído para o avanço na caracterização desses sons em diversas espécies (SOLDEVILLA et al., 2008; WIGGINS; HILDEBRAND, 2007). Estudos com enfoque em caracterização de sons pulsantes e comparação inter e intraespecífica desse tipo de emissão ainda são escassos, possivelmente devido a variação na característica física desses sinais e consequente dificuldade na obtenção de parâmetros acústicos (BRANSTETTER et al., 2012; LAMMERS; AU; HERZING, 2003).

O golfinho-de-dentes-rugosos, *Steno bredanensis* (Cuvier, 1828), é uma espécie encontrada em águas tropicais e temperadas (BAIRD et al., 2008; JEFFERSON, 2009; KUCZAJ II; YEATER, 2007). São poucas as informações disponíveis sobre a ecologia, abundância e habitat desta espécie. Os estudos de bioacústica realizados com *S. bredanensis* são geralmente baseados em gravações oportunistas, não apresentando uma caracterização sistemática do repertório acústico em diversas áreas da distribuição da espécie. Assim como no caso de outros delfínídeos, esta espécie produz assobios e cliques (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; EVANS, 1967; GOTZ; VERFUSS; SCHNITZLER, 2006; LIMA et al., 2012; NORRIS; EVANS, 1967; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; RANKIN et al., 2015; RANKIN; OSWALD; BARLOW, 2008; WATKINS et al., 1987). Os estudos de bioacústica que envolveram esta espécie se concentraram predominantemente em reportar as emissões existentes, caracterizar assobios (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; EVANS, 1967; LIMA et al., 2012; RANKIN et al., 2015; WATKINS et al., 1987) e utilizar características acústicas

dos assobios da espécie em comparações interespecíficas (LIMA et al., 2016; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003). Assobios desta espécie não foram ainda relacionados a contextos sociais, algo que tem sido apontado como importante para a compreensão de repertório acústico para outras espécies de delfínídeos (DÍAZ LÓPEZ, 2011; MAY-COLLADO, 2013; SANTOS et al., 2005). Cliques de ecolocalização, apesar de terem sido reportados, foram alvos de apenas algumas descrições de largura de banda de frequência completa em poucas regiões de distribuição da espécie. A caracterização mais detalhada de cliques emitidos por esta espécie foi realizada recentemente no Oceano Pacífico (RANKIN et al., 2015). Nessa caracterização, parâmetros acústicos não reportados previamente para cliques da espécie foram utilizados, como intervalo entre cliques. Sons pulsantes não foram previamente caracterizados para a espécie.

O presente estudo tem como objetivo geral caracterizar o repertório de assobios de *S. bredanensis* gravados na costa do Estado do Rio de Janeiro em diferentes contextos sociais e os sons pulsantes emitidos pela espécie na região. Com essa finalidade, a tese está dividida em duas seções. A primeira seção apresenta a caracterização de repertório de assobios de *S. bredanensis* na costa do Estado do Rio de Janeiro e as variações desses assobios em relação aos estados comportamentais de alimentação e deslocamento e as características de grupo. Essa seção também apresenta caracterização dos assobios estereotipados (característicos em forma de contorno e muitas vezes repetidos em sequência) do repertório. A segunda seção apresenta a caracterização de sons pulsantes emitidos pela espécie com base em análise de parâmetros acústicos.

## 1 ESPÉCIE ESTUDADA

O golfinho-de-dentes-rugosos, *S. bredanensis* é uma espécie de delfínídeo que apresenta características físicas específicas, o que torna a sua identificação simples em campo. Esses animais apresentam um rostro longo e uma cabeça em formato cônico, não havendo marcação definida na passagem do rostro para o melão (Figura 1) (JEFFERSON, 2009). O tamanho máximo identificado para machos foi de 265 cm e para fêmeas 255 cm. Os indivíduos geralmente vivem em torno de 32 a 36 anos (MIYAZAKI; PERRIN, 1994). Os machos atingem maturidade sexual em torno dos 14 anos de idade e fêmeas em torno dos 10 anos (MIYAZAKI; PERRIN, 1994).

Golfinhos-de-dentes-rugosos foram reportados tanto em regiões oceânicas, como no Havaí em profundidades maiores do que 1500 m (BAIRD et al., 2008), quanto em regiões costeiras e de baixa profundidade (HETZEL; LODI, 1993; OTT; DANILEWICZ, 1996). Registros no Oceano Atlântico vão do sudeste dos Estados Unidos ao sul do Brasil, oeste da África e península Ibérica. Especificamente no Brasil, o limite norte da distribuição foi registrado em Taíba, Ceará e o limite sul, a 40 km do norte de Molhe Leste no Rio Grande do Sul (LODI; HETZEL, 1998). No Oceano Pacífico, registros foram realizados do Japão ao norte da Austrália. Apesar de poucos, também há registros da espécie no Oceano Índico (JEFFERSON, 2009). Um estudo recente demonstrou diferenciação genética entre *S. bredanensis* do Oceano Pacífico e do Oceano Atlântico, o que pode ser evidência de especiação (DA SILVA et al., 2015).

Populações da espécie parecem ter organização fissão-fusão, onde os grupos apresentam fluidez em composição, o que também é comum para populações de outras espécies de delfínídeos (JEFFERSON, 2009; MAYR; RITTER, 2005). Porém, estudos de foto-identificação demonstraram alta associação não somente entre pares de mãe e filhote, mas também entre indivíduos de diferentes classes etárias (MAYR; RITTER, 2005). Inclusive foi observada a presença contínua de um macho em um grupo social, o que não é normalmente reportado para outros delfínídeos (KUCZAJ II; YEATER, 2007).

Figura 1- *Steno bredanensis* na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.



Legenda: Três indivíduos da espécie *Steno bredanensis* nadando próximos à superfície.

Fonte: Carvalho, 2013.

Fidelidade de sítio foi reportada para *S. bredanensis* observados em Utila, Honduras, com 15 indivíduos sendo reavistados ao longo de um período de três anos (KUCZAJ II; YEATER, 2007). *S. bredanensis* estudados no Havaí também exibiram fidelidade de sítio, sendo frequentemente reavistados ao longo de anos em cada um desses locais (MAYR; RITTER, 2005). Adicionalmente à fidelidade de sítio, esses animais apresentam uma extensa área de vida, com os mesmos indivíduos sendo reavistados em locais distantes uns dos outros, como Baía de Ilha Grande e Arraial, no Rio de Janeiro (LODI et al., 2012).

Os golfinhos-de-dentes-rugosos são normalmente encontrados em grupos entre 10 e 20 indivíduos (JEFFERSON, 2009; KUCZAJ II; YEATER, 2007), porém grupos em torno de 50 indivíduos foram encontrados em águas próximas as Ilhas Canárias (JEFFERSON, 2009) e em áreas adjacentes da Baía de Guanabara no Rio de Janeiro (LIMA et al., 2012). Grupos de mais de 50 indivíduos foram observados no Havaí, no Mediterrâneo (BAIRD et al., 2008; JEFFERSON, 2009) e durante uma observação aérea realizada na Barra da Tijuca no Rio de Janeiro (LODI; HETZEL, 1998). Grupos maiores são geralmente encontrados separados em subgrupos (as vezes contendo em até 10 indivíduos), o que foi observado por exemplo, no Havaí (BAIRD et al., 2008) e no Rio de Janeiro (LIMA et al., 2012; LODI; HETZEL, 1998). Esses golfinhos são frequentemente encontrados em associação com outras espécies, tanto de delfínídeos quanto de mysticetos (BAIRD et al., 2008; JEFFERSON, 2009; LODI; HETZEL,

1998). No Rio de Janeiro *S. bredanensis* foi encontrado em comportamento de alimentação associado a *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa) e também foi observado em deslocamento junto a um par de mãe e filhote de *Eubalaena australis* (baleia-franca-do-sul) (LODI; HETZEL, 1998).

Dentre os comportamentos observados para a espécie, um dos mais característicos é o deslocamento sincronizado (Figura 2), com indivíduos do grupo ou subgrupos muito próximos uns dos outros (GOTZ; VERFUSS; SCHNITZLER, 2006; KUCZAJ II; YEATER, 2007; MAYR; RITTER, 2005). Através dessa formação, contato físico ocorre frequentemente entre os indivíduos, o que parece ser um aspecto importante das interações sociais nesses grupos (KUCZAJ II; YEATER, 2007). Essa formação também pode ter a função de reduzir o custo energético da maioria dos membros do grupo durante a navegação e a busca por alimento (GOTZ; VERFUSS; SCHNITZLER, 2006). Isso porque em um estudo realizado nas Ilhas Canárias, cliques de ecolocalização durante deslocamento sincronizado foram frequentemente emitidos por somente um indivíduo (GOTZ; VERFUSS; SCHNITZLER, 2006). Assim, o restante do grupo pode utilizar a informação que chega a partir do eco dos sinais emitidos por um único indivíduo (DAWSON, 1991; GOTZ; VERFUSS; SCHNITZLER, 2006). Outros comportamentos frequentemente reportados para *S. bredanensis* são: alimentação; *milling* e descanso (LODI; HETZEL, 1998; RITTER, 2002). Comportamento epimelético também já foi descrito para a espécie (LODI, 1992).

Figura 2- Grupo de *Steno bredanensis* na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.



Legenda: Grupo de *Steno bredanensis* em deslocamento sincronizado em adjacências da Baía de Guanabara.

Fonte: Carvalho, 2013.

*S. bredanensis* está na categoria de “menor preocupação” na IUCN (*International Union for Nature Conservation*). Entretanto, seus habitats no sudeste do Oceano Atlântico estão sendo alvos de diversas atividades antrópicas, o que traz diversas ameaças para *S. bredanensis* e as demais espécies de hábitos costeiros. Poluição química, sonora, captura acidental e degradação ambiental são alguns dos problemas que ocorrem atualmente devido a influência de atividades antrópicas (LAILSON-BRITO et al., 2012; JEFFERSON, 2009; RICHARDSON et al., 1995). Indivíduos dessa espécie exibiram altas concentrações de organoclorados em seu tecido adiposo na costa do Rio de Janeiro (LAILSON-BRITO et al., 2012). Essas concentrações, assim como as encontradas em exemplares de espécies que se alimentam de mamíferos marinhos, foram superiores às obtidas para outros exemplares de espécies de delfínídeos encontrados na plataforma continental. As lacunas existentes em informações sobre ecologia, abundância e habitat de *S. bredanensis* em sua distribuição geral, tornam difícil mensurar a magnitude dos efeitos das ameaças sob as populações da espécie.

### 1.1 Emissões sonoras de *Steno bredanensis*

Estudos de bioacústica com *S. bredanensis* são escassos, sendo normalmente realizados a partir de gravações oportunísticas. O quadro 1 apresenta informações sobre os estudos realizados, como as regiões onde foram realizados, o número de grupos gravados, a taxa de amostragem utilizada e os tipos de emissões caracterizados.

Assobios da espécie foram caracterizados em estudos no nordeste do Oceano Atlântico (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966), sudeste do Oceano Atlântico (LIMA et al., 2012) e Oceano Pacífico (EVANS, 1967; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; RANKIN et al., 2015). Os assobios apresentam formas de contorno simples, com baixos valores de modulação de frequência (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; EVANS, 1967; LIMA et al., 2012; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; RANKIN et al., 2015) e contorno dividido em segmentos (EVANS, 1967; LIMA et al., 2012; RANKIN et al., 2015). Repetições de assobios com mesma forma de contorno também foram reportadas em estudos anteriores (EVANS, 1967; LIMA et al., 2012).

O primeiro estudo realizado com emissões de *S. bredanensis*, no nordeste do Oceano Atlântico demonstrou uma caracterização com poucos parâmetros acústicos, estabeleceu a faixa de frequência em que as emissões geralmente ocorreram e descreveu quatro categorias de forma de contorno distintas de assobios (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966). Os assobios reportados no estudo geralmente apresentam frequência dominante entre 4 e 7 kHz e média de duração de 0,5 segundos. Estudos realizados posteriormente reportaram frequência fundamental de assobios de golfinhos-de-dentes-rugosos entre 3 e 10 kHz de um grupo gravado no Oceano Pacífico Central, entre 2 e 14 kHz em uma situação de captura de um indivíduo no mesmo local (EVANS, 1967); e entre 3 e 12 kHz para golfinhos gravados no mar Mediterrâneo (WATKINS et al., 1987). A faixa em que se encontrou a frequência fundamental também foi estreita em um estudo mais recente realizado no Oceano Atlântico Sul, se mantendo entre 2,2 e 13,9 kHz (LIMA et al., 2012). Outros estudos recentes no Oceano Pacífico demonstraram valores médios de frequência mínima e máxima dentro de uma faixa de frequência semelhantes a reportada anteriormente (OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; RANKIN et al., 2015). O valor máximo de frequência reportada para os assobios da espécie foi de 28,2 kHz no Oceano Pacífico (RANKIN et al., 2015).

Quadro 1 – Estudos de emissões sonoras de *Steno bredanensis* em diversas regiões.

Estudo	Local	Número de grupos	Taxa de amostragem	Tipo de emissão
Busnel; Dziedzic 1966	Arquipélago da Madeira, Nordeste do Oceano Atlântico	1	60 kHz	Assobios e cliques
Evans 1967	Oahu, Havaí, Oceano Pacífico Central	1 grupo e 1 indivíduo durante captura	*	Assobios
Norris; Evans 1967	Oahu, Havaí, Oceano Pacífico Central	1 grupo e 1 indivíduo em cativeiro	500 kHz	Cliques
Watkins 1987	Sudeste da Sicília, Mar Mediterrâneo	1	*	Assobios
Oswald et al. 2003	Oceano Pacífico central e Leste	5	48 kHz	Assobios
Oswald et al. 2007	Oceano Pacífico central e Leste	14	48 e 200 kHz	Assobios
Lima et al. 2012	Rio de Janeiro, Sudeste do Oceano Atlântico	4	96 kHz	Assobios
Rankin et al. 2015	Oceano Pacífico central e Leste	12 (assobios); 6 (cliques); e 3 (“pacotes” de cliques)	48 e 192 kHz	Assobios, cliques e “pacotes” de cliques

Legenda: Locais de gravação, número de grupos; taxas de amostragem e tipos de emissão caracterizadas em estudos de *Steno bredanensis*. Os “pacotes” de cliques são grupos de cliques, com intervalo curto entre pulsos. Os asteriscos indicam informações não reportadas pelos estudos.

Fonte: A autora, 2017.

Dentre os sinais de banda larga, somente cliques de ecolocalização haviam sido inicialmente descritos (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; NORRIS; EVANS). Cliques de ecolocalização foram reportados com concentração máxima de energia máxima entre 14 e 25 kHz (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966), porém valores de frequência acima de 200 kHz foram reportados quando indivíduos foram gravados emitindo sinais no mesmo eixo do hidrofone (NORRIS; EVANS, 1967). O estudo no mar Mediterrâneo reportou somente que séries de cliques duravam geralmente entre 0,1 e 0,2 segundos (WATKINS, 1987). Somente em um estudo mais recente no Oceano Pacífico os valores de diversos parâmetros de frequência, duração e intervalo entre cliques foram caracterizados (RANKIN et al., 2015). Os cliques emitidos pela espécie foram divididos em dois tipos: cliques de ecolocalização e “pacotes” de cliques (cliques que ocorrem em grupos, com intervalo entre cliques curto). Os valores médios de pico de frequência e frequência central foram em torno de 23 a 26 kHz (RANKIN et al., 2015). Sons pulsantes não foram ainda caracterizados para a espécie. Caracterização detalhada desse tipo de emissão é necessária para o conhecimento do repertório acústico da espécie. Para o estudo de sons pulsantes, o uso de sistemas de gravação com ampla taxa de amostragem e técnicas de análise adequadas são necessários. Isso porque essas emissões são caracterizadas pelos seus pulsos ultrassônicos.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara se localiza na porção centro-sul do Estado do Rio de Janeiro (Figura 3). O entorno da baía apresenta diversos ecossistemas distintos como praias arenosas, manguezais, costões rochosos, pântanos, brejos, rios e lagunas (AMADOR, 2013). Inclusive a porção nordeste da Baía de Guanabara apresenta a Área de Proteção Ambiental de Guapimirim (APA de Guapimirim), a primeira unidade de preservação de manguezais no Brasil. A APA de Guapimirim inclui municípios de Magé, Itaboraí e São Gonçalo e tem como finalidade a proteção de remanescentes de manguezais e a biota presente na sua área de atuação (AMADOR, 2013; COIMBRA; CHACEL, 2016).

A área de superfície total da baía é de 380 km<sup>2</sup> e apresenta um espelho d'água de aproximadamente 328 km<sup>2</sup> (COIMBRA; CHACEL, 2016; KJERFVE et al., 1997). A Baía de Guanabara possui um comprimento máximo no sentido Norte-Sul de 30 km e 28 km no sentido Leste-Oeste (KJERFVE et al., 1997). A região apresenta profundidades média de 20 m no canal principal, podendo apresentar valores em torno de 50 m (KJERFVE et al., 1997; SEMADS, 2001). A região hidrográfica da Baía de Guanabara ocupa uma área de aproximadamente 4081 km<sup>2</sup> e abriga 25 bacias e sub-bacias (SEMADS, 2001). São 35 rios que deságuam na Baía de Guanabara, resultando no aporte de água doce. Assim, a salinidade varia na Baía de acordo com a influência da água dos rios, sendo os valores mais altos encontrados na entrada e mais baixos no fundo (KJERFVE et al., 1997).

A bacia de drenagem apresenta 16 municípios, com alta e desordenada ocupação humana, com aproximadamente oito milhões de pessoas (COIMBRA; CHACEL, 2016). Muitos destes locais apresentam deficiências em infra-estrutura, saneamento básico, fornecimento de água, tratamento de esgoto e descarte de lixo (COIMBRA; CHACEL, 2016). Adicionalmente, a Baía de Guanabara apresenta diversos empreendimentos industriais, terminais marítimos de petróleo, de gás natural, portos comerciais, estaleiros, refinarias, elevado tráfego de embarcação de pesca, recreação e navios de grande porte (KJERFVE et al., 1997; SEMADS, 2001). Atualmente há uma grande quantidade de navios de grande porte,

aproximadamente 80, fundeados na Baía de Guanabara próximos à área da ponte Rio-Niterói, sendo a maioria utilizada para a indústria de óleo e gás (COIMBRA; CHACEL, 2016).

A poluição química é uma das principais ameaças ambientais na Baía de Guanabara, sendo resultantes de esgoto doméstico, efluentes industriais, metais pesados e lixo sólido (SEMADS, 2001). A descarga de esgoto *in natura* chega a 17 m<sup>3</sup>/s e há uma chegada diária de 11 kg de metais pesados provenientes de efluentes industriais na baía. Adicionalmente, 1000 t por dia de lixo sólido chegam a região (SEMADS, 2001). Além da poluição química, a Baía de Guanabara está sujeita à degradação ambiental principalmente provocada por desmatamentos e aterros. A área remanescente de manguezais atualmente é de aproximadamente 80 km<sup>2</sup>, sendo a maior parte desta protegida pela APA de Guapimirim (COIMBRA; CHACEL, 2016). A poluição sonora também é uma ameaça principalmente aos diversos organismos que utilizam sons para suas atividades diárias, como golfinhos. Um estudo demonstrou elevados níveis de pressão sonora em locais da baía que apresentavam alto tráfego de embarcações (BITTENCOURT et al., 2014).

Além disso, atualmente há zonas de exclusão de pesca na baía que restringem a área destinada a essa atividade. Essas zonas de exclusão estão relacionadas com as áreas atualmente ocupadas pela indústria do petróleo (COIMBRA; CHACEL, 2016). Apesar disso e das demais ameaças que contribuem para a degradação desse ambiente e falta de recursos para os organismos que nele vivem, a atividade pesqueira ainda é grande na região, e até 2006 tinha uma produção de 19000 t por ano (JABLONSKI; AZEVEDO; MOREIRA, 2006).

Locais da Baía de Guanabara como a boca da baía, assim como locais adjacentes, são importantes para *S. bredanensis*. Grupos dessa espécie têm sido encontrados com frequência nesses locais desde 2010 (LIMA et al, 2012; LIMA et al., 2016).

## 2.2 Baía de Ilha Grande

A Baía de Ilha Grande se localiza na porção sul do Estado do Rio de Janeiro (Figura 3) e possui diversos ecossistemas em seu entorno como por exemplo, estuários, rios, costões rochosos, manguezais e praias (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Essa baía abriga uma rica diversidade de espécies de flora e fauna, muitas dessas ainda pouco conhecidas. A área de plataforma continental adjacente à Ilha Grande por exemplo, possui alta importância biológica, sendo reconhecida como criadouro de espécies de peixes, organismos bentônicos, dentre outros

(CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Vários fatores podem influenciar a riqueza, diversidade de espécies e abundância de organismos existente na região, como por exemplo o enriquecimento de nutrientes pela entrada das águas centrais do Atlântico Sul (ACAS) durante o verão; o aporte de matéria orgânica dos rios; e conectividade dos diversos sistemas costeiros (BRANDINI et al., 1997; LANA et al., 1996).

A área da baía é de 65258 ha e aproximadamente 350 km de perímetro na linha d'água. Sua região hidrográfica abrange 2000 km<sup>2</sup> (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Os principais afluentes são três rios que desembocam em Paraty (Mateus, Nunes e Pereque-Açu) e três que desembocam em Angra dos Reis (Bracuí, Jurumirim e Japuíba). A salinidade, principalmente a mensurada em superfície, é variável ao longo da região, sendo mais alta em locais menos abrigados na região de Paraty e em pontos na Ilha Grande e mais baixa em locais na porção oeste da baía e em pontos continentais do canal central (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Isso ocorre provavelmente devido ao aporte dos rios na porção oeste. A salinidade de fundo é normalmente mais homogênea (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007).

A região da Baía de Ilha Grande abrange os municípios de Angra dos Reis e Paraty, além de 90 ilhas continentais, sendo a maior dessas a Ilha Grande. O turismo e o lazer náutico se tornaram atividades econômicas importantes para essa região, levando a ocupação de margens de rio, ilhas e encostas por empreendimentos imobiliários (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Esse crescimento do setor turístico conseqüentemente resultou em um desenvolvimento desordenado, desmatamento e poluição das águas costeiras (COSTA, 1998).

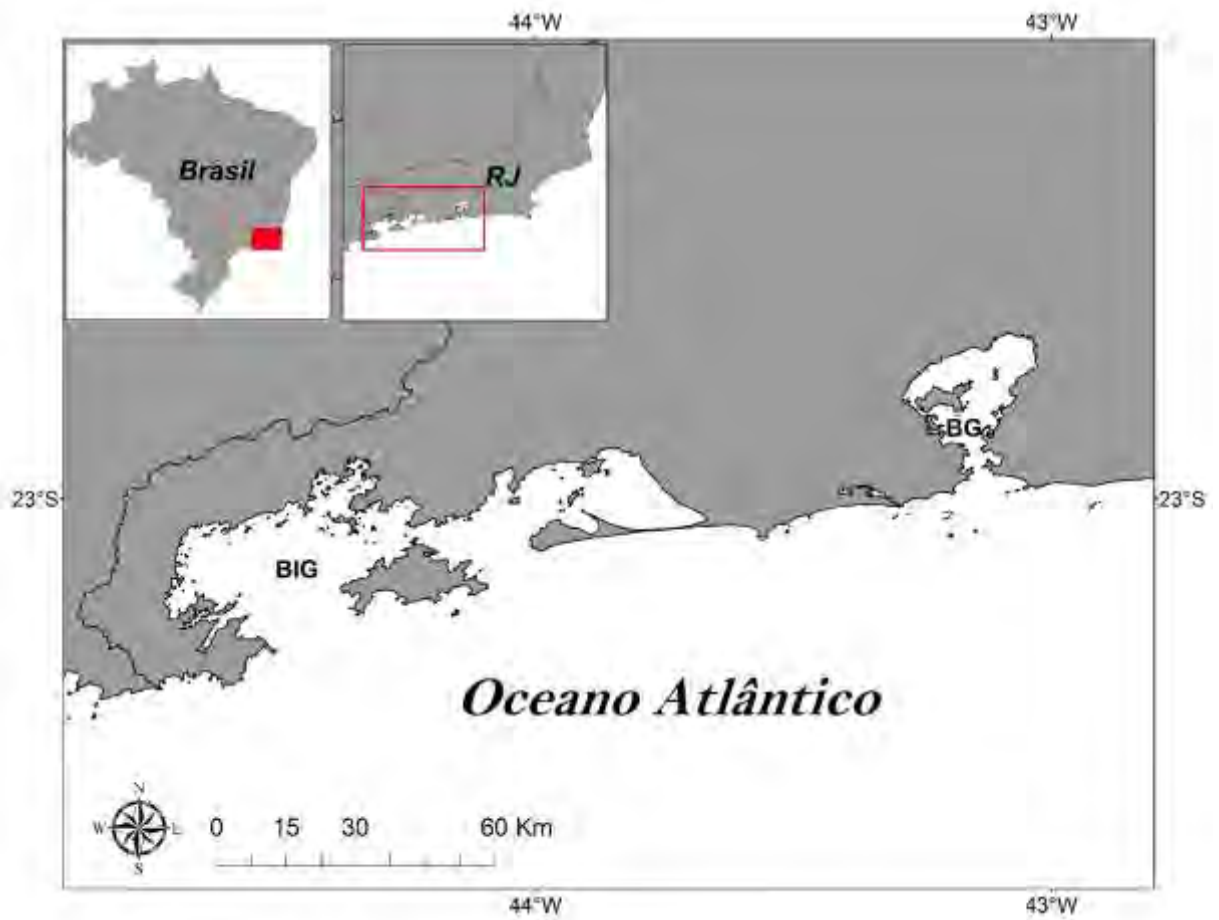
Adicionalmente existem empreendimentos como porto comercial, terminal de minérios, de petróleo, um estaleiro e duas usinas nucleares (COSTA, 1998). A presença desses empreendimentos traz uma série de ameaças e pode resultar em diversas modificações ao ambiente. Nas operações em terminais de petróleo há risco de derramamento de óleo; compostos de tintas antiincrustantes atingem comunidades em locais de fundeio de embarcações e entram na cadeia alimentar; estruturas como marinas e cais alteram fisicamente os locais onde são instaladas por modificar a circulação nesses; plataformas e embarcações podem trazer espécies exóticas para a região; e usinas nucleares aumentam a temperatura das águas em suas proximidades (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Além disso, há um elevado tráfego de embarcações devido a esses empreendimentos, além das embarcações que fazem o trajeto entre a Baía de Ilha Grande e o porto de Sepetiba. Para a circulação de embarcações de grande porte é realizada em determinados períodos a dragagem do canal central, o que também modifica o ambiente e pode prejudicar a biota (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). O tráfego elevado também pode contribuir para o aumento dos níveis

de pressão sonora nesse ambiente, como observado para outras baías costeiras como a Baía de Guanabara (BITTENCOURT et al., 2014).

A Baía de Ilha Grande é um ambiente de extrema importância para a conservação de inúmeras espécies e apresenta características físicas, geográficas e oceanográficas singulares (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Por essa razão, a baía apresenta 11 unidades de conservação de diferentes tipos (parque nacional, estação ecológica, reservas biológicas, reservas ecológicas, parques estaduais e áreas de proteção ambiental) (CREED; PIRES; FIGUEIREDO, 2007). Adicionalmente, o local apresenta uma população dependente de atividades vinculadas à baía para o próprio sustento e áreas com diferentes níveis de influência de atividades antrópicas (ALHO et al., 2002). A influência antrópica pode ser visualizada inclusive em unidades de conservação, como o Parque Estadual da Ilha Grande, em que a fauna mostra alteração pela introdução de espécies exóticas (ALHO et al., 2002). Essas características tornam esse ambiente um importante alvo de estudos em diversas áreas do conhecimento.

A presença de diversas espécies de cetáceos foi registrada na região, sendo *S. bredanensis* uma dessas (HETZEL; LODI, 1993). A grande área da baía dificulta o estudo dos cetáceos na região, porém os registros prévios (HETZEL; LODI, 1993) e os de *S. bredanensis* realizados nesse estudo sugerem sua importância para diversas espécies.

Figura 3 - Mapa da área de estudo.



Legenda: Os retângulos vermelhos indicam o Estado do Rio de Janeiro, destacando a área da Baía de Ilha Grande (BIG) e da Baía de Guanabara (BG).

Fonte: Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores – MAQUA.

### 3 CARACTERIZAÇÃO E VARIAÇÕES INTRAESPECÍFICAS DE ASSOBIOS DE *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae) NA COSTA DO RIO DE JANEIRO

#### INTRODUÇÃO

A caracterização de assobios de diversas espécies de delfínídeos tem sido realizada e apontada como uma ferramenta importante para o monitoramento das espécies através dos seus sons em várias regiões (OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; RANKIN; OSWALD; BARLOW, 2008). A detecção e identificação de espécies a partir de seus assobios é possível através de estudos de caracterização de repertório acústico. Características espécie-específicas de assobios, refletidas em parâmetros acústicos de frequência e duração (LIMA et al., 2016; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003) e características de forma de contorno (MAY-COLLADO, 2013; RANKIN et al., 2015; SANTOS et al., 2005) podem auxiliar estudos de várias espécies em diferentes regiões. Estudos previamente realizados demonstraram que assobios de *T. truncatus*, por exemplo costumam ser mais longos em duração e apresentarem maior número de pontos de inflexão do que o das demais espécies (AZEVEDO et al., 2007; DÍAZ LÓPEZ, 2011; LIMA et al., 2016; OSWALD et al., 2007; SANTOS et al., 2005), enquanto assobios de *Sotalia guianensis* (boto-cinza) apresentam como característica predominante assobios ascendentes com elevadas modulações de frequência (diferença entre frequência máxima e mínima) (ANDRADE et al., 2015b; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009).

Além da caracterização, muitos estudos apresentam enfoque em variações intraespecíficas (ANDRADE et al., 2015a; ANSMANN et al., 2007; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; DÍAZ LÓPEZ, 2011; SANTOS et al., 2005). As variações intraespecíficas de repertório de assobios foram predominantemente relacionadas a diferenças geográficas em diversos estudos (ANDRADE et al., 2015a; ANSMANN et al., 2007; MORISAKA et al., 2005; WANG; WURSIG; EVANS, 1995), podendo refletir adaptações a diferentes habitats (MORISAKA et al., 2005; WANG; WURSIG; EVANS, 1995), assim como características ecológicas como distintos estados comportamentais, tamanhos e composições de grupo (DÍAZ LÓPEZ, 2011; HAWKINS; GARTSIDE, 2010; MAY-COLLADO, 2013; SANTOS et al., 2005).

Diversos estudos destacam a influência de estados comportamentais em variações de assobios, levando a diferenças em parâmetros acústicos, como os de frequência e duração (AZEVEDO et al., 2010; DÍAZ LÓPEZ, 2011; MAY-COLLADO, 2013). Assobios de *T. truncatus* (DÍAZ LÓPEZ, 2011), *S. guianensis* (MAY-COLLADO, 2013) e *Stenella frontalis* (golfinho-pintado-do-Atlântico) (AZEVEDO et al., 2010) demonstraram variações entre parâmetros quando emitidos em comportamentos distintos de alta e baixa atividade, predominantemente deslocamento, alimentação e socialização. Parâmetros como duração e número de pontos de inflexão foram destacados como indicadores de variação individual (STEINER, 1981) e principalmente o primeiro tem sido importante em diversas comparações intraespecíficas (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006). Adicionalmente, as taxas de emissão de assobios por indivíduo por minuto também podem ser influenciadas pelos estados comportamentais (PAPALE et al., 2016; QUICK; JANIK, 2008; SANTOS et al., 2005). *T. truncatus* gravados em Sado, Portugal, por exemplo, apresentaram menor taxa de emissão de assobios durante deslocamento do que em outras atividades (SANTOS et al., 2005). Para a mesma espécie gravada na Escócia, a taxa de emissão foi mais alta em contextos de socialização (quando o grupo com um todo se encontrava mais disperso) do que em contextos de deslocamento coordenado (QUICK; JANIK, 2008).

A taxa de emissão de assobios também pode estar relacionada ao tamanho de grupo (COOK et al., 2004; PAPALE et al., 2016; QUICK; JANIK, 2008). Estudos com *T. truncatus* (QUICK; JANIK, 2008) e *S. frontalis* (PAPALE et al., 2016) demonstraram diminuição da taxa de emissão com aumento do tamanho de grupo, o que provavelmente seria uma forma de evitar mascaramento de sinais em grupos com número grande de indivíduos. Porém, a taxa de emissão de assobios foi demonstrada aumentando com o tamanho de grupo em outro estudo com *T. truncatus* (COOK et al., 2004). Em outros casos por exemplo, foi demonstrada ausência de correlação entre tamanho de grupo e taxa de emissão, como no caso de *T. truncatus* gravados no Sado em Portugal (SANTOS et al., 2005), e *S. guianensis* gravados na Baía de Guanabara (BITTENCOURT et al., 2017). Assim, a relação entre tamanho de grupo e taxa de emissão de assobios pode ser influenciada por outras características de grupo e se manifestar de diferentes maneiras.

A presença de filhotes pode influenciar o número de assobios emitidos por grupo (HAWKINS; GARTSIDE, 2010; SMOLKER; MANN; SMUTS, 1993). Assobios foram emitidos em maior número de vezes em contextos de separação entre pares de mãe e filhote de *T. truncatus* (SMOLKER; MANN; SMUTS, 1993). Nesse caso, se relacionou o aumento da

emissão de assobios por filhotes a uma tentativa de reunião com suas mães. Diferenças em taxas de emissão de assobios entre grupos de *Tursiops aduncus*, golfinho-nariz-de-garrafa-Indopacífico, foram relacionadas predominantemente a composição de grupo (HAWKINS; GARTSIDE, 2010). Grupos com filhotes apresentaram taxa de emissão de assobios menor do que grupos que não apresentaram filhotes em sua composição, o que foi explicado como sendo uma estratégia para evitar detecção por predadores.

Além de variações em parâmetros acústicos e taxas de emissão de assobios por indivíduo por minuto, muitos estudos se concentram em identificação de assobios estereotipados (claramente distintos dos demais e muitas vezes repetidos em sequência), suas características e influências sob suas repetições (JANIK et al., 2013; LIMA; LE PENDU, 2014; PAPALE et al., 2016; QUICK; JANIK, 2012; SANTOS et al., 2005). Esses assobios foram relacionados a identificação individual e coesão de grupo em diversos estudos (JANIK et al., 2013; JANIK; SLATER, 1998; SAYIGH et al., 1999, 2007; SMOLKER; MANN; SMUTS, 1993), sendo chamados nesses casos de assobios assinatura. Outros estudos associaram assobios estereotipados a um repertório comum de grupo, contendo variações individuais dentro de cada tipo de assobio refletidas em alguns parâmetros acústicos (MCCOWAN; REISS, 1995, 2001). Muitos estudos realizados em ambiente natural não apresentam métodos capazes de identificar indivíduos que emitem assobios, não podendo confirmar a existência de assobios assinatura (FIGUEIREDO; SIMÃO, 2009; LIMA; LE PENDU, 2014; PAPALE et al., 2016; SANTOS et al., 2005). Apesar disso, o estudo de assobios estereotipados é uma importante ferramenta para a compreensão do repertório acústico de diversas espécies de delfínídeos. Isso porque a emissão de sinais repetidos e característicos em sequência ocorre em diversos grupos animais (KERSHENBAUM et al., 2016), podendo estar relacionada a diversos fatores (KAPLAN et al., 2014; RIESCH; FORD; THOMSEN, 2008; ZWAMBORN; WHITEHEAD, 2016). O repertório acústico de *Globicephala melas* (baleia-piloto-de-peitorais-longas) por exemplo é em grande parte composto por sequências de sinais repetidos, muitas vezes associadas a comportamentos de socialização e a grupos com maior número de indivíduos (ZWAMBORN; WHITEHEAD, 2016). Sequências de assobios estereotipados de *Orcinus orca*, orca, foram identificadas durante interações entre indivíduos próximos, normalmente entre machos (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2008). Repetição desses sinais demandam grande energia por parte dos emissores e podem ser influenciados inclusive pelo ruído do ambiente, sendo uma forma de transmitir informações e evitar mascaramento de sinais (KAPLAN et al., 2014; KERSHENBAUM et al., 2016).

Assobios de *S. bredanensis* ainda são pouco estudados nas diversas áreas de sua distribuição. Os primeiros estudos realizados contavam com um baixo número de assobios e caracterizaram poucos parâmetros acústicos (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; EVANS, 1967; WATKINS et al., 1987). Nos últimos anos, um estudo no Oceano Atlântico Sul (LIMA et al., 2012) e um no Oceano Pacífico (RANKIN et al., 2015) apresentaram uma caracterização de assobios com maior tamanho amostral e com um maior número de parâmetros. Apesar do avanço na caracterização, o repertório da espécie ainda não foi estudado em relação a contextos sociais dos grupos gravados. Assim, não houve ainda estudos de variação intraespecífica de assobios da espécie. Assobios estereotipados de *S. bredanensis* também não foram previamente caracterizados, apesar da elevada repetição de assobios de mesma forma de contorno ter sido reportada anteriormente no Oceano Atlântico Sul (LIMA et al., 2012), no nordeste do Oceano Atlântico (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966), e no Oceano Pacífico (EVANS, 1967). Na presente sessão, uma caracterização mais completa do repertório de assobios foi realizada, utilizando maior número de grupos gravados e contextos sociais distintos. Uma análise de forma de contorno detalhada foi realizada, importante para reforçar características marcantes do repertório de assobios da espécie, que podem ser utilizadas para identificação dessa. Adicionalmente, a análise de parâmetros acústicos foi utilizada não somente para caracterização geral dos assobios, mas também para comparação dos sinais emitidos em diferentes estados comportamentais. A taxa de emissão de assobios também foi caracterizada pela primeira vez para a espécie, sendo também relacionada a estados comportamentais, tamanho e composição de grupos gravados. Além disso, os assobios estereotipados que apresentaram condições de análise foram caracterizados em diversas situações de gravação. Foram contabilizados o número de categorias de assobios estereotipados, o número de vezes em que esses assobios foram emitidos em sequências, o número de sequências formadas por assobios estereotipados de mesma categoria, e o número total de assobios estereotipados e estereotipados repetidos em sequência por comportamento. Cada categoria também teve parâmetros acústicos de seus assobios analisados.

#### 4 OBJETIVOS

A presente seção da tese teve como objetivo caracterizar o repertório de assobios de *S. bredanensis* gravados nas adjacências da Baía de Guanabara e na Baía de Ilha Grande, na costa do Estado do Rio de Janeiro, investigando também as variações intraespecíficas em relação aos estados comportamentais, composições e tamanhos de grupo.

Os objetivos específicos foram:

- Caracterizar as formas de contorno que compõe os assobios gravados, demonstrando como as modulações de frequência são distribuídas ao longo dos assobios;
- Caracterizar os parâmetros de frequência e duração dos assobios tanto no total, quando em relação aos comportamentos de alimentação e deslocamento;
- Comparar parâmetros acústicos entre os estados comportamentais de alimentação e deslocamento;
- Caracterizar taxas de emissão de assobios de assobios por indivíduo por minuto e verificar se existe correlação entre essas e tamanho de grupo;
- Comparar taxas de emissão entre comportamentos distintos e entre grupos com presença de filhotes e grupos com ausência desses;
- Caracterizar assobios estereotipados em função de parâmetros acústicos e quantidade de repetições em sequência, inclusive nos diferentes estados comportamentais.

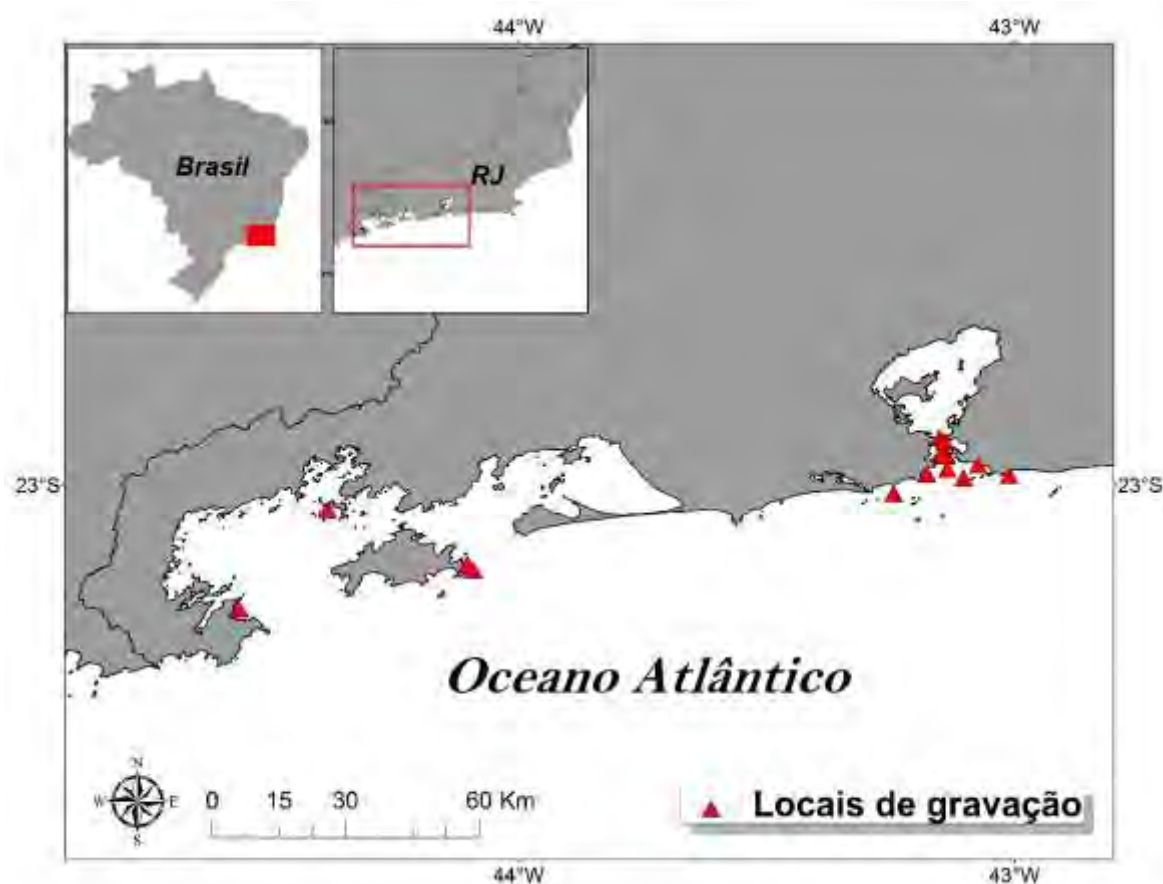
## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Gravação de emissões

Gravações de *S. bredanensis* foram realizadas na Baía de Guanabara e adjacências e na Baía de Ilha Grande e adjacências entre 2010 e 2015 (Figura 4). As gravações foram realizadas em embarcações de 5,5 a 9,5 m de comprimento, em condições de mar semelhantes (*Beaufort*  $\leq 2$ ) e com o motor da embarcação desligado. Anteriormente as gravações, a observação inicial do grupo era realizada durante quinze a vinte minutos para minimizar a influência da presença da embarcação no comportamento dos indivíduos. Durante esse período, a área era vistoriada para a confirmação de que não havia a presença de indivíduos de outra espécie nas proximidades.

Para a realização das gravações, dois sistemas foram utilizados: o primeiro consistiu em um hidrofone C54XRS (*Cetatean Research Technology, WA, USA*; com sensibilidade de -165 dB re: 1V/ $\mu$ Pa e resposta de frequência entre 0,009 e 100 kHz) e um gravador Marantz (*Marantz America LLC., NJ, USA*) com taxa de amostragem de 96 kHz; e o segundo consistiu do mesmo hidrofone com um gravador Fostex FR-2 com taxa de amostragem de 192 kHz (*Foster Electric Inc., CA, USA*). O hidrofone foi posicionado entre 2 e 5m de profundidade no momento das gravações.

Figura 4- Mapa de área de estudo e locais de gravação de *Steno bredanensis* na Baía de Guanabara e adjacências e na Baía de Ilha Grande e adjacências, Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: Os retângulos vermelhos indicam o Estado do Rio de Janeiro e a área das baías e os triângulos vermelhos representam os locais onde os grupos de *S. bredanensis* foram encontrados e gravados.

Fonte: Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores – MAQUA.

Paralelamente à realização das gravações de cada grupo, os indivíduos foram fotografados para foto-identificação, e foram registrados o número de indivíduos presentes, a composição de grupo (se apresentava filhotes ou não) e o comportamento do grupo. Cada grupo encontrado foi seguido pelo máximo de tempo possível. O grupo deixava de ser seguido se os indivíduos fossem perdidos ou quando as condições de tempo não permitissem mais a coleta de dados. Indivíduos foram considerados pertencentes ao mesmo grupo quando estavam na mesma área visual, normalmente realizando a mesma atividade (DÍAZ LÓPEZ, 2011). Para registro do tamanho de grupo, a contagem de indivíduos foi realizada em campo por dois observadores e posteriormente confirmada pela foto-identificação. Filhotes foram considerados indivíduos com comprimento total inferior a 2/3 de um animal adulto e regularmente acompanhados por um indivíduo maior (SHANE, 1990). O comportamento foi anotado para

cada gravação dos grupos, sendo determinados por dois observadores experientes através de amostragem de grupo focal, no qual a atividade realizada pela maioria do grupo era registrada (ALTMANN, 1974; MANN, 2000). Durante cada gravação foi realizado o registro contínuo do comportamento. Os estados comportamentais foram utilizados e definidos como comportamentos de longa duração (ALTMANN, 1974). As definições de comportamento foram baseadas em Shane (1990) e Azevedo (2005):

- Alimentação – os indivíduos emergem e submergem de modo não sincronizado, mergulhando repetidamente em diferentes direções. Os indivíduos são observados muitas vezes realizando perseguição de cardumes de peixes, batendo a nadadeira caudal na superfície da água, ou com peixes na boca;
- Deslocamento – movimento em uma direção claramente definida e há sincronismo nos movimentos de emersão e submersão dos indivíduos;
- Socialização – caracterizado por indivíduos muito próximos uns dos outros, em constante contato físico, exibindo alta atividade na superfície;
- *Milling* – caracterizado por indivíduos normalmente nadando próximos à superfície, em movimento sem uma direção claramente definida em um mesmo local;
- Descanso – indivíduos emergem e submergem em movimentos lentos;

Caso houvesse alteração na contagem de indivíduos, na determinação de composição do grupo sendo gravado ou no comportamento, a gravação era interrompida e uma nova gravação se iniciava após confirmação das novas observações. Quando o comportamento do grupo não foi possível ser determinado, a gravação não foi utilizada em análises posteriores. Em alguns casos, o estado comportamental foi determinado como alimentação/deslocamento, pois havia comportamento de alimentação em meio ao deslocamento do grupo simultaneamente. As gravações realizadas nesses casos foram utilizadas na caracterização geral de parâmetros de assobios, porém não foram utilizadas na comparação entre assobios emitidos em comportamentos distintos. Adicionalmente, gravações em que a presença de outro grupo foi detectada (em um raio de aproximadamente 300m) foram excluídas da análise. Isso porque com o método de gravação utilizado, não haveria como confirmar a qual dos grupos pertenceriam as emissões gravadas (DÍAZ LÓPEZ, 2011; MAY-COLLADO, 2013).

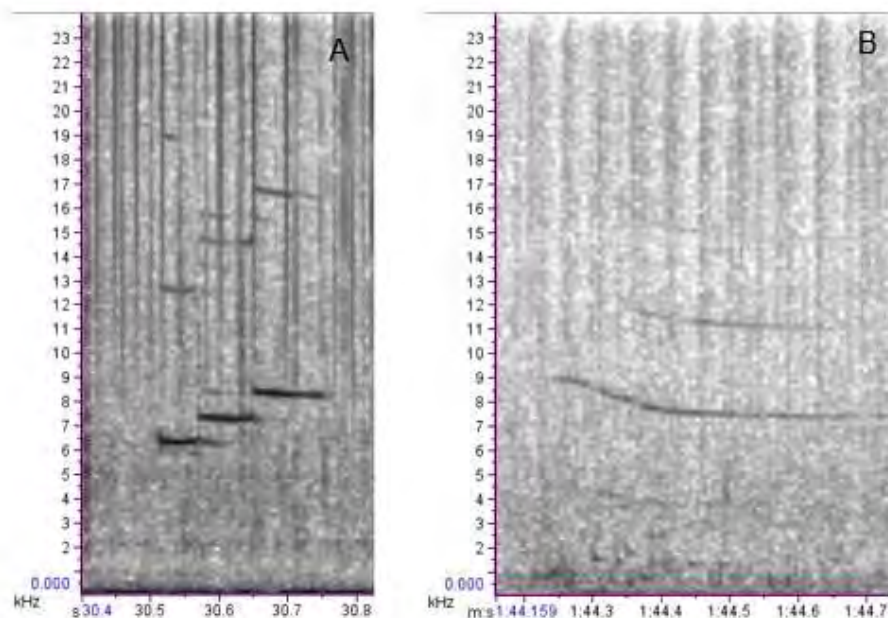
## 5.2 Análise de assobios

Assobios foram analisados com o *software Raven Pro 1.4* (Cornell Laboratory of Ornithology, NY, USA). A taxa de amostragem das gravações foi reduzida para 48 kHz para as análises serem realizadas, pois assobios de *Steno bredanensis* gravados, em sua maioria, não passaram de 14 kHz. Para a visualização dos espectrogramas foi utilizada *Hanning window* e FFT de 512 pontos, com overlap de 50%.

Assobios cujos contornos poderiam ser completamente determinados e claramente mensurados do início ao final, não apresentando sobreposição com outros tipos de som foram selecionados para a extração dos parâmetros acústicos.

Para cada assobio, foram mensuradas as partes do seu contorno que eram ascendentes (aumentavam em frequência em 1 kHz ou mais), descendentes (diminuíam em frequência em 1 kHz ou mais) ou eram constantes (apresentaram valores de modulações de frequência abaixo de 1 kHz). A partir dessas medidas, percentuais foram calculados em relação a duração de cada assobio. Esse é um modo de caracterizar a forma de contorno dos assobios dessa espécie, pois muitos apresentam modulação de frequência em 1 kHz ou mais em alguns segmentos do contorno, porém modulação menor que 1 kHz na maior parte do assobio (Figura 5). Alguns assobios inclusive apresentam quebras em seu contorno em diversos segmentos (Figura 5a) (LIMA et al., 2012; RANKIN et al., 2015). Essas medidas foram adaptadas de estudos de caracterização de assobios de *Lagenodelphis hosei* (golfinho-de-fraser) (OSWALD; RANKIN; BARLOW, 2007) e *S. bredanensis* (RANKIN et al., 2015) no Oceano Pacífico, em que os autores calcularam os percentuais a partir da extração automática de medidas entre diversos pontos ao longo do contorno.

Figura 5 – Assobios de *Steno bredanensis* (golfinho-de-dentes-rugosos) com diferentes contornos ao longo da duração dos assobios.

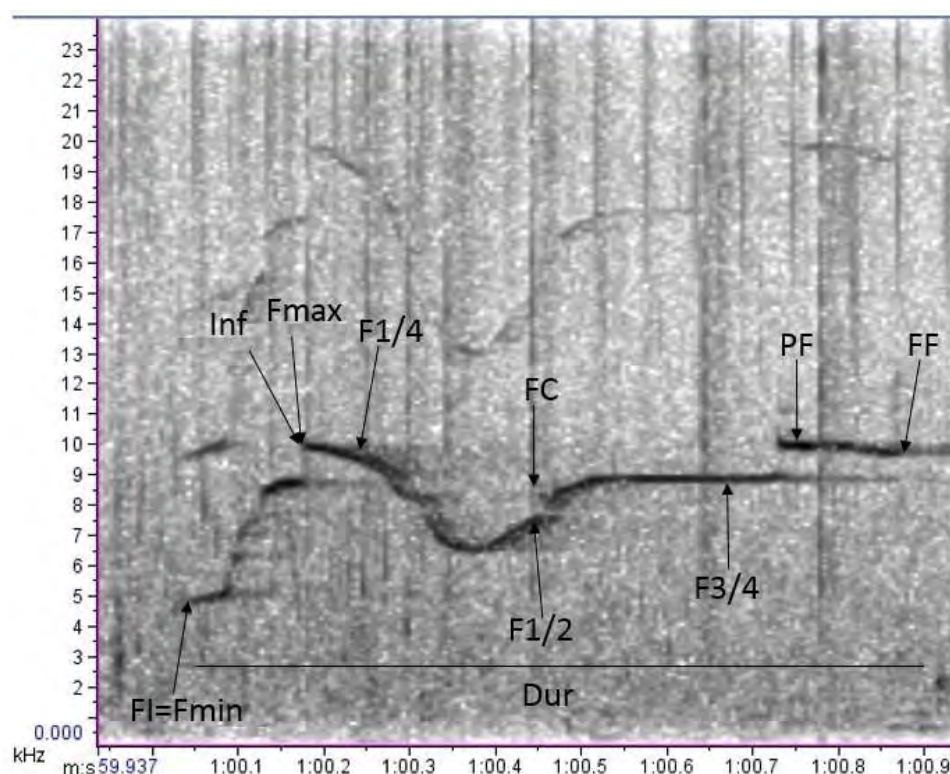


Legenda: A) Assobio que ascendente em frequência em seu contorno geral, porém apresenta segmentos constantes (modulação de frequência menor do que 1 kHz). A ascendência ocorre entre os trechos constantes; B) Assobio com trecho descendente (diminuição em frequência) e posteriormente trecho constante (modulação de frequência menor do que 1 kHz). Eixo X está em segundos e Y está em kHz.

Fonte: A autora, 2017.

Doze parâmetros acústicos foram mensurados no software *Raven Pro 1.4* (*Cornell Laboratory of Ornithology, NY, USA*): número de pontos de inflexão (ponto a partir do qual há uma mudança em relação à forma de contorno de ascendente para descendente e vice-versa); frequência inicial, final, mínima e máxima; modulação de frequência; frequência a  $\frac{1}{2}$ , a  $\frac{1}{4}$  e a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio; pico de frequência (que indica onde há a maior intensidade no assobio); frequência central (que divide o assobio em 50% de sua energia); e duração do assobio. Esses parâmetros foram escolhidos por terem sido utilizados em estudos prévios de delphinídeos (ANDRADE et al., 2015a; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; MAY-COLLADO, 2013) e serem facilmente mensurados a partir do espectrograma (Figura 6). Parâmetros de frequência foram mensurados em kHz e a duração em milissegundos.

Figura 6 – Alguns dos parâmetros acústicos extraídos dos assobios de *Steno bredanensis*.



Legenda: Assobio de *S. bredanensis* com parâmetros acústicos: Frequência inicial (FI); frequência mínima (Fmin); frequência máxima (Fmax); frequência a  $\frac{1}{4}$  (F1/4), a  $\frac{1}{2}$  (F1/2) e a  $\frac{3}{4}$  (F3/4) da duração do assobio; frequência central; pico de frequência; frequência final (FF); duração (Dur) e número de pontos de inflexão (Inf). A duração é mensurada em ms e frequência em kHz. Eixo X está em segundos e Y está em kHz.

Fonte: A autora, 2017.

Adicionalmente, a taxa de emissão de assobios foi estimada para que fosse possível comparar o número de assobios emitidos em cada contexto social (HAWKINS; GARTSIDE, 2010). Essa taxa foi calculada pela divisão do número total de assobios pela duração de cada gravação em minutos e pelo número de indivíduos contabilizados no grupo. Essa taxa também padroniza o conjunto de dados para análises de comparação de número de assobios emitidos, pois houve diferenças entre a duração das gravações, número de assobios e tamanhos de grupo entre os diferentes contextos sociais e grupos gravados (HAWKINS; GARTSIDE, 2010).

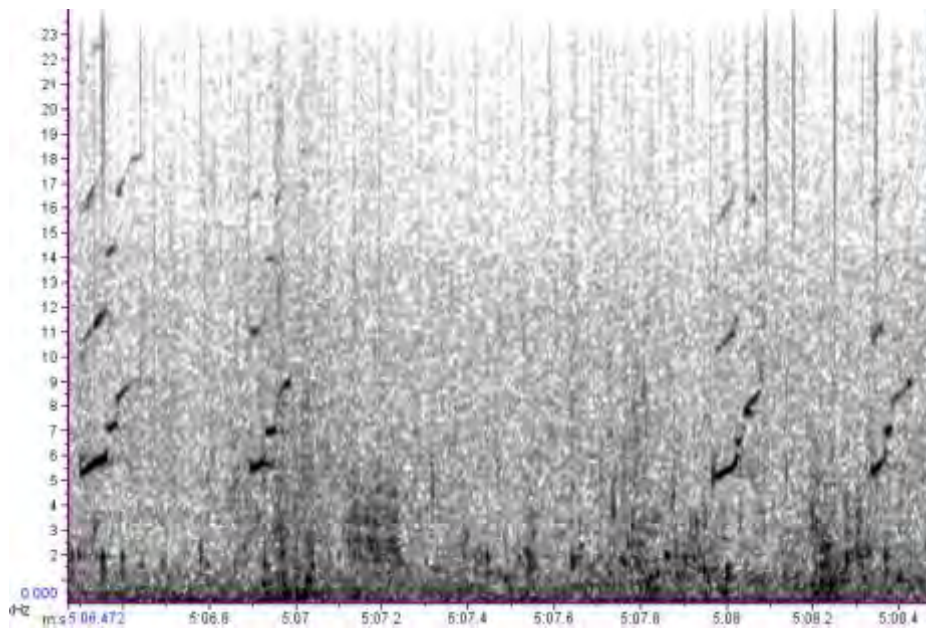
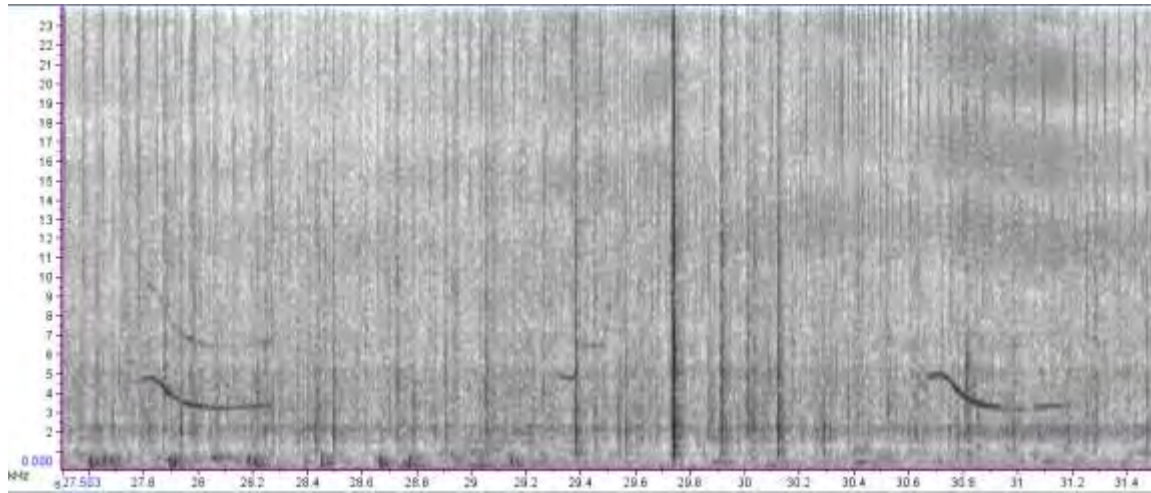
### 5.3 Caracterização de assobios estereotipados de *Steno bredanensis*

Os assobios estereotipados foram definidos como aqueles que apresentavam contornos característicos, distintos dos demais, e eram repetidos em sequência (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006) em pelo menos um dos dias de gravação (Figura 7), podendo não aparecer repetidos em outros dias. Para a análise de estereotipados, todos os assobios considerados adequados para análise e que assim puderam ter parâmetros de frequência e duração mensurados foram classificados em categorias de acordo com a forma de contorno, parâmetros de frequência e duração. Os demais assobios presentes nas gravações não puderam ter seus contornos estabelecidos com precisão por não apresentarem início e final bem definidos e/ou por estarem sobrepostos ao ruído de fundo ou a outros sinais emitidos pelos animais. Sequências de assobios estereotipados foram identificadas em outros estudos por apresentarem contornos repetidos normalmente com intervalo de até 10 segundos uns dos outros (JANIK et al., 2013; LIMA; LE PENDU, 2014). Porém, o intervalo entre alguns assobios de mesmo contorno foi observado em 15 segundos para *T. truncatus* (JANIK et al., 2013). Adicionalmente, as sequências de assobios estereotipados foram identificadas com no mínimo dois assobios no caso de *S. guianensis* gravados em Ilhéus, no nordeste do Brasil (LIMA; LE PENDU, 2014), e no mínimo quatro no caso de *T. truncatus* na Baía de Sarasota, Flórida, Estados Unidos (JANIK et al., 2013). Através da observação das repetições das categorias de forma de contorno nas gravações realizadas na costa do Rio de Janeiro, assobios estereotipados de *S. bredanensis* que ocorressem antes ou depois de outro com mesma forma de contorno em um intervalo de até 12 segundos foram contabilizados como parte de uma sequência (Figura 7). Para contabilizar o número de assobios por sequência, qualquer assobio de diferente forma de contorno que ocorresse entre esses foi ignorado (JANIK et al., 2013). Os assobios que não foram observados repetidos em sequência em nenhum dos dias de gravação foram considerados assobios variáveis e não foram utilizados nas demais análises de categorias de forma de contorno (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006; SANTOS et al., 2005).

Para a classificação dos assobios e identificação dos assobios estereotipados em categorias de forma de contorno, foram utilizados os espectrogramas (FFT e *Hanning window* de 512, 50% de sobreposição) visualizados no *Raven 1.4*. Todos os espectrogramas dos arquivos de gravação foram utilizados na mesma escala de frequência e tempo, com limite de frequência de até 24 kHz (taxa de amostragem de 48 kHz) e em uma janela de 2 segundos

(Figura 8). Para a validação da classificação das categorias, 143 assobios foram selecionados aleatoriamente para que fossem classificados por dois observadores. Essa seleção aleatória foi realizada de modo a apresentar no mínimo duas repetições de cada categoria de forma de contorno estereotipado identificadas. Imagens dos espectrogramas dos assobios foram extraídas do *Raven 1.4*, em escala de cinza, numeradas de forma aleatória e entregues para os observadores (KAPLAN et al., 2014; LIMA; LE PENDU, 2014; RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006; SAYIGH et al., 2007). Assim, os observadores não tinham informações sobre quais assobios foram gravados nos mesmos dias e arquivos de gravação (KAPLAN et al., 2014). Os observadores foram instruídos a classificar os assobios em quantas categorias considerassem necessário, baseado em similaridades de formas de contorno (KAPLAN et al., 2014; RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006; SAYIGH et al., 2007). Quando pelo menos um dos observadores classificou dois ou mais assobios na mesma categoria que estavam agrupados na classificação prévia, essa categoria foi mantida. Para testar a confiabilidade entre observadores, foi realizado o teste kappa de Cohen ( $k > 0,6$ ;  $p < 0,01$ ) (MCCOWAN; REISS, 2001; RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006). Subcategorias foram criadas em casos em que os assobios apresentaram mesma forma de contorno, porém com algumas variações, apresentando diferenças em frequência e duração (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006). Métodos de classificação visual de assobios por observadores foram utilizados em estudos de caracterização de repertório e identificação de possíveis assobios assinatura em campo (JANIK, 2000; LIMA; LE PENDU, 2014; SAYIGH et al., 1999, 2007); de estabilidade de assobios estereotipados ao longo do tempo (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006; SANTOS et al., 2005); e comparação com métodos de classificação automática de assobios por contorno (DEECKE; JANIK, 2006).

Figura 7 – Repetições de dois tipos de assobios estereotipados de *Steno bredanensis* gravados na costa do Rio de Janeiro.

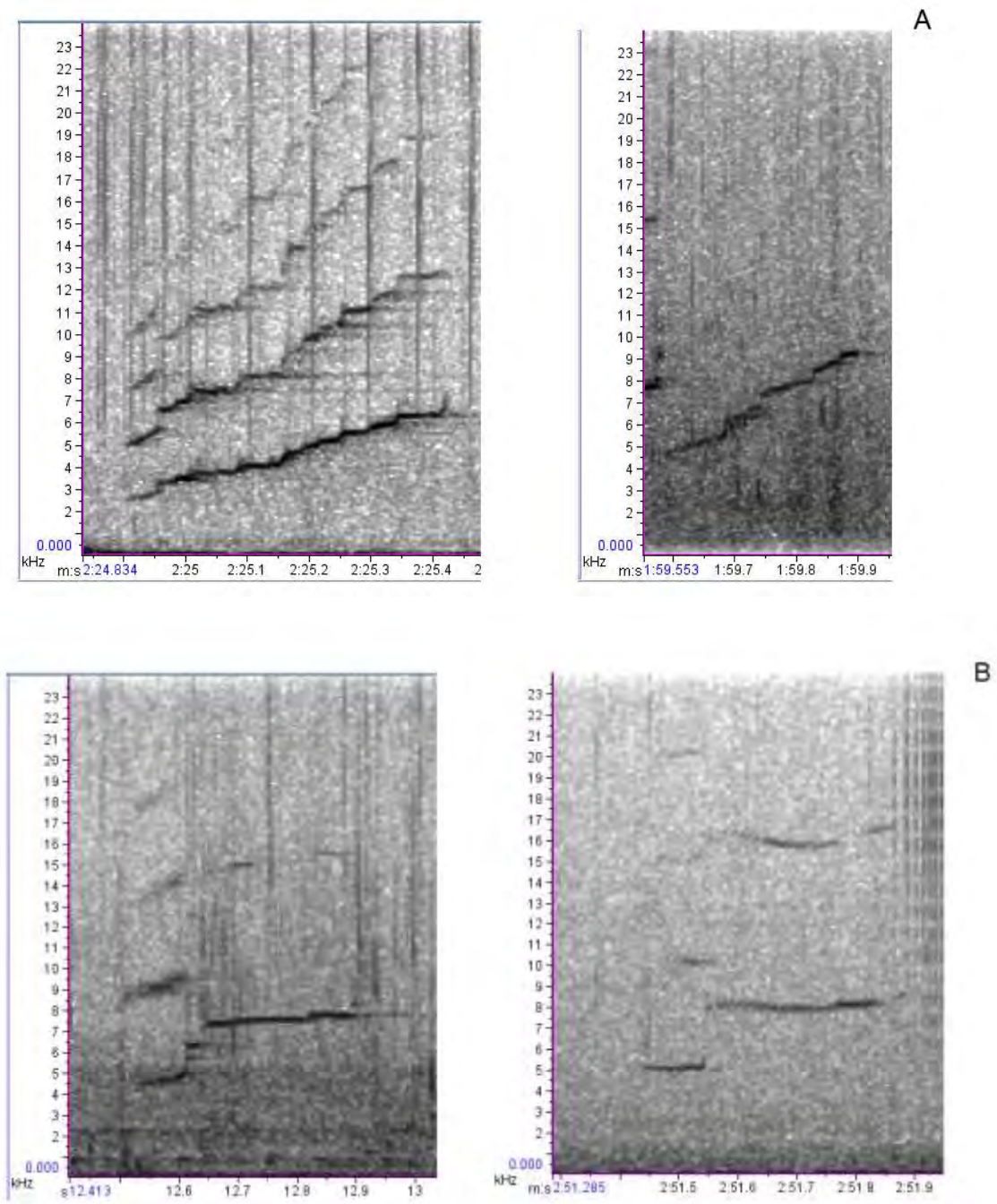


Fonte: A autora, 2017.

O número de categorias de assobios estereotipados foi calculado e foram registrados os grupos e comportamentos em que essas ocorreram. Os parâmetros acústicos de assobios de cada categoria e subcategoria (frequência inicial, mínima, final, máxima, modulação e duração) foram mensurados. Esses parâmetros foram utilizados para caracterizar categorias de formas de contorno de assobios estereotipados em outros estudos (LIMA; LE PENDU, 2014; RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006; SANTOS et al., 2005). Foram registrados também quando os

assobios estereotipados ocorriam repetidos em sequência e a quantidade de assobios repetidos em cada sequência.

Figura 8 – Exemplos de assobios de *Steno bredanensis* utilizados na classificação de assobios estereotipados em categorias.



Legenda: Quatro assobios de *S. bredanensis* utilizados para a classificação em duas categorias: uma representada por A e outra por B. Eixo X está em segundos e Y está em kHz.  
 Fonte: A autora, 2017.

## 5.4 Análises estatísticas

### 5.4.1 Análise estatística de formas de contorno e parâmetros acústicos de assobios

Para a análise estatística, os assobios foram selecionados aleatoriamente dentre as gravações de cada dia. Dessa forma, os assobios pertenciam a diferentes comportamentos observados em cada grupo. Nessa seleção aleatória, quando assobios da mesma forma de contorno se encontravam imediatamente um após o outro, somente um desses foi selecionado para análise. Adicionalmente, o número de assobios selecionados por dia foi de até duas vezes o tamanho do grupo correspondente. Esses critérios foram utilizados para minimizar sobreamostragem dos mesmos grupos e/ou indivíduos. Análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS Statistics 21.0 (IBM, NY, USA). Para a análise do percentual de formas de contorno, foram calculados média, o desvio-padrão, valores mínimos e máximos das porcentagens de formas de contorno que compõe os assobios. Adicionalmente foi realizado teste t para amostras pareadas para comparar os valores de frequência final e inicial. Estatísticas descritivas de parâmetros acústicos foram realizadas para a obtenção de valores de média, desvio-padrão, mediana, valores mínimos e máximos e coeficientes de variação dos assobios de *S. bredanensis*.

Para testar a normalidade e a homogeneidade da variância dos dados foram utilizados o teste *Shapiro-Wilk* ( $P < 0,05$ ) e o teste *Levene* ( $P < 0,05$ ), respectivamente, além da exploração gráfica dos dados por meio de análises de boxplots e histogramas (QUINN, GERRY P.; KEOUGH, 2002).

### 5.4.2 Comparação de parâmetros acústicos dos assobios entre comportamentos

Para a comparação entre comportamentos, foram selecionados assobios emitidos por grupos que apresentaram filhotes em sua composição. Isso foi realizado porque a maioria dos assobios foram gravados em grupos com filhotes. A utilização somente de grupos com filhotes foi também uma forma de eliminar a influência de composições de grupo distintas na

comparação entre comportamentos. Adicionalmente, foram comparados somente assobios emitidos em alimentação e deslocamento, pois esses foram os comportamentos mais observados. Os assobios selecionados para análise que foram emitidos nos demais comportamentos pertenciam em sua maioria a um só grupo e não tinham tamanho amostral suficiente. Assobios emitidos em contextos em que não se conseguiu determinar qual era o comportamento predominante do grupo não foram utilizados nesta etapa.

Os parâmetros acústicos não tinham distribuição normal (*Shapiro-Wilk*,  $P < 0,05$ ) e apresentaram heterocedasticidade (*Levene*,  $P < 0,05$ ), por isso o teste U de *Mann-Whitney* ( $P < 0,05$ ) foi utilizado para comparação entre assobios gravados em contextos sociais distintos.

Adicionalmente, análise de componentes principais (PCA) foi realizada para a identificação de parâmetros acústicos independentes e não correlacionados dentre os 12 parâmetros acústicos mensurados. A partir da PCA, foram identificados os componentes responsáveis pela maior parte da variação nos assobios gravados em alimentação e deslocamento. Esses foram identificados pelos seus respectivos percentuais de variação e autovalores (QUINN, GERRY P.; KEOUGH, 2002). Além disso, foram identificados os parâmetros acústicos que apresentaram altas correlações com cada um dos componentes e suas contribuições para esses. Nessa análise, a matriz de correlação foi utilizada, pois os resultados da análise não poderiam ser influenciados pelas diferenças entre unidades de parâmetros acústicos ou suas variâncias (QUINN, GERRY P.; KEOUGH, 2002). Os parâmetros acústicos que apresentaram as maiores contribuições com cada componente da PCA foram utilizados na análise discriminante. Na análise discriminante foram verificados o grau de separação entre os assobios de cada comportamento, as variáveis consideradas mais importantes para diferenciar assobios emitidos entre esses dois contextos e a classificação correta de assobios por comportamento.

O valor médio e desvio-padrão da taxa de emissão de assobios geral foi calculado a partir da média das taxas calculadas por arquivo de gravação de cada grupo. Correlação de *Spearman* ( $p < 0,05$ ) foi realizada para testar se havia relação entre a taxa de emissão de assobios por grupo e tamanho de grupo. Para a correlação, foram utilizados os valores médios de taxa de emissão de cada grupo, para evitar dependência de dados ao realizar o teste. Para a comparação entre taxas de emissão de assobios emitidos entre comportamentos de alimentação e deslocamento, foram utilizados os valores médios das taxas obtidas por cada um desses comportamentos por grupo gravado. Essas comparações foram realizadas através do teste U de *Mann-Whitney* ( $p < 0,05$ ), somente com gravações realizadas em grupos com presença de filhotes. Isso foi realizado para que as comparações entre comportamentos não tivessem o efeito

de diferentes composições de grupo. As taxas de emissão de assobios também foram comparadas entre grupos que apresentavam filhotes e os que não os apresentavam em sua composição, gravados nos comportamentos de deslocamento e alimentação. Para essa comparação o teste U de *Mann-Whitney* ( $p < 0,05$ ) também foi utilizado.

#### 5.4.3 Caracterização de assobios estereotipados

Valores de média e desvio-padrão dos parâmetros foram calculados para a caracterização de cada categoria e subcategoria. O percentual de assobios estereotipados emitidos em relação ao total de assobios e o percentual de assobios em cada categoria e subcategoria que foram encontrados em intervalo de até 12 segundos de outro de mesma forma de contorno foram calculados. Dessa forma, foram registradas a quantidade de assobios estereotipados de mesmo contorno que ocorreram e a quantidade desses que ocorreram repetidamente em sequência.

Adicionalmente foi contabilizada a quantidade de assobios estereotipados identificado em relação a quantidade total de assobios analisados por grupo e por comportamento gravado. Para relacionar a quantidade de assobios estereotipados com cada comportamento foram utilizadas gravações em alimentação, deslocamento, socialização, *milling* e descanso. A quantidade de assobios estereotipados repetidos em sequência foi contabilizada em relação ao total de estereotipados por grupo e por comportamento.

## 6 RESULTADOS

Para encontrar grupos de *S. bredanensis* foram realizadas 35 saídas de campo na Baía de Ilha Grande e adjacências e 89 na Baía de Guanabara e adjacências entre maio de 2010 e julho de 2015, totalizando 124 saídas. O encontro de grupos e gravações desses ocorreram em 17 saídas de campo nesse período de tempo, totalizando 8 horas e 18 minutos de gravação aproximadamente. Informações sobre datas das gravações; tamanho de grupo; presença ou ausência de filhotes; comportamento exibido durante as gravações; taxa de amostragem utilizada; número de assobios incluídos na análise, e área de gravação se encontram na Tabela 1. Em cada dia houve a coleta de dados de somente um grupo. Em somente um dos dias (13/08/2013), o grupo acompanhado se separou e a coleta continuou com uma pequena parte dele que se afastou além de 1km do restante. O tamanho de grupo variou entre dois e 44. Dentre os 17 grupos, somente seis não apresentaram filhotes em sua composição. Nos demais grupos, a quantidade de filhotes observados variou entre um e cinco. A maioria dos grupos foram gravados na Baía de Guanabara e adjacências ( $N=13$ ) e os restantes foram gravados na Baía de Ilha Grande ( $N=4$ ).

Em todos os dias de gravação houveram pelo menos dois indivíduos que estavam presentes nos dias anteriores. Em seis dos dias (29/07/11; 21/06/13; 13/11/13; 13/12/13; 28/03/14; e 09/07/15) mais de 50% dos indivíduos encontrados eram reavistagens de grupos encontrados em outros dias de gravação. Todos os grupos gravados na Baía de Ilha Grande apresentaram indivíduos previamente avistados na Baía de Guanabara e proximidades. Nos dias 18 de outubro e 13 de novembro de 2013 gravados na Baía de Ilha Grande, haviam 15 e sete indivíduos respectivamente, que foram previamente avistados na Baía de Guanabara. Nos dias 13 de dezembro de 2013 e 28 de março de 2014, 19 e oito dos indivíduos avistados respectivamente, haviam sido avistados nas proximidades da Baía de Guanabara.

Tabela 1 – Informações de gravações de grupos de *Steno bredanensis* entre 2010 e 2015.

Data	Tamanho de grupo	Presença/ausência de filhotes	Comportamentos	Taxa de amostragem (kHz)	Assobios analisados	Área
18/05/2010	42	S	A	96	35	BG
21/04/2011	12	N	A e M	96	0	BG
13/07/2011	2	N	A e M	96	0	BG
28/07/2011	19	S	A e D	48	26	BG
29/07/2011	44	S	A/D	48	10	BG
07/06/2013	27	S	A	192	3	BG
21/06/2013	27	S	A e D	192	54	BG
13/08/2013	30	S	A, D, M, DS e S	192	27	BG
13/08/2013	8	S	A e D	192	14	BG
18/10/2013	30	S	A e D	96	55	BIG
13/11/2013	11	N	A	192	0	BIG
13/12/2013	40	S	A, D, M, DS e S	192	15	BIG
28/03/2014	13	S	A e D	192	26	BIG
10/04/2014	40	S	A, D, M e A/D	192	22	BG
18/06/2014	21	N	A, D e M	192	0	BG
06/08/2014	12	N	D	192	1	BG
02/07/2015	4	N	D	192	0	BG
09/07/2015	24	S	D e A/D	192	29	BG

Legenda: Tamanhos dos grupos de *Steno bredanensis* gravados; presença ou ausência de filhotes nesses (N= ausência; S=presença); comportamentos observados durante as gravações (A=alimentação; D=deslocamento; DS=Descanso; S=socialização, M=*milling*; A/D=alimentação/deslocamento); taxa de amostragem utilizada; número de assobios incluídos na análise; e região onde ocorreram as gravações (BG= Baía de Guanabara e adjacências e BIG= Baía de Ilha Grande).

Fonte: A autora, 2017.

## 6.1 Caracterização de assobios

Dentre os assobios que apresentaram características adequadas para análise, 317 foram selecionados para análise estatística de parâmetros acústicos. Os assobios analisados pertenceram a 12 dos 17 dias de gravação. Cinco dias ou não tiveram assobios ou apresentaram menos de 10, sendo nenhum desses adequados para análise. Para as análises de taxa de emissão, todos os dias de gravação foram utilizados.

O teste t para amostras pareadas indicou que a frequência final ( $7,1 \pm 1,7$  kHz) foi em média maior do que a inicial ( $6,1 \pm 1,5$  kHz) (teste t pareado,  $t = 8,423$ ,  $df = 316$ ,  $p < 0,01$ ). Porém, a análise de forma de contorno indicou que a porção ascendente ocupa em média 18,3% da duração dos assobios. Os trechos constantes ocuparam em média 58,5% da duração dos assobios e os descendentes ocupam em média 23,2% da duração do assobio (Tabela 2). Dessa forma, a maior parte da modulação de frequência dos assobios de *S. bredanensis* se concentra em média, em trechos com duração menor do que 50% da duração do assobio. Os assobios que apresentaram ascendência em 80% ou mais de sua duração corresponderam a 7,3% do total ( $N=23$ ) e os que apresentaram descendência em 80% ou mais de sua duração corresponderam a 11% do total ( $N=35$ ). Os assobios que apresentaram trechos constantes em 80% ou mais de sua duração foram 41,3% ( $N=131$ ).

Adicionalmente, 42,3% dos assobios analisados ( $N=134$ ) eram segmentados, apresentando quebras em contorno (Figura 9). Esses assobios apresentaram segmentos constantes na maioria dos casos (79,1%,  $N=106$ ), podendo apresentar modulação de frequência entre os segmentos ao longo dos assobios.

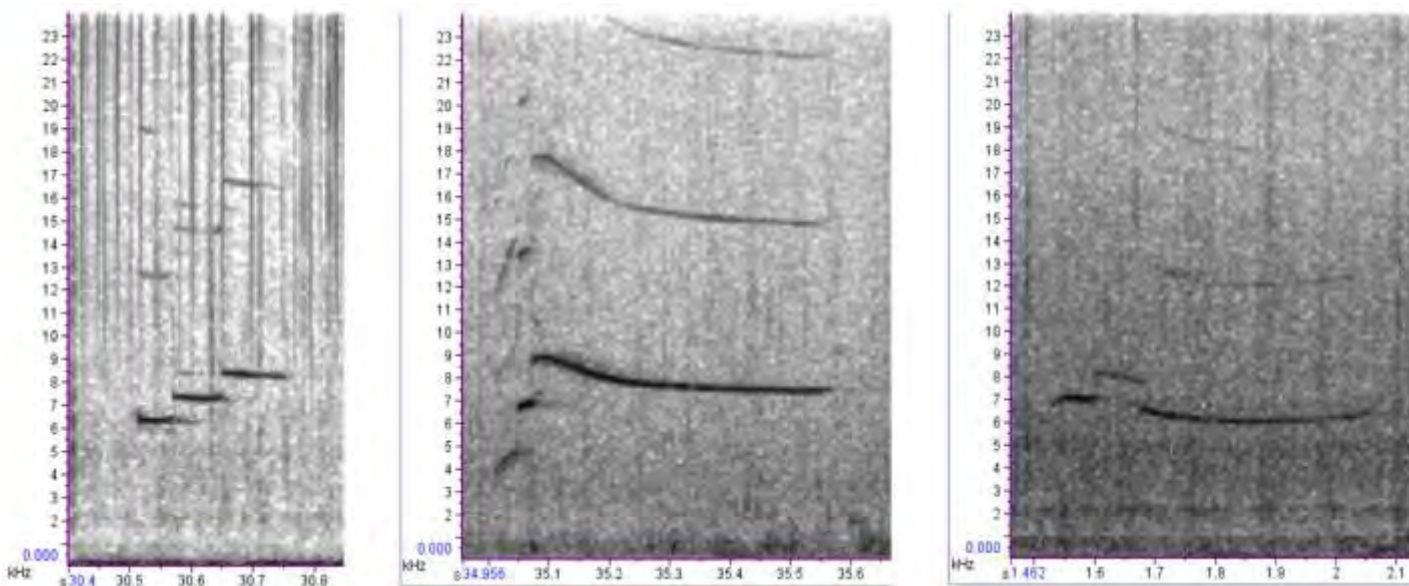
Tabela 2 – Percentual das formas de contorno ao longo da duração de assobios de *Steno bredanensis*.

	%Ascendente	%Descendente	%Constante
Média±desvio-padrão	18,3±28,5	23,2±33,9	58,5±38,4
Mínimo e máximo	0-100	0-100	0-100

Legenda: Média±desvio-padrão e valores mínimo e máximo da porcentagem da duração dos assobios de *Steno bredanensis* referente a cada tipo de forma de contorno ( $N=317$ ). Gravações foram realizadas nas proximidades da Baía de Guanabara e na Baía de Ilha Grande.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 9 – Exemplos de assobios de *Steno bredanensis* (golfnho-de-dentes-rugosos) com quebras de contorno.



Legenda: Assobios segmentados de *Steno bredanensis*. Assobios foram gravados nas proximidades da Baía de Guanabara e Baía de Ilha Grande. A duração é mensurada em ms e frequência em kHz. Eixo X está em segundos e Y está em kHz.

Fonte: A autora, 2017.

Os valores de média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo, e coeficiente de variação dos parâmetros acústicos dos assobios de *S. bredanensis* se encontram na tabela 3.

Tabela 3 – Estatística descritiva dos parâmetros acústicos de assobios de *Steno bredanensis* (continua)

Parâmetros	Total de assobios (N=317)	Estados comportamentais	
		Alimentação (N=142)	Deslocamento (N=114)
Inf	0,2±0,6 0 (0-5) 300%	0,2±0,5 0 (0-3) 250%	0,3±0,7 0 (0-5) 233%
FI	6,1±1,5 6,1 (2,3-10,7) 24,6%	6,2±1,5 6,6 (2,8-10,7) 24,2%	6,2±1,6 6,3 (2,3-9,6) 25,8%
FF	7,1±1,7 7,0 (3,1-13,0) 23,9%	7,3±1,8 7,1 (3,1-13,0) 24,7%	6,9±1,6 6,6 (3,9-12,0) 23,2%
Fmin	5,6±1,3 5,8 (2,3-9,9) 23,2%	5,7±1,4 6,0 (2,8-9,9) 24,6%	5,6±1,2 5,8 (2,3-8,8) 21,4%
Fmax	7,7±1,7 7,6 (4,4-14,1) 22,1%	7,9±1,6 7,7 (4,4-13,0) 20,3%	7,8±1,9 7,6 (4,4-14,1) 24,4%

Legenda: Estatística descritiva dos parâmetros acústicos com valores de média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo e coeficiente de variação dos parâmetros acústicos de 317 assobios gravados a partir de 12 grupos de *S. bredanensis* encontrados nas proximidades da Baía de Guanabara e na Baía de Ilha Grande. Inf= número de pontos de inflexão; FI=frequência inicial; FF=frequência final; Fmin=frequência mínima; e Fmax=frequência máxima. São reportados os valores do total de assobios analisados; e dos assobios de alimentação e deslocamento emitidos por grupos com filhote.

Fonte: A autora, 2017.

Tabela 3 – Estatística descritiva dos parâmetros acústicos de assobios de *Steno bredanensis* (conclusão)

Parâmetros	Total de assobios (N=317)	Estados comportamentais	
		Alimentação (N=142)	Deslocamento (N=114)
Mod	2,1±1,6 1,6 (0,1-10,3) 76,2%	2,2±1,5 1,7 (0,1-6,6) 68,2%	2,2±1,9 1,5 (0,3-10,3) 86,4%
PF	6,6±1,5 6,7 (3,4-11,7) 22,7%	6,8±1,5 6,8 (3,4-11,7) 22,1%	6,7±1,5 6,6 (3,6-10,5) 22,4%
FC	6,6±1,3 6,8 (3,3-10,8) 19,7%	6,7±1,3 6,8 (3,4-10,8) 19,4%	6,7±1,3 6,6 (4,1-9,9) 19,4%
F1/4	6,6±1,4 6,8 (2,8-12,6) 21,2%	6,6±1,3 6,8 (3,7-10,3) 19,7%	6,8±1,5 6,9 (3,4-12,6) 22,1%
F1/2	6,8±1,5 6,8 (3,3-11,8) 22,1%	6,9±1,4 6,9 (3,4-11,5) 20,3%	6,8±1,5 6,6 (3,7-11,8) 22,1%
F3/4	6,9±1,6 6,8 (3,2-13,8) 23,2%	7,0±1,5 7,0 (3,2-12,1) 21,4%	6,9±1,8 6,6 (3,9-13,8) 26,1%
Dur	380±179 373 (43-1037) 47,1%	369±184 367 (43-1004) 49,9%	421±171 414 (121-1037) 40,6%

Legenda: Estatística descritiva dos parâmetros acústicos com valores de média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo e coeficiente de variação dos parâmetros acústicos dos de 317 assobios gravados a partir de 12 grupos de *S. bredanensis* encontrados nas proximidades da Baía de Guanabara e na Baía de Ilha Grande. Mod=modulação de frequência; PF=pico de frequência; FC=frequência central; F1/4=frequência a ¼ da duração do assobio; F1/2=frequência a ½ da duração do assobio; F3/4=frequência a ¾ da duração do assobio; e Dur=duração do assobio. São reportados os valores do total de assobios analisados; e assobios de alimentação e deslocamento emitidos por grupos com filhote.

Fonte: A autora, 2017.

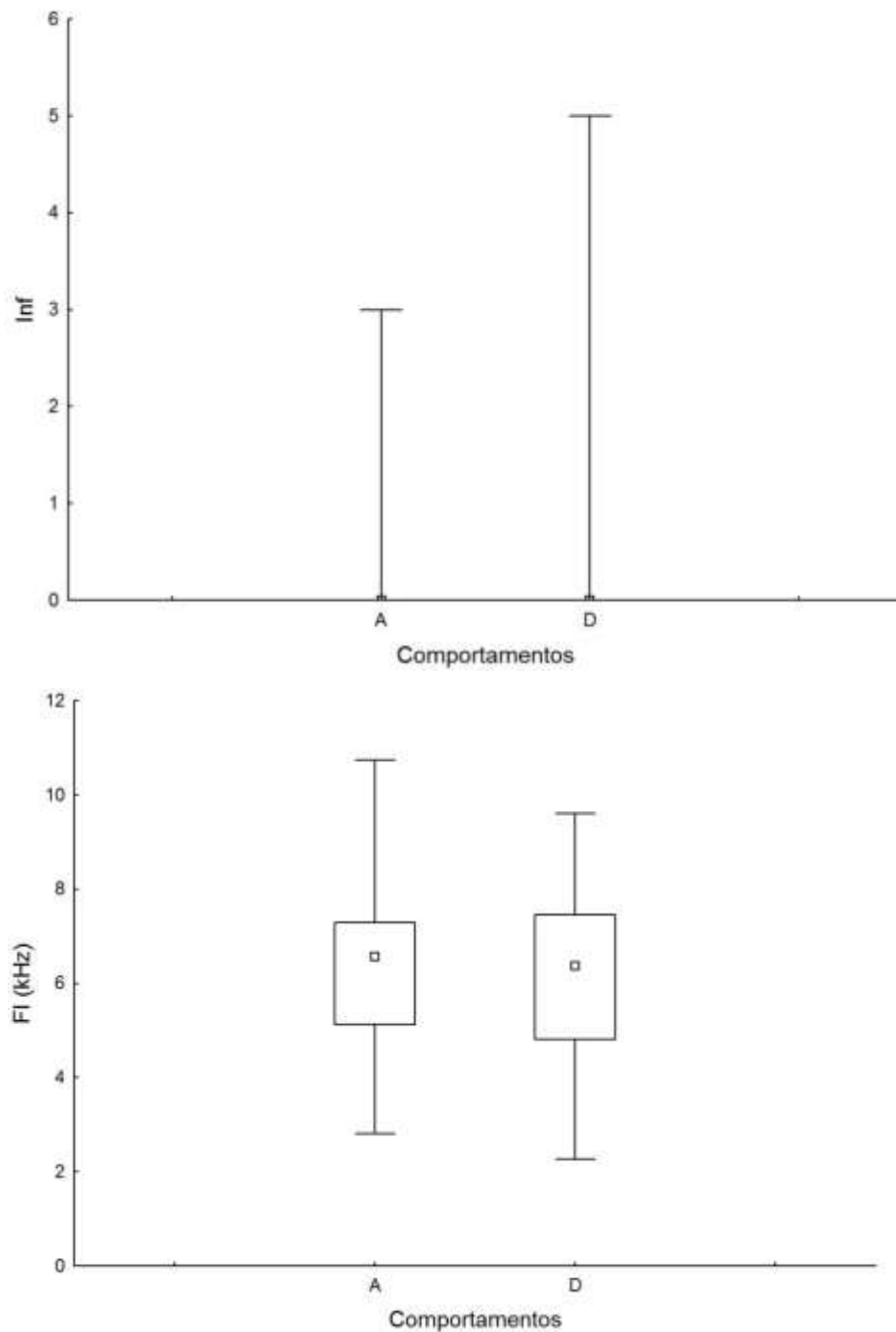
A maioria dos assobios de *S. bredanensis* não apresentou pontos de inflexão (81,4%,  $N=258$ ), porém foram encontrados de um a cinco pontos de inflexão (Tabela 3). Os assobios da espécie apresentaram curta duração ( $380\pm 179$  ms) e baixa modulação de frequência ao longo do assobio ( $2,1\pm 1,6$  kHz), com média de frequência mínima de  $5,6\pm 1,3$  kHz e máxima  $7,7\pm 1,7$  kHz (Tabela 3). O pico de frequência e a frequência central apresentaram valores similares de média ( $6,6\pm 1,5$  e  $6,6\pm 1,3$  kHz, respectivamente), assim como os valores de frequência a  $\frac{1}{4}$ , a  $\frac{1}{2}$  e a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio ( $6,6\pm 1,4$ ;  $6,8\pm 1,5$ ;  $6,9\pm 1,6$  kHz respectivamente).

### 6.1.1 Comparação dos assobios entre comportamentos

A distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *S. bredanensis* nos comportamentos de alimentação e deslocamento se encontra na figura 10. As distribuições são representadas pela mediana, pela representação de 25 e 75% da distribuição, e valores mínimo e máximo.

Assobios emitidos durante o comportamento de deslocamento foram mais longos do que os emitidos em alimentação (teste U de *Mann-Whitney*,  $U=6603,5$ ,  $N=256$ ,  $p=0,012$ ). A frequência final, a  $\frac{1}{2}$  e a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio foram maiores em assobios emitidos durante o comportamento de alimentação do que os emitidos durante assobios de deslocamento (teste U de *Mann-Whitney*,  $U=6630,5$ ,  $p=0,013$ ;  $U=6685,5$ ,  $p=0,017$ ; e  $U=6540$ ,  $p=0,008$ ,  $N=256$ , respectivamente). O número de pontos de inflexão foi maior em assobios de deslocamento do que em assobios de alimentação (teste U de *Mann-Whitney*,  $U=7196$ ,  $N=256$ ,  $p=0,02$ ).

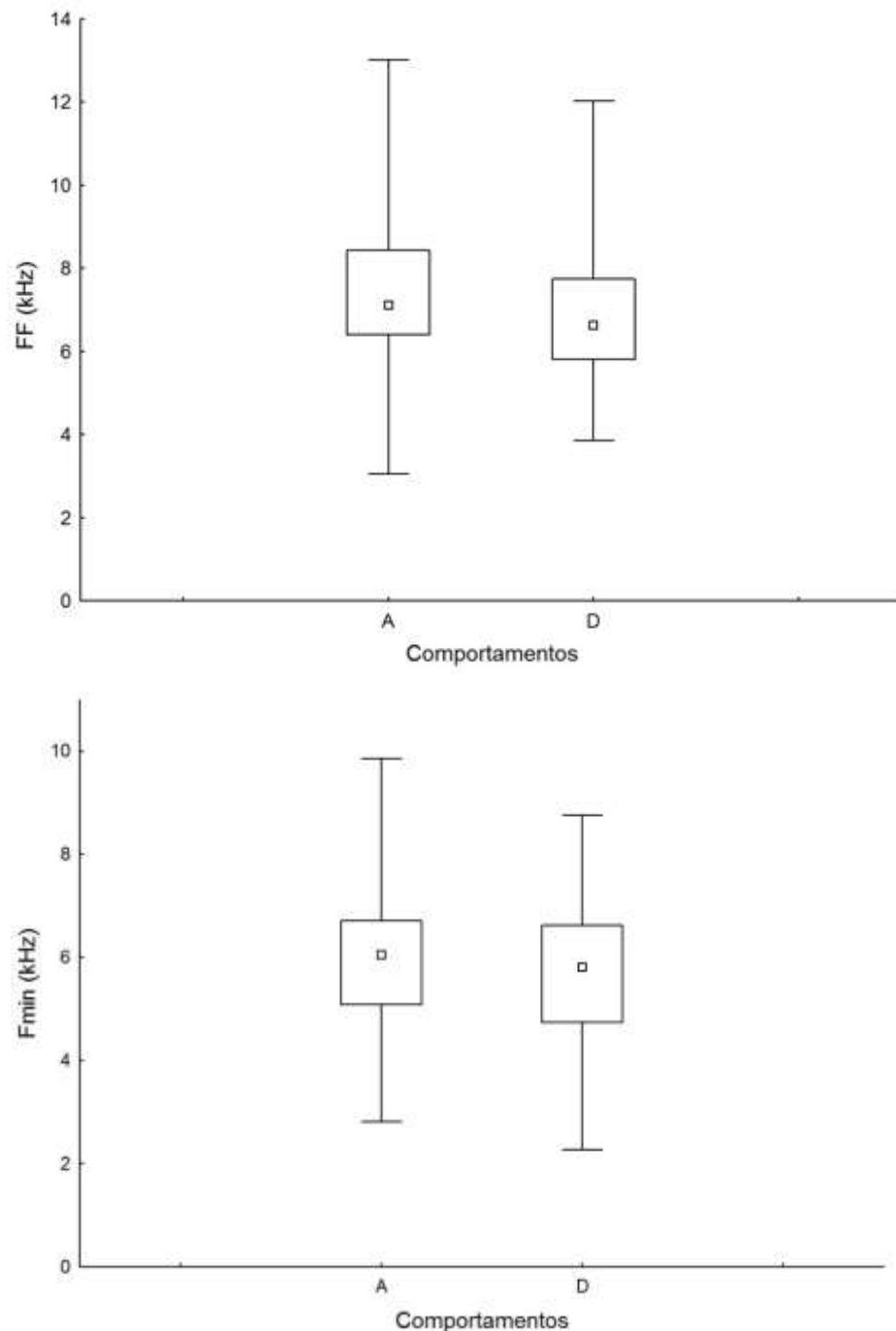
Figura 10 – Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos (continua)



Legenda: Distribuição dos valores dos parâmetros acústicos: número de pontos de inflexão (Inf) e frequência inicial (FI) (kHz) dos assobios de *Steno bredanensis* nos comportamentos de alimentação (A) e deslocamento (D). Mediana, quartis da distribuição, valores mínimo e máximo.

Fonte: A autora, 2017.

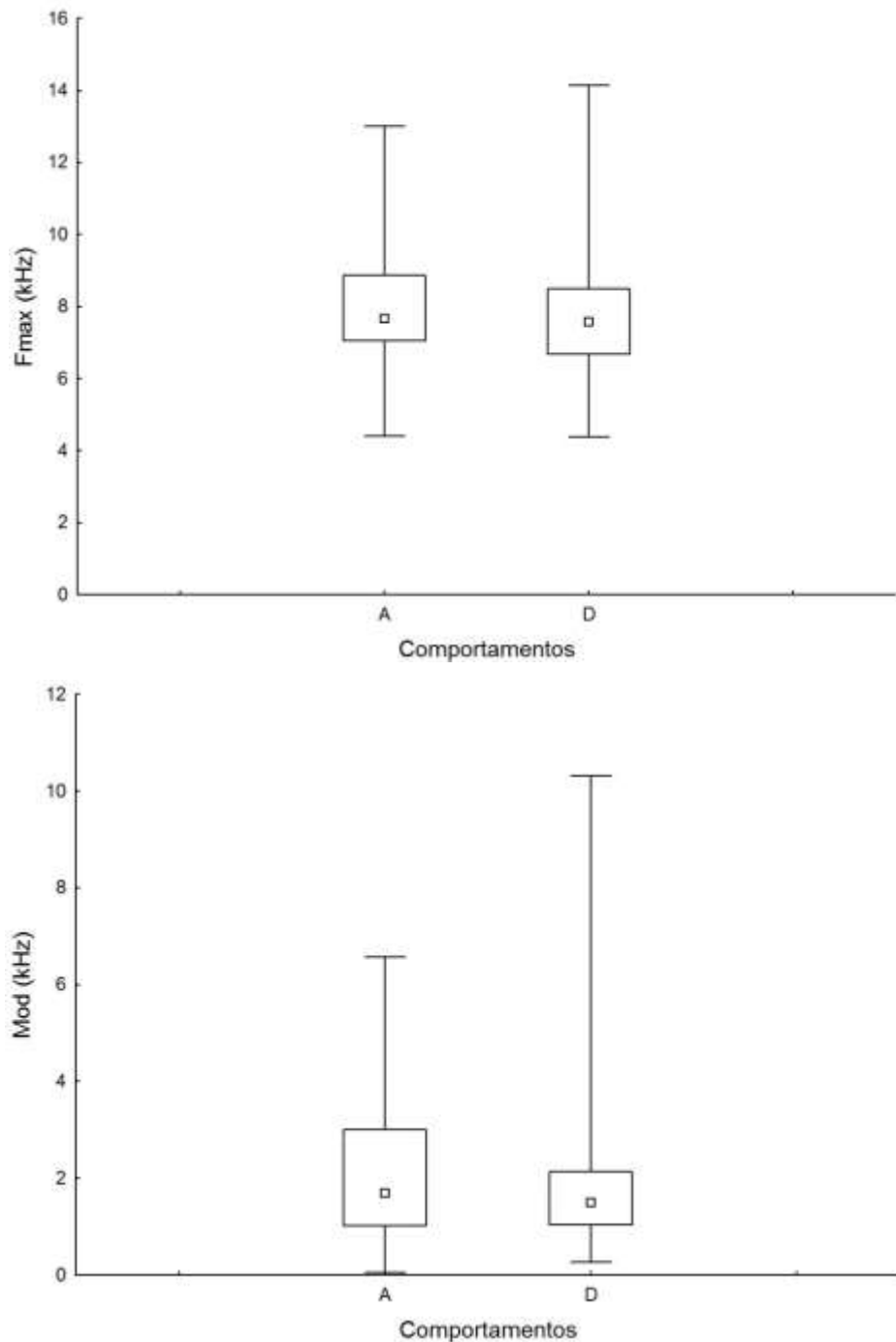
Figura 10 – Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos (continua)



Legenda: Distribuição dos valores dos parâmetros acústicos: frequência final (FF) e frequência mínima (Fmin) (kHz) dos assobios de *Steno bredanensis* nos comportamentos de alimentação (A) e deslocamento (D). Mediana, quartis da distribuição, valores mínimo e máximo.

Fonte: A autora, 2017.

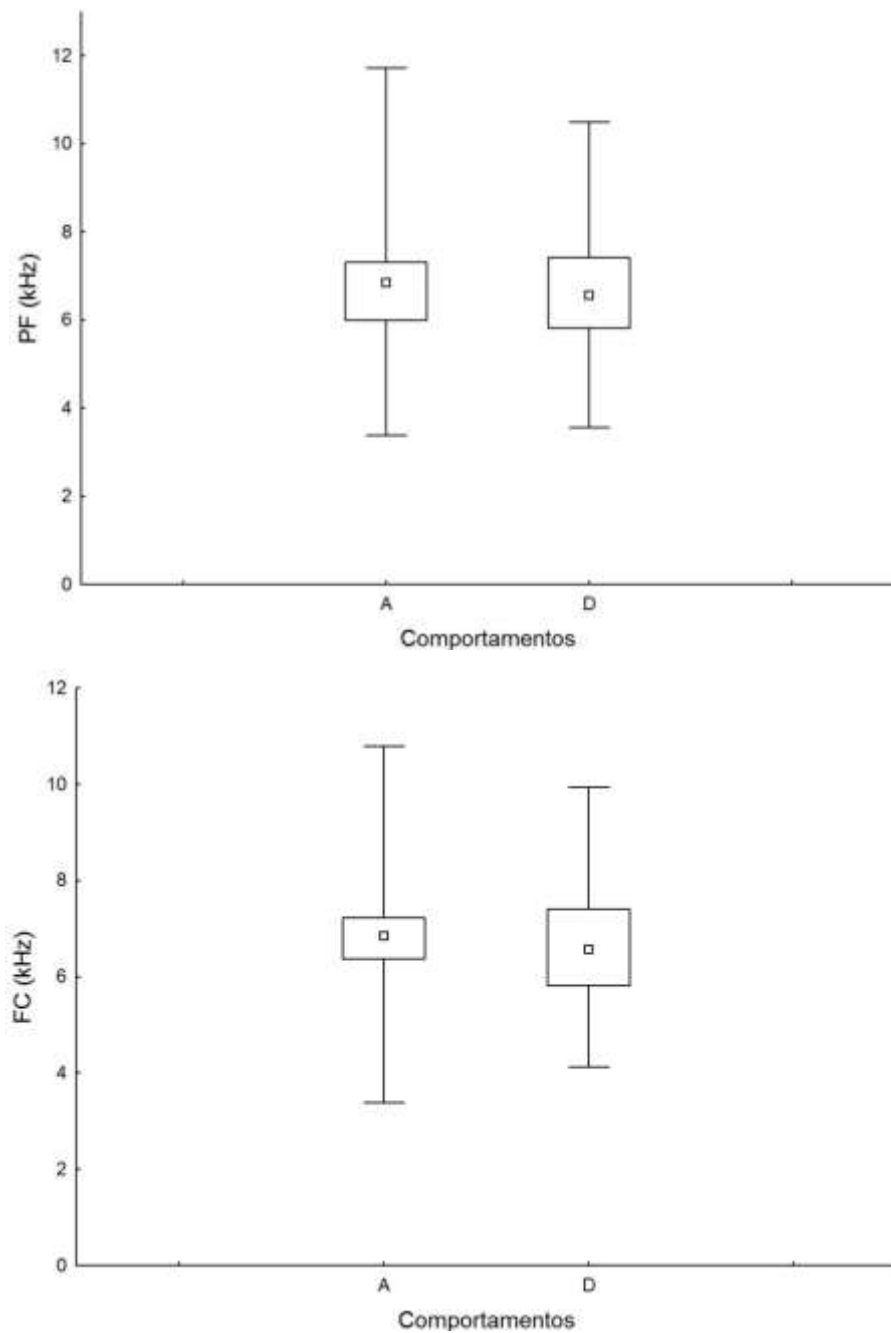
Figura 10 – Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos (continua)



Legenda: Distribuição dos valores dos parâmetros acústicos: frequência final (FF) e frequência mínima (Fmin) (kHz) dos assobios de *Steno bredanensis* nos comportamentos de alimentação (A) e deslocamento (D). Mediana, quartis da distribuição, valores mínimo e máximo.

Fonte: A autora, 2017.

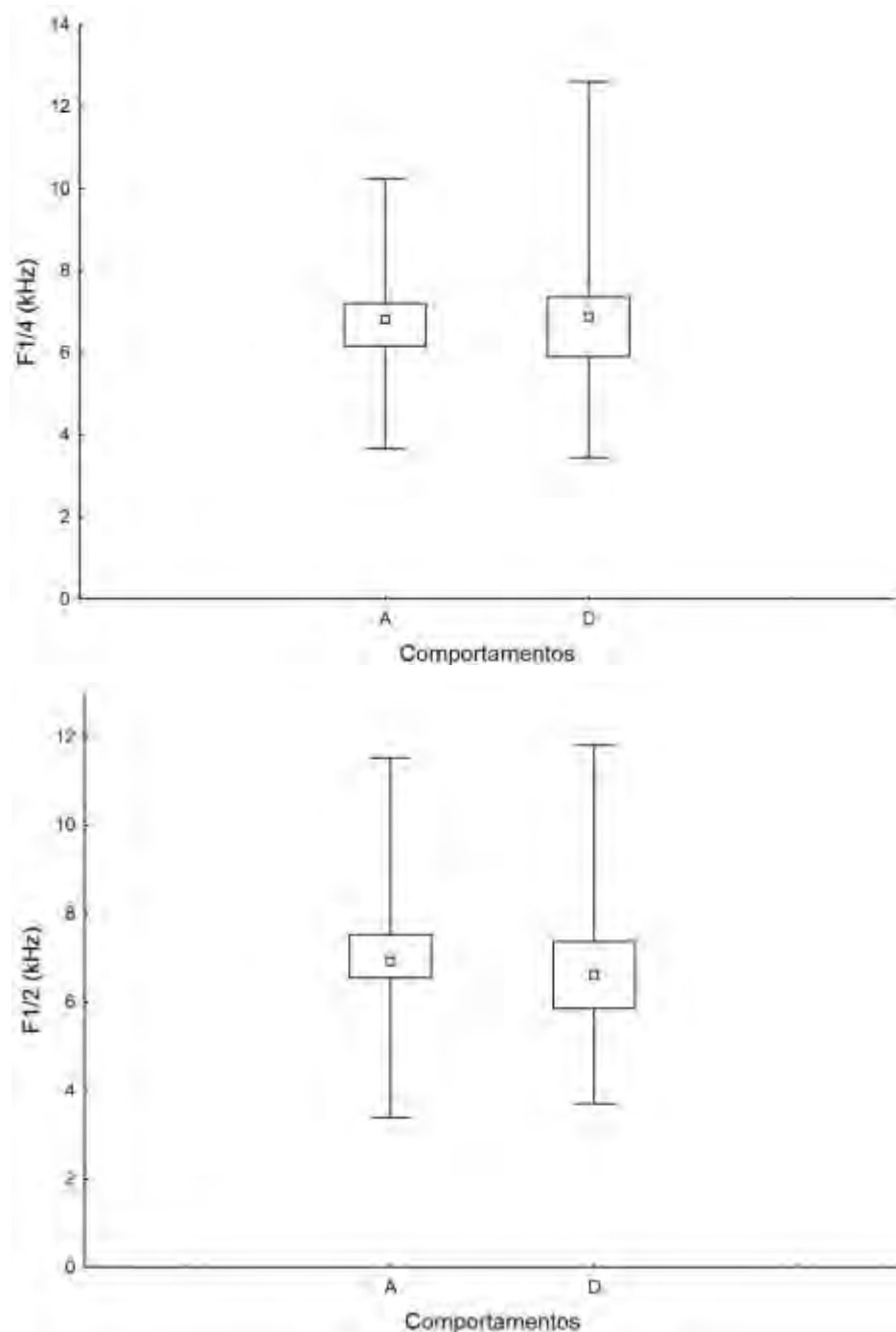
Figura 10 – Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos (continua)



Legenda: Distribuição dos valores dos parâmetros acústicos: pico de frequência (PF) e frequência central (FC) (kHz) dos assobios de *Steno bredanensis* nos comportamentos de alimentação (A) e deslocamento (D). Mediana, quartis da distribuição, valores mínimo e máximo.

Fonte: A autora, 2017.

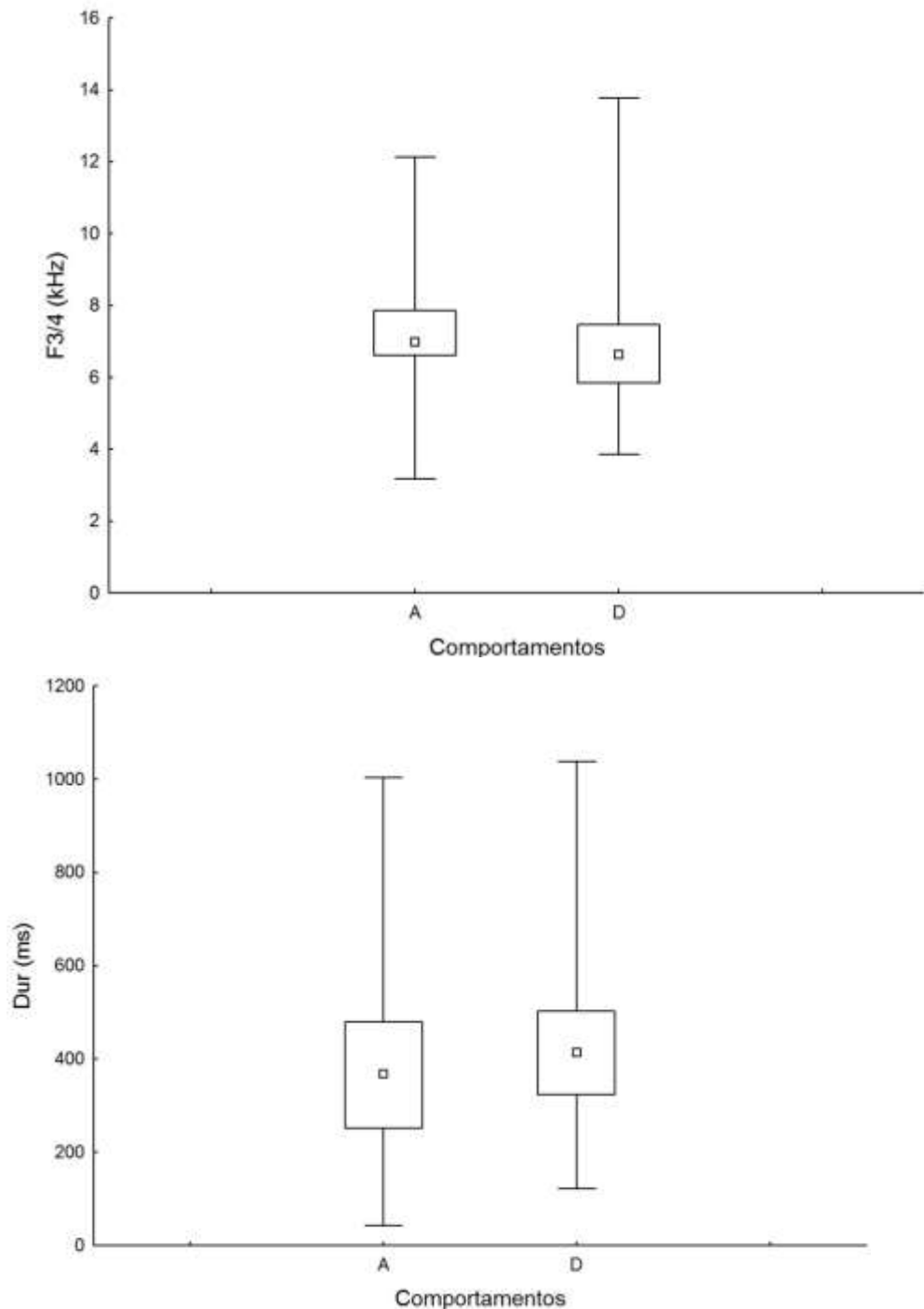
Figura 10 – Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos (continua)



Legenda: Distribuição dos valores dos parâmetros acústicos: frequência a  $\frac{1}{4}$  do assobio (F1/4) e frequência a  $\frac{1}{2}$  do assobio (F1/2) (kHz) dos assobios de *Steno bredanensis* nos comportamentos de alimentação (A) e deslocamento (D). Mediana, quartis da distribuição, valores mínimo e máximo.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 10 – Distribuição dos parâmetros acústicos dos assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento, com valores de mediana, quartis e valores mínimos e máximos (conclusão)



Legenda: Distribuição dos valores dos parâmetros acústicos: frequência a  $\frac{3}{4}$  do assobio ( $F_{3/4}$ ) (kHz) e duração (ms) dos assobios de *Steno bredanensis* nos comportamentos de alimentação (A) e deslocamento (D). Mediana, quartis da distribuição, valores mínimo e máximo.

Fonte: A autora, 2017.

Na análise de componentes principais, três componentes foram responsáveis por 85,2% das variações encontradas entre os assobios emitidos em comportamento de alimentação e os emitidos em deslocamento. Os autovalores, percentuais de variação de cada componente e o percentual cumulativo das variações representadas nos componentes se encontram na tabela 4. As correlações entre os parâmetros acústicos e cada um dos componentes se encontram na tabela 5. Oito dos parâmetros acústicos apresentaram altos valores de correlação com o componente 1 (a partir de 0,7). A frequência central, a frequência a  $\frac{1}{2}$ , a frequência a  $\frac{3}{4}$  do assobio, a frequência máxima, o pico de frequência e frequência final apresentaram os maiores valores de correlação com esse componente. A modulação apresentou forte correlação com o componente 2 (0,86), sendo o parâmetro que mais contribuiu nesse componente. A frequência inicial apresentou a segunda maior correlação com o componente 2 (0,79). A frequência mínima também apresentou alta correlação com o componente 2 (0,71). A duração e o número de pontos de inflexão foram os parâmetros que apresentaram altas correlações com o componente 3.

Tabela 4 – Três componentes que explicam 85,2% das variações encontradas em assobios de *Steno bredanensis* emitidos em comportamentos de alimentação e deslocamento.

Fator	Autovalores	Percentual de variação (%)	Percentual cumulativo (%)
Componente 1	6,6	55,0	55,0
Componente 2	2,4	19,9	74,9
Componente 3	1,2	10,3	85,2

Legenda: Três componentes resultantes da análise de componentes principais (PCA) que explicam a maior parte das variações encontradas em 256 assobios gravados em alimentação e deslocamento de *Steno bredanensis* nas proximidades da Baía de Guanabara e Baía de Ilha Grande. São reportados os autovalores e o percentual de variação de cada componente, além do percentual cumulativo das variações representadas nos componentes.

Fonte: A autora, 2017.

Tabela 5 – Correlações entre os parâmetros acústicos e os componentes que explicam 85,2% das variações encontradas em assobios de *Steno bredanensis* emitidos em alimentação e deslocamento.

Parâmetros acústicos	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Inf	-0,24	-0,39	0,66
FI	-0,50	0,79	0,18
FF	-0,87	-0,29	-0,26
Fmin	-0,67	0,71	0,09
Fmax	-0,92	-0,30	-0,06
Mod	-0,43	-0,86	-0,12
PF	-0,88	0,08	0,11
FC	-0,95	0,06	0,04
F1/4	-0,83	0,18	0,31
F1/2	-0,92	-0,002	-0,13
F3/4	-0,92	-0,20	-0,23
Dur	0,06	-0,35	0,70

Legenda: Correlações de parâmetros acústicos (Inf=número de pontos de inflexão; FI=frequência inicial; FF=frequência final; Fmin=frequência mínima; Fmax=frequência máxima; Mod=modulação de frequência; PF=pico de frequência; FC=frequência central; F1/4=frequência a  $\frac{1}{4}$  da duração do assobio; F1/2=frequência a  $\frac{1}{2}$  da duração do assobio; F3/4=frequência a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio; e Dur=duração do assobio) com os componentes resultantes da análise de componentes principais (PCA) que explicam a maior parte das variações encontradas em 256 assobios de *Steno bredanensis* em comportamento de alimentação e deslocamento gravados nas proximidades da Baía de Guanabara e Baía de Ilha Grande.

Fonte: A autora, 2017.

A análise discriminante indicou poucas diferenças entre assobios emitidos nos comportamentos de alimentação e deslocamento, pois o valor de lambda de *Wilks* é próximo de 1 (Lambda de Wilks = 0,93104;  $F(4,251) = 4,6478$ ,  $p < 0,01$ ). A função da discriminante apresentou autovalor igual a 0,074 e correlação canônica igual a 0,26. Os parâmetros que foram incluídos no modelo da análise discriminante foram: duração, número de pontos de inflexão, frequência final e frequência a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio. Segundo os valores de coeficientes

padronizados das variáveis canônicas, a frequência final, a frequência a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio e o número de pontos de inflexão foram os parâmetros que melhor contribuíram para a discriminação entre os comportamentos de alimentação e deslocamento. A taxa de classificação correta geral de assobios em relação aos comportamentos foi de 60,6%, sendo os assobios de deslocamento melhor classificados (65,8%,  $N=75$ ) do que assobios de alimentação (56,3%,  $N=80$ ).

As gravações apresentaram geralmente duração de até 3 minutos, com duração média de 2,55 minutos (desvio-padrão=1,18). A taxa de emissão de assobios por indivíduo por minuto variou de zero a 0,67 e a média foi de  $0,20 \pm 0,20$ . Somente um dos grupos apresentou taxa de emissão com valor zero e esse foi gravado no dia 2 de julho de 2015, apresentando somente 4 indivíduos. Não houve correlação entre tamanhos de grupo e taxas de emissão de assobios ( $r=0,2$ ;  $p>0,05$ ). Taxas de emissão de assobios em comportamentos de alimentação ( $0,31 \pm 0,27$ ) e deslocamento ( $0,24 \pm 0,22$ ) em grupos com filhote também não foram estatisticamente distintas (teste U de *Mann-Whitney*,  $N=18$ ,  $p>0,05$ ). Grupos com filhotes apresentaram maiores taxas de emissão ( $0,27 \pm 0,22$ ) do que grupos que não apresentavam filhotes ( $0,07 \pm 0,09$ ) (teste U de *Mann-Whitney*,  $U=11$ ,  $N=17$ ,  $p<0,05$ ).

### 6.1.2 Caracterização de assobios estereotipados

Foram identificados 312 assobios estereotipados dentre os 508 assobios analisados (61,4%). O teste kappa de Cohen demonstrou que os observadores utilizados para validar a classificação de assobios estereotipados geralmente concordaram entre si ( $k=0,70$ ,  $P<0,01$ ). Os assobios foram classificados em 28 categorias, sendo que quatro dessas apresentaram subcategorias resultantes de diferenças em frequência, duração e pequenas variações em formas de contorno (Figura 11). Assim, 32 categorias e subcategorias foi identificado. Os valores de média e desvio-padrão dos assobios de cada uma dessas categorias se encontram na tabela 6.

Tabela 6 – Categorias de formas de contorno de assobios estereotipados de *S. bredanensis* e parâmetros acústicos (continua)

Categoria/subcategoria	N	FI	FF	Fmin	Fmax	Mod	Dur
A2	7	2,7±0,8	7,1±1,0	2,7±0,8	7,1±1,0	4,4±0,5	471±115
A4	6	6,8±0,8	6,2±0,7	5,8±0,6	6,9±0,7	1,0±0,03	314±61
A5	4	6,3±0,2	5,2±0,1	5,1±0,1	6,3±0,2	1,2±0,2	764±52
A6	45	7,5±0,4	6,1±0,3	6,1±0,3	7,5±0,4	1,5±0,3	409±83
A7	3	4,8±1,3	6,6±0,5	4,6±1,1	7,4±0,6	2,7±1,7	417±37
A8	9	4,4±1,3	9,4±1,0	4,3±1,1	9,4±1,0	5,1±1,2	91±17
A9	4	7,0±0,3	10,1±0,9	6,8±0,2	13,0±0,8	6,1±0,9	484±88
A12	7	7,6±0,2	8,3±0,5	6,8±0,04	8,4±0,5	1,6±0,5	152±12
A13	7	4,0±0,5	7,9±0,6	3,9±0,5	8,1 ±0,7	4,2±0,9	786±157
A14	6	4,5±0,4	8,9±0,5	4,5±0,4	10,2±0,5	5,7±0,3	173±27
A14a	17	4,4±0,8	9,1±0,9	4,4±0,8	9,4±1,0	5,1±0,6	199±24
A15	17	3,9±0,8	5,6±0,8	3,9±0,8	5,9±0,8	2,0±0,5	424±110
A16	13	6,6±0,8	8,7±0,6	6,4±0,7	8,9±0,4	2,5±0,5	239±64
A16a	10	5,5±1,1	8,5±1,2	5,4±0,9	8,7±1,1	3,3±1,3	425±49
A17	6	3,4±0,8	8,8±0,5	3,1±0,5	13,0±0,7	9,8±0,6	524±27
A18	3	6,0±1,7	10,0±0,5	5,5±0,9	10,6±0,5	5,1±0,6	816±24
A20	17	4,8±0,2	3,4±0,2	3,2±0,1	4,8±0,4	1,7±0,2	418±70
A22	26	6,8±0,7	6,2±0,7	6,1±0,6	6,8±0,6	0,7±0,1	580±143

Legenda: Categorias e subcategorias de assobios estereotipados de *S. bredanensis*, número de assobios por categoria (N) e parâmetros acústicos por categoria: frequência inicial (FI); frequência final (FF); frequência mínima (Fmin); frequência máxima (Fmax); modulação de frequência (Mod) e duração (Dur).

Fonte: A autora, 2017.

Tabela 6 – Categorias de formas de contorno de assobios estereotipados de *S. bredanensis* e parâmetros acústicos (conclusão)

Categoria/subcategoria	N	FI	FF	Fmin	Fmax	Mod	Dur
A22a	10	4,8±0,4	4,9±0,4	4,7±0,4	5,1±0,3	0,4±0,2	359±53
A25	5	3,5±0,8	7,4±0,5	3,5±0,8	7,5±0,5	4,0±0,5	360±89
A26	2	3,4±0,2	9,8±0,2	3,4±0,2	9,8±0,2	6,4±0,3	621±111
A27	3	7,9±1,0	12,8±0,8	7,7±0,8	12,8±0,8	5,1±0,1	179±46
A31	23	8,4±0,7	7,0±0,6	7,0±0,6	8,5±0,7	1,5±0,3	393±71
A49	7	6,8±0,8	6,2±0,5	6,1±0,6	8,0±0,4	1,9±0,4	518±85
A50	3	6,7±0,5	5,6±0,5	5,6±0,5	7,1±0,6	1,4±0,6	499±42
A61	5	4,7±0,2	7,9±0,4	4,7±0,1	8,2±0,3	3,5±0,4	474±58
A61a	4	4,2±0,5	7,6±0,1	4,2±0,5	9,0±0,1	4,8±0,5	367±126
A75	6	7,3±0,4	8,9±0,8	7,1±0,5	9,0±0,8	1,9±0,4	456±17
A79	11	4,6±0,8	7,9±0,8	4,5±0,7	8,0±0,7	3,5±0,6	421±75
A80	18	5,2±0,2	9,0±0,2	5,2±0,2	9,0±0,2	3,8±0,2	111±21
A81	4	7,5±0,5	8,3±0,9	6,9±0,5	8,5±0,9	1,6±0,6	328±17
A93	4	3,7±0,5	7,5±0,5	3,7±0,5	8,3±0,3	4,6±0,3	157±39

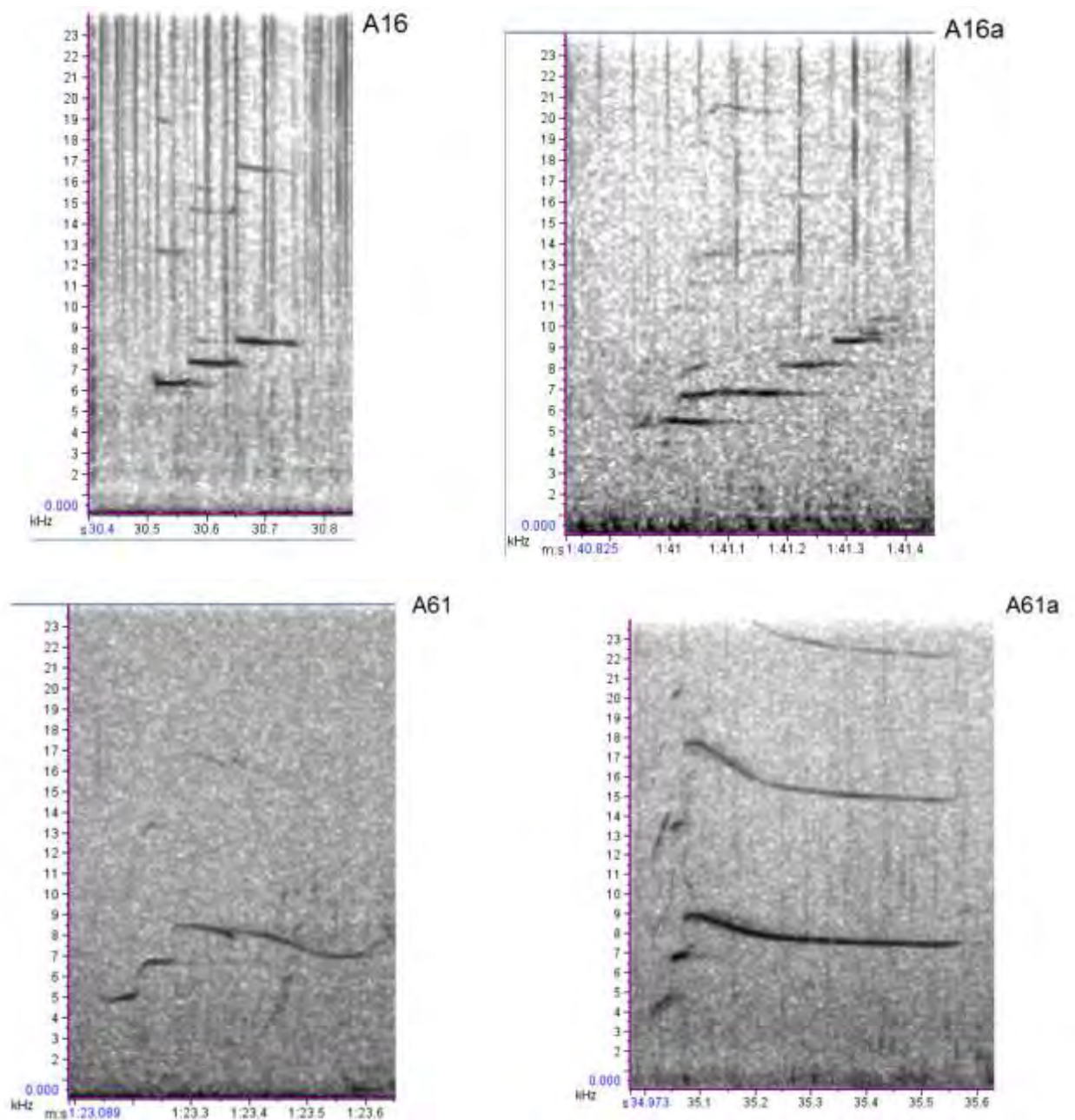
Legenda: Categorias e subcategorias de assobios estereotipados de *S. bredanensis*, número de assobios por categoria (N) e parâmetros acústicos por categoria: frequência inicial (FI); frequência final (FF); frequência mínima (Fmin); frequência máxima (Fmax); modulação de frequência (Mod) e duração (Dur).

Fonte: A autora, 2017.

Dentre os assobios estereotipados, 74% ( $N=231$ ), se encontraram em um intervalo de até 12 segundos de outro assobio de mesma forma de contorno. Os assobios de mesma forma de contorno que foram emitidos em sequência, caracterizadas pelo intervalo estipulado, representaram 45,5% ( $N=231$ ) do total de assobios analisado ( $N=508$ ). Foram contabilizadas 71 sequências formadas por no mínimo dois e no máximo 12 assobios de mesma forma de contorno, com média de  $3,3\pm 1,6$  assobios em cada uma. As informações sobre cada categoria e subcategoria de forma de contorno, como número de assobios em cada uma dessas; porcentagem de vezes em que os assobios de mesma categoria de forma de contorno ocorreram em intervalos de até 12 segundos de outros da mesma categoria; número de sequências de

assobios repetidos; datas em que os assobios de cada forma de contorno ocorreram repetidos em intervalos de até 12 segundos uns dos outros; quantidade de dias em que os assobios de cada categoria foram identificados; e comportamentos em que foram observados se encontram na Tabela 7.

Figura 11 – Exemplos de assobios estereotipados de *Steno bredanensis* cujas categorias foram subdivididas.



Legenda: Exemplos de assobios de *S. bredanensis* classificados na categoria A16 e subcategoria A16a e na categoria A61 e subcategoria A61a. Eixo X está em segundos e Y está em kHz. Fonte: A autora, 2017.

Dentre o total de categorias e subcategorias, 65,5% dessas ( $N=20$ ) apresentaram pelo menos 70% dos assobios repetidos em sequência em pelo menos um dos dias de gravação (Tabela 7). A maioria das categorias e subcategorias ( $N=19$ , 59,4%) ocorreu em mais de um dia de gravação de *S. bredanensis*, porém foi encontrada em sequência de assobios repetidos somente em um dos dias ( $N=24$ , 75%). Dentre as categorias e subcategorias encontradas, 40,6% ( $N=13$ ) ocorreu em somente um dia de gravação. Dezenove das categorias (59,4% do total) foram encontradas em mais de um comportamento, porém 57,9% dessas ( $N=11$ ) se encontrou repetidamente em sequência somente em um comportamento (Tabela 7). As outras 13 categorias (40,6% do total) foram registradas em somente um comportamento, não sendo identificadas em situações distintas de contextos comportamentais.

Tabela 7 – Categorias de formas de contorno de assobios estereotipados de *S. bredanensis* gravados na costa do Rio de Janeiro (continua)

Categoria/subcategoria	N	%Assobios repetidos	N de sequências	Datas de sequências	N de dias observados	Comportamentos
A2	7	85,7	1	13/12/13	2	<b>D</b>
A4	6	50	1	13/12/13	3	<b>D, A e M</b>
A5	4	100	1	21/06/13	1	<b>A</b>
A6	45	75,6	11	21/06/13 e 18/10/13	5	<b>D e A</b>
A7	3	66,7	1	10/04/14	1	<b>D</b>
A8	9	88,9	2	13/12/13	1	<b>M e S</b>
A9	4	75,0	1	10/04/14	1	<b>D</b>
A12	7	85,7	2	18/10/13	1	<b>D</b>
A13	7	57,1	1	18/10/13	2	<b>D e A</b>
A14	6	66,7	1	18/10/13	1	<b>D</b>
A14a	17	94,1	4	18/10/13 e 13/08/13	2	<b>D e A</b>
A15	17	70,6	5	21/06/13, 13/12/13 e 09/07/15	6	<b>D, A e M</b>
A16	13	53,8	2	28/07/11 e18/10/13	4	<b>A e S</b>
A16a	10	30,0	1	18/05/10	5	<b>D e A</b>
A17	6	100	1	18/10/13	1	<b>D</b>

Tabela 7 – Categorias de formas de contorno de assobios estereotipados de *S. bredanensis* gravados na costa do Rio de Janeiro (conclusão)

Categoria/subcategoria	N	%Assobios repetidos	N de sequências	Datas de sequências	N de dias observados	Comportamentos
A18	3	100	1	09/07/15	1	<b>D</b>
A20	17	76,5	5	18/10/13	3	<b>D e A</b>
A22	26	65,4	4	18/10/13 e 09/07/15	6	<b>D e A</b>
A22a	10	80,0	3	21/06/13	3	<b>D, A e S</b>
A25	5	40,0	1	13/08/13	2	<b>D e S</b>
A26	2	100	1	28/03/14	1	<b>A</b>
A27	3	100	1	28/07/11	1	<b>A</b>
A31	23	69,6	5	21/06/13 e 06/08/14	5	<b>D, A e S</b>
A49	7	71,4	2	21/06/13 e 28/03/14	3	<b>D, A e S</b>
A50	3	66,7	1	18/05/10	2	<b>D e A</b>
A61	5	100	2	13/12/13	1	<b>M e DS</b>
A61a	4	75,0	1	13/12/13	2	<b>M e A</b>
A75	6	100	2	21/06/13	1	<b>D</b>
A79	11	54,5	2	13/12/13 e 09/07/15	6	<b>D, A, S e DS</b>
A80	18	94,4	2	21/06/13	1	<b>A</b>
A81	4	50,0	1	21/06/13	2	<b>A</b>
A93	4	75,0	1	13/12/13	2	<b>M e A</b>

Legenda: Categorias e subcategorias de assobios estereotipados; número de assobios em cada uma; % de assobios que se repetiram em intervalos de até 12 segundos em relação ao total de estereotipados da mesma categoria; número de sequências de assobios repetidos; datas em que ocorreram sequências de repetições; número de dias em que os assobios ocorreram e comportamentos em que ocorreram (A=alimentação; D=deslocamento; DS=Descanso; S=socialização e M=*millig*). Em negrito estão os comportamentos nos quais sequências de cada categoria foram observadas.

Fonte: A autora, 2017.

Assobios estereotipados foram identificados em 11 dos grupos gravados. As informações sobre cada grupo gravado como tempo de gravação utilizado; número de assobios analisados; número de assobios estereotipados e de assobios estereotipados emitidos em sequência estão na tabela 8. Os grupos considerados na tabela 8 são somente os que tiveram assobios selecionados para análise.

A identificação de assobios estereotipados não teve relação com o tempo de gravação de cada grupo, pois esses foram contabilizados tanto em G15 gravado durante 6 minutos e 20 segundos, quanto em G7 que apresentou 80 minutos e 23 segundos de gravação (Tabela 8). Os grupos G7 e G9, gravados nos dias 21/06/13 e 18/10/13 respectivamente, apresentaram a maior quantidade de assobios estereotipados (83 e 98 assobios estereotipados, representando 69,8% e 86% dos assobios analisados de cada grupo respectivamente). O grupo G11, gravado no dia 13/12/13, apresentou a terceira maior quantidade de assobios estereotipados ( $N=37$ ), esses representando 86% do total de assobios analisado desse grupo ( $N=43$ ) (Tabela 8). O grupo G5, gravado no dia 29/07/11 não apresentou assobios estereotipados, apesar de ter apresentado um maior número de assobios analisados do que G6 e G15 e um tempo de gravação próximo de G13. Os grupos G6, G13 e G15 gravados nos dias 07/06/13, 10/04/14 e 06/08/14 respectivamente, apresentaram assobios estereotipados, porém em menor quantidade do que os demais grupos que os apresentaram (Tabela 8). Dentre esses, os grupos G6 e G15 tiveram uma quantidade inferior total de assobios selecionados para análise em relação aos demais grupos gravados (Tabela 8).

Tabela 8 – Informações sobre número de assobios estereotipados identificados em relação aos dados de gravação de cada grupo de *S. bredanensis*.

Grupo	Data	Tempo de gravação (minutos)	Número de assobios analisados	Número de assobios estereotipados	Número de estereotipados emitidos em sequência
G1	18/05/10	14m e 27s	36	16	5
G4	28/07/11	24m e 29s	29	12	7
G5	29/07/11	30m e 28s	10	0	0
G6	07/06/13	15m e 24s	3	2	0
G7	21/06/13	80m e 23s	119	83	69
G8	13/08/13	74m e 10s	48	18	4
G9	18/10/13	45m e 45s	114	98	79
G11	13/12/13	31m e 32s	43	37	35
G12	28/03/14	26m e 32s	30	15	7
G13	10/04/14	30m	34	11	8
G15	06/08/14	6m e 20s	2	2	2
G17	09/07/15	25m	40	18	15

Legenda: Grupos de *S. bredanensis* gravados; tempo de gravação total de cada grupo em minutos e segundos; número de assobios analisados ( $N=508$ ); número de assobios estereotipados dentre os analisados ( $N=312$ ); e número de assobios estereotipados emitidos repetidos em sequência ( $N=230$ ). Os grupos não representados não apresentaram assobios selecionados para análise ou não apresentaram assobios.

Fonte: A autora, 2017.

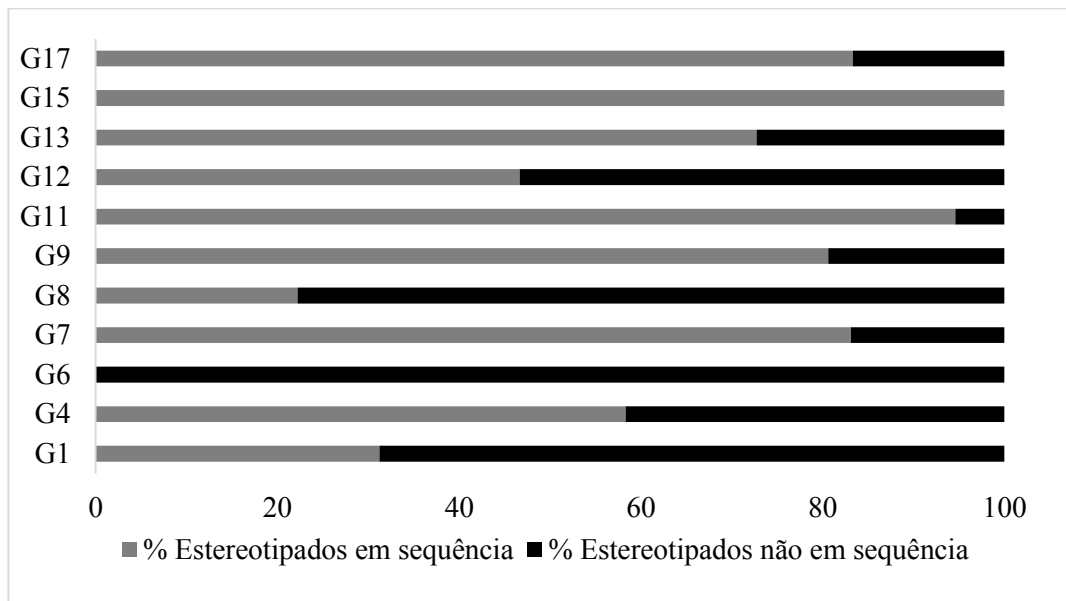
Dentre os grupos que apresentaram assobios estereotipados, somente um (grupo G6 gravado no dia 07/06/13) não apresentou sequências formadas pelas repetições de assobios de mesmas formas de contorno (Tabela 8 e Figura 12). As sequências formadas por repetições de assobios estereotipados foram identificadas independentemente de tempo de gravação (Tabela 8). Isso porque foi possível detectar uma sequência de assobios estereotipados em G15, o grupo com o menor tempo de gravação utilizado. Adicionalmente, G8 teve o segundo maior tempo de gravação e foram identificados somente 4 assobios estereotipados em sequência, 22,2% dos assobios estereotipados identificados nas gravações do grupo. Os grupos G7 ( $N=69$ , 83,1%), G9 ( $N=79$ , 80,6%), G11 ( $N=35$ , 94,6%), G15 ( $N=2$ , 100%) e G17 ( $N=15$ , 83,3%) foram os que

apresentaram a maior quantidade de assobios estereotipados repetidos em sequência dentre o total de assobios estereotipados (Tabela 8 e Figura 12). Esses grupos foram gravados nos dias 21/06/13, 18/10/13, 13/12/13, 06/08/14 e 09/07/15 respectivamente.

Assobios estereotipados foram identificados em todos os comportamentos gravados (Figura 13). O maior número desses foi encontrado nas gravações de comportamentos de deslocamento ( $N=157$ ) e alimentação ( $N=108$ ) (Figura 13), comportamentos também gravados com maior frequência. Os assobios estereotipados identificados nas gravações de deslocamento representaram 69,5% do total de assobios analisado para esse comportamento ( $N=226$ ) e os identificados nas gravações de alimentação representaram 56,3% do total de assobios analisado para esse comportamento ( $N=192$ ) (Figura 13). Dentre os assobios analisados para o comportamento de *milling* ( $N=23$ ), 82,6% eram assobios estereotipados ( $N=19$ ). Dentre os assobios de socialização, 53,6% do total ( $N=28$ ) eram estereotipados ( $N=15$ ). Os assobios de descanso que foram selecionados para análise eram todos estereotipados ( $N=6$ ).

Em todos os comportamentos, exceto socialização, a maioria dos assobios estereotipados foram encontrados emitidos em sequências (Figura 14). Foram identificados como parte de sequências de assobios estereotipados repetidos: 82,8% ( $N=130$ ) dos assobios estereotipados emitidos em comportamento de deslocamento, 58,3% ( $N=63$ ) dos assobios estereotipados registrados durante alimentação, 94,7% e 100% dos assobios estereotipados em comportamentos de *milling* e descanso respectivamente (Figura 14). Somente 46,7% ( $N=7$ ) dos assobios estereotipados de socialização faziam parte de sequências de assobios repetidos.

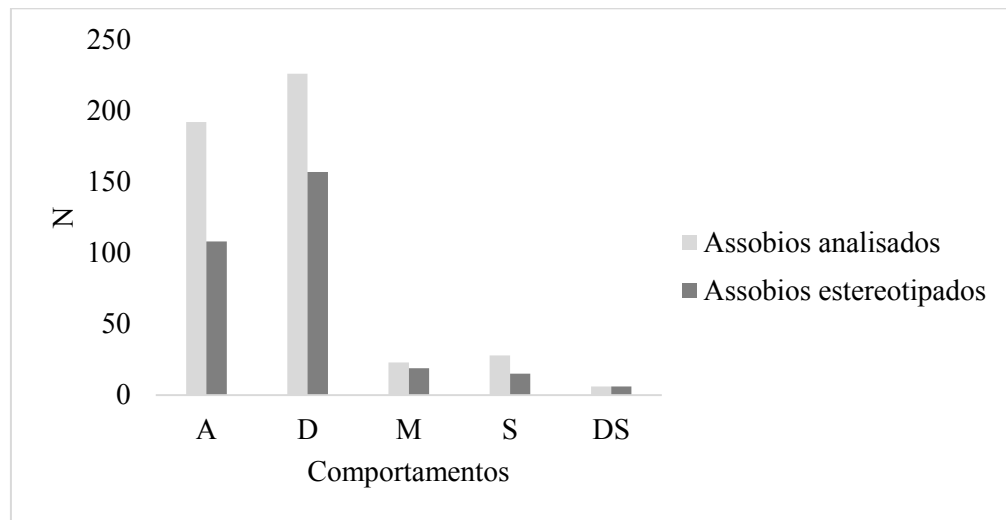
Figura 12 – Percentual de assobios estereotipados de *Steno bredanensis* por grupo gravado.



Legenda: Porcentagem de assobios estereotipados ( $N=312$ ) emitidos em sequência e os não emitidos em sequência por grupo de *S. bredanensis* gravado: G1 (18/05/10); G4 (28/07/11); G6 (07/06/13); G7 (21/06/13); G8 (13/08/13); G9 (18/10/13); G11 (13/12/13); G12 (28/03/14); G13 (10/04/14); G15 (06/08/14); G17 (09/07/15). Os grupos não representados não apresentaram assobios, não apresentaram assobios selecionados para análise ou não apresentaram assobios estereotipados selecionados para análise.

Fonte: A autora, 2017.

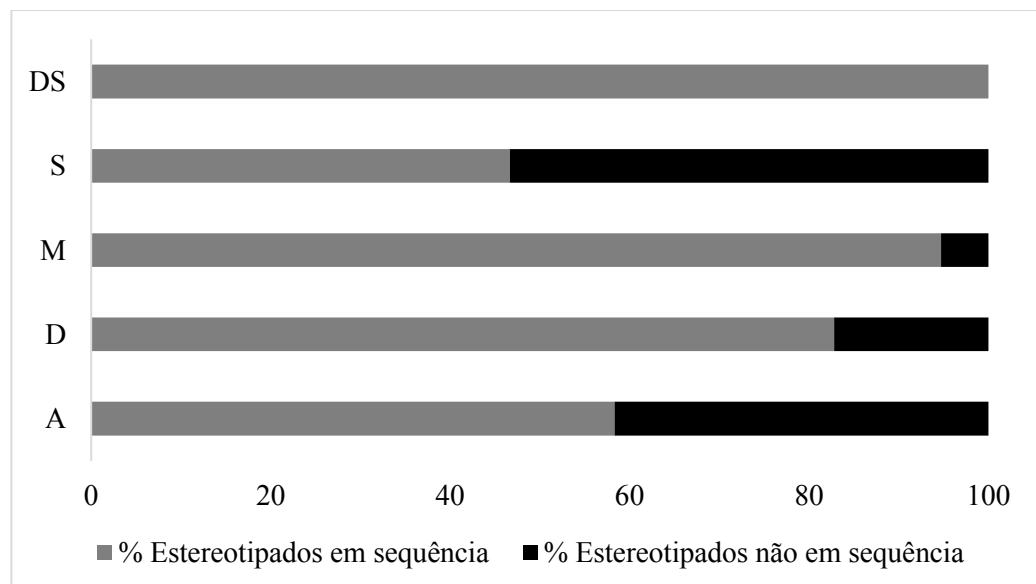
Figura 13 – Número de assobios estereotipados de *Steno bredanensis* por grupo gravado.



Legenda: Número total de assobios analisado e de assobios estereotipados emitidos em sequência por *S. bredanensis* por comportamento gravado ( $N=475$ ): (A=alimentação; D=deslocamento; DS=Descanso; S=socialização e M=*milling*).

Fonte: A autora, 2017.

Figura 14 – Percentual de assobios estereotipados de *Steno bredanensis* por comportamento gravado.



Legenda: Porcentagem de assobios estereotipados ( $N=305$ ) emitidos em sequência e os não emitidos em sequência por *S. bredanensis* por comportamento gravado: (A=alimentação; D=deslocamento; DS=Descanso; S=socialização e M=*milling*).

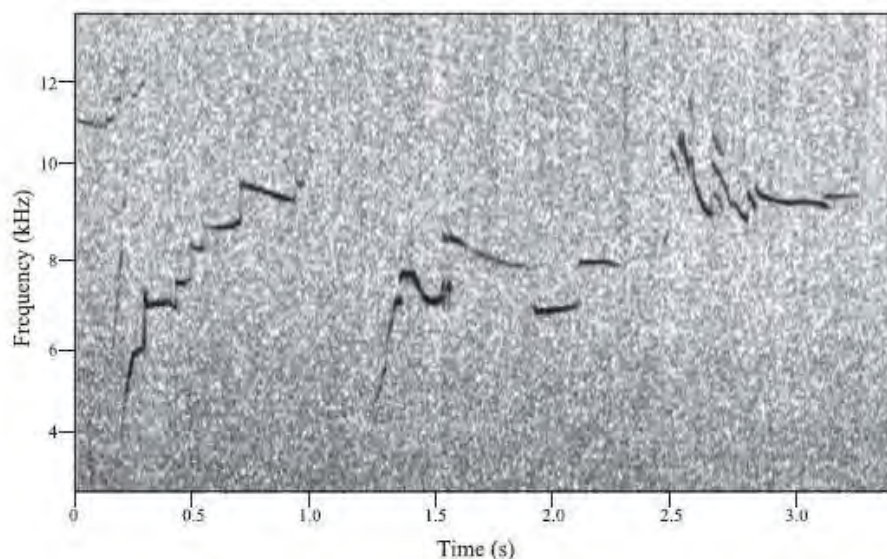
Fonte: A autora, 2017.

## 7 DISCUSSÃO

Em geral, os assobios gravados na costa do Estado do Rio de Janeiro apresentaram frequência final mais elevada do que a inicial, porém modulações de frequência de 1 kHz ou mais se concentraram em menos de 50% das durações dos assobios e as menores do que 1 kHz em 58,7% das durações dos assobios. Outras espécies de delfínídeos estudadas e frequentemente encontradas na costa do Estado do Rio de Janeiro apresentam modulação de frequência maior do que 1 kHz ao longo dos assobios e poucos assobios constantes (LIMA et al., 2016). Golfinhos-pintados-do-Atlântico (*Stenella frontalis*), por exemplo, emitem assobios muitas vezes ascendentes totalmente ou apresentando mudanças em contorno de ascendente para descendente e vice-versa (AZEVEDO et al., 2010; LAMMERS; AU; HERZING, 2003). *Sotalia guianensis* (boto-cinza) emitem assobios predominantemente ascendentes com as maiores modulações de frequência já reportadas para delfínídeos, em torno de 39,3 kHz (ANDRADE et al., 2015b).

Adicionalmente, dentre os assobios de *S. bredanensis* analisados, 42,3% foram segmentados e seus segmentos foram predominantemente constantes. Os assobios de *S. bredanensis* gravados no Oceano Pacífico também foram muitas vezes segmentados (Figura 15), porém com segmentos descendentes em frequência comumente encontrados em assobios que ascendiam em frequência no geral do início ao final. Os assobios gravados no Oceano Pacífico apresentaram uma média de 44,9% de sua duração descendente, 29,1% ascendente e 26% constante (RANKIN et al., 2015). Nossos resultados, assim como os reportados no Oceano Pacífico (RANKIN et al., 2015), reforçam que essa espécie tem sido a única dentre os delfínídeos que emite assobios compostos por segmentos que não necessariamente apresentam a mesma forma de contorno que a predominante do assobio.

Figura 15 – Assobios segmentados de *Steno bredanensis* gravados no Oceano Pacífico.



Legenda: Assobios segmentados de *Steno bredanensis* gravados no Oceano Pacífico. Eixo X está em segundos e Y está em kHz.

Fonte: RANKIN et al, 2015.

Os assobios ocorreram em uma faixa estreita de frequência entre 2,3 e 14,1 kHz. Assobios dessa espécie também foram emitidos em faixa de frequência semelhante no mar Mediterrâneo, sendo entre 3 e 12 kHz (WATKINS et al., 1987), no nordeste do Oceano Atlântico, entre 4 e 7 kHz (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966) e no Oceano Pacífico Central, entre 2 e 14 kHz (EVANS, 1967). O valor máximo de frequência reportada para assobios dessa espécie foi de 28,2 kHz no Oceano Pacífico, porém valores médios de frequência reportados para a mesma região não ultrapassaram 9,8 kHz (RANKIN et al., 2015). Adicionalmente, os assobios de *S. bredanensis* gravados na costa do Rio de Janeiro foram caracterizados por apresentarem valores médios abaixo de 10 kHz para todos os parâmetros de frequência. Baixos valores de frequência de assobios de *S. bredanensis* são distintos dos de diversas outras espécies de delfínídeos tanto no Oceano Atlântico Sul (LIMA et al., 2016) quanto no Oceano Pacífico (RANKIN et al., 2015), o que contribui para a identificação da espécie por meio de seus assobios. No Oceano Pacífico, assobios de *S. bredanensis* apresentaram maiores semelhanças em valores de frequência com assobios de *Pseudorca crassidens* (Falsa-orca), uma outra espécie que emite assobios de baixos valores de frequência (RANKIN et al., 2015). Em um estudo previamente realizado na costa do Rio de Janeiro, assobios de *S. bredanensis* se diferenciaram em sua maioria dos assobios de outras espécie gravadas, como *S. guianensis*, *T. truncatus* e *S. frontalis* (LIMA et al., 2016).

O número de pontos de inflexão, a modulação de frequência e a duração apresentaram os valores mais altos de coeficientes de variação dentre os parâmetros acústicos no presente estudo. Valores altos de coeficiente de variação para número de pontos de inflexão e duração também foram reportados para a espécie no Oceano Pacífico (OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003). A alta variabilidade nos parâmetros mencionados pode indicar modulações para a transmissão de informações adicionais em diferentes contextos sociais e variações individuais (AZEVEDO et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; STEINER, 1981; WANG; WURSIG; EVANS, 1995).

Apesar das características gerais dos assobios de *S. bredanensis* demonstradas nos estudos realizados serem semelhantes, os assobios do presente estudo apresentam, na maioria dos casos, valores médios de parâmetros de frequência, duração e número de pontos de inflexão, inferiores aos dos estudos no Oceano Pacífico (Tabela 9). Recentemente diferenças genéticas foram encontradas entre *S. bredanensis* do Oceano Atlântico e os do Oceano Pacífico (DA SILVA et al., 2015). Sendo assim, essas podem explicar em parte, as diferenças no repertório de assobios encontradas entre as regiões. Além de diferenças genéticas, distinções em relação a adaptação a diferentes habitats, aspectos comportamentais e relações sociais entre indivíduos também podem estar associadas à essas divergências intraespecíficas (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; BAZÚA-DURÁN; AU, 2004; WANG; WURSIG; EVANS, 1995).

Tabela 9 – Valores médios e desvio padrão de parâmetros acústicos de assobios de *Steno bredanensis* reportados no presente estudo e em três do Oceano Pacífico.

Parâmetros	Presente estudo	Oswald et al.	Oswald et al.	Rankin et al.
		2003	2007	2015
Inf	0,2±0,6	<b>1,3±2,8</b>	<b>2,56±3,00</b>	<b>3,0±2,9</b>
FI	6,1±1,5	6,8±2,9	<b>7,41±3,15</b>	<b>7,9±3,2</b>
FF	7,1±1,7	<b>8,5±3,1</b>	<b>8,33±2,95</b>	<b>8,2±2,8</b>
Fmin	5,6±1,3	<b>6,3±1,3</b>	<b>6,46±2,33</b>	<b>6,6±2,2</b>
Fmax	7,7±1,7	<b>9,1±3,0</b>	<b>9,53±2,97</b>	<b>9,8±2,8</b>
Mod	2,1±1,6	2,8±2,1	*	<b>3,1±1,9</b>
F1/4	6,6±1,4	*	*	<b>8,2±2,3</b>
F1/2	6,8±1,5	*	*	<b>8,2±2,0</b>
F3/4	6,9±1,6	*	*	<b>8,2±2,2</b>
Dur	380±179	<b>600±400</b>	<b>640±360</b>	<b>700±300</b>
# de Assobios	317	68	192	145

Legenda: Médias e desvio padrão de parâmetros acústicos (Inf= número de pontos de inflexão; FI=frequência inicial; FF=frequência final; Fmin=frequência mínima; Fmax=frequência máxima; Mod=modulação de frequência; F1/4=frequência a ¼ da duração do assobio; F1/2=frequência a ½ da duração do assobio; F3/4=frequência a ¾ da duração do assobio; e Dur=duração do assobio) de assobios de *Steno bredanensis* gravados no presente estudo e em três realizados no Oceano Pacífico. Parâmetros de frequência estão mensurados em kHz e duração em ms. Asteriscos indicam valores não reportados e valores em negrito representam diferenças significativas entre o presente estudo e os demais ( $P < 0,01$ , teste t de comparação de médias).

Fonte: A autora, 2017.

Comparações intraespecíficas dos assobios de espécies de delfínidos geralmente demonstram diferenças entre parâmetros acústicos, muitas vezes relacionadas com contextos sociais (RENDELL et al., 1999). Os assobios de *S. bredanensis* emitidos em alimentação e deslocamento apresentaram algumas diferenças em parâmetros de frequência, duração e

número de pontos de inflexão. Os únicos parâmetros de frequência que se diferenciaram entre comportamentos de alimentação e deslocamento foram as frequências final, a frequência a  $\frac{1}{2}$  e a  $\frac{3}{4}$  da duração do assobio. Esses parâmetros apresentaram valores mais elevados durante alimentação, em que os indivíduos apresentaram movimentação rápida na superfície, busca por presa e alguns comportamentos aéreos, do que durante o deslocamento. Diferenças nesses parâmetros de frequência também foram encontradas entre assobios emitidos em alta e baixa atividade por *S. frontalis* na costa do Estado do Rio de Janeiro (AZEVEDO et al., 2010). Assobios de *S. frontalis* emitidos em alta atividade também tiveram valores de parâmetros de frequência mais elevados do que os emitidos em deslocamento lento ou moderado. Diferenças nesses e em outros parâmetros de frequência também foram encontradas em uma comparação intraespecífica de repertórios de assobios de três diferentes populações de *S. guianensis* na costa do Estado do Rio de Janeiro (ANDRADE et al., 2015a). Assim, variações em parâmetros de frequência dos assobios de *S. bredanensis* podem estar associadas a diferenças em comportamentos gravados e a diferenças entre populações encontradas em regiões distintas do mundo.

Diferenças em duração e número de pontos de inflexão encontradas foram importantes na discriminação entre assobios emitidos em comportamento de alimentação e os emitidos em comportamento de deslocamento. Esses parâmetros foram destacados previamente em comparações entre assobios por apresentarem altos coeficientes de variação intraespecíficos e relativamente baixos coeficientes de variação interespecíficos (RENDELL et al., 1999). Assim, podem ser responsáveis por transmitir informações sobre identidade de indivíduos, grupos e estados emocionais (RENDELL et al., 1999; STEINER, 1981; WANG; WURSIG; EVANS, 1995). Em um estudo de caracterização de assobios de *T. truncatus* na Itália (DÍAZ LÓPEZ, 2011), a duração foi também um dos principais parâmetros responsáveis pela variação de assobios, sendo influenciada por mudanças comportamentais. O número de pontos de inflexão também foi um parâmetro importante para a explicação das variações entre assobios de *T. truncatus* na Itália, porém um percentual menor da variação foi atribuído ao parâmetro. Assobios emitidos durante atividades comportamentais distintas (alimentação e socialização) por *T. truncatus* no Golfo do México também apresentaram grande parte de suas variações explicadas pela duração (HERNANDEZ; SOLANGI; KUCZAJ, 2010). No presente estudo, assobios de *S. bredanensis* foram mais longos e apresentaram maior número de pontos de inflexão durante o deslocamento, enquanto em um estudo realizado com uma população de *S. guianensis* na Costa Rica (MAY-COLLADO, 2013) assobios apresentaram menor valor de duração e de número de pontos de inflexão quando emitidos em deslocamento do que quando

emitidos em comportamentos de forrageio e socialização. Essas diferenças podem estar relacionadas a variações interespecíficas entre assobios dessas espécies. Como elas apresentam grandes diferenças nas características de seus assobios (LIMA et al., 2016), devem poder apresentar diferenças em como transmitem informações importantes de identidade e para coordenação de grupo durante atividades.

Apesar das diferenças entre características dos assobios emitidos nos comportamentos comparados, os resultados da análise discriminante demonstraram um alto valor de *lambda de Wilks* (acima de 0,9). Isso indica ainda haver grande sobreposição entre as características de assobios emitidos em alimentação e deslocamento e dificulta taxa de classificação geral maior do que 60,6%, obtida no presente estudo. Uma das razões para isso pode ser o fato de que somente foram incluídos na comparação os comportamentos mais representativos, porém não tão diversos entre si quanto comportamentos como socialização, por exemplo. Assobios emitidos durante interações de socialização, com diversas atividades aéreas e contatos entre indivíduos, geralmente apresentam diferenças em diversos parâmetros de frequência, duração e número de pontos de inflexão em relação aos demais comportamentos (ANSMANN et al., 2007; HERNANDEZ; SOLANGI; KUCZAJ, 2010; MAY-COLLADO, 2013). Assim, diferenças entre assobios podem ser maiores quando gravações em outros contextos comportamentais são incluídas, podendo inclusive contribuir para uma maior taxa de classificação correta geral. Outra razão para a baixa separação entre os comportamentos é a quantidade de indivíduos reavistados entre os grupos gravados. Apesar das gravações terem sido realizadas em diferentes regiões e em diferentes dias em cinco anos, houve indivíduos reavistados entre os grupos, inclusive entre as diferentes baías. Estudos demonstraram que alguns assobios são específicos de indivíduos (JANIK, 2000; SAYIGH et al., 2007) ou fazem parte de um repertório de grupo (MCCOWAN; REISS, 2001). Um estudo com *T. truncatus* na Escócia demonstrou que assobios estereotipados específicos de alguns indivíduos da população são utilizados durante a aproximação e encontro entre grupos (QUICK; JANIK, 2012). Como houve reavistagens em todos os grupos, alguns assobios se repetiram entre os dias, conseqüentemente contribuindo para a semelhança de parâmetros acústicos entre as situações de gravação.

A taxa de emissão de assobios por minuto por indivíduo não apresentou correlação com o tamanho de grupo. Isso está de acordo com um estudo realizado no Oceano Pacífico que registrou uma quantidade elevada de emissões de assobios de grupos de *S. bredanensis* apesar da pequena quantidade de indivíduos presentes (média de 15,3 indivíduos) (RANKIN; OSWALD; BARLOW, 2008). Segundo o estudo, *S. bredanensis* foi a única dentre as 15

espécies gravadas que apresentou alta atividade de vocalização em pequenos grupos isolados de demais grupos da espécie. A relação da taxa de emissão de assobios com o tamanho de grupo se apresentou de diferentes maneiras para outras espécies de delfínidos em outros estudos (BITTENCOURT et al., 2017; COOK et al., 2004; PAPAIE et al., 2016). Para *T. truncatus* no estuário Sado em Portugal (SANTOS et al., 2005) e para *S. guianensis* na Baía de Guanabara no Rio de Janeiro (BITTENCOURT et al., 2017), a taxa de emissão também não apresentou correlação com o tamanho de grupo. Para *T. truncatus* na Baía de Sarasota na Flórida o número de assobios foi maior quando o grupo apresentou maior tamanho, com cada indivíduo emitindo em média uma maior quantidade de assobios por minuto, principalmente durante socialização (COOK et al., 2004). A correlação positiva pode estar relacionada a maior tentativa de contato entre indivíduos durante determinadas atividades e outros contextos sociais. Correlação negativa entre taxa de emissão de assobios e tamanho de grupo foi demonstrada para *S. frontalis* nas Ilhas Canárias (PAPAIE et al., 2016). A redução da taxa de emissão de assobios com o aumento do tamanho de grupo pode significar uma tentativa de evitar mascaramento de sinais e confusão de informações trocadas em um grupo de indivíduos (PAPAIE et al., 2016). A ausência de correlação entre taxa de emissão e tamanho de grupo pode ser efeito de um mecanismo social de limitação de emissões como um modo de evitar sobreposição de assobios e mascaramento de sinais (SANTOS et al., 2005).

A taxa de emissão de assobios não foi diferente entre os comportamentos de alimentação e deslocamento, porém foi influenciada pela presença de filhotes no grupo. Grupos com filhotes apresentaram maior taxa de emissão, o que pode refletir tanto a comunicação imprescindível entre pares de mãe e filhote, quanto a necessidade dos filhotes de completar seu aprendizado vocal e modelar seus assobios com base nos assobios de outros indivíduos com quem têm contato (FRIPP et al., 2005). Influência de composição de grupo e não dos comportamentos na taxa de emissão de assobios também foi observada na população de *Tursiops aduncus* na Baía de Byron na Austrália, porém nesse caso a taxa de emissão foi menor nos grupos com filhotes do que nos sem filhotes (HAWKINS; GARTSIDE, 2010). A diferença entre os estudos pode ter relação com o modo em como ocorreu a variação da taxa de emissão em relação ao tamanho de grupo. Isso porque no presente estudo esses fatores não foram correlacionados, porém no estudo de *T. aduncus*, a taxa de emissão aumentou com o tamanho de grupo e os maiores tamanhos foram encontrados nos grupos que apresentaram filhotes em suas composições. Adicionalmente, Hawkins e Gartside (2010) apresentaram informações sobre a população de *T. aduncus* acerca de predação e segregação sexual em sociedade fissão-fusão que justificam a alta taxa de emissão de assobios em grupos sem filhote em relação aos grupos com filhotes.

Tais informações não foram ainda registradas para os *S. bredanensis* gravados e consequentemente não podemos relacionar com a quantidade de assobios emitida por indivíduo.

Apesar destes resultados, são necessárias gravações de *S. bredanensis* nos demais comportamentos observados e em grupos com composições distintas, pois foram poucos os comportamentos levados em consideração na comparação de taxa de emissão e também foi baixo o número de grupos que não apresentaram filhotes em suas composições. O grau de coordenação de movimentos em cada comportamento e a proximidade entre os indivíduos podem ter importante influência na taxa de emissão de assobios. Para os *T. truncatus* gravados na Baía de St. Andrews na Escócia, a taxa de emissão de assobios foi maior em comportamentos nos quais os indivíduos se apresentavam dispersos e se movimentavam sem uma direção definida do que em comportamentos como deslocamento (QUICK; JANIK, 2008). Assim, é importante avaliar o grau de proximidade do grupo e coordenação de movimento para que essas características possam ser relacionadas com a taxa de emissão de assobios. Comportamentos como socialização e *milling*, que não foram observados em ocasiões suficientes para serem considerados na comparação podem apresentar valores diferentes de taxa de emissão de assobios em relação a deslocamento, por exemplo, e auxiliar na compreensão da relação entre quantidade de assobio emitido por indivíduo e cada atividade. Dessa mesma maneira, gravações em mais grupos diferentes que não apresentam filhotes em suas composições podem auxiliar a confirmar a relação entre taxa de emissão e presença de filhotes no grupo para a espécie.

Os dados analisados demonstram que assobios estereotipados estão presentes em grande parte do repertório de *S. bredanensis*, tendo sido identificados em praticamente todos os grupos gravados e em todos os comportamentos. Assobios estereotipados foram reportados para outras espécies de delfínidos, como por exemplo, *T. truncatus* (JANIK et al., 2013; SANTOS et al., 2005), *O. orca* (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006, 2008) e *S. guianensis* (FIGUEIREDO; SIMÃO, 2009; LIMA; LE PENDU, 2014). Alguns estudos também demonstram sons pulsantes estereotipados que podem ser encontrados repetidos em sequências em muitas ocasiões. Repetições de sons pulsantes estereotipados foram demonstradas por exemplo em *Peponocephala electra* (golfinho-cabeça-de-melão) (KAPLAN et al., 2014), *Lissodelphis borealis* (golfinho-liso-do-norte) (RANKIN et al., 2007), *Globicephala melas* (baleia-piloto-de-peitorais-longas) (ZWAMBORN; WHITEHEAD; 2016) e *O. orca* (FORD, 1991). Emissões de sons estereotipados, muitas vezes repetidos formando sequências, podem apresentar funções importantes no repertório dessas espécies, como identificações individuais, de grupo ou específica a algum contexto comportamental (ZWAMBORN; WHITEHEAD, 2016). Assim,

os assobios estereotipados encontrados nas gravações de *S. bredanensis* podem ser úteis para caracterização de repertório. Cada categoria e subcategoria de assobio estereotipado apresentou características distintas de parâmetros acústicos e formas de contorno. As diferenças encontradas dentre cada categoria e subcategoria podem estar relacionadas a variações dos assobios emitidos em diferentes momentos pelo mesmo indivíduo ou a variações causadas pela emissão dos mesmos assobios por indivíduos distintos (SANTOS et al., 2005).

A quantidade de assobios estereotipados encontrada em relação ao número total de assobios analisado (61,4%) foi elevada. Gravações de *T. truncatus* espécie na Lagoa dos Patos, sul do Brasil, demonstraram que 55,2% dos assobios analisados apresentavam pelo menos uma repetição (AZEVEDO et al., 2007). Assobios estereotipados de *S. guianensis* gravados no nordeste do Brasil foram 68 de 847 assobios analisados (LIMA; LE PENDU, 2014). As diferenças encontradas entre estudos de espécies distintas podem estar relacionadas a diferenças entre características dos repertórios de cada espécie. Estudos de sons repetidos de *P. elektra* no Oceano Pacífico por exemplo, demonstraram que sons pulsantes estereotipados frequentemente emitidos em sequência podem ser característicos da espécie (KAPLAN et al., 2014). A quantidade de assobios estereotipados no presente estudo sugere que esses, no caso de *S. bredanensis*, não são emitidos em maior frequência em situações em que indivíduos são isolados do restante do grupo, como sugerido em estudos prévios (FIGUEIREDO; SIMÃO, 2009; JANIK; SLATER, 1998; LIMA; LE PENDU, 2014).

A maioria das categorias e subcategorias de assobios estereotipados apresentou pelo menos 70% dos seus assobios repetidos em sequência em ao menos um dos dias de gravação. O número de repetições de assobios de cada categoria e subcategoria pode ser inclusive maior do que o indicado, pois os casos de sobreposição desses assobios com demais sons produzidos pelos animais e interferência de ruído do ambiente não foram utilizados nessa análise. Os assobios estereotipados repetidos em sequência podem indicar uso de assobios assinatura (JANIK et al., 2013; SAYIGH et al., 1999). Estudos de *S. bredanensis* em outras regiões, como Ilhas Canárias e Honduras, demonstraram que esses animais apresentam organização social de população caracterizada por fissão-fusão, assim como demonstrado para outros delfínidos (MAYR; RITTER, 2005). Nesse tipo de organização a associação entre indivíduos é fluida, porém foram reportadas fortes associações entre indivíduos de diferentes faixas etárias e sexos (KUCZAJ II; YEATER, 2007; MAYR; RITTER, 2005). Apesar da organização social dessa espécie não ter sido estudada ainda na costa do Estado do Rio de Janeiro, essas organizações de grupo e associações podem ser características da espécie. Para a manutenção dessas associações nesse tipo de organização social, assobios assinaturas podem ser utilizados para

reconhecimento individual (QUICK; JANIK, 2012; SAYIGH et al., 1999) e coordenação de grupo (JANIK; SLATER, 1998). No presente estudo não foi possível associar emissões a indivíduos para confirmar o uso de assobios assinatura para identificação individual. No entanto, a quantidade de assobios estereotipados emitidos repetidamente em sequência pode ser uma evidência de que esses apresentam uma importante função na comunicação dos golfinhos. Repetições de sinais com mesma forma de contorno foram observadas em diversos táxons distintos (KERSHENBAUM et al., 2016) e podem estar relacionadas não somente a informações a identidade dos indivíduos e coordenação de grupo, como também a transmissão de sinal efetiva entre indivíduos em um ambiente com elevados níveis de pressão sonora (KERSHENBAUM et al., 2016; ZWAMBORN; WHITEHEAD, 2016). A redundância de sinal criada pelas repetições pode ser uma estratégia para aumentar a probabilidade de detecção de informações em um grupo de indivíduos (PAPALE et al., 2016). Assobios de mesma forma de contorno também foram identificados sendo emitidos por indivíduos distintos de *T. truncatus* como forma de interação entre indivíduos (JANIK, 2000). Esse tipo de emissão pode ter a função estabelecer contato entre indivíduos ou até de sinalizar que são membros de um grupo específico (JANIK, 2000).

As sequências de assobios estereotipados repetidos identificadas tiveram intervalos entre os assobios que variaram de menos de um segundo até 12 segundos. Janik et al. (2013) estabeleceu regras para a identificação de assobios assinatura de *T. truncatus* que indicavam que um assobio era assinatura quando repetido em sequência de no mínimo 4 assobios pelo menos uma vez; quando o intervalo entre essas repetições estava entre um e 10 segundos e quando no mínimo 75% dos assobios desse contorno se encontrava em sequência. Essas regras não contam os assobios de mesma forma de contorno com menos de um segundo entre si como parte de uma sequência, considerando esses como partes repetidas dos mesmos assobios estereotipados (chamadas de “loops”). Porém, segundo Janik et al. (2013), gravações com grupos grandes ou de espécies que emitem grande número de assobios podem ter assobios com intervalos menores entre si. Alguns autores inclusive apontam que não há evidências para assumir que assobios de mesmo contorno com intervalos curtos entre si sejam partes do mesmo assobio (MCCOWAN; REISS, 1995, 2001). No caso das gravações de *S. bredanensis* analisadas, como a maioria dos grupos apresentou mais de 20 indivíduos e em muitos dos dias um grande número de assobios, os assobios estereotipados de mesmo contorno com menos de um segundo entre si foram contabilizados separadamente. Adicionalmente, os assobios de *S. bredanensis* apresentam formas de contorno simples na maioria dos casos, apresentando grande similaridade entre assobios, diferente do que ocorre geralmente para *T. truncatus* (AZEVEDO

et al., 2010; JANIK et al., 2013; SANTOS et al., 2005). Dessa forma, o método desenvolvido para identificação de assobios assinatura em *T. truncatus* não pôde ser utilizado no presente estudo (JANIK et al., 2013). Assim, o presente estudo focou em caracterização dos assobios estereotipados e não em tentativas de identificação de assobios assinatura, pois a hipótese de assobio assinatura não é aceita com unanimidade pela comunidade científica (MCCOWAN; REISS, 2001). Segundo Mccowan e Reiss (2001), assobios de mesmo contorno podem pertencer a um repertório comum entre indivíduos e variações desses contornos podem representar variações individuais. De acordo com Riesch et al. (2006), assobios estereotipados de *O. orca* na Columbia Britânica por exemplo, não corroboram com a hipótese de assobio assinatura, pois as mesmas categorias foram emitidas por indivíduos de diferentes matrilineas e poucas categorias foram identificadas em relação ao número de indivíduos presente nas gravações.

A maioria dos assobios estereotipados foi identificado em mais de um grupo de *S. bredanensis*, apesar desses não estarem repetidos em sequência em todos os dias em que foram observados. Estudos de longo prazo em outras populações de delfínídeos que apresentam fidelidade de sítio demonstraram estabilidade de contorno de assobios estereotipados ao longo de anos de gravação. A população de *T. truncatus* do estuário do Sado em Portugal apresentou assobios estereotipados de mesmo contorno identificados em períodos de sete a 12 anos (SANTOS et al., 2005). Alguns assobios estereotipados de *O. orca* na Columbia Britânica foram registrados com contorno estável ao longo de 13 anos (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2006). Esses exemplos são de estudos de populações residentes, ou seja, apresentam gravações de muitos dos mesmos indivíduos ao longo dos períodos de estudo. O número de assobios estereotipados de mesmo contorno observado entre dias distintos de gravação de *S. bredanensis* pode também ser reflexo de gravações de muitos dos mesmos indivíduos, o que foi confirmado pela foto-identificação. Porém, mais coletas em outros anos são necessárias para verificar se há estabilidade de contorno em um maior período de tempo e em grupos distintos.

Em todos os comportamentos foram identificados assobios estereotipados. Grande parte dos assobios estereotipados identificados pertenciam aos comportamentos de deslocamento e alimentação, aos quais pertenciam a maior parte dos assobios selecionados para análise. Porém, esses assobios foram identificados mesmo em comportamentos que foram gravados em poucas ocasiões, como *milling*, descanso e socialização. Isso mostra a importância desses assobios no repertório dessa espécie. Assobios estereotipados e suas repetições foram identificados em comportamentos distintos em outras espécies de delfínídeos como *T. truncatus* (SANTOS et al., 2005), *O. orca* (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2008) e *S. frontalis* (PAPALE et al., 2016).

Sons pulsantes estereotipados e suas repetições também foram observados em comportamentos distintos de *G. melas* (ZWAMBORN; WHITEHEAD, 2016).

Dentre os assobios identificados como estereotipados em deslocamento e alimentação, 82,8% e 58,3% desses respectivamente, ocorreram como partes de sequências de assobios repetidos. Isso mostra que esses assobios ocorreram frequentemente com repetições em ambos os comportamentos, o que evidencia a importância dessas repetições para a comunicação nos dois casos. Assobios estereotipados repetidos em sequências de *S. guianensis* também foram reportados predominantemente em alimentação e deslocamento em gravações na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro (FIGUEIREDO; SIMÃO, 2009). Repetições de assobios estereotipados também ocorreram em grande quantidade em comportamento de alimentação gravados em grupos de *S. frontalis* nas Ilhas Canárias (PAPALE et al., 2016). Essas repetições podem estar relacionadas a coordenação de grupo e manutenção de contato entre indivíduos durante essas atividades. Isso porque na maioria das gravações, os grupos se encontravam divididos em subgrupos espalhados na área observada. Porém, um estudo de sequências formadas por assobios estereotipados em *O. orca* sugeriu que sequências de assobios repetidos podem ter a função de coordenar interações entre indivíduos, predominantemente em atividades de socialização, podendo as interações serem afiliativas ou agonísticas (RIESCH; FORD; THOMSEN, 2008). Como não foram realizadas muitas gravações em comportamentos de socialização, *milling* e descanso, não foi possível comparar a quantidade de repetições dos assobios estereotipados. Para compreender a função de assobios estereotipados e suas repetições, é necessário verificar como esses se distribuem entre os diferentes contextos sociais observados. Isso porque mesmo em comportamentos que não foram frequentemente observados como *milling* por exemplo, grande parte dos assobios obtidos eram estereotipados e ocorreram em sequência.

## 8 CONCLUSÃO

Os assobios de *S. bredanensis* apresentam baixa modulação de frequência ao longo de suas durações (média de 2,1 kHz), com trechos constantes ocupando mais de 50% das durações dos assobios. Também ocorrem em uma estreita faixa de frequência.

Variações foram encontradas entre os estados comportamentais de alimentação e deslocamento, com os parâmetros de duração, frequência a  $\frac{1}{2}$ , frequência a  $\frac{3}{4}$ , frequência final e número de pontos de inflexão sendo importantes para a discriminação de assobios.

A taxa de emissão de assobios por indivíduo por minuto não apresentou correlação com tamanho de grupo. Essa taxa foi maior nos grupos que apresentaram filhotes em relação aos que não os apresentaram.

Não houve diferença entre taxas de emissão de assobios entre comportamentos de alimentação e deslocamento.

Assobios estereotipados foram comuns nos grupos e estados comportamentais gravados (alimentação; deslocamento; socialização; *milling* e descanso). Repetições destes assobios em sequências foram comuns em todos os comportamentos, o que parece ser uma importante característica do repertório acústico da espécie.

## 9 CARACTERIZAÇÃO DE SONS PULSANTES DE *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae) NA COSTA DO RIO DE JANEIRO

### INTRODUÇÃO

Sons pulsantes estão relacionados às interações sociais em diversos estudos, apresentando importantes funções na comunicação em várias espécies de delfínídeos (BLOMQVIST; AMUNDIN, 2004; DAWSON, 1991; HERZING, 1996; LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Esse tipo de emissão foi inclusive observado durante comportamentos agonísticos/agressivos (BLOMQVIST; AMUNDIN, 2004) e em comportamentos de brincadeiras imitando brigas em cativeiro (BLOMQVIST; MELLO; AMUNDIN, 2005), apresentando distintas características em parâmetros acústicos entre essas situações. Sons pulsantes também podem apresentar informações a respeito do estado emocional dos indivíduos emissores (HERZING, 1996). A presença desses sinais em contextos sociais sugere que sua função esteja relacionada à comunicação entre indivíduos próximos em um grupo (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Essa função difere sons pulsantes de cliques de ecolocalização, que, na maioria dos delfínídeos, são relacionados principalmente aos contextos de navegação, forrageio e alimentação (HERZING, 1996; LAMMERS; AU; HERZING, 2003).

A caracterização de sons pulsantes e consequentes comparações intra e interespecíficas são escassas de maneira geral. Isso ocorre pelas dificuldades tanto na obtenção de dados com sistema de gravação adequado, tanto na análise de parâmetros temporais e de frequência. Os sistemas de gravação amplamente utilizados nem sempre apresentam limites necessários para caracterizar emissões de banda larga de frequência em relação aos parâmetros geralmente extraídos desses sinais (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Essas emissões também apresentam alta variabilidade, podendo ser formadas por gradientes entre os pulsos, o que dificulta a extração e caracterização de diversos parâmetros e a classificação das emissões (MURRAY; MERCADO; ROITBLAT, 1998).

Sons pulsantes de *S. bredanensis* não foram caracterizados na literatura. Os estudos de bioacústica com essa espécie geralmente reportaram os tipos distintos de emissões, focaram em assobios, apresentaram breves descrições de largura de banda de frequência de cliques ou caracterizaram cliques (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; EVANS, 1967; LIMA et al., 2012; NORRIS; EVANS, 1967; OSWALD et al., 2007; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003;

RANKIN et al., 2015; WATKINS et al., 1987). Sons pulsantes precisam ser caracterizados em função de parâmetros temporais e de frequência para que isso possa ser utilizado inclusive em monitoramento acústico dessa espécie em diversas regiões. O presente estudo é o primeiro a apresentar uma caracterização de sons pulsantes de *S. bredanensis* gravados na costa do Estado do Rio de Janeiro em função de parâmetros de frequência e duração.

## 10 OBJETIVOS

O objetivo da presente seção da tese foi realizar uma caracterização dos sons pulsantes de *S. bredanensis* gravados nas adjacências da Baía de Guanabara e na Baía de Ilha Grande, na costa do Estado do Rio de Janeiro. Os objetivos específicos foram:

- Descrever os parâmetros acústicos de sons pulsantes;
- Comparar as características dos sons pulsantes de *S. bredanensis* com as reportadas para sons pulsantes de outras espécies de delfínídeos;
- Comparar as características dos sons pulsantes do presente estudo com as reportadas previamente para outros pulsos de banda larga de frequência dessa espécie.

## 11 MATERIAL E MÉTODOS

As gravações para análise de sons pulsantes foram realizadas com o mesmo sistema de gravação, sendo esse composto por um hidrofone C54XRS (com sensibilidade de -165 dB re: 1V/ $\mu$ Pa e resposta de frequência entre 0,009 e 100 kHz) e um gravador um gravador Fostex FR-2 com taxa de amostragem de 192 kHz (limite de frequência superior de 96 kHz). Isso foi realizado porque sons pulsantes são emissões de banda larga de frequência, possuindo muitas vezes grande quantidade de energia além de 48 kHz, limite superior de frequência quando a taxa de amostragem é de 96 kHz apenas. Durante as gravações, o motor da embarcação foi mantido desligado e o hidrofone foi posicionado entre 2 e 5m de profundidade. Informações referentes aos comportamentos, tamanhos e composições de grupo observados foram coletadas e registradas como descrito na seção 1.

Para análise de sons pulsantes, os arquivos foram inspecionados em busca de sons pulsantes no *software Raven Pro 1.4* (com FFT de 512 pontos, 50% de sobreposição e uma *Hanning Window*). Sons pulsantes foram identificados como emissões pulsadas que apresentavam intervalo entre cliques (ICI) menor do que 10 ms (LAMMERS et al., 2003). As análises dos parâmetros acústicos foram realizadas utilizando uma interface do MATLAB (*Mathworks, Natick, MA*) em conjunto com o *Triton software package* (WIGGINS; HILDEBRAND, 2007).

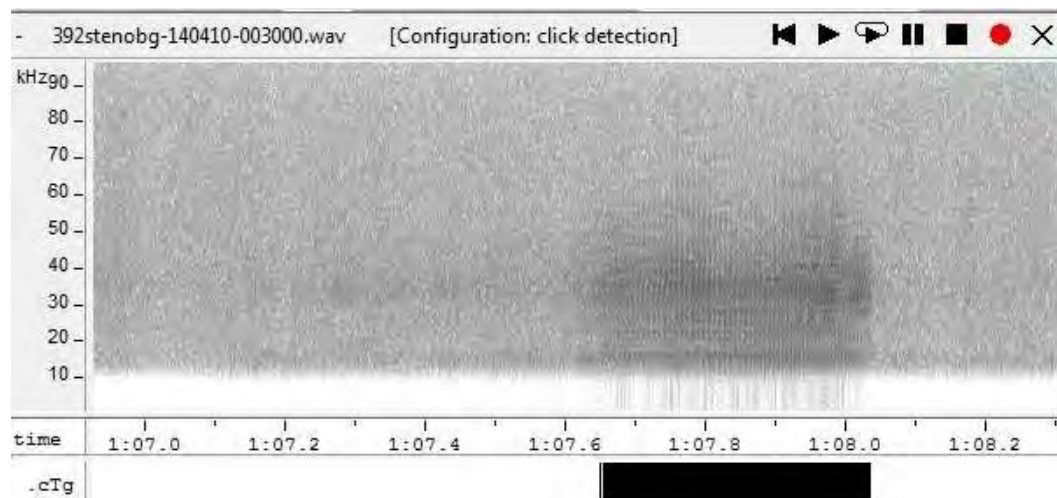
As gravações que continham sons pulsantes foram separadas e filtradas com filtro butterworth, ordem 10, *high-pass* de 12 kHz para diminuir a influência do ruído do ambiente e obter maior eficiência nas detecções automáticas de sons pulsantes. Essas gravações filtradas foram utilizadas para a criação de arquivos de *long term spectral average* (LTSA) por dia de gravação e posteriormente esses arquivos foram utilizados para a detecção automática de sons pulsantes. Arquivos LTSA são espectrogramas tridimensionais, representando duração, frequência e nível sonoro. Os LTSA são criados no *Triton software package* (WIGGINS; HILDEBRAND, 2007). Através desses arquivos, grande quantidade de gravações por dia pode ser processada rapidamente para a realização de detecção automática de cada som pulsante para posterior análise de parâmetros acústicos.

Após os arquivos LTSA estarem prontos por dia de gravação, o primeiro detector (*Batch Short Time Spectrum – STS*) foi aplicado em cada um deles no *Triton*. Esse detector teve a função de identificar o primeiro e o último pulso de cada som pulsante no LTSA. Emissões de

banda larga de frequência que apresentavam nível de pressão sonora 8 dB acima do ruído subaquático foram selecionados por esse detector. Dentre essas detecções, também foram detectados alguns cliques de ecolocalização (emissões pulsadas de banda larga de frequência com intervalo entre cliques maior do que 10 ms) dentre outros sons com característica pulsada e de banda larga que não pertenciam a sons pulsantes. Essas detecções falsas foram conferidas no *software WaveSurfer 1.8.8p4*, que possibilita a visualização das detecções juntamente com o espectrograma da gravação correspondente. As detecções falsas foram eliminadas, em sua maioria, com um script no MATLAB que eliminava detecções com duração menor do que 40 ms (duração mínima determinada após as inspeções de sons pulsantes no *Raven 1.4*).

Com base nas detecções realizadas após o primeiro detector, um segundo detector (*Batch High Res Click – STS Guided*) foi utilizado no *Triton*. A função desse é detectar cada pulso dentro de um mesmo som pulsante. Assim, somente os sons pulsantes que apresentaram todos os pulsos detectados pelo segundo detector foram utilizados na análise de parâmetros acústicos. No segundo detector foi utilizado um algoritmo de *Teager Energy*, para definir o início, fim e a duração precisa de cada pulso (SOLDEVILLA et al., 2008). Todos os pontos detectados que apresentaram *Teager Energy* maior do que 7 vezes o piso de ruído e se encontraram a uma distância menor do que 500  $\mu$ s uns dos outros foram considerados parte do mesmo pulso. As detecções realizadas por esse detector foram conferidas no *software WaveSurfer 1.8.8p4* para que pudesse ser verificado se os sons pulsantes foram detectados corretamente (Figura 16). Os sons pulsantes que após o segundo detector não apresentaram detecções completas de seus pulsos do início ao fim do sinal não foram selecionados para a análise de parâmetros acústicos.

Figura 16 – Visualização de detecções de cada pulso de um som pulsante.

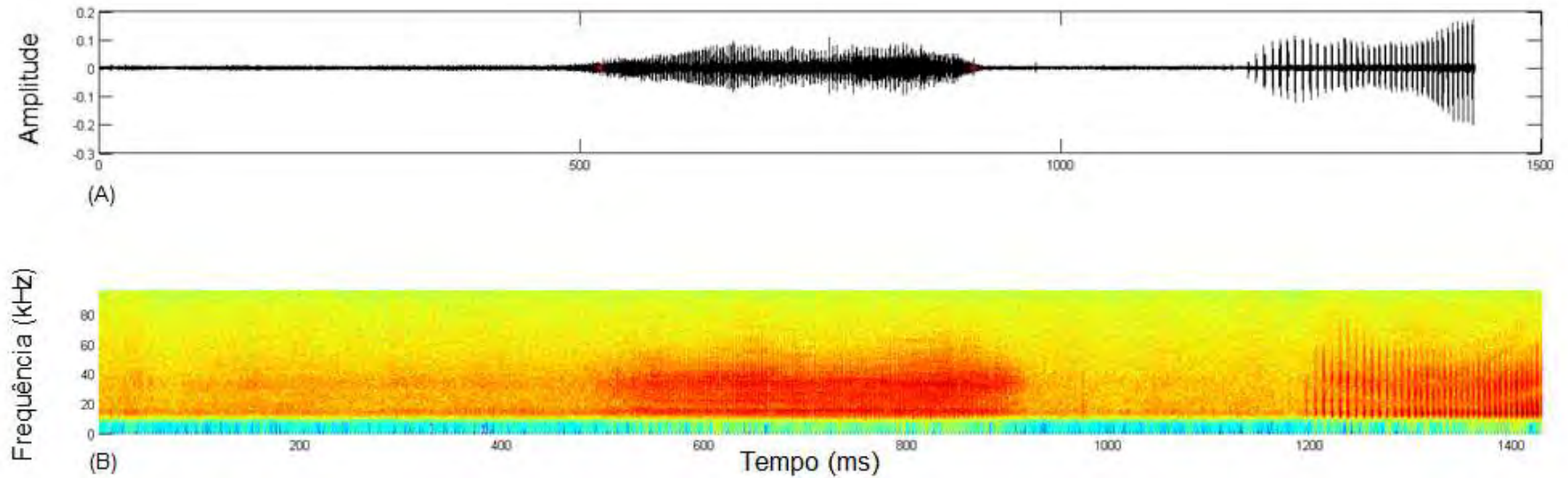


Legenda: Espectrograma com som pulsante de *S. bredanensis* criado no *Wavesurfer* 1.8.8p4; gravação com filtro *high-pass* de 12 kHz. Segmento preto abaixo do espectrograma indica as detecções de cada pulso desse som pulsante realizadas pelo segundo detector (*Batch High Res Click – STS Guided*) no *Triton*.

Fonte: A autora, 2017.

Adicionalmente, uma rotina foi aplicada no MATLAB para a visualização do *waveform*, do espectrograma e da detecção do primeiro e do último pulso de cada som pulsante detectado (Figura 17). A partir da visualização, foram descartados os sons pulsantes que não apresentaram detecções de pulsos bem demarcadas e não tiveram seu início e final claramente definido, devido ao elevado ruído de fundo ou a sobreposição com outros sinais de banda larga de frequência emitido pelos próprios animais.

Figura 17 – Visualização do *waveform* e espectrograma de um som pulsante.



Legenda: (A) *Waveform* do Som pulsante de *S. bredanensis* detectado com amplitude no eixo y em kHz e tempo no eixo x em ms. O início e o final do som pulsante detectado estão definidos pelas marcações vermelhas. (B) Espectrograma da gravação do som pulsante detectado e esse centralizado; gravação com filtro *high-pass* de 12 kHz. A frequência está no eixo Y em kHz e o tempo no eixo X em ms; FFT: 512, 50% de sobreposição, *Hanning window*, taxa de amostragem de 192 kHz.

Fonte: A autora, 2017.

Após a etapa de seleção das detecções, os sons pulsantes considerados adequados para a análise de parâmetros acústicos foram analisados através de rotinas desenvolvidas no *software* MATLAB. Oito parâmetros acústicos foram extraídos desses sons: duração do som pulsante (em ms); número de pulsos em cada som pulsante; duração de cada pulso (em  $\mu$ s); intervalo entre cliques (em ms); pico de frequência (frequência com a maior amplitude em cada espectro do sinal); frequência central (frequência que divide a energia do espectro do sinal em duas partes, cada uma com 50% da energia total); largura de bandas de frequência a -3 dB e a -10 dB (diferença entre dois pontos de frequência que estão a 3 dB e a 10 dB mais baixos do que a máxima amplitude do sinal no espectro, respectivamente). As medidas de frequência estão em kHz. Esses parâmetros foram selecionados por terem sido utilizados em estudos prévios (ANDRADE, 2016; LAMMERS; AU; HERZING, 2003; RANKIN et al., 2007; SIMARD; MANN; GOWANS, 2008).

A estatística descritiva dos sons pulsantes foi realizada no software SPSS Statistics 21.0 (IBM, NY, USA), resultando em valores de média, desvio-padrão, mediana e valores mínimo e máximo para cada parâmetro acústico analisado. Adicionalmente foram realizados histogramas para cada parâmetro acústico.

## 12 RESULTADOS

Onze dias de gravação foram utilizados para a seleção de sons pulsantes para análise. Dentre esses, nove tiveram sons pulsantes adequados para análise (Tabela 10). No total 44 sons pulsantes foram analisados. Esses sons foram selecionados pelo primeiro e o segundo detector e apresentaram características adequadas para análise de parâmetros acústicos. Os sons pulsantes selecionados pertenciam a comportamentos de alimentação e deslocamento predominantemente, mas também foram encontrados em *milling* e socialização (Tabela 10).

Tabela 10 – Informações de gravações de grupos de *Steno bredanensis* entre 2013 e 2015.

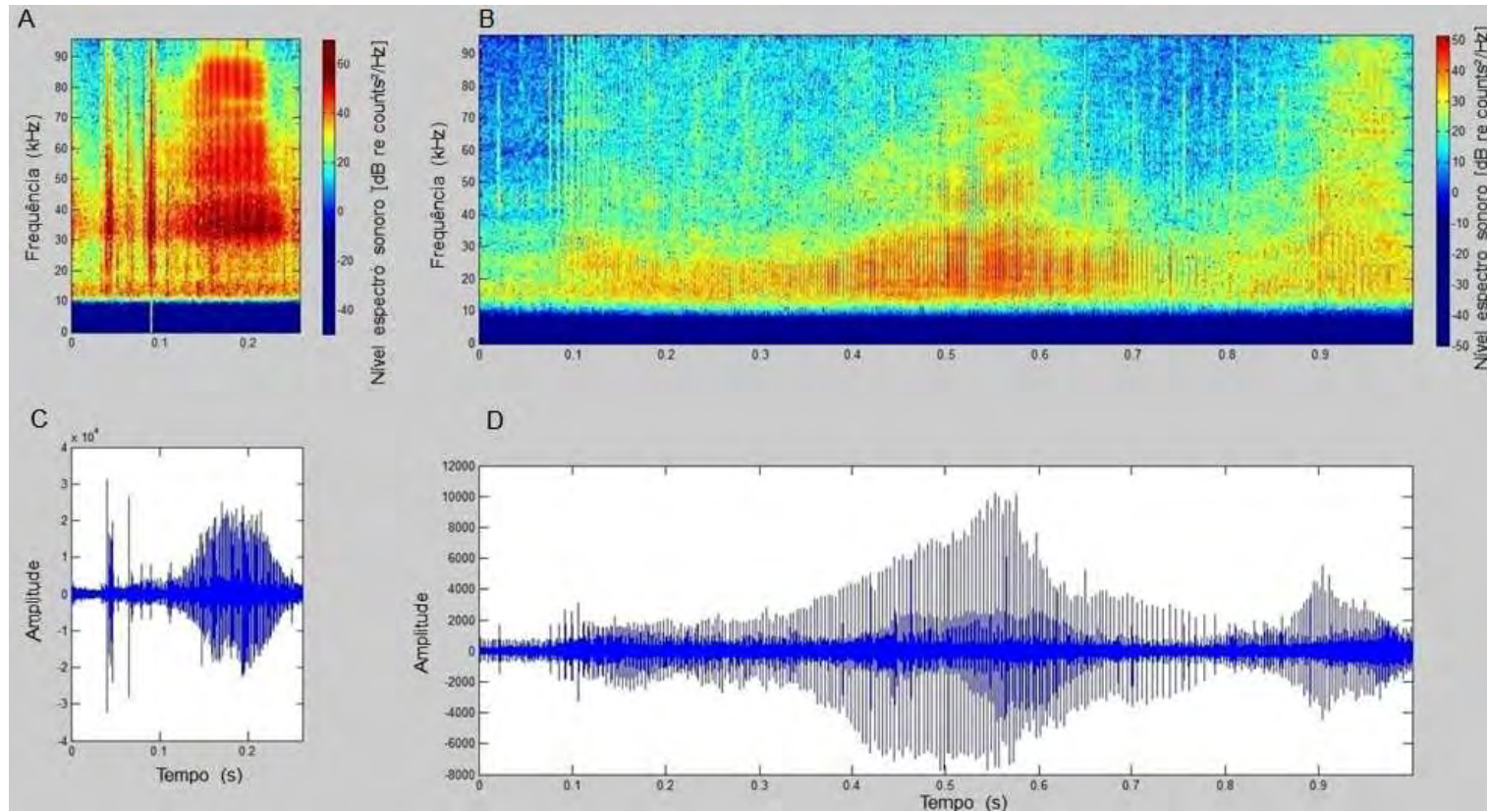
Data	Tamanho de grupo	Presença/ausência de filhotes	Comportamentos	Sons pulsantes analisados	Local
07/06/2013	27	S	A	3	BG
21/06/2013	27	S	A e D	8	BG
13/08/2013	30	S	S e D	3	BG
13/08/2013	8	S	A e D	5	BG
13/11/2013	11	N	A	1	BIG
13/12/2013	40	S	A e D	3	BIG
28/03/2014	13	S	A	8	BIG
10/04/2014	40	S	A	3	BG
18/06/2014	21	N	M	4	BG
09/07/2015	24	S	D e A/D	6	BG

Legenda: Tamanhos dos grupos de *S. bredanensis* gravados; presença ou ausência de filhotes nesses (N= ausência; S=presença); comportamentos observados durante as gravações (A=alimentação; D=deslocamento; S=socialização, M=*milling*; A/D=alimentação/deslocamento); número de assobios incluídos na análise; e região onde ocorreram as gravações (BG= Baía de Guanabara e adjacências e BIG= Baía de Ilha Grande).

Fonte: A autora, 2017.

Os sons pulsantes apresentaram duração com ampla variação (Figura 18), apresentando valores entre 85 e 1271 ms ( $292 \pm 221$  ms) (Tabela 11). Dentre os sons analisados, 54,5% ( $N=24$ ) apresentaram duração entre 100 e 300 ms, 40,9% ( $N=18$ ) apresentaram duração maior do que 300 ms e somente 4,5% ( $N=2$ ) apresentou duração menor do que 100 ms (Figura 19).

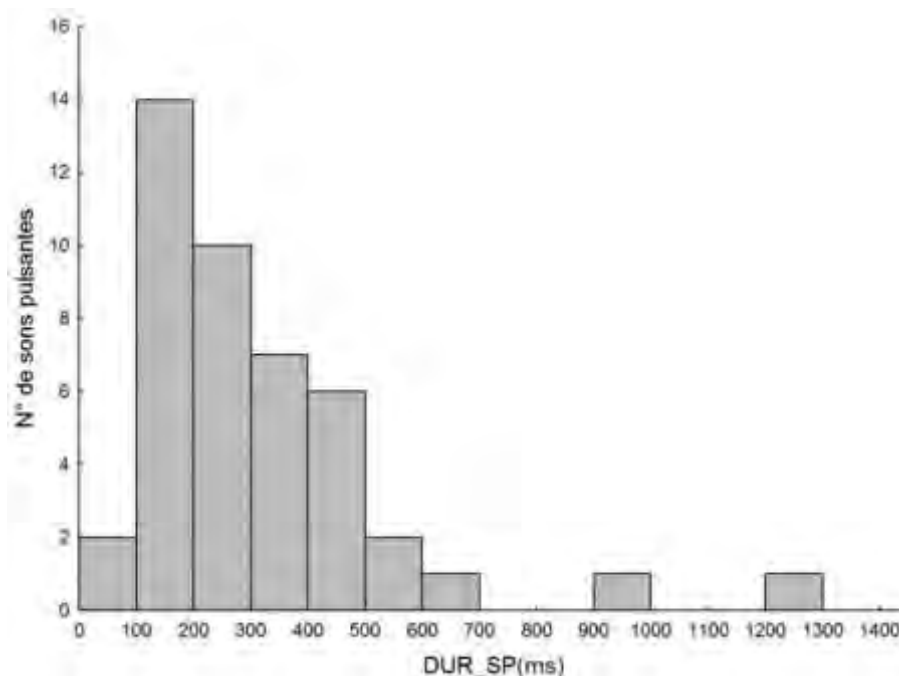
Figura 18 – Exemplos de dois sons pulsantes de *Steno bredanensis*.



Legenda: (A) Som pulsante de *S. bredanensis* com 103 ms de duração com cliques precedentes, frequência no eixo Y em kHz e tempo no eixo X em segundos; (B) som pulsante de *S. bredanensis* com 945 ms de duração, com frequência no eixo Y em kHz e tempo no eixo X em segundos; FFT: 512, 50% de sobreposição, *Hanning window*, taxa de amostragem de 192 kHz; C e D são *waveforms* de A e B respectivamente, amplitude no eixo Y e tempo em segundos no eixo X.

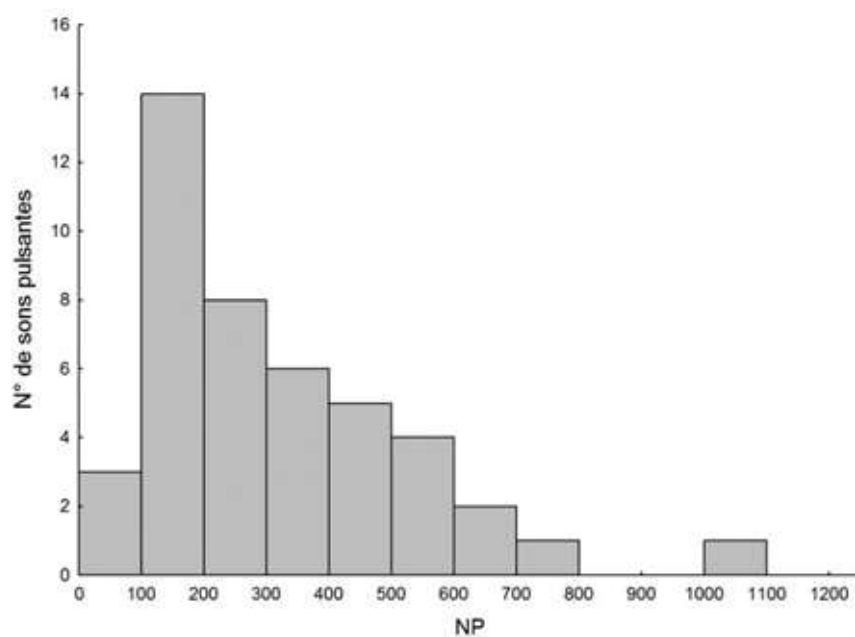
Fonte: A autora, 2017.

Figura 19 – Histograma da duração (DUR\_SP) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.

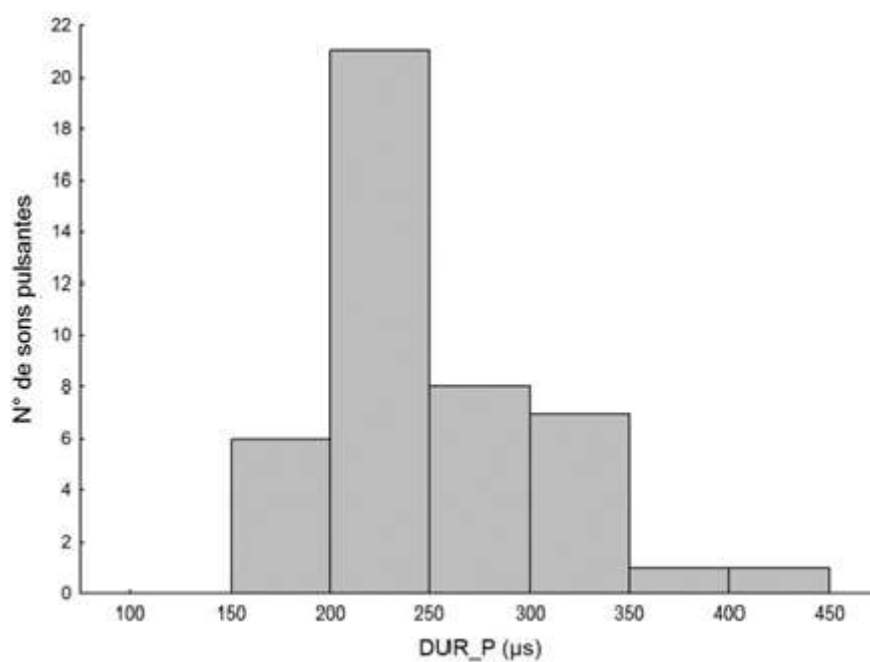


Fonte: A autora, 2017.

Os sons pulsantes apresentaram de 43 a 1008 pulsos, com uma média de 317 pulsos (Tabela 11). Dentre o total, 50% ( $N=22$ ) apresentaram entre 100 e 300 pulsos, 43,2% ( $N=19$ ) apresentaram mais do que 300 pulsos e somente 6,8% ( $N=3$ ) apresentaram número de pulsos menor do que 100 (Figura 20). Esses pulsos apresentaram duração entre 159 e 412  $\mu\text{s}$  ( $249 \pm 53 \mu\text{s}$ ) e intervalo entre cliques variando entre 0,4 e 3 ms ( $1,1 \pm 0,5$  ms) (Tabela 11). Dentre o total de sons pulsantes analisados, 47,7% ( $N=21$ ) apresentaram duração de pulsos entre 200 e 250  $\mu\text{s}$ , 38,6% ( $N=17$ ) apresentaram duração de pulsos maior do que 250  $\mu\text{s}$  e 13,6% ( $N=6$ ) apresentaram duração de pulsos menor do que 200  $\mu\text{s}$  (Figura 21). No intervalo entre cliques, 77,3% ( $N=34$ ) dos sons pulsantes apresentaram valores 0,5 e 1,5 ms, 18,2% ( $N=8$ ) apresentaram valores maiores do que 1,5 ms e 4,5% ( $N=2$ ) apresentaram valores inferiores a 0,5 ms (Figura 22).

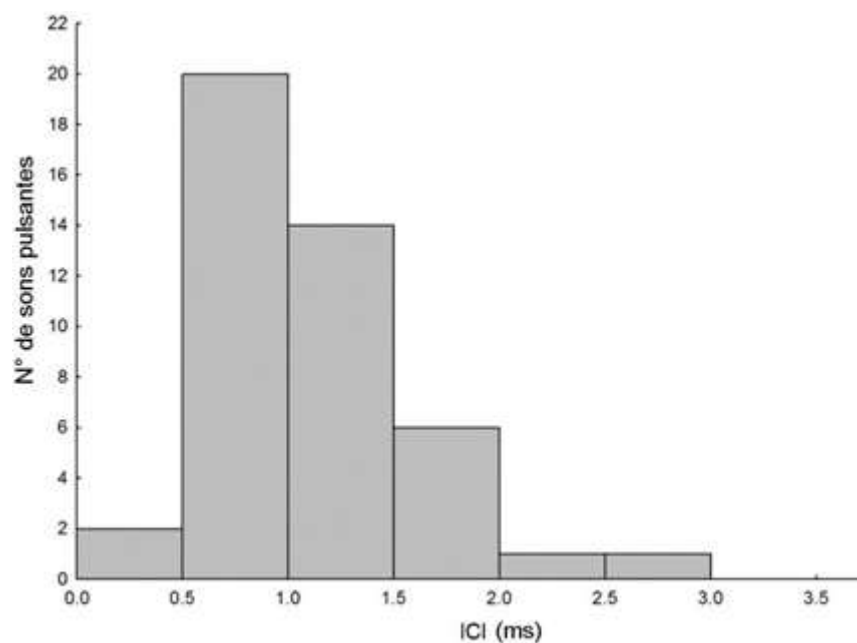
Figura 20 – Histograma de número de pulsos (NP) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 21 – Histograma de duração de pulsos (DUR\_P) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 22 – Histograma de intervalo entre cliques (ICI) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.



Fonte: A autora, 2017.

O pico de frequência variou entre 17,3 e 40,9 kHz, com valor médio de 27,9 kHz (Tabela 11). A maioria dos sons pulsantes (90,9%;  $N=40$ ) apresentou pico de frequência além de 20 kHz (limite da audição humana). Dentre o total de sons pulsantes, 86,4% apresentaram picos de frequência entre 20 e 38 kHz (Figura 23). A frequência central variou de 20,9 a 46,1 kHz, com valor médio de 31,4 kHz (Tabela 11). Dentre os sons analisados, 70,5% ( $N=31$ ) apresentaram frequência central entre 25 e 35 kHz (Figura 24).

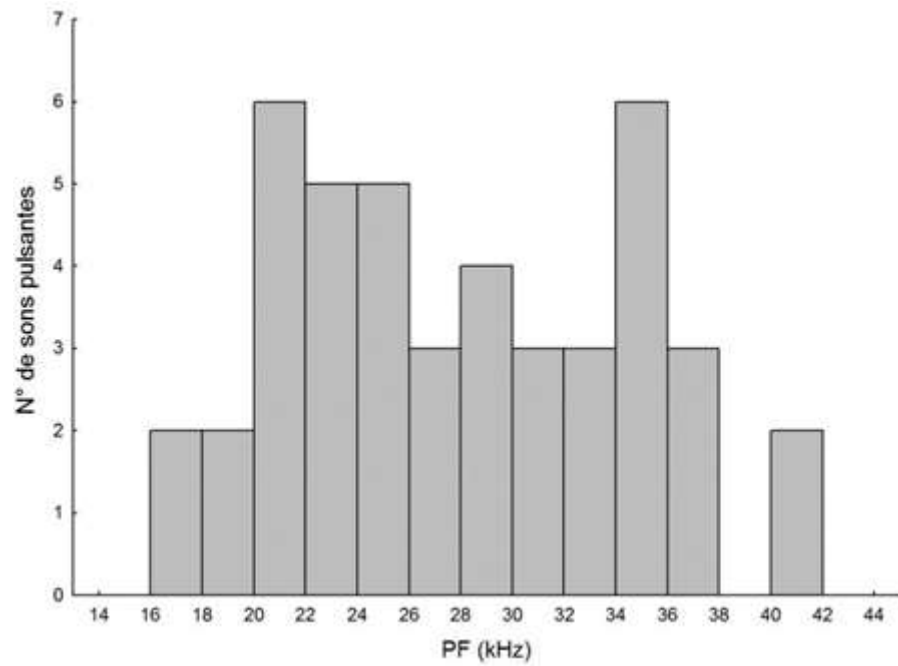
Tabela 11 – Estatísticas descritivas de parâmetros acústicos de sons pulsantes de *Steno bredanensis*.

Parâmetros acústicos	Média±desvio padrão	Mediana	Valores mínimo e máximo	Coefficiente de variação
DUR_SP (ms)	317±229	258	85-1271	72%
NP	317±208	263	43-1008	65,6%
DUR_P (µs)	249±53	240	159-412	21,3%
ICI (ms)	1,1±0,5	1	0,4-3,0	45,4%
PF (kHz)	27,9±6,5	27,1	17,3-40,9	23,3%
FC (kHz)	31,4±5,5	30,8	20,9-46,1	17,5%
-3dB bandwidth (kHz)	10,8±2,7	11,2	5,2-18,1	25%
-10dB bandwidth (kHz)	31,2±8,2	29,2	17,2-53,4	26,3%

Legenda: Estatística descritiva dos parâmetros acústicos com valores de média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo e coeficiente de variação dos parâmetros acústicos de 44 sons pulsantes gravados a partir de nove grupos de *Steno bredanensis* encontrados nas proximidades da Baía de Guanabara e na Baía de Ilha Grande. DUR\_SP= duração do som pulsante; NP= número de pulsos; DUR\_P= duração do pulso; ICI= intervalo entre cliques; PF=pico de frequência; FC=frequência central; -3dB bandwidth= largura de banda de frequência a -3 dB; -10dB bandwidth= largura de banda de frequência a -10 dB bandwidth.

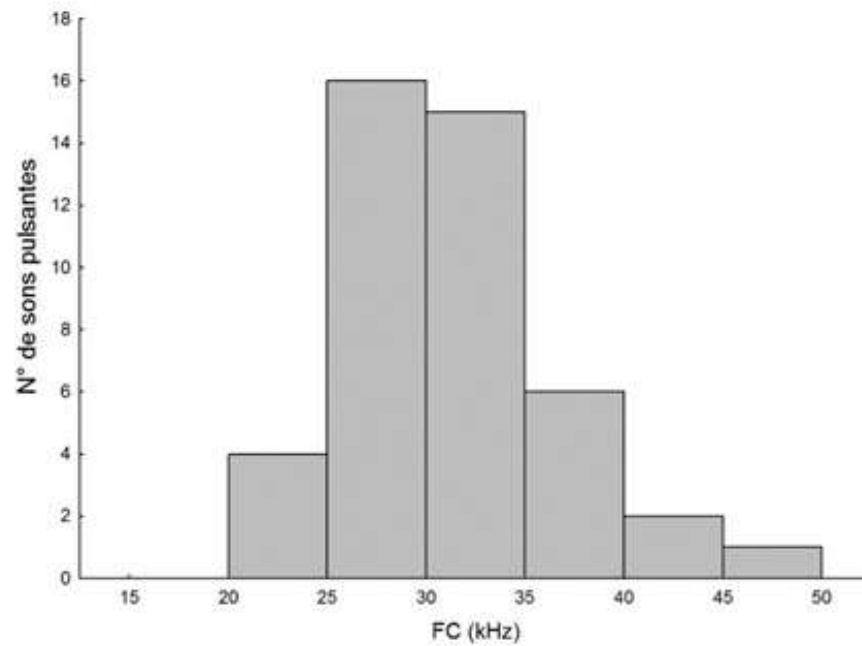
Fonte: A autora, 2017.

Figura 23 – Histograma de picos de frequência (PF) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.



Fonte: A autora, 2017.

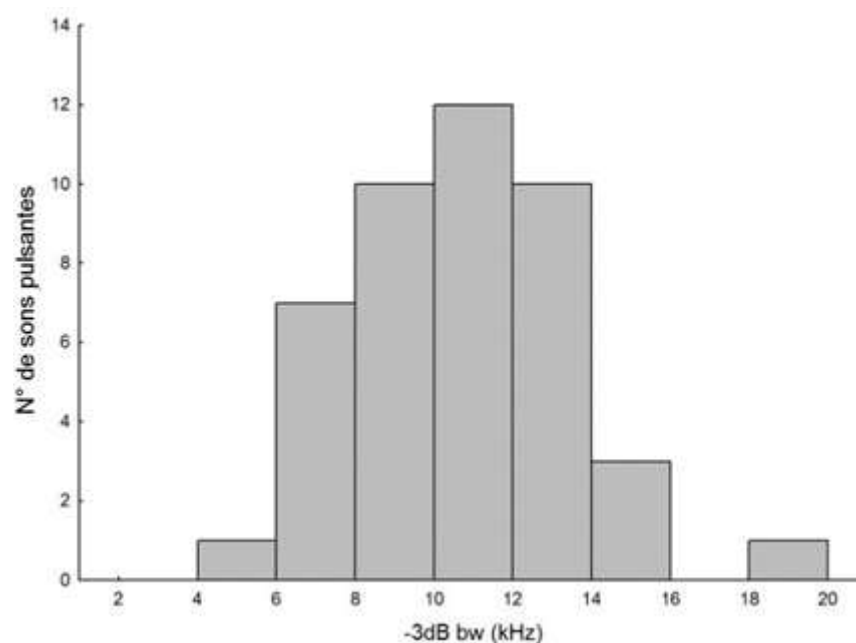
Figura 24 – Histograma de frequência central (FC) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.



Fonte: A autora, 2017.

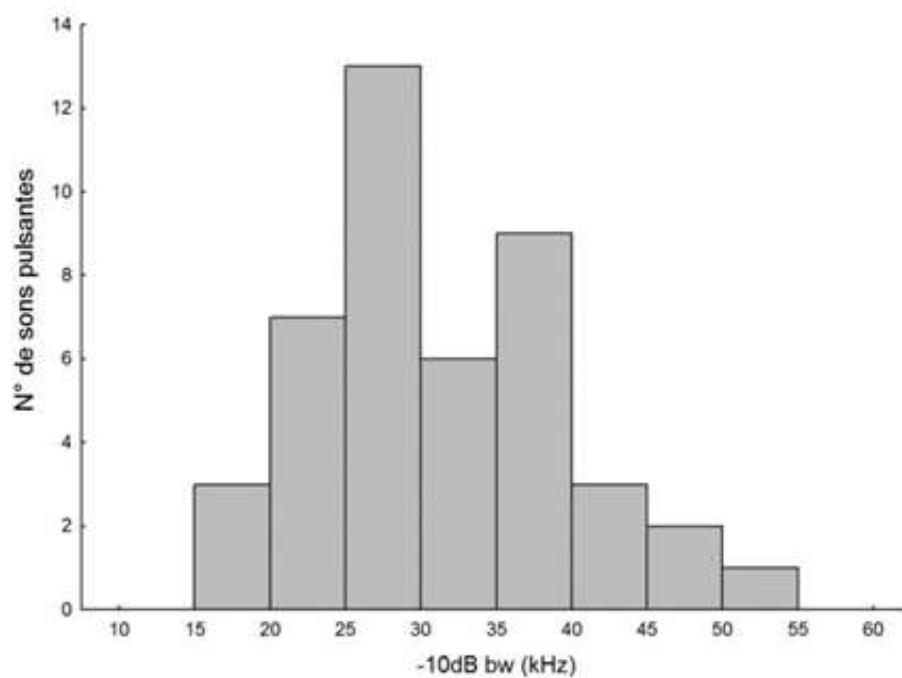
Os valores de largura de banda de frequência a -3 dB variaram entre 5,2 e 18,1 kHz, com valor médio de 10,8 kHz (Tabela 11). Dentro os sons pulsantes, 72,7% ( $N=32$ ) apresentou valores de largura de banda de frequência a -3 dB entre 8 e 14 kHz (Figura 25). Os valores de largura de banda de frequência a -10 dB variaram entre 17,2 e 53,4 kHz, com 79,5% desses ocorrendo entre 20 e 40 kHz (Figura 26). A média de largura de banda de frequência a -10 dB foi de 31,2 kHz (Tabela 11).

Figura 25 – Histograma de largura de banda de frequência a -3 dB (-3dB bandwidth) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.



Fonte: A autora, 2017.

Figura 26 – Histograma de largura de banda de frequência a -10 dB (-10dB bandwidth) dos sons pulsantes de *Steno bredanensis*.



Fonte: A autora, 2017.

## 13 DISCUSSÃO

Os sons pulsantes de *S. bredanensis* no presente estudo apresentaram características variáveis em relação a cada parâmetro acústico analisado. Essas variações ocorreram principalmente em duração dos sons pulsantes, número de pulsos e intervalo entre cliques, o que pode ser percebido pelos altos valores de coeficientes de variação. A variabilidade de sons pulsantes de espécies distintas de delfínídeos foi previamente reportada (ANDRADE, 2016; HERZING, 1996; LAMMERS; AU; HERZING, 2003; RANKIN et al., 2007). Intervalos entre cliques de sons pulsantes de *Lissodelphis borealis* variaram de 0,28 a 6,46 ms (RANKIN et al., 2007) e de *Stenella longirostris* variaram entre 1,5 e 9 ms (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). O número de pulsos de sons pulsantes variou de 20 a 922 em sons pulsantes de *S. guianensis* (ANDRADE, 2016) e de <70 pulsos até 958 pulsos em sons pulsantes de *S. frontalis* (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). A duração de sons pulsantes de *S. guianensis* variaram de 16 a 759 ms (ANDRADE, 2016) e a de sons de *L. borealis* variaram de 1,34 a 178,62 ms (RANKIN et al., 2007). Essa variabilidade pode indicar tipos distintos de sons pulsantes, alguns podendo até ser tipos estereotipados e repetidos em sequências (RANKIN et al., 2007) e pode estar relacionada a contextos sociais em que os sinais foram emitidos (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Variações em parâmetros como intervalo entre cliques podem indicar inclusive a presença de gradientes entre sons pulsantes (com curto intervalos entre cliques) e cliques de ecolocalização (com intervalos entre cliques > 10 ms). Um estudo com enfoque em *Pseudorca crassidens* demonstrou a presença de gradientes entre emissões tonais (assobios), sons pulsantes e cliques de ecolocalização, o que foi identificado pela modulação dos intervalos entre cliques ao longo dos sons produzidos (MURRAY; MERCADO; ROITBLAT, 1998). Apesar de não ter sido possível a comparação entre os sons emitidos em diferentes comportamentos (nem todos apresentaram tamanho amostral suficiente), os sons pulsantes analisados no presente estudo foram emitidos em comportamentos distintos, o que corrobora a hipótese do uso desses sinais em diferentes contextos e para diferentes funções. Adicionalmente, foi reportada a presença de “pacotes” de cliques identificados em gravações de *S. bredanensis* no Oceano Pacífico, o que evidencia a capacidade da espécie de emitir tipos distintos de pulsos de banda larga de frequência (RANKIN et al., 2015). Os “pacotes” de cliques foram caracterizados por serem conjuntos de cliques normalmente encontrados em série, porém

com menor número de pulsos (entre 4 e 30) e maior intervalo entre cliques do que os encontrados para sons pulsantes (RANKIN et al., 2015).

Dentre os parâmetros de frequência dos sons pulsantes de *S. bredanensis*, as variações mais amplas ocorreram em largura de banda a -3 dB e a -10 dB. As variações nos parâmetros de frequência podem estar relacionadas a categorias distintas de sons pulsantes gravados, que podem apresentar diferenças em características temporais e espectrais. Estudos prévios que apresentavam taxas de amostragem de equipamentos de gravação menores do que a utilizada nesse e em outros estudos, criaram categorias de sons pulsantes baseadas na percepção humana desses sinais (HERZING, 1996). Assim, essas categorias eram baseadas na percepção dos sinais até cerca de 20 kHz e foram relacionadas a contextos comportamentais, normalmente de interação social (HERZING, 1996). Atualmente, estudos de sons de banda larga de frequência de espécies de delfínídeos têm sido realizados com taxa de amostragem de 192 kHz ou superior e destacam valores médios de picos de frequência acima de 20 kHz (ANDRADE, 2016; LAMMERS; AU; HERZING, 2003; RANKIN et al., 2015). Os sons pulsantes analisados não puderam ser classificados em categorias conforme o limite audível de frequência (20 kHz), pois a maioria apresentou maior quantidade de energia acima desse limite. Sons pulsantes com energia além de 20 kHz, com elevado número de pulsos e baixos valores de intervalos entre cliques, como os observados para *S. bredanensis*, não são facilmente classificados em categorias baseadas apenas na percepção humana. A dificuldade de classificação de sons pulsantes com essas características foi demonstrada para *T. truncatus* (LUÍS; COUCHINHO; SANTOS, 2016). Sons pulsantes de *S. frontalis* e *S. longirostris* também apresentaram picos de frequência geralmente acima de 20 kHz. Os sinais dessas espécies apresentaram em média aproximadamente 80% de sua energia total acima de 20 kHz (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Adicionalmente, somente 20,2% dos sons pulsantes de *S. frontalis* e 17,8% dos sons pulsantes de *S. longirostris* apresentaram energia abaixo de 20 kHz. A utilização de taxas de amostragem de 260 kHz (LAMMERS; AU; HERZING, 2003) ou até 500 kHz (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2010) para gravações de espécies de delfínídeos demonstrou que valores de picos de frequência mais elevados podem ser registrados, inclusive sons pulsantes com frequência acima de 100 kHz e picos de frequência de 77,6 kHz (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2010). Assim, a utilização de um sistema de gravação com maior taxa de amostragem do que a utilizada no presente estudo permitirá o registro de sons pulsantes com energia em frequências ainda maiores do que as registradas aqui.

Os parâmetros acústicos dos sons pulsantes de *S. bredanensis* apresentaram características distintas de parâmetros acústicos em relação aos de outras espécies de

delfínídeos (Tabela 12). O valor médio de duração de sons pulsantes observados no presente estudo é semelhante ao reportado para *Lagenorhynchus albirostris* e maior do que os encontrados para um dos tipos de pulsos de *T. truncatus* (S-BP), para *L. borealis* e *S. guianensis* (tabela 12). A duração de sons pulsantes de *S. bredanensis* foi somente menor para “squawks” (um tipo de pulso *T. truncatus*). Apesar da grande variação da duração de sons pulsantes entre espécies, todas essas apresentam valores médios abaixo de 500 ms, o que é considerado comum para espécies de delfínídeos (BLOMQVIST; AMUNDIN, 2004; SIMARD; MANN; GOWANS, 2008). O valor médio de intervalo entre cliques foi menor do que o de *S. frontalis*, *S. longirostris* e *T. truncatus* e maior do que o obtido para *S. guianensis* (tabela 12). Intervalos entre cliques obtidos para sons pulsantes de *L. albirostris* e *L. borealis* apresentaram valores semelhantes aos obtidos para *S. bredanensis*, sendo característicos de sons pulsantes com alta taxa de repetição de pulsos (RANKIN et al., 2007; SIMARD; MANN; GOWANS, 2008).

As diferenças observadas podem ter ocorrido devido aos diferentes comportamentos exibidos durante as gravações. Distinções em número de pulsos e intervalo entre pulsos de sons pulsantes entre *S. frontalis* e *S. longirostris* foram associadas aos comportamentos diferentes exibidos pelos grupos dessas espécies durante as gravações em um estudo no Havaí e nas Bahamas (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Sons pulsantes de ambas as espécies apresentaram uma distribuição bimodal do número de pulsos, com sons pulsantes apresentando menos de 70 pulsos e sons pulsantes com mais de 70 pulsos. Porém, *S. frontalis* gravados em comportamentos de alta atividade, apresentaram maior quantidade de sons pulsantes com maior número de pulsos e intervalo entre cliques mais curtos do que os obtidos para *S. longirostris* gravados durante comportamentos de baixa atividade (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). O presente estudo considerou sons pulsantes predominantemente em estados comportamentais de alimentação e deslocamento, enquanto que a maioria dos demais estudos não registraram os comportamentos observados durante as gravações. Sons pulsantes predominantemente emitidos em comportamentos de forrageio e socialização foram apontados para *S. frontalis* (LAMMERS; AU; HERZING, 2003) e *S. guianensis* (ANDRADE, 2016). Sons pulsantes de *L. albirostris* foram analisados a partir de um encontro de um único grupo em um contexto de mudança de comportamento de nado lento com frequentes mudanças em direção para nado rápido em direção definida (SIMARD; MANN; GOWANS, 2008).

O valor médio de pico de frequência de sons pulsantes de *S. bredanensis* observado no presente estudo foi maior do que o obtido para um dos tipos de pulsos de *T. truncatus* (“Squawk”) e *L. borealis*, e menor do que o observado para *S. frontalis*. Porém, sons pulsantes de *S. bredanensis* apresentaram valores semelhantes aos de *S. longirostris*, *T. truncatus* “S-BP”,

*L. albirostris* e *S. guianensis* (Tabela 12). O valor médio de frequência central de sons pulsantes de *S. bredanensis* foi 13,0 kHz e 8,7 kHz mais baixo do que o obtido para *S. frontalis* e *S. longirostris* respectivamente, e semelhante ao reportado para *S. guianensis* (Tabela 12). As variações observadas entre os parâmetros de frequência de sons pulsantes de *S. bredanensis* e outras espécies de delfínídeos podem estar relacionadas a características das estruturas envolvidas na produção de som, que podem ser distintas em tamanho por exemplo, entre espécies (CRANFORD; AMUNDIN; NORRIS, 1996). Adicionalmente, variações em parâmetros de frequência também podem estar relacionadas a emissões desses sinais em diferentes contextos sociais. Variações em parâmetros de frequência nessas emissões foram previamente associadas a diferentes interações sociais para *T. truncatus* e *S. frontalis* (BLOMQVIST; AMUNDIN, 2004; HERZING, 1996).

Tabela 12 – Valores médios e desvio padrão de parâmetros acústicos de sons pulsantes de diferentes espécies de delfínídeos.

Espécies	DUR_SP (ms)	NP	ICI (ms)	PF (kHz)	FC (kHz)	N	Referência
<i>S. bredanensis</i>	317±229	317±208	1,1±0,5	27,9±6,5	31,4±5,5	44	Presente estudo
<i>S. frontalis</i>	*	<b>103±145</b>	<b>3,4±1,4</b>	<b>40,3±17,8</b>	<b>44,4±16,5</b>	73	Lammers et al. 2003
<i>S. longirostris</i>	*	<b>29±29</b>	<b>3,8±1,7</b>	32,3±12,5	<b>40,1±12,1</b>	79	Lammers et al. 2003
<i>T. truncatus</i> “S-BP”	<b>60±40</b>	*	<b>4,0±1,0</b>	26,0±8,6	*	65	Luis et al. 2016
<i>T. truncatus</i> “Squawk”	<b>440±400</b>	*	<b>2,0±1,0</b>	<b>21,3±2,2</b>	*	252	Luis et al. 2016
<i>L. albirostris</i>	330±170	*	1,4±0,4	35,3±11,0	*	10	Simard et al. 2008
<i>L. borealis</i>	<b>27,0±25,7</b>	<b>24,6±24,6</b>	1,5±0,4	<b>18,2±5,5</b>	*	129	Rankin et al. 2007
<i>S. guianensis</i>	<b>108,6±91,3</b>	<b>168±137</b>	<b>0,7±0,3</b>	28,0±11,6	29,3±11,0	197	Andrade (2016)

Legenda: Média e desvio-padrão de parâmetros acústicos (DUR\_SP= duração do som pulsante; NP= número de pulsos; ICI= intervalo entre cliques; PF=pico de frequência; FC=frequência central de sons pulsantes de diferentes espécies de delfínídeos. Asteriscos indicam valores não reportados. Valores em negrito representam diferenças significativas entre o presente estudo e os demais ( $P<0,01$ , teste t de comparação de médias). O tamanho amostral está indicado na última coluna (N).

Fonte: A autora, 2017.

Adicionalmente, algumas diferenças tanto em parâmetros de frequência, quanto em intervalo entre cliques e número de pulsos podem ser influenciadas pelo posicionamento dos animais em relação ao hidrofone durante a emissão dos sinais. Nenhum dos estudos teve controle de direção e profundidade de cada animal enquanto os mesmos emitiam os sinais, podendo haver gravações de pulsos em ângulos desviados em relação ao eixo principal de emissão. Sons pulsantes, assim como cliques de ecolocalização, apresentam componentes

direcionais, e quando são gravados em ângulos distintos do eixo principal de emissões de um animal, podem ter suas frequências mais elevadas atenuadas (BRANSTETTER et al., 2012). Assim, se alguns sons pulsantes selecionados para análise foram gravados em ângulos entre 45° e 180° em relação ao aparelho de produção de som do animal, os componentes de frequência mais elevados podem ter sido atenuados, não aparecendo no espectrograma e não sendo mensurados (BRANSTETTER et al., 2012). Os estudos podem ter sons pulsantes tanto emitidos sem desvio do eixo principal, como sons pulsantes desviados em ângulos distintos, influenciando os parâmetros de frequência obtidos. A incerteza sobre a direcionalidade, distância e profundidade dos animais que emitiram sons fazem também com que não seja possível o cálculo de pressão sonora dos sons pulsados de banda larga gravados. Isso pode ser mais um elemento que causa diferença entre os valores obtidos de parâmetros de frequência, pois há uma hipótese de que sons pulsados de banda larga tem suas propriedades espectrais influenciadas pela intensidade com que os sons foram produzidos (LAMMERS et al., 2003). Alterações no intervalo entre cliques e número de pulsos podem ocorrer em sons pulsantes gravados fora do eixo em que foram emitidos, pois podem incluir reverberações causadas por reflexões dentro da cabeça do emissor, do ambiente externo ou de ambos (AU; FLOYD; HAUN, 1978). Apesar dessas influências que dificilmente podem ser controladas em campo, informações derivadas dessas gravações são necessárias para compreensão do repertório de sons pulsantes de diferentes espécies. Isso porque reflexões internas da cabeça do emissor são influenciadas por sua anatomia, portanto sinais gravados fora do eixo de emissão podem conter características espécie-específicas (SOLDEVILLA et al., 2008). Adicionalmente, na maioria dos casos em que o monitoramento acústico passivo é utilizado, principalmente em caso de monitoramento autônomo, a orientação acústica dos animais emissores nem sempre pode ser confirmada (SOLDEVILLA et al., 2008). Assim, é necessário ter informações tanto de sons pulsantes gravados no eixo quanto fora do eixo de emissão para caracterização completa espectral e temporal desses sinais de cada espécie.

Apesar de sons pulsantes de *S. bredanensis* não terem ainda sido caracterizados, os cliques de ecolocalização e “pacotes” de cliques emitidos pela espécie no Oceano Pacífico foram (RANKIN et al., 2015). Esses tipos específicos de emissão de banda larga de frequência não foram abordados no presente estudo, porém alguns dos parâmetros de frequência e duração obtidos para esses no estudo realizado com a espécie no Oceano Pacífico podem ser utilizados para comparação. Isso porque estudos anteriores de características de sons pulsados de banda larga de frequência não encontraram diferenças em características de espectro de energia entre cliques considerados de ecolocalização (com intervalo entre cliques longo, maior do que 10 ms)

e sons pulsantes (com intervalo entre cliques curto, menor do que 10 ms) (BRANSTETTER et al., 2012; LAMMERS; AU; HERZING, 2003).

Valores de duração de pulsos foram semelhantes entre os cliques gravados no Oceano Pacífico e os pulsos de sons pulsantes gravados na costa do Rio de Janeiro. Os parâmetros de frequência obtidos para sons pulsantes de *S. bredanensis* gravados no presente estudo apresentaram valores de mediana superiores aos cliques dessa espécie gravados no Oceano Pacífico, porém com valores de intervalo de confiança a 80% para pico de frequência e largura de banda de frequência a -3 dB dentro do reportado para a espécie no estudo prévio (Tabela 13). A largura de banda de frequência a -10 dB dos sons pulsantes se encontra com limite superior de intervalo de confiança maior do que o obtido para “pacotes” de clique e a frequência central apresenta limite superior de intervalo de confiança maior do que o obtido para o total de cliques e “pacotes” de cliques analisados no Oceano Pacífico (Tabela 13). Distinções em parâmetros de frequência e duração entre sons pulsantes e trens de cliques de ecolocalização foram apontadas anteriormente em um estudo com *T. truncatus* no estuário do Sado em Portugal e utilizadas para diferenciar os tipos de emissões de banda larga de frequência (LUÍS; COUCHINHO; SANTOS, 2016). A diferença entre parâmetros de frequência, assim como a existente entre os valores de número de pulsos e intervalo entre cliques entre sons pulsantes e “pacotes” de cliques pode ser uma evidência de distinção entre tipos diferentes de sons com prováveis funções distintas. Um estudo em cativeiro com *T. truncatus* demonstrou que a emissão de cliques com alta taxa de repetição dentro dos “pacotes” pode facilitar o processamento de muitos ecos em curto período de tempo, ao mesmo tempo que o intervalo temporal entre os “pacotes” possibilita determinação da distância do alvo (FINNERAN, 2013). Para a compreensão das funções dessas emissões são necessárias coletas em diferentes contextos sociais em ambiente natural e associação das características desses sons com os comportamentos exibidos durante as gravações.

Tabela 13 – Valores de mediana e intervalo de confiança de 80% de parâmetros acústicos de sons pulsantes de *Steno bredanensis* reportados no presente estudo e para cliques e “pacotes” de cliques de *Steno bredanensis* no Oceano Pacífico.

	Presente estudo	Cliques - Rankin et al. 2015	“Pacotes” de cliques - Rankin et al. 2015
Parâmetros acústicos	Mediana (IC 80%)	Mediana (IC 80%)	Mediana (IC 80%)
DUR_SP (ms)	258 (211-322)	*	199 (115-483)
NP	263 (223-330)	*	9 (5-19)
DUR_P (µs)	240 (228-249)	234 (141-345)	200 (116-390)
ICI (ms)	1 (0,9-1,1)	*	21,4 (3,1-48,4)
PF (kHz)	27,1 (24,4-29,5)	23,4 (15,2-31,1)	23,8 (18,3-30,4)
FC (kHz)	30,8 (29,6-32,5)	22,7 (16,9-28,7)	25,7 (21,6-30,4)
-3dB bandwidth (kHz)	11,2 (9,7-11,6)	9,4 (5,5-16,8)	9,0 (5,1-15,6)
-10dB bandwidth (kHz)	29,2 (27,6-32,0)	22,5 (12,1-34,8)	19,5 (10,1-30,0)
<i>N</i>	44	13169	110

Legenda: Mediana e intervalo de confiança (IC) a 80% de parâmetros acústicos (DUR\_SP= duração do som pulsante; NP= número de pulsos; DUR\_P= duração do pulso; ICI= intervalo entre cliques; PF=pico de frequência; FC=frequência central; -3dB bandwidth= largura de banda de frequência a -3 dB; -10dB bandwidth= largura de banda de frequência a -10 dB bandwidth) de sons pulsantes de *Steno bredanensis* gravados no presente estudo e cliques e “pacotes” de cliques gravados no Oceano Pacífico. Asteriscos indicam valores não reportados ou utilizados na comparação com os de sons pulsantes do presente estudo. O tamanho amostral está indicado na última linha (*N*).

Fonte: A autora, 2017.

Os maiores valores de parâmetros de frequência obtidos para *S. bredanensis* no presente estudo em relação às gravações prévias da mesma espécie provavelmente não estão relacionados a taxa de amostragem do sistema de gravação. Algumas diferenças intraespecíficas (HERZING, 1996; LAMMERS; AU; HERZING, 2003; RASMUSSEN; MILLER, 2002; SIMARD; MANN; GOWANS, 2008) apontadas anteriormente em estudos de caracterização de sons pulsantes e cliques de ecolocalização foram atribuídas a diferenças em taxas de amostragem. Porém, o presente estudo utilizou a taxa de amostragem de 192 kHz, a

mínima utilizada por Rankin et al. (2015), e mesmo assim encontrou valores de parâmetros de frequência mais elevados do que o estudo realizado no Oceano Pacífico (Tabela 14). Isso pode ser observado principalmente nos parâmetros de frequência central e largura de banda de frequência a -10 dB, em que os valores de mediana de sons pulsantes de *S. bredanensis* gravados na costa do Rio de Janeiro são no mínimo 5,1 e 6,7 kHz respectivamente, mais elevados que as medianas dos cliques gravados no Oceano Pacífico.

## 14 CONCLUSÃO

Os sons pulsantes apresentaram características variadas em relação aos parâmetros temporais e espectrais. Essa variação pode estar relacionada à emissão em contextos sociais distintos para diferentes funções.

Diferenças em parâmetros acústicos foram encontradas entre sons pulsantes de *S. bredanensis* e os de outras espécies de delfinídeos. Isso pode ocorrer pela presença de características espécie-específicas destes sinais, além de influências comportamentais nas gravações de cada espécie nos diferentes estudos.

Diferenças encontradas entre os sons pulsantes de *S. bredanensis* gravados no Rio de Janeiro e os sons pulsados de banda larga caracterizados para no Oceano Pacífico podem estar relacionadas aos tipos distintos de sons gravados. Esses tipos podem refletir tanto as funções distintas dos sons, quanto comportamentos diferentes exibidos durante as gravações.

## 15 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

As informações sobre as emissões sonoras de *S. bredanensis* ainda são escassas, sendo concentradas em poucos locais da distribuição da espécie. Adicionalmente, a maior parte dos estudos focou em assobios, com poucos abordando pelo menos a faixa de frequência de ocorrência de cliques de ecolocalização.

Os resultados reportados neste estudo demonstraram que os assobios de *S. bredanensis* apresentam características tanto de parâmetros acústicos quanto de forma de contorno que os tornam distintos dos de demais espécies de delfínídeos. A estreita faixa de frequência em que ocorrem, a baixa modulação de frequência, a concentração da maior parte da modulação de frequência em uma pequena parte do assobio e a existência de segmentação do contorno são algumas das características que mais distinguem os assobios de *S. bredanensis*. A presença de características únicas facilita a identificação da espécie através de seus assobios em situações de monitoramento acústico autônomo. Apesar das diferenças encontradas entre assobios da espécie gravados no presente estudo e os reportados para o Oceano Pacífico, essas características únicas são encontradas em ambas as regiões. Na costa do Estado do Rio de Janeiro, como a caracterização e a comparação de assobios de algumas espécies comuns na região já foram realizadas, a utilização de monitoramento acústico autônomo poderia ser realizada.

O estudo também demonstrou que há diferenças entre parâmetros acústicos de assobios emitidos em comportamentos de alimentação e em comportamentos de deslocamento, que foram os mais observados em todas as situações de coleta na região. As taxas de emissão de assobios por minuto por indivíduo apresentaram distinções importantes entre grupos com filhotes e grupos sem filhote. Um número maior de gravações em diferentes contextos sociais é necessário para investigar a relação de parâmetros de assobios e taxas de emissão entre comportamentos distintos e a relação entre taxas de emissão com tamanho e composição de grupo. Adicionalmente, ferramentas de modelagem, como por exemplo uso de modelos lineares generalizados (GLM), podem ser utilizadas para auxiliar na investigação de como os diferentes contextos sociais e outros fatores são capazes de influenciar variáveis como parâmetros acústicos e taxas de emissão.

Assobios estereotipados foram comuns nas gravações de *S. bredanensis*. Estes assobios foram encontrados em diversas situações sociais, porém o presente estudo não pôde demonstrar a influência dos diversos fatores na presença destes assobios. Um maior número de gravações nos comportamentos de *milling*, socialização e descanso, além de diferentes composições, é necessário para verificar como ocorre a presença de assobios nessas situações. Fatores não biológicos como presença de embarcações e ruído subaquático também podem ser importantes influências na presença destes assobios e repetições. Modelagens também podem ser úteis em análises de presença de assobios estereotipados, quantidade de repetições e formação de sequências de assobios repetidos com a mesma forma de contorno. A compreensão sobre estes assobios e suas repetições pode ser utilizada para a identificação de certas situações de grupo durante monitoramento acústico.

O presente estudo caracterizou sons pulsantes de *S. bredanensis*, o que não havia sido realizado anteriormente. Os sons pulsantes dessa espécie apresentaram variações em características temporais e espectrais que podem representar emissões em contextos sociais distintos para diferentes funções. A gravação de golfinhos-de-dentes-rugosos em um maior número de situações pode auxiliar na investigação de diferentes tipos de sons pulsantes. Adicionalmente, a maioria dos sons pulsantes analisados apresentou grande parte da energia além de 20 kHz, o que evidencia a importância da utilização de equipamentos de gravação com alta taxa de amostragem. O uso de gravadores e hidrofones capazes de gravar sons além do limite de 96 kHz (taxa de amostragem de 192 kHz) é importante não somente para a caracterização mais extensa de sons pulsantes, como também para a de cliques de ecolocalização. Um maior limite pode inclusive auxiliar na classificação de tipos de sons pulsantes, cliques e transições entre essas emissões.

O uso de redes de hidrofone pode contribuir para a determinação da direcionalidade de sons gravados, o que é importante principalmente no estudo de sons mais direcionais, como os ultrassônicos. Essa rede também poderia auxiliar na associação de emissões sonoras (inclusive assobios) com os diferentes comportamentos, composições e tamanho de grupo.

A análise de todos os tipos de emissões sonoras em conjunto poderá ser importante para a compreensão da utilização do repertório por *S. bredanensis*, demonstrando características de uso que podem não ser possíveis de serem compreendidas com o estudo de cada tipo de emissão separadamente. O uso de sons pulsantes somente pode estar relacionado a funções distintas do uso de sons pulsantes emitidos juntamente à cliques de ecolocalização ou a assobios, por exemplo.

## 16 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, 1 dez. 2004.
- ALHO, C.J.R.; SCHNEIDER, M.; VASCONCELLOS, L.A. Degree of threat to the biological diversity in the Ilha Grande State Park (RJ) and guidelines for conservation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 375-385, 2002.
- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**, v. 49, p. 227–265, 1974.
- AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara: Ocupação histórica e avaliação ambiental**. Editora Interciência, Engenho Novo, Rio de Janeiro, 2013.
- ANDRADE, L. G. et al. Variation in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles : using a broadband recording system to analyze acoustic parameters in three areas of southeastern Brazil. **Acta Ethologica**, v. 18, p. 47–57, 2015a.
- ANDRADE, L. G. et al. High-frequency whistles of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 137, n. January, p. EL15-EL19, 2015b.
- ANDRADE, L. G. **Emissões sonoras de Sotalia guianensis (Cetartiodactyla : Delphinidae) na Baía de Guanabara ( RJ ), sudeste do Brasil**. 2016. 164 f. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ANSMANN, I. C. et al. Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. **Journal of the Marine Biological Association of the UK**, v. 87, n. 1, p. 19, fev. 2007.
- AU, W. W. L.; FLOYD, R. W.; HAUN, J. E. Propagation of Atlantic bottlenose dolphin echolocation signals. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 64, n. 2, p. 411–422, ago. 1978.
- AZEVEDO, A. F. **Comportamento e uso do espaço por Sotalia guianensis (Cetacea, Delphinidae) na Baía de Guanabara (RJ) e variação geográfica dos assobios da espécie ao longo da costa do Brasil**. 2005. 166 f. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- AZEVEDO, A. F.; VAN SLUYS, M. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 117, n. 3, p. 1456–1464, 2005.

- AZEVEDO, A. F. et al. 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.
- AZEVEDO, A. F. et al. Whistles emitted by Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) in Southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 127, n. 4, p. 2646–51, abr. 2010.
- BAIRD, R. W. et al. Site fidelity and association patterns in a deep-water dolphin: Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in the Hawaiian Archipelago. **Marine Mammal Science**, v. 24, n. 3, p. 535–553, jul. 2008.
- BAUMANN-PICKERING, S. et al. Discriminating features of echolocation clicks of melon-headed whales (*Peponocephala electra*), bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), and Gray's spinner dolphins (*Stenella longirostris longirostris*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 128, n. 4, p. 2212–24, out. 2010.
- BAZÚA-DURÁN, C.; AU, W. W. L. Geographic variations in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the Main Hawai[reverse prime]ian Islands. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 116, n. 6, p. 3757, 2004.
- BITTENCOURT, L. et al. Underwater noise pollution in a coastal tropical environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 63, p. 5-9, 2014.
- BITTENCOURT, L. et al. Underwater noise in an impacted environment can affect Guiana dolphin communication. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 2, p. 1130-1134, 2017.
- BLOMQUIST, C.; AMUNDIN, M. High-Frequency Burst-Pulse Sounds in Agonistic / Aggressive Interactions in Bottlenose Dolphins, *Tursiops truncatus*. In: THOMAS, J. A.; MOSS, C. F.; VATER, M. (Ed.). **Echolocation in Bats and Dolpnis**. Chicago, IL: The University of Chicago Press, 2004. p. 425–431.
- BLOMQUIST, C.; MELLO, I.; AMUNDIN, M. An Acoustic Play-Fight Signal in Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Human Care. **Aquatic Mammals**, v. 31, n. 2, p. 187–194, 1 set. 2005.
- BRANDINI, F. P. et al. Planctologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar - FEMAR, Não paginado, 1997.
- BRANSTETTER, B. K. et al. Directional properties of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) clicks, burst-pulse, and whistle sounds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 2, p. 1613–1621, 2012.
- BUSNEL, R. G.; DZIEDZIC, A. Carácterisques physiques de certains signaux acoustiques du Delphinidé *Steno bredanensis*, Lesson. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences Série D: Sciences naturelles**, v. 262, n. 1, p. 143–146, 1966.
- COIMBRA, C.; CHACEL, C. **Guanabara: A reflection of Rio**. FGV Editora, Rio de Janeiro, 2016.

- COOK, M. L. H. et al. Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Proceedings of the Royal Society of London B**, v. 271, p. 1043–1049, 2004.
- COSTA, H. **Uma avaliação da qualidade das águas costeiras do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar - Femar, 1998.
- CRANFORD, T. W.; AMUNDIN, M.; NORRIS, K. S. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. **Journal of Morphology**, v. 228, p. 223–285, 1996.
- CREED, J. C.; PIRES, D. O.; FIGUEIREDO, M. A. de O. **Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande**. Série Biodiversidade 23, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, 2007.
- DA SILVA, D. M. P. et al. Molecular taxonomy and population structure of the rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 175, n. 4, p. 949–962, 2015.
- DAWSON, S. M. Clicks and Communication : The Behavioural and Social Contexts of Hector's Dolphin Vocalizations. **Ethology**, v. 88, p. 265–276, 1991.
- DEECKE, V. B.; JANIK, V. M. Automated categorization of bioacoustic signals: avoiding perceptual pitfalls. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 119, n. 1, p. 645–653, 2006.
- DÍAZ LÓPEZ, B. Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: Influence of behaviour. **Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde**, v. 76, n. 2, p. 180–189, mar. 2011.
- EVANS, W. E. Vocalizations among marine mammals. In: TAVOLGA, W. N. (Ed.). **Marine bioacoustics: proceedings of the second symposium on marine bioacoustics**. Nova York, NY: Pergamon, 1967. p. 159–186.
- FIGUEIREDO, L. D.; SIMÃO, S. M. Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 126, n. 3, p. 1563, set. 2009.
- FINNERAN, J. J. Dolphin "packet" use during long-range echolocation tasks. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 133, n. 3, p. 1796–1810, mar. 2013.
- FORD, J. K. B. Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia. **Canadian Journal Zoology**, v. 69, n. August, p. 1454–1483, 1991.
- FRIPP, D. et al. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) calves appear to model their signature whistles on the signature whistles of community members. **Animal cognition**, v. 8, p. 17–26, jan. 2005.
- GOTZ, T.; VERFUSS, U. K.; SCHNITZLER, H.-U. “Eavesdropping” in wild rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*)? **Biology Letters**, v. 2, n. 1, p. 5–7, 2006.

HAWKINS, E. R.; GARTSIDE, D. F. Whistle emissions of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) differ with group composition and surface behaviors. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 127, n. 4, p. 2652–63, abr. 2010.

HERNANDEZ, E. N.; SOLANGI, M.; KUCZAJ, S. A. Time and frequency parameters of bottlenose dolphin whistles as predictors of surface behavior in the Mississippi Sound. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 127, n. 5, p. 3232–8, maio 2010.

HERZING, D. L. Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Aquatic Mammals**, v. 22, n. 2, p. 61–79, 1996.

HETZEL, B.; LODI, L. Espécies que ocorrem no Brasil. In: **Baleias, botos e golfinhos - Guia de identificação para o Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993. p. 163–165.

The Red List of Threatened Species. 2016. The International Union for Conservation of Nature <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Acesso em 21/11/2016.

JABLONSKI, S. et al. Fisheries and Conflicts in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 79-91. 2006.

JANIK, V. M. Whistle matching in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Science (New York, N.Y.)**, v. 289, p. 1355–1357, 25 ago. 2000.

JANIK, V. M. et al. Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Marine Mammal Science**, v. 29, n. 1, p. 109–122, 2013.

JANIK, V. M.; SLATER, P. J. B. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. **Animal behaviour**, v. 56, n. 4, p. 829–838, out. 1998.

JEFFERSON, T. A. Rough-toothed dolphin. In: PERRIN, W. F.; WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds.). **Encyclopedia of marine mammals**. 2. ed. Califórnia: Academic Press, 2009. p. 990–993.

KAPLAN, M. B. et al. Repeated call types in Hawaiian melon-headed whales (*Peponocephala electra*). **Journal of Acoustical Society of America**, v. 136, n. 3, p. 1394–1401, 2014.

KERSHENBAUM, A. et al. Acoustic sequences in non-human animals: A tutorial review and prospectus. **Biological Reviews**, v. 91, n. 1, p. 13–52, 2016.

KJERFVE, B. et al. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 17, n. 13, p. 1609-1643. 1997.

KUCZAJ II, S. A.; YEATER, D. B. Observations of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) off the coast of Utila, Honduras. **Journal of the Marine Biological Association of the UK**, v. 87, n. 1, p. 141, 2007.

KYHN, L. A et al. Feeding at a high pitch: source parameters of narrow band, high-frequency clicks from echolocating off-shore hourglass dolphins and coastal Hector's dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 3, p. 1783–91, mar. 2009.

KYHN, L. A et al. Echolocation in sympatric Peale's dolphins (*Lagenorhynchus australis*) and Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*) producing narrow-band high-frequency clicks. **The Journal of experimental biology**, v. 213, n. 11, p. 1940–9, 1 jun. 2010.

LAILSON-BRITO, J. et al. Organochlorine compound accumulation in delphinids from Rio de Janeiro State, Southeastern Brazilian coast. **Science of the Total Environment**, v. 433, p. 123-131, 2012.

LAMMERS, M. O. et al. A comparative analysis of the pulsed emissions of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*). In: THOMAS, J. A.; MOSS, C. F.; VATER, M. (Eds.). **Echolocations in bats and dolphins**. Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 2003. p. 414–419.

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, 2003.

LANA, P. C.; CAMARGO, M. G.; BROGIM, R. A.; ISAAC, V. J. **O bentos da costa brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar - Femar, 1996.

LIMA, A.; LE PENDU, Y. Evidence for signature whistles in Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Ilhéus, northeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 136, n. 6, p. 3178, 2014.

LIMA, I. M. S. et al. Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro coast, southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 5, p. 4173–81, maio 2012.

LIMA, I. M. S. et al. Whistle comparison of four delphinid species in Southeastern Brazil. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 139, n. May, p. EL124-EL127, 2016.

LODI, L. Epimeletic behavior of free-ranging rough-toothed dolphins, *Steno bredanensis*, from Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 8, n. 3, p. 284-287, 1992.

LODI, L.; HETZEL, B. O golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) no Brasil. **Rev. Bioikos**, v. 12, n. 1, p. 29-45, 1998.

LODI, L. et al. Movements of the rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 5, p. 1–4, 2012.

LUÍS, A. R.; COUCHINHO, M. N.; SANTOS, M. E. A Quantitative Analysis of Pulsed Signals Emitted by Wild Bottlenose Dolphins. **PloS one**, p. 1–11, 2016.

MANN, J. Unravelling the dynamics of social life - Long-term studies and observational methods. In: MANN, J. et al. (Eds.). . **Cetacean Societies - Field Studies of Dolphins and Whales**. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2000. p. 45–64.

MAY-COLLADO, L. J. Guyana dolphins (*Sotalia guianensis*) from Costa Rica emit whistles that vary with surface behaviors. **Journal of Acoustical Society of America Express Letters**, v. 134, n. 4, p. 359–365, 2013.

MAY-COLLADO, L. J.; AGNARSSON, I.; WARTZOK, D. Phylogenetic review of tonal sound production in whales in relation to sociality. **BMC evolutionary biology**, v. 136, n. 7, p. 1–20, 2007.

MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: the importance of broadband recording systems. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 2, p. 1202–13, fev. 2009.

MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. Sounds produced by tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from Napoand and Aguarico rivers of Ecuador. **LAJAM**, v. 8, n. December, p. 131–136, 2010.

MAYR, I.; RITTER, F. **Photo-identification of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) off La Gomera (Canary Islands) with new insights into social organisation** Annual Conference of the European Cetacean Society. **Anais...La Rochelle**: 2005

MCCOWAN, B.; REISS, D. Quantitative comparison of whistle repertoires from captive adult bottlenose dolphins (Delphinidae, *Tursiops truncatus*): a re-evaluation of the signature whistle hypothesis. **Ethology**, v. 100, n. 3, p. 194–209, 1995.

MCCOWAN, B.; REISS, D. The fallacy of “signature whistles” in bottlenose dolphins: a comparative perspective of “signature information” in animal vocalizations. **Animal Behaviour**, v. 62, n. 6, p. 1151–1162, dez. 2001.

MIYAZAKI, N.; PERRIN, W. F. Rough-toothed *Steno bredanensis* (Lesson, 1828). In: RIDGWAY, S. H.; HARRISON, R. (Eds.). . **Handbook of marine mammals**. California: Academic Press, 1994. p. 1–21.

MORISAKA, T. et al. Effects of ambient noise on the whistles of Indo-Pacific bottlenose dolphin populations. **Journal of Mamalogy**, v. 86, n. 3, p. 541–546, 2005.

MURRAY, S. O.; MERCADO, E.; ROITBLAT, H. L. Characterizing the graded structure of false killer whale (*Pseudorca crassidens*) vocalizations. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 104, n. 3 Pt 1, p. 1679–88, set. 1998.

NORRIS, K. S.; EVANS, W. E. Directionality of echolocation clicks in the rough-toothed porpoise, *Steno bredanensis* (Lesson). In: TAVOLGA, W. N. (Ed.). . **Marine bioacoustics**. Nova York, NY: Pergamon, 1967. p. 305–316.

OSWALD, J. N. et al. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 122, n. 1, p. 587–95, jul. 2007.

OSWALD, J. N.; BARLOW, J.; NORRIS, T. Acoustic identification of nine delphinid species in the Eastern Tropical Pacific Ocean. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 19, n. January, p. 20–37, 2003.

OSWALD, J. N.; RANKIN, S.; BARLOW, J. First description of whistles of Pacific Fraser's dolphins (*Lagenodelphis hosei*). **Bioacoustics**, v. 16, p. 99–111, 2007.

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

PAPALE, E. et al. Context specificity of Atlantic spotted dolphin acoustic signals in the Canary Islands. **Ecology Ethology and evolution**, n. May, p. 1–19, 2016.

QUICK, N. J.; JANIK, V. M. Whistle rates of wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): influences of group size and behavior. **Journal of comparative psychology (Washington, D.C. : 1983)**, v. 122, n. 3, p. 305–11, ago. 2008.

QUICK, N. J.; JANIK, V. M. Bottlenose dolphins exchange signature whistles when meeting at sea. **Proceedings of The Royal Society B**, v. 279, p. 2539–2545, 7 jul. 2012.

QUICK, N. J.; RENDELL, L. E.; JANIK, V. M. A mobile acoustic localization system for the study of free-ranging dolphins during focal follows. **Marine Mammal Science**, v. 24, n. October, p. 979–989, set. 2008.

QUINN, GERRY P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. 1st editio ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2002.

RANKIN, S. et al. Patterned burst-pulse vocalizations of the northern right whale dolphin, *Lissodelphis borealis*. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 121, n. 2, p. 1213, 2007.

RANKIN, S. et al. Vocalizations of the rough-toothed dolphin, *Steno bredanensis*, in the Pacific Ocean. **Marine Mammal Science**, v. 31, n. 4, p. 1538–1548, 2015.

RANKIN, S.; OSWALD, J. N.; BARLOW, J. Acoustic behavior of dolphins in the Pacific Ocean: implications for using passive acoustic methods for population studies. **Canadian Acoustics**, v. 36, n. 1, p. 88–92, 2008.

RASMUSSEN, M. H.; MILLER, L. A. Whistles and clicks from white-beaked dolphins, *Lagenorhynchus albirostris*, recorded in Faxaflói Bay, Iceland. **Aquatic Mammals**, v. 28, n. 1, p. 78–89, 2002.

RENDELL, L. E. et al. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. **Journal of Zoology, London**, v. 249, n. April, p. 403–410, 1999.

- RICHARDSON, W. J. et al. **Marine mammals and noise**. San Diego, CA: Academic Press, 1995.
- RIESCH, R.; FORD, J. K. B.; THOMSEN, F. Stability and group specificity of stereotyped whistles in resident killer whales, *Orcinus orca*, off British Columbia. **Animal Behaviour**, v. 71, n. 1, p. 79–91, jan. 2006.
- RIESCH, R.; FORD, J. K. B.; THOMSEN, F. Whistle sequences in wild killer whales (*Orcinus orca*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 124, n. 3, p. 1822–9, set. 2008.
- ROSSI-SANTOS, M. R.; PODOS, J. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. **Behaviour**, v. 143, p. 347–364, 2006.
- RITTER, F. Behavioural observations of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) off La Gomera, Canary Islands (1995-2000) with special reference to their interactions with humans. **Aquatic Mammals**, v. 28, n. 1, p. 46–59, 2002.
- SANTOS, M. E. et al. Whistles of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Sado Estuary, Portugal: Characteristics, Production Rates, and Long-Term Contour Stability. **Aquatic Mammals**, v. 31, n. 4, p. 452–461, 2005.
- SAYIGH, L. et al. Individual recognition in wild bottlenose dolphins: a field test using playback experiments. **Animal behaviour**, v. 57, n. 1, p. 41–50, jan. 1999.
- SAYIGH, L. S. et al. Facts about signature whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Animal Behaviour**, v. 74, n. 6, p. 1631–1642, dez. 2007.
- SEMADS. **Ambiente das Águas no Estado do Rio de Janeiro**. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto Planágua-SEMADS/GTZ, 2001. 228p.
- SHANE, S. H. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Islands, Florida. In: LEATHERWOOD, S.; REEVES, R. R. (Eds.). **The bottlenose dolphin**. San Diego, CA: Academic Press, 1990. p. 245–265.
- SIMARD, P.; MANN, D. A.; GOWANS, S. Burst-Pulse Sounds Recorded from White-Beaked Dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*). **Aquatic Mammals**, v. 34, n. 4, p. 464–470, 2008.
- SMOLKER, R. A.; MANN, J.; SMUTS, B. B. Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 33, n. 6, p. 393–402, dez. 1993.
- SOLDEVILLA, M. S. et al. Classification of Risso's and Pacific white-sided dolphins using spectral properties of echolocation clicks. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 124, n. 1, p. 609–624, 2008.

STEINER, W. W. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western North Atlantic dolphin species. **Behavioral Ecology Sociobiology**, v. 9, p. 241–246, 1981.

TOUGAARD, J.; KYHN, L. A. Echolocation sounds of hourglass dolphins (*Lagenorhynchus cruciger*) are similar to the narrow band high-frequency echolocation sounds of the dolphin genus *Cephalorhynchus*. **Marine Mammal Science**, v. 26, n. 1, p. 239–245, 28 dez. 2009.

WAHLBERG, M. et al. Source parameters of echolocation clicks from wild bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus* and *Tursiops truncatus*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, n. 4, p. 2263–74, out. 2011.

WANG, D.; WURSIG, B.; EVANS, W. E. Whistles of bottlenose dolphins: comparisons among populations. **Aquatic Mammals**, v. 21, n. 1, p. 65–77, 1995.

WATKINS, W. A. et al. *Steno bredanensis* in the Mediterranean Sea. **Marine Mammal Science**, v. 3, p. 78–82, 1987.

WIGGINS, S. M.; HILDEBRAND, J. A. **High-frequency Acoustic Recording Package (HARP) for broad-band, long-term marine mammal monitoring**. International symposium on underwater technology, UT and International Workshop on scientific use of submarine cables and related technologies. **Anais...** Tokyo, Japão: 2007

ZWAMBORN, E. M. J.; WHITEHEAD, H. Repeated call sequences and behavioural context in long-finned pilot whales off Cape Breton, Nova Scotia, Canada. **Bioacoustics**, n. September, p. 1–15, 2016.