

LUCIMARY STEINKE DECONTO

**BIOACÚSTICA DO BOTO-CINZA, *Sotalia guianensis* (CETACEA:
DELPHINIDAE), EM ESTUÁRIOS DOS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós
- Graduação em Sistemas Costeiros e
Oceânicos do Centro de Estudos do Mar /
UFPR, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Sistemas
Costeiros e Oceânicos.

Orientador: Prof. Dr. Emygdio Leite de
Araujo Monteiro-Filho.

PONTAL DO SUL

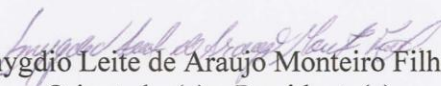
2013


*“Bioacústica do boto-cinza, Sotalia guianensis (Cetacea: Delphinidae),
em estuários dos Estados de São Paulo e Paraná”*

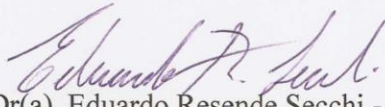
POR

Lucimary Steinke Deconto

Dissertação nº 104 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre(a)
no Curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos da
Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos
professores:


Dr(a). Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho - UFPR
Orientador(a) e Presidente(a)


Dr(a). Carlos Eduardo Conte - UFPR
Membro Examinador(a)


Dr(a). Eduardo Resende Secchi - FURG
Membro Examinador(a)

Pontal do Paraná, 21/03/2013.



**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
COSTEIROS E OCEÂNICOS**

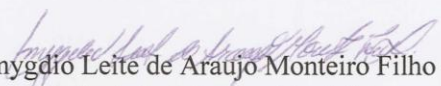
Centro de Estudos do Mar - Setor Ciências da Terra - UFPR
Avn. Beira-mar, s/nº - Pontal do Sul - Pontal do Paraná - Paraná - Brasil
Tel. (41) 3511-8644 - Fax (41) 3511-8648 - www.cem.ufpr.br - E-mail: pgsisco@ufpr.br


TERMO DE APROVAÇÃO

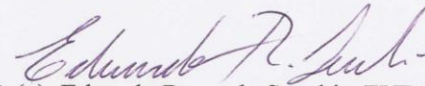
Lucimary Steinke Deconto

**Bioacústica do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), em
estuários dos Estados de São Paulo e Paraná**

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre(a) em Sistemas Costeiros e Oceânicos, da Universidade Federal do
Paraná, pela Comissão formada pelos professores:


Dr(a). Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho - UFPR
Orientador(a) e Presidente(a)


Dr(a). Carlos Eduardo Conte - UFPR
Membro Examinador(a)


Dr(a). Eduardo Resende Secchi - FURG
Membro Examinador(a)

Pontal do Paraná, 21/03/2013.

À minha família amada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador por ter acreditado em mim e por todas as conversas construtivas que tivemos. Obrigada pela oportunidade de trabalhar neste estudo tão complexo, mas que gerou resultados tão interessantes e importantes.

Obrigada a minha família por todo apoio durante a minha formação. Aos meus pais minha sincera gratidão: sem vocês nenhuma das minhas vitórias seria possível. Vocês são meus exemplos de vida. Obrigado ao meu namorado Felipe por todo apoio, compreensão e confiança durante estes dois anos de muitas ausências e saudades.

Agradeço de todo coração também à equipe do Projeto Boto-Cinza, do Instituto de Pesquisas Cananéia, afinal vocês também se tornaram minha família. Obrigada por todo apoio durante as saídas de campo, obrigada por todos os eventos que realizamos, por toda Educação Ambiental, obrigada pelos abraços, conselhos e palavras de conforto. Sem a ajuda e a presença de vocês tudo seria muito mais difícil. A nós “Smurfs” desejo todo o sucesso do mundo, afinal, merecemos. Durante estes meus dois anos de IPeC pude ver o quanto nosso trabalho é importante.

Obrigada aos meus amigos de Curitiba, muitos dos quais estão no mesmo barco do que eu. É pessoal, quem disse que o Mestrado seria fácil, hein?! Obrigada especialmente a Karin por ser mais do que uma amiga, ser uma irmã. Karin, obrigada por todas as conversas, por todo o apoio, por estar presente em todos os momentos, sejam eles bons ou difíceis.

Muito obrigada ao seu Marapé e ao Renato, mestres de embarcação, que sempre conduziram nossas saídas com todo o cuidado em Cananéia e Guaraqueçaba. Obrigada pela companhia em minhas saídas de campo.

Obrigada a Prof^a. Marta J. Cremer pelo empréstimo do hidrofone durante os meses em que o nosso equipamento não estava funcionando. Estaremos sempre à disposição quando precisar.

Ao Prof^o. Marco Fábio pela disciplina de Estatística Univariada e por todas as respostas sempre solícitas sobre minhas dúvidas na estatística da minha dissertação. Muito obrigada mesmo!

Agradeço ao Instituto de Pesquisas Cananéia por todo apoio logístico, pelo alojamento e infraestrutura em Cananéia.

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pelo apoio de alojamento e infraestrutura em Guaraqueçaba. A Fran, ao Marinton e aos seguranças do ICMBio pela companhia durante minha estadia na cidade. Também a 35 Josiane por toda companhia nos campos em Guaraqueçaba.

Agradeço pelo patrocínio da Petrobras por meio do Programa Petrobras Ambiental.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	5
LISTA DE FIGURAS.....	9
Capítulo I.....	9
Capítulo II.....	9
LISTA DE TABELAS	11
Capítulo I.....	11
Capítulo II.....	11
RESUMO.....	14
PRÓLOGO	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
Capítulo I High initial and minimum frequencies of <i>Sotalia guianensis</i> whistles in the southeast and south of Brazil.	23
RESUMO.....	24
ABSTRACT	25
I. INTRODUCTION.....	26
II. MATERIAL AND METHODS	27
A. Sampling and study área	27
III. RESULTS.....	30
IV. DISCUSSION.....	32
V. CONCLUSION	37
ACKNOWLEDGMENTS	38
REFERENCES	38
Capítulo II Diurnal and nocturnal sounds of the estuarine dolphin, <i>Sotalia guianensis</i> (Cetacea: Delphinidae) in the southeast and south of Brazil.....	43
RESUMO.....	44

ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS	51
<i>Cananéia x Guaraqueçaba</i>	51
<i>Diurno x noturno</i>	54
DISCUSSÃO	63
AGRADECIMENTOS	69
LITERATURA CITADA	70

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figure 1: Location of the two areas of study where the recordings of the acoustic repertoire of *Sotalia guianensis* were performed between July 2011 and June 2012. (1) Cananéia region (State of São Paulo), southeastern Brazil, map by Roberto Fusco Costa. (2) Guaraqueçaba region (State of Paraná), southern Brazil, map by Da Rosa et al. (2008) (modified). The letters indicate the locations where the samples were collected: A – Cananéia, and B – Baía de Guaraqueçaba, Guaraqueçaba.....27

Figure 2. Spectrogram representing the types of whistles contours emitted by *Sotalia guianensis* in the south and southeast of Brazil. A = upward; B = upward-downward; C = upward-downward-upward; D = downward; E = downward-upward; F = downward-upward-downward; G = constant. Y axis = frequency (kHz), X axis = time (seconds).
.....29

Capítulo II

Figura 1. Localização das duas áreas de estudo onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* entre julho de 2011 e junho de 2012. As letras indicam os locais onde ocorreram as amostragens, A - Baía de Trapandé, Cananéia (SP) e B - Baía de Guaraqueçaba, Guaraqueçaba (PR).....46

Figura 2. Número de assobios e gritos emitidos por *S. guianensis* em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) durante junho/2011 a julho/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.....50

Figura 3. Proporção de ecolocalização de *S. guianensis* presente nas análises de sons em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) durante junho/2011 a julho/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.....51

Figura 4. Número de assobios e gritos emitidos por *S. guianensis* durante o período diurno e noturno na região de Cananéia (SP, sudeste do Brasil) durante os meses de abril, junho e novembro/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.....60

Figura 5. Proporção de ecolocalização de *S. guianensis* presente nas análises de sons durante o período diurno e noturno na região de Cananéia (SP, sudeste do Brasil) durante os meses de abril, junho e novembro/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.....60

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Table I. Descriptive statistics of physical characteristics of diurnal whistles emitted by *S. guianensis* in Cananéia, southeastern Brazil and Guaraqueçaba, southern Brazil. The frequency is given in kHz and the duration in seconds. SD = standard deviation; CV = coefficient of variation.....31

Table II. Descriptive statistics of physical characteristics of whistles emitted by populations of *S. guianensis* in Brazil and Costa Rica and *t*-test results (sampling summary) of the comparisons between diurnal and nocturnal whistles in published studies and those in this study. The frequency is given in kHz and the duration in seconds. SD = standard deviation; CV = coefficient of variation; *d* = *t*-test result for diurnal whistles; *n* = *t*-test result for nocturnal whistles; * = significant result with $p < 0.0001$ level.....32

Capítulo II

Tabela I: Estatística descritiva das características físicas dos assobios de *S. guianensis* resultante das amostragens de julho/2011 a julho/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) e estatística descritiva das características físicas dos assobios diurnos e noturnos de *S. guianensis* resultante das amostragens de abril, junho e novembro/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil). A frequência é dada em kHz e a duração em segundos. DV = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.....53

Tabela II: Estatística descritiva das características físicas dos gritos de *S. guianensis* resultante das amostragens de julho/2011 a julho/2012 em Cananéia (SP, sudeste do

Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) e estatística descritiva das características físicas dos gritos diurnos e noturnos de *S. guianensis* resultante das amostragens de abril, junho e novembro/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil). A frequência é dada em kHz e a duração em segundos. DV = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.....55

Tabela III: Estatística descritiva das características físicas dos estalidos de *S. guianensis* resultante das amostragens de julho/2011 a julho/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) e estatística descritiva das características físicas dos estalidos diurnos e noturnos de *S. guianensis* resultante das amostragens de abril, junho e novembro/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil). A frequência é dada em kHz e a duração em segundos. DV = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.....58

RESUMO

Alguns cetáceos podem estar ativos durante todo o período do dia, contudo em função de nossas limitações, os estudos na natureza tendem a ser desenvolvidos apenas no período do dia em que há luz. Além disso, a maioria dos estudos de repertório sonoro é realizada em cativeiro, o que torna os resultados limitados, uma vez que o animal fora de seu habitat natural (tanques) pode modificar consideravelmente seu repertório sonoro. Sons diurnos e noturnos de *Sotalia guianensis* foram caracterizados em estuários do sudeste e sul do Brasil. Parâmetros acústicos de assobios, gritos e estalidos foram comparados entre os estuários e entre períodos do dia. O primeiro capítulo demonstra que não há um aumento gradual nos parâmetros de frequência dos assobios de *S. guianensis* do sul em direção à distribuição mais ao norte da espécie. Portanto, é provável que possíveis variações nas características físicas de assobios de *S. guianensis* estejam mais relacionadas às condições ambientais em que as populações se encontram do que a variações populacionais (dialetos). O segundo capítulo demonstra que os parâmetros de frequência e a taxa de emissão de assobios, gritos e estalidos de *S. guianensis* foram dependentes da área e do período do dia em que foram emitidos, com menores frequências encontradas na área de estudo com maior extensão e durante o período noturno e maior quantidade de sons registrada à noite.

PRÓLOGO

O som é uma onda mecânica e longitudinal que se propaga tridimensionalmente pelo espaço e apenas em meios materiais, sendo caracterizado pela sua velocidade (dependente da densidade do meio de transmissão), frequência, comprimento de onda e a amplitude (Berta *et al.*, 2006). Assim, no oceano o som se propaga de forma eficiente, em alta velocidade e potencialmente a grandes distâncias, propagando-se quase cinco vezes mais rápido do que no meio aéreo (Nowacek *et al.*, 2007).

Esta é uma modalidade sensorial indispensável para muitos animais marinhos, pois em um ambiente opaco e viscoso, outros sentidos possuem severas limitações na taxa e velocidade de transmissão dos seus sinais (Nowacek *et al.*, 2007). Portanto, o som e a audição, em contraste com a luz e a visão, tornaram-se o sistema sensorial primário dos mamíferos marinhos (Au, 1993). Conseqüentemente, este grupo possui uma audição sensível, empregando-a passiva e ativamente para reconhecimento do ambiente, forrageamento e comunicação (Potter e Delory, 1998).

As grandes baleias (Mysticeti) geralmente produzem sons de baixa frequência entre dezenas de Hz a poucos kHz, com alguns sinais que se estendem acima de 10 kHz (Southall *et al.*, 2007). Estes sons tem funções predominantemente sociais, incluindo a reprodução e coesão de grupo, mas eles também podem desempenhar algum papel na orientação espacial. Os golfinhos (Odontoceti) produzem sons nas mais amplas bandas de frequência observadas em animais (Southall *et al.*, 2007). Seus sons sociais são geralmente audíveis para os seres humanos e encontram-se entre algumas centenas de Hz a várias dezenas de kHz, mas cliques especializados usados na ecolocalização, um sistema para a detecção de presa e de navegação, estendem-se bem acima dos 100 kHz (Southall *et al.*, 2007).

A região dos sacos nasais ou aéreos é considerada a estrutura produtora de sons em pequenos odontocetos através do funcionamento do complexo estrutural MLDB (“monkey lips” / “dorsal bursa”). Assim, os sons são gerados quando o ar é forçado entre os lábios fônicos, colocando o complexo MLDB em vibração (Cranford *et al.*, 1996).

A periódica abertura e fechamento dos lábios fônicos entrecorta o fluxo de ar e determina a taxa de repetição de “clicks” da ecolocalização. Já os plugues nasais juntamente com o ligamento do respiradouro estão comumente envolvidos na regulação do fluxo de ar nas passagens nasais dorsais e são usados para produção de assobios (Cranford *et al.*, 1996).

Inicialmente a maioria dos estudos de repertório sonoro para cetáceos foi realizada em cativeiro (Kellogg *et al.*, 1953; Norris, *et al.* 1961; Norris, 1969; Caldwell e Caldwell, 1968 e 1970; Tyack, 1986; Sayigh *et al.* 1990; Janik, 1999), o que torna os resultados limitados, uma vez que o animal fora de seu habitat natural e contido em tanques pode modificar consideravelmente seu repertório sonoro (Weilgart, 2007).

Os primeiros estudos sonoros para o gênero *Sotalia* foram realizados com a espécie *S. fluviatilis* (Gervais & Deville, 1853) de rios pertencentes à Bacia do Rio Amazonas. O primeiro estudo foi de Caldwell e Caldwell (1970) que em cativeiro reportaram a ocorrência da ecolocalização para a espécie. Já Norris *et al.* (1972), pela primeira vez em ambiente natural, descreveram os seus assobios, com frequências variando entre 10 e 15 kHz. Já Wang *et al.* (2001), compararam assobios de *S. fluviatilis* e de *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817), espécies simpátricas que ocorrem na região da Amazônia peruana. Os autores encontraram diferenças significativas para as características dos assobios de cada espécie, sendo que frequências mais altas caracterizaram os sons de *S. fluviatilis*. Recentemente, May-Collado e Wartzok (2010) registraram além de assobios, ecolocalização e sons pulsados, com frequências acima de 80 kHz para *S. fluviatilis*.

Para *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) o primeiro estudo publicado em revista indexada foi de Monteiro-Filho & Monteiro (2001) que identificaram quatro tipos básicos de sons para o boto-cinza: assobio, grito, estalido e gargarejo. Enquanto os estalidos são utilizados primariamente para navegação e detecção de presas, gritos e assobios estão relacionados com a comunicação social, permitindo a coesão de grupo, a coordenação de comportamentos e o reconhecimento de indivíduos (Riesch e Deecke, 2011). Excetuando-se o gargarejo que é o som produzido pelo filhote (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001), todas as outras categorias de sons já haviam sido registradas para outros cetáceos como *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758) (Ford, 1989),

Tursiops truncatus (Montagu, 1821) (Caldwell e Caldwell, 1965), *Delphinus delphis* (Linnaeus, 1758) (Caldwell e Caldwell, 1968), *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776) (Sjare e Smith, 1986) e *Monodon monoceros* (Linnaeus, 1758) (Ford e Fisher, 1978).

Posteriormente, o único tipo de som que foi continuamente estudado no Brasil foram os assobios (Azevedo e Simão, 2002; Erber e Simão, 2004; Pivari e Rosso, 2005; Azevedo e Van Sluys, 2005; Rossi-Santos e Podos, 2006; Figueiredo e Simão, 2009), sendo que Azevedo e Van Sluys (2005) e Rossi-Santos e Podos (2006) identificaram variações geográficas latitudinais para estes sons, com as frequências inicial e mínima menores em populações encontradas na distribuição mais ao sul da espécie.

A despeito dos estudos sonoros acima citados e dos demais estudos sobre a biologia e ecologia da espécie (ver Monteiro-Filho e Monteiro, 2008) *Sotalia guianensis* ainda encontra-se na categoria de “dados deficientes” de acordo com a segunda versão do Plano de Ação para os Mamíferos Aquáticos do Brasil (IBAMA, 2001) e com a Lista Vermelha da IUCN de animais ameaçados (2011). Por isso, estudos concentrados em lacunas do conhecimento da biologia da espécie, como a determinação das atividades desenvolvidas no período noturno, são indispensáveis para a conservação da espécie e do seu habitat.

Além disso, as áreas de estudo, Cananéia no Estado de São Paulo e Guaraqueçaba no Estado do Paraná, fazem parte do maior remanescente de Mata Atlântica e são importantes Áreas de Proteção estadual e federal, além de serem “Reservas da Biosfera da Mata Atlântica”, decretado pela UNESCO (UNESCO, 2012).

Um rápido crescimento do “Whalewatching” que é a observação de cetáceos a partir de uma embarcação pode trazer sérios danos a algumas populações, pois estes podem reagir de maneiras diferentes ao ruído e outros aspectos da presença humana, alterando seu comportamento ou fisiologia (Filla e Monteiro-Filho, 2009). Nowacek *et al.* (2001) também observaram na Baía de Sarasota, Flórida (EUA) longos mergulhos, menor distância entre os animais e aumento da velocidade de natação quando havia aproximação de barcos a grupos de *Tursiops truncatus* durante o “Whalewatching”.

Já, dentre os potenciais efeitos biológicos dos ruídos produzidos por dragagens e aquisição sísmica marinha sobre os cetáceos estão os físicos e fisiológicos, a alteração de comportamento e os efeitos indiretos associados com a disponibilidade das presas

(Gordon *et al.*, 2004). Respostas comportamentais incluem mudanças nos padrões de respiração e mergulho, respostas acústicas incluem mudanças no tipo ou na duração das vocalizações e para respostas fisiológicas há mudanças nos tecidos e nos limiares de audição, limitando a capacidade dos indivíduos de ouvir diversas intensidades e frequências de sons (Nowacek *et al.*, 2007).

Assim, o primeiro capítulo deste estudo tem como objetivo avaliar a possibilidade da existência de uma variação geográfica latitudinal nos assobios de *S. guianensis* relatada por Azevedo e van Sluys (2005) e Rossi-Santos e Podos (2006) a uma frequência de resposta de até 48 kHz, o dobro da frequência de amostragem dos estudos anteriores para *S. guianensis* no Brasil, portanto de fundamental importância para a caracterização mais completa da biologia desta espécie.

O segundo capítulo irá considerar não somente os assobios de *S. guianensis*, mas os outros sons emitidos pela espécie e que foram ignorados pela maioria dos autores em seus estudos de bioacústica. Portanto, o objetivo do segundo capítulo deste estudo foi caracterizar o repertório sonoro de *S. guianensis* em Cananéia, Estado de São Paulo e em Guaraqueçaba, Estado do Paraná, comparando entre as regiões as características físicas e a taxa de emissão de assobios, gritos, estalidos e gargarejos. Além disso, a caracterização qualitativa do repertório sonoro noturno do boto-cinza é inédita. Assim, este capítulo também tem como objetivo comparar os resultados obtidos nos períodos diurno e noturno, procurando explicar as diferenças e semelhanças da utilização do som em relação à disponibilidade de luz, já que Atem e Monteiro-Filho (2006) relataram que estes animais também se encontram ativos durante o período noturno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atem, A. C. G., & Monteiro-Filho, E. L. A. (2006). "Nocturnal activity of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) in the region of Cananéia, São Paulo State, Brazil," *Aquat. Mamm.* 32, 236-241.

Au, W. W. L. (1993). *The sonar of dolphins* (Springer-Verlag, New York), p. 277.

Azevedo, A. F., & Simão, S. M. (2002). "Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil," *Aquat. Mamm.* 28, 261-266.

Azevedo, A. F., & Van Sluys, M. (2005). "Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations," *J. Acoust. Soc. Am.* 117, 1456-1464.

Berta, A., Sumich, J. L., & Kovacs, K. M. (2006). *Marine Mammals Evolutionary Biology* (Academic, New York), p. 547.

Caldwell, M. C., & Caldwell, D. K. (1965). "Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*)," *Nature* 207, 434-435.

Caldwell, M. C., & Caldwell, D. K. (1968). "Vocalization of naïve captive dolphins in small groups," *Science* 159, 1121-1123.

Caldwell, D. K., & Caldwell, M. C. (1970). "Echolocation-type signals by two dolphins, genus *Sotalia*," *Science* 33, 124-131.

Cranford, T. W., Amundin, M., & Norris, K. S. (1996). "Functional morphology & homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation," *J. Morphol.* 228, 223-285.

Erber, C., & Simão, S. M. (2004). "Analysis of whistles produced by the tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil," *An. Acad. Bras. Cienc.* 76, 381-385.

Figueiredo, L. D., & Simao, S. M. (2009). "Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil," *J. Acoust. Soc. Am.* 126, 1563-1569.

Filla, G. F., & Monteiro-Filho, E. L. A. (2009). "Monitoring tourism schooners observing estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in the Estuarine Complex of Cananéia, south-east Brazil," *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* 19, 772-778.

Ford, J. K. B. (1989). "Acoustic behaviour of resident killer whales (*Orcinus orca*) off Vancouver Island, British Columbia," *Can. J. Zool.* 67, 727-745.

Ford, J. K. B., & Fisher, H. D. (1978). "Underwater acoustic signals of the narwhal (*Monodon monoceros*)," *Can. J. Zool.* 56, 522-560.

Gordon, J., Gillespie, D., Potter, J., Frantzis, A., Simmonds, M. P., Swift, R., & Thompson, D. (2004). "A review of the effects of seismic surveys on marine mammals," *Mar. Technol. Soc. J.* 37, 16-34.

IBAMA. 2001. *Mamíferos Aquáticos do Brasil: Plano de Ação. Versão II*. Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

IUCN. 2011. *IUCN Red List of Threatened Species*. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 13/03/2012.

Janik, V. M. (1999). "Pitfalls in the categorization of behavior: a comparison of dolphin whistle classification methods," *Anim. Behav.* 57, 133-143.

Kellogg, W. N., Kohler, R., & Morris, H. N. (1953). "Porpoise sounds as sonar signals," *Science* 117, 239-243.

May-Collado, L. J., & Wartzok, D. (2010) Sounds produced by the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador. *LAJAM* 8, 131-136.

Monteiro-Filho, E. L. A., & Monteiro, K. D. K. A. (2001). "Sounds of *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil," *Can. J. Zool.* 79, 59-66.

Monteiro-Filho, E. L. A., & Monteiro, K. D. K. A. (2008). *Biologia, Ecologia e Conservação do Boto-cinza* (Paginas & Letras Editora e Gráfica LTDA, São Paulo, Brasil), p. 277.

Norris, K. S. (1969). "The echolocation of marine mammals", in Andersen, H.T., ed, *The Biology of Marine Mammals*. Academic Press, New York, p. 514.

Norris, K. S., Prescott, J. H., Asa-Dorian, P. V., & Perkins, P. (1961). "An experimental demonstration of echolocation behavior in the porpoise *Tursiops truncatus* (Montagu)," *Biol. Bull.* 120, 163-176.

Norris, K. S., Harvey, G. W., Burzell, L. A., & Kartha, T. D. K. (1972). "Sound production in the freshwater porpoises, *Sotalia cf. fluviatilis* Gervais and DeVille and *Inia geoffrensis* Blainville, in the Rio Negro, Brazil," *Investig. Cetacea* 4, 251-260.

Nowacek, S. M., Wells, R. S., & Solow, A. R. (2001). "Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida," *Marine Mammal Sci.* 17, 673-688.

Nowacek, D. P., Thorne, L. H., Johnston, D. W., & Tyack, P. L. (2007). "Responses of cetaceans to anthropogenic noise," *Mammal Rev.* 37, 81-115.

Pivari, D., & Rosso, S. (2005). "Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southern Brazil," *J. Acoust. Soc. Am.* 118, 2725-2731.

Potter, J., & Delory, E. (1998). "Noise sources in the sea and the impact for those who live there," *Acoustics & Vibration Asia 1998 Conference Proceedings*: 56-71.

Riesch, R., & Deecke, V. B. (2011). "Whistle communication in mammal-eating killer whales (*Orcinus orca*): further evidence for acoustic divergence between ecotypes," *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65, 1377-1387.

Rossi-Santos, M. R., & Podos, J. (2006). "Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*," *Behaviour* 143, 347-364.

Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Wells, R. S., & Scott, M. D. (1990). "Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*: stability and mother-offspring comparisons," *Behav. Ecol. Sociobiol.* 26, 247-260.

Sjare, B. L., & Smith, T. G. (1986). "The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories," *Can. J. Zool.* 64, 407-415.

Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene Jr., C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., & Tyack, P. L. (2007). "Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations," *Aquat. Mamm.* 33, 412-522.

Tyack, P. (1986). "Whistle repertoires of two bottlenosed dolphins, *Tursiops truncatus*: mimicry of signature whistles?" *Behav. Ecol. Sociobiol.* 18, 251-257.

Wang, D., Würsig, B., & Leatherwood, S. (2001). "Whistles of boto, *Inia geoffrensis*, and tucuxi, *Sotalia fluviatilis*," *J. Acoust. Soc. Am.* 109, 407-414.

Weilgart, L. S. (2007). "The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management," *Can. J. Zool.* 85, 1091-1116.

UNESCO. (2012). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Disponível em: <<http://www.unesco.org>>. Acesso em 11/06/2012.

Capítulo I

High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil.

Elevadas frequências inicial e mínima de assobios de *Sotalia guianensis* no sudeste e sul do Brasil.

Revista pretendida: Journal of the Acoustical Society of America (*J. Acoust. Soc. Am.*), ISSN (0001-4966), Fator de Impacto (JCR, 2011) = 1,550 , Qualis CAPES = B1

Lucimary S. Deconto^{1,2} & Emygdio L. A. Monteiro-Filho^{2,3}

¹Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Avenida Beira Mar, Balneário de Pontal do Sul, Pontal do Paraná, 83255-971, Paraná, Brasil.

²Instituto de Pesquisas Cananéia, Rua Tristão Lobo, 199, Centro, Cananéia, 11990-000, São Paulo, Brasil.

³Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Avenida Coronel Francisco H. dos Santos, 210, Jardim das Américas, Curitiba, 81531-990, Paraná, Brasil.

Keywords: acoustic behavior, whistles, estuarine dolphin, estuaries.

Palavras-chave: comportamento acústico, assobios, boto-cinza, estuários.

RESUMO

Recentes estudos tem proposto variações geográficas latitudinais para assobios de *Sotalia guianensis*, sendo que os parâmetros de frequência aumentam a partir da distribuição mais ao sul da espécie (Estado de Santa Catarina, Brasil) em direção ao norte. O último estudo referente a assobios de *S. guianensis*, realizado na Costa Rica, confirmou a variação geográfica de assobios independentemente da frequência de resposta utilizada na amostragem, sendo as frequências iniciais e mínimas dos assobios de populações costa-riquenhas maiores que as frequências das populações brasileiras. Neste estudo, os assobios de *S. guianensis* foram registrados com uma resposta de frequência de 48 kHz, sendo esta a maior banda de frequência utilizada em estudos brasileiros. As frequências iniciais e mínimas dos assobios registrados e analisados se assemelharam aos parâmetros de populações da Costa Rica e não apresentaram ou apresentaram pequena diferença significativa quando comparado às médias de cada estudo. Portanto, é provável que possíveis variações nas características físicas de assobios de *S. guianensis* estejam mais relacionadas à resposta de frequência das amostragens e das condições ambientais em que as populações se encontram do que a variações geográficas latitudinais.

ABSTRACT

Recent studies have proposed latitudinal variations for whistles of *Sotalia guianensis*, since parameters of frequency increase from the southernmost distribution of the species (State of Santa Catarina, Brazil) towards the North. The last study on the whistles of *S. guianensis*, held in Costa Rica, confirmed the geographical variation of whistles regardless of frequency responses used in the samples and initial and minimum frequencies of whistles of Costa Rican populations were larger than the frequencies of Brazilian populations. In this study, the whistles of *S. guianensis* were recorded with a frequency of 48 kHz, which was the highest frequency band used in Brazilian studies. The initial and minimum frequency of whistles recorded and analyzed were similar to parameters of Costa Rican populations and did not show or showed little significant difference when compared to the averages of each study. Therefore, it is likely that potential variations in the physical characteristics of whistles emitted by *S. guianensis* are related to the frequency response of samples and the environmental conditions in which the populations occur, rather than related to latitudinal variations.

I. INTRODUCTION

Many animal species exhibit intraspecific variations in the signals they emit, and these variations may be caused by genetic, environmental or cultural factors (Janik, 2009). For odontocetes, differences in the structure of whistles have been documented to species as *Tursiops truncatus*, *Stenella frontalis* and *S. longirostris*. (Bazúa-Durán and Au, 2004; Morisaka *et al.*, 2005; May-Collado and Wartzok, 2008). These variations have been generally referred to as geographic variations, and not dialects (May-Collado and Wartzok, 2008). Dialect presupposes mechanisms of social or genetic isolation between populations that would lead to a selection of a specific call (Janik, 2009). Dialects within the group of odontocetes are well reported for *Orcinus orca* (Miller and Bain, 1999; Riesch *et al.*, 2006) e *Physeter macrocephalus* (Antunes *et al.*, 2011). For these species, it is possible to identify through of acoustic parameters individuals from different groups living in areas adjacent.

Geographic variations in whistles have been associated to distance at which populations are from each other. (Bazúa-Durán and Au, 2004; Azevedo and van Sluys, 2005; Rossi-Santos and Podos 2006). Azevedo and van Sluys (2005) analyzing *S. guianensis* whistles in eight localities along the Brazilian coast showed that despite the fact that 65% of all whistles have common characteristics between locations, the whistles of the species differed between the north and south of the country, with more whistles similar between adjacent populations. Other studies indicate variations in odontocete whistles due to ambient noise (Morisaka *et al.* 2005; May-Collado and Wartzok, 2008). While Morisaka *et al.* (2005) described a relationship between low-frequency whistles and few inflection points with ambient noise, Lesage *et al.* (1999) and May-Collado and Wartzok (2008) reported high frequencies of whistles and greater number of inflection points in ambient noise.

Whistles have been the only type of sound continuously studied in *S. guianensis* in different localities of the Brazilian coast (Azevedo and Simão 2002; Erber and Simão, 2004; Azevedo and van Sluys, 2005; Pivari and Rosso, 2005; Rossi-Santos and Podos, 2006; Figueiredo and Simão, 2009), including reports of the latitudinal variations for these whistles, and the initial and minimum frequencies of these sounds were smaller in

populations found in southernmost distribution of the species (Azevedo and van Sluys (2005), Rossi-Santos and Podos 2006). However, Rossi Santos and Podos (2006) indicated two possible explanations for this pattern. The first explanation reported by these authors was a possible barrier between *S. guianensis* populations in Brazil that would lead to an isolation of these populations to the south and north of this barrier, producing dialects between them. Another possible explanation would be ecological, which shows environmental differences between regions where the species habitat in the country. According to the authors, southern and southeast regions tend to live in protected waters and estuary systems, whereas in the northeast they live more often along open coasts and beaches.

The Brazilian studies used recording systems with frequencies of up to 24 kHz. For other hand, May-Collado and Wartzok (2009), studying free-ranging guyana dolphins in Costa Rica, revealed that these sounds can reach 50 kHz for fundamental frequencies and 150 kHz for the harmonics. In addition, this study also confirmed the geographical variation of whistles regardless of the frequency response used in the sample. The initial and minimum frequencies of whistles of populations of Costa Rica were larger than the frequencies of Brazilian populations. Thus, the aim of our study was to test through characterization of sounds in two locations in the southeast and south of Brazil if geographical variation in whistles of *Sotalia guianensis* occur as response to environmental characteristics.

II. MATERIAL AND METHODS

A. Sampling and study área

This study was carried out in two protected waters, the Cananéia estuary (25°01' S - 25°15' S / 48°06' W - 47°52' W), State of São Paulo, southeastern Brazil and in Baía

1 de Guaraqueçaba (25°15' S - 25°30' S / 48°30' W - 48°15' W), a bay located in State of
2 Paraná, southern Brazil (Figure 1). These study areas are important biological reserves
3 and state and federal Environmental Protection Areas, in addition to being part of the
4 "Atlantic Forest Biosphere Reserve" (Unesco, 2012).

5 Field surveys were carried out for two days per month, between July 2011 and
6 June 2012, for the recordings of diurnal and nocturnal whistles. A C53 hydrophone (14
7 Hz to 250 kHz, -165 db re 1V/uPa) was positioned between 1 and 3 m deep and
8 connected to a digital recorder (96 kHz, 16 bits), resulting in a frequency response of 48
9 kHz for this study. The recordings were made continuously in five-minute files from a
10 wood boat (45 hp, 10 m) in the Cananéia estuary and a fiberglass boat (25 hp, 4 m) in
11 the Baía de Guaraqueçaba. All the recording sessions were carried out with drifting boat
12 and the engines off. With the boat was drifting can go to most of the length of the study
13 area during the sampling, with several groups of *S. guianensis* being sampled.

14 The density of individuals estimated in the Cananéia region was 12.41 ind/km² and
15 the abundance was 195 animals (Havukainen *et al.*, 2011). The area also features 98
16 animals have photo-identified (Eric Medeiros¹, personal communication¹). Already the
17 abundance of individuals in Baía de Guaraqueçaba is estimated at 129 animals and
18 density of 7.74 ind/km² (Filla, 2004).

19

20 **B. Acoustic and statistical analysis**

21 The whistles were analyzed using the Raven Pro 1.4 software (Cornell Laboratory of
22 Ornithology, New York). Considering the large amount of information, the sounds were
23 analyzed in random samples of 30 seconds, obtained from each five-minute file and
24 were analyzed all good quality whistles in those 30 seconds. Sounds overlapped with
25 background noise or had low intensity were not analyzed qualitatively, since the
26 identification of the physical characteristics of sounds in the spectrogram was
27 hampered. In the spectrograms generated by the program, the whistles were quantified
28 and for the qualitative analysis we determined the descriptive statistics of each acoustic
29 parameter with diurnal and nocturnal whistles analyzed as entirety: duration; initial and

¹ Eric Medeiros is responsible for the Instituto de Pesquisas Cananéia photo-identification catalog of the population *Sotalia guianensis* in the Cananéia region, southeastern Brazil, Research Institute Canaanite. Instituto de Pesquisas Cananéia, Rua Tristão Lobo, 199, Centro, Cananéia, 11990-000, São Paulo, Brasil

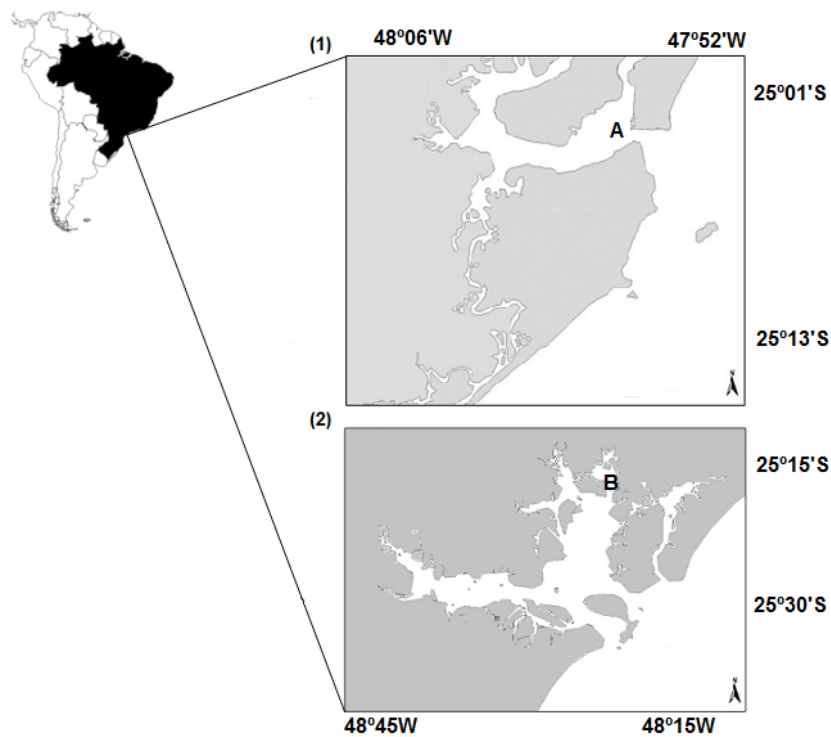


Figure 1. Location of the two areas of study where the recordings of the acoustic repertoire of *Sotalia guianensis* were performed between July 2011 and June 2012. (1) Cananéia region (State of São Paulo), southeastern Brazil, map by Roberto Fusco Costa. (2) Guaraqueçaba region (State of Paraná), southern Brazil, map by Da Rosa *et al.* (2008) (modified). The letters indicate the locations where the samples were collected: A – Cananéia, and B – Baía de Guaraqueçaba, Guaraqueçaba.

final frequency; and minimum and maximum frequency, variables that have measured in the other acoustic studies with *Sotalia guianensis* (Azevedo and Simão, 2002; Erber and Simão, 2004; Azevedo and van Sluys, 2005; Pivari and Rosso, 2005; Rossi-Santos e Podos, 2006; Figueiredo e Simão, 2009; May-Collado and Wartzok, 2009). The minimum values, maximum values, means, standard deviation, and coefficient of variation were measured all whistle variables. To test the hypothesis of latitudinal variation of whistles, we also used the *t*-test (sample summary). This way, the descriptive statistics of each acoustic parameter of sounds in previous studies (Azevedo and Simão, 2002; Erber and Simão, 2004; Azevedo and van Sluys, 2005; Pivari and Rosso, 2005; May-Collado and Wartzok,

2009) were compared with those in this study. To rule out possible differences due to samples with different frequency responses (18 kHz and 24 kHz), the diurnal and nocturnal whistles were separated into subsamples with sounds of up to 18 kHz (Subsample 1) and 24 kHz (Subsample II) (for similar method see May-Collado and Wartzok, 2009). There is only one study with sampling frequency greater than 48 kHz (May-Collado and Wartzok, 2009), and for this reason, only the duration and the initial and minimum frequencies were compared with those in this study. The statistical analyses were performed using the BioEstat 5.0. software.

III. RESULTS

We collected a total of 26 hr of sound recorded - 14 hr in Cananéia and 12 hr in Guaraqueçaba. From this dataset, 156 minutes were analyzed (84 min from Cananéia and 72 min from Guaraqueçaba). The quantitative analysis of the sounds resulted in 4081 whistles, from which 3630 whistles had adequate for analyses.

According to the contour of whistles, seven categories of sounds were recorded: upward; upward-downward; upward-downward-upward; downward; downward-upward; downward-upward-downward; and constant (Figure 2). Upward whistle was the most frequent category (85.46%). The second most frequent category was downward-upward (4.71%). Descriptive statistics results of acoustic parameters of whistles (duration, initial and final frequency, minimum and maximum frequency) are shown in Table I. The whistles proved short-lived, not exceeding 2.61 s. The mean initial and minimum frequencies were approximately 12 kHz. Already, final and maximum frequencies exceeded 44 kHz, and the highest values for parameters of frequency whistles of *S. guianensis* in Brazil.

Table II shows the results of the comparison between whistles of this study and whistles of previous studies. It is observed that duration is the acoustic parameter that has greater coefficient of variation and that the frequency

parameters of this study, in broad terms, differ from parameters of other Brazilian studies. The results also show that parameters as minimum frequency of this study do not differ from those given to the region of Costa Rica (Table II).

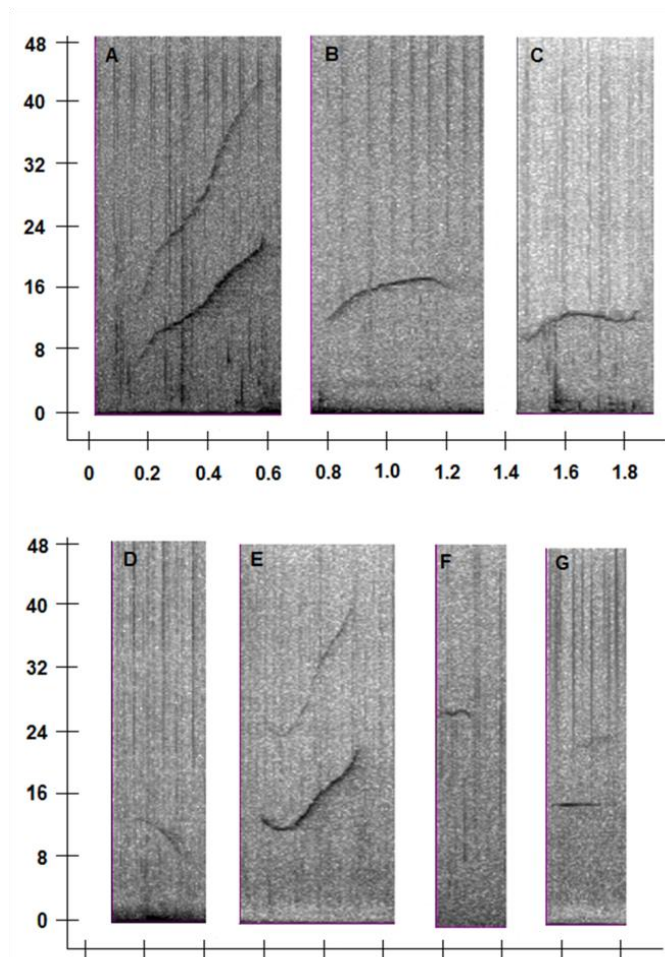


Figure 2. Spectrogram representing the types of whistles contours emitted by *Sotalia guianensis* in the southeast and south of Brazil. A = upward; B = upward-downward; C = upward-downward-upward; D = downward; E = downward-upward; F = downward-upward-downward; G = constant. Y axis = frequency (kHz), X axis = time (seconds).

IV. DISCUSSION

Sotalia guianensis emit high frequency whistles in the southeastern and southern Brazil. According to the hypothesis of latitudinal variation, frequency parameters (mainly initial and minimum frequency) increase from the southernmost distribution of the species toward the north. That way, the whistles of this species should differ between distant locations, such as southern Brazil and Central America (Rossi-Santos and Podos, 2006; May-Collado and Wartzok, 2009). However, the acoustic parameters of whistles of this study were similar to the acoustic parameters of whistles analyzed in Costa Rica, demonstrating that these sounds seem to be uniform throughout their distribution.

Small cetaceans generally produce sounds with higher frequencies than species with larger mass and length (Podos *et al.*, 2002; May-Collado *et al.*, 2007). Many species of odontocetes, such as *Delphinus delphis*, *Stenella attenuata*, *S. coeruleoalba* and *S. longirostris*, produce whistles with fundamental frequencies within the ultrasonic range, i.e., above 20 kHz (Oswald *et al.*, 2004). In this study, the fundamental frequency exceeded 46 kHz. These records of whistles emitted at high frequencies have already been obtained from the species by May-Collado and Wartzok (2009), who suggested the use of recording systems with at least 50 kHz of frequency response for fundamental frequency and 150 kHz when considering the harmonics of these sounds, in order to include the full sound repertoire of whistles of *S. guianensis*.

In this context, this is the Brazilian study with greater frequency range used in acoustic studies on *S. guianensis* and, therefore, with the widest frequency range of whistles recorded of the species in Brazil (1.89-46.85 kHz). In this study, almost all frequency parameters were higher when compared with those of previous Brazilian studies, even discarding the differences of sampling frequencies. This contradicts the hypothesis of latitudinal variation of whistles emitted by *S. guianensis* identified by Azevedo and van Sluys (2005) and Rossi-Santos and Podos (2006) and confirmed by May-Collado and Wartzok (2009) in Costa Rica. This contradiction is not only due to the fact that in this study a higher

1 **TABLE I:** Descriptive statistics of physical characteristics of whistles emitted by *S. guianensis* in Cananéia, southeastern
 2 Brazil and Guaraqueçaba, southern Brazil. The frequency is given in kHz and the duration in seconds. SD = standard
 3 deviation; CV = coefficient of variation.

Study	Recording bandwidth	Statistic	Duration	Initial Frequency	Final Frequency	Minimum Frequency	Maximum Frequency
Whistles (n = 3,630)	48 kHz	Mean±SD	0.17±0.12	12.40±5.22	18.17±5.35	12.22±5.39	18.23±5.38
		CV (%)	67.76	44.46	29.43	44.13	29.52
		Range	0.01-2.61	1.89-45.37	3.99-44.64	1.89-44.32	4.41-46.85
Subsample I (n = 3115)	24 kHz	Mean±SD	0.18±0.10	10.82±3.70	16.55±3.51	10.73±3.64	16.59±3.49
		CV (%)	58.56	34.18	21.22	33.90	21.03
		Range	0.01-0.89	1.89-23.42	3.99-24.00	1.89-23.42	4.41-24.00
Subsample II (n = 1996)	18 kHz	Mean±SD	0.17±0.10	9.82±2.90	14.55±2.57	9.74±2.82	14.59±2.54
		CV (%)	58.94	29.50	17.65	29.00	17.42
		Range	0.01-0.89	1.89-17.96	3.99-18.00	1.89-17.54	4.41-18.00

4

5

6 **TABLE II:** Descriptive statistics of physical characteristics of whistles emitted by populations of *S. guianensis* in Brazil and
7 Costa Rica and *t*-test results (sampling summary) of the comparisons between whistles in published studies and those in
8 this study. The frequency is given in kHz and the duration in seconds. SD = standard deviation; CV = coefficient of variation;
9 * = significant difference with $p < 0.05$ level.

Study	Recording bandwidth	Statistic	Duration	Initial Frequency	Final Frequency	Minimum Frequency	Maximum Frequency
Azevedo e Simão (2002) (n = 5,086) x	18 kHz	Mean±SD	0.10±0.08	7.90±2.90	12.80±4.50	7.60±2.90	13.00±4.10
		CV (%)	79.40	36.70	35.20	38.20	31.50
		Range	0.01-0.85	0.90-17.90	0.50-18.00	0.50-16.50	1.60-18.00
		<i>t</i> -teste	32.22*	30.49*	21.11*	34.34*	20.70*
Subsample II							
Erber e Simão (2004) (n = 3,350) x	24 kHz	Mean±SD	0.79±3.12	10.70±4.97	13.31±5.86	10.52±4.52	13.31±4.85
		CV (%)	395.30	46.50	34.80	42.90	27.70
		Range	0.01-2.28	1.03-11.07	3.20-16.83	1.03-10.99	1.17-17.49
		<i>t</i> -teste	11.31*	NS	28.26*	NS	37.62*
Subsample I							

10

11

12

13

Table II. (Continued.)

Study	Recording bandwidth	Statistic	Duration	Initial Frequency	Final Frequency	Minimum Frequency	Maximum Frequency
Azevedo e van Sluys (2005) (n = 696) x	24 kHz	Mean±SD	0.31±0.14	9.57±3.76	18.82±3.10	9.22±3.44	19.05±2.97
		CV (%)	44.60	39.30	16.50	37.30	15.60
		Range	0.04-1.06	1.34-21.93	9.23-23.75	1.34-20.30	9.23-23.89
		<i>t</i> -teste	29.16*	8.15*	15.91*	10.12*	17.43*
Subsample I							
Pivari e Rosso (2005) (n = 3,235) x	18 kHz	Mean±SD	0.23±0.11	8.15±3.00	14.35±3.04	7.97±2.89	14.46±2.88
		CV (%)	47.87	36.77	21.20	36.20	19.91
		Range	0.04-0.63	1.00-16.00	2.00-17.90	1.00-15.80	2.20-17.90
		<i>t</i> -teste	24.82*	23.45*	2.96*	25.64*	1.99*
Subsample II							
May-Collado e Wartzok (2009) (n = 422) x	200-250 kHz	Mean±SD	0.20±0.19	13.83±6.16	19.51±6.36	12.31±5.16	21.21±5.82
		CV (%)	93.52%	44.59%	32.62%	41.90%	27.45%
		Range	0.01-1.03	1.13-47.36	1.52-47.36	1.38-35.75	3.00-48.40
		<i>t</i> -teste	3,04*	5.33*	-	NS	-
This study							

frequency bandwidth during sampling, because when we subsamples of our dataset with frequencies until 18 and 24 kHz and compared with other Brazilian studies, our parameters of frequency still showed higher. Furthermore, the duration and the initial and minimum frequency of whistles were similar to recorded by May-Collado and Wartzok (2009) in Costa Rica, the most northerly distribution of the species. Minimum frequency did not show significantly different values between the two studies and the initial frequency, even showing difference, was small and very much associated with the highest frequency of the sample in the study of May-Collado and Wartzok (2009). Therefore, the species appears to have uniformity in the acoustic parameters of whistles along their distribution, and the variations found in the studies cited here are due other factors that not only to sampling differences (different recording system and bandwidth), as environmental conditions of different regions, such as bays, estuaries and open coastal areas.

One of the hypotheses raised by Rossi-Santos and Podos (2006) to explain the existence of geographical variation in whistles of *S. guianensis* populations was related to differences in the areas of study, because while the regions in the south of the country have sheltered areas such as bays, the northern regions of the country are open coastlines. Such sites have different environmental parameters, such as temperature, salinity and turbidity. This way, we propose that the apparent difference in *S. guianensis* whistles between localities result from sound propagation in different environments and not because there are characteristic population variations (dialects) within the species. Similar data was already show by Baron *et al.* (2008) in acoustic parameters of whistles *Stenella frontalis* between adjacent populations of coastal and oceanic areas of the North Atlantic due to differences in environmental conditions in each habitat. The authors cite depth, temperature and noise levels as factors modifying the propagation of sound in water and explain the differences between the whistles of coastal and oceanic species. Thus, this phenomenon was apparently common in delphinids.

Particularly, with respect to duration, the mean was significantly shorter than those reported in previous studies on *S. guianensis* (Erber and Simão, 2004; Azevedo and van Sluys, 2005; Pivari and Rosso, 2005) and on other species such

as *Sotalia fluviatilis* (May-Collado and Wartzok, 2010), *Tursiops truncatus* (Baron *et al.*, 2008; López, 2011), *Stenella frontalis* (Baron *et al.*, 2008; Lammers *et al.*, 2003; Azevedo *et al.*, 2010), *S. longirostris* (Lammers *et al.*, 2003), and *Globicephala* spp. (Baron *et al.*, 2008). Bays and estuaries, as Cananéia in the State of São Paulo and Guaraqueçaba in the State of Paraná, have large quantity of particles in suspension due to the amount of organic matter and sediment carried by rivers (Levin *et al.*, 2001). Consequently, with greater amount and proximity of particles in the water, the spread of sound becomes faster (Au and Hastings, 2008). This way, whistles of short duration could spread as efficiently as sounds of longer duration; however, with lower energy expenditure.

For *S. guianensis* this plasticity in adapting to the environment had already been reported by Monteiro-Filho (2008) regarding the fishing behavior of *S. guianensis*, who concludes that fishing strategies are closely related to the shape and geology of each region in which the species inhabits. Thus, both acoustic repertoire and behavior of *S. guianensis* are more similar in environments that have similar characteristics. In our study we found that areas of protected waters such as bays and estuaries, showed parameters of duration and frequency of whistles similar, and likely will differ from open coastal areas where the species inhabits.

V. CONCLUSION

The hypothesis that the frequency parameters of whistles emitted by *Sotalia guianensis* would increase from the species distribution in the south toward the north is not supported, because this study demonstrates that these sounds may be similar in almost extreme limits of their distribution. The differences found in whistles of *S. guianensis* between regions and studies are mainly due to differences in equipment and mainly environmental conditions during sample collection, in view of the different characteristics of environmental parameters (temperature, salinity, turbidity, etc.) of each region in which the sounds are

emitted. Thus, the sound repertoire of the species is very plastic and, possibly, adapted to the environmental conditions of each region in which the species occurs, as already registered in relation to fishing behavior. For future studies, the comparison between groups of coastal and oceanic *S. guianensis* in areas adjacent or nearby can determine the contention that variations in the whistles of the species occur due to differences in environmental conditions in which each population lives.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the anonymous reviewers for providing suggestions on this manuscript. We thank the Projeto Boto-Cinza team of the Instituto de Pesquisas Cananéia for assistance in data collection. Thanks to Marta J. Cremer, Univille and Projeto Toninhas, loan by hydrophone. Financial support was provided by the Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Universidade Federal do Paraná and Programa Petrobras Ambiental, Petrobras. Lucimary Steinke Deconto has been supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Emygdio Leite de Araujo Monteiro-Filho has been supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERENCES

- Antunes, R., Schulz, T., Gero, S., Whitehead, H., Gordon, J., and Rendell, L. (2011). "Individually distinctive acoustic features in sperm whale codas," *Anim. Behav.* 81, 723-730.
- Au, W. W. L., and Hastings, M. C. (2008). *Principles of Marine Bioacoustics* (Springer, New York), p. 680.

Azevedo, A. F., and Simão, S. M. (2002). "Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil," *Aquat. Mamm.* 28, 261-266.

Azevedo, A. F., and van Sluys, M. (2005). "Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations," *J. Acoust. Soc. Am.* 117, 1456-1464.

Azevedo, A. F., Flach, L., Bisi, T. L., Andrade, L. G., Dorneles, P. R., and Lailson-Brito, J. (2010). "Whistles emitted by Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) in southeastern Brazil," *J. Acoust. Soc. Am.* 127, 2646-2651.

Baron, S. C., Martinez, A., Garrison, L. P., and Keith, E. O. (2008). "Differences in acoustic signals from delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico," *Marine Mammal Sci.* 24, 42-56.

Bazúa-Durán, M. C., and Au, W. W. L. (2004). "Geographic variations in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the Main Hawaiian Islands," *J. Acoust. Soc. Am.* 116, 3757-3769.

Da Rosa, L. C., Borzone, C. A., and Caron, E. (2008). "Ocorrência de *Diglossa brasiliensis* (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae) em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil," ("Occurrence of *Diglossa brasiliensis* (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae) in two estuarine beaches of Paranaguá Bay, southern Brazil"), *Rev. Brasil. Zool.* 25, 563-565.

Erber, C., and Simão, S. M. (2004). "Analysis of whistles produced by the tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil," *An. Acad. Bras. Cienc.* 76, 381-385.

Figueiredo, L. D., and Simao, S. M. (2009). "Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil," *J. Acoust. Soc. Am.* 126, 1563-1569.

Filla, G. F. (2004). “Estimativa da densidade populacional e estrutura de agrupamento do boto-cinza *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) na Baía de Guaratuba e na porção norte do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, PR,” (“Population density and structure group of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in the Baía de Guaratuba and in northern portion of the complex estuarine in the Baía de Paranaguá, PR”), Dissertation, Department of Zoology, Division of Biological Sciences, Universidade Federal do Paraná. Av. Coronel Francisco H. dos Santos, 210, Jardim das Américas, Curitiba, Caixa Postal 19020, 81531-990, Paraná, Brasil.

Havukainen, L., Monteiro, E. L. A., and Filla, G. F. (2011). “Population density of *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in the Cananéia region, southeastern Brazil,” *Rev. Biol. Trop.* 59, 1275-1284.

Janik, V. M. (2009). “Acoustic communication in delphinids,” *Adv. Stud. Behav.* 40, 123-157.

Lammers, M. O., Au, W. W. L., and Herzing, H. L. (2003). “The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins,” *J. Acoust. Soc. Am.* 114, 1629-1639.

Lesage, V., Barrette, C., Kingsley, M. C. S., and Sjare, B. (1999). “The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River Estuary, Canada,” *Marine Mammal Sci.* 15, 65-84.

Levin, L. A., Boesch, D. F., Covich, A., Dahm, C., Erséus, C., and Ewel, K. C. (2001). “The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity,” *Ecosystems* 4, 430-451.

López, B. D. (2011). “Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: influence of behavior,” *Mamm. Biol.* 76, 180-189.

May-Collado, L. J., Agnarsson, I., and Wartzok, D. (2007). "Reexamining the relationship between body size and tonal signals frequency in whales: a comparative phylogenetic approach," *Marine Mammal Sci.* 23, 524-552.

May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2008). "A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation," *J. Mammal.* 89, 1229-1240.

May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2009). "A characterization of guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: the importance of broadband recording systems," *J. Acoust. Soc. Am.* 125, 1202-1213.

May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2010). "Sounds produced by the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador," *LAJAM* 8, 131-136.

Miller, P. J. O., and Bain, D. E. (2000). "Within-pod variation in the sound production of a pod of killer whales, *Orcinus orca*," *Anim. Behav.* 60, 617-628.

Monteiro-Filho, E. L. A. (2008). "Comportamento de Pesca", ("Fishing Behavior") in Monteiro-Filho, E. L. A., and Monteiro, K. D. K. A., eds, *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza (Biology, ecology and conservation of estuarine dolphin)*. Paginas & Letras Editora e Gráfica LTDA, São Paulo, Brasil, p. 277.

Morisaka, T., Shinohara, M., Nakahara, F. and Akamatsu, T. (2005). "Effects of ambient noise on the whistles of Indo-Pacific bottlenose dolphin populations," *J. Mammal.* 86, 541-546.

Oswald, J. N., Rankin, S., and Barlow, J. (2004). "The effect of recording and analysis bandwidth on acoustic identification of delphinids species," *J. Acoust. Soc. Am.* 116, 3178-3185.

Pivari, D., and Rosso, S. (2005). "Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southern Brazil," *J. Acoust. Soc. Am.* 118, 2725-2731.

Podos, J., Da Silva, V. M. F., and Rossi-Santos, M. R. (2002). "Vocalizations of Amazon River dolphins, *Inia geoffrensis*: insights into the evolutionary origins of delphinid whistles," *Ethology* 108, 601-612.

Riesch, R., Ford, J. K. B., and Thomsen, F. (2006). "Stability and group specificity of stereotyped whistles in resident killer whales, *Orcinus orca*, off British Columbia," *Anim. Behav.* 71, 79-91.

Rossi-Santos, M. R., and Podos, J. (2006). "Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*," *Behaviour* 143: 347-364.

Unesco. (2012). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Available in: <<http://www.unesco.org>>. Accessed on 11/06/2012.

Capítulo II

Diurnal and nocturnal sounds of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in the southeast and south of Brazil.

Sons do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) no sudeste e sul do Brasil.

Revista pretendida: Marine Mammal Science (*Marine Mammal Sci.*), ISSN (0824-0469), Fator de Impacto (JCR, 2011) = 1,611, Qualis CAPES = B1.

Lucimary S. Deconto^{1,2} & Emygdio L. A. Monteiro-Filho^{2,3}

¹Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Avenida Beira Mar, Balneário de Pontal do Sul, Pontal do Paraná, 83255-971, Paraná, Brasil.

²Instituto de Pesquisas Cananéia, Rua Tristão Lobo, 199, Centro, Cananéia, 11990-000, São Paulo, Brasil.

³Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Avenida Coronel Francisco H. dos Santos, 210, Jardim das Américas, Curitiba, 81531-990, Paraná, Brasil.

Keywords: acoustic repertoire, guyana dolphin, estuaries.

Palavras-chave: repertório acústico, boto-cinza, estuários.

RESUMO

Sons diurnos e noturnos de *Sotalia guianensis* foram caracterizados em estuários do sudeste e sul do Brasil. Parâmetros acústicos de assobios, gritos e estalidos foram comparados entre os estuários e entre períodos do dia. A região de Cananéia registrou maior taxa de emissão de sons ($\chi^2_{\text{assobios}}=2660,38$, $p<0,05$; $\chi^2_{\text{gritos}}=376,18$, $p<0,05$; $\chi^2_{\text{estalidos}}=21,33$, $p<0,05$). Assobios e gritos foram mais frequentes no período noturno ($\chi^2_{\text{assobios}}=275,97$, $p<0,05$; $\chi^2_{\text{gritos}}=10,02$, $p<0,05$), pois estes indivíduos necessitam de maior comunicação acústica durante a ausência de luz. No entanto, a proporção de estalidos foi semelhante, sendo que comportamentos de *S. guianensis*, familiaridade ao ambiente, turbidez da água e quantidade de indivíduos durante as amostragens podem ser fatores de explicação para a similaridade de ecolocalização entre os períodos do dia. Os parâmetros de frequência foram dependentes da área e do período do dia em que foram emitidos, com menores frequências encontradas na área de estudo com maior extensão e durante o período noturno. Isto porque frequências baixas possuem menor comprimento de onda e se propagam a maiores distâncias, otimizando o rastreamento de um ambiente grande ou durante a noite. Este estudo demonstra que sons de *S. guianensis* são dependentes das características ambientais de cada região e do período do dia em que são emitidos.

ABSTRACT

Diurnal and nocturnal sounds of *Sotalia guianensis* were characterized in estuaries of southeastern and southern Brazil. Acoustic parameters of whistles, call and clicks were compared between estuaries and periods of the day. The Cananéia region recorded the highest rate of sound emission ($\chi^2_{whistles}=2660.38$, $p<0.05$; $\chi^2_{calls}=376.18$, $p<0.05$; $\chi^2_{clicks}=21.33$, $p<0.05$). Whistles and calls were more frequent at night ($\chi^2_{whistles}=275.97$, $p<0.05$; $\chi^2_{calls}=10.02$, $p<0.05$), as these individuals require more acoustic communication in the absence of light. However, the echolocation ratio was similar, whereas the behavior of *S. guianensis*, familiarity to the environment, water turbidity and the number of individuals in the samples may be factors to explain the similarity of sounds between the periods of the day. The parameters of frequency were dependent area and the time of day they were issued, with lower frequencies found in the study area with the largest area and during the night. This is because low frequencies have shorter wavelength and propagate greater distances, optimizing the tracking of a large environment or during the evening. This study demonstrates that sounds *S. guianensis* are dependent on the environmental characteristics of each region and the time of day they are issued.

INTRODUÇÃO

Os sons dos odontocetos geralmente são classificados dentro de três categorias: assobios, estalidos e sons pulsantes explosivos (Janik 2009). Os assobios são usualmente descritos como um som restrito a uma estreita faixa de frequência e apresentando ou não harmônicos em sua estrutura (Berta *et al.* 2006). Os estalidos ou “clicks” são sons curtos e de ampla faixa de frequência associados à ecolocalização, os quais apresentam frequência dominante acima do limite sônico (Morisaka 2012). Os sons pulsantes explosivos (“*Burst pulses*”) são sons pulsados que geralmente diferem da ecolocalização por estarem associados à comunicação social e apresentarem intervalos entre os estalidos menores que 10 ms (Lammers *et al.* 2003). No entanto, esta última categoria sonora deve ser utilizada com cautela (Morisaka 2012), pois não existem estudos conclusivos que diferencie, tanto em estrutura como em função, sons pulsantes explosivos da ecolocalização (Lammers *et al.* 2004).

Sotalia guianensis (van Bénéden, 1864) é um pequeno odontoceto da família Delphinidae, cuja coloração do corpo é predominantemente cinza, tendo apenas o ventre de cor esbranquiçada (Randi *et al.* 2008). A espécie habita as águas costeiras e estuarinas e distribui-se desde Honduras na América Central (Silva e Best 1996), até o sul do Brasil (Simões-Lopes 1988). O primeiro estudo acústico para *Sotalia guianensis* na natureza foi desenvolvido por Monteiro-Filho e Monteiro (2001) que identificaram quatro tipos básicos de sons, o assobio, o grito, o estalido e o gargarejo que é o som emitido pelo filhote.

Para esta espécie, apenas os assobios foram intensivamente estudados (Azevedo e Simão 2002, Erber e Simão 2004, Pivari e Rosso 2005, Azevedo e van Sluys 2005, Rossi-Santos e Podos 2006, Figueiredo e Simão 2009, May-Collado e Wartzok 2009), sendo os gritos e estalidos ignorados pela maioria dos autores. De uma maneira geral, estes estudos estão relacionados à descrição, ao papel no comportamento de forrageamento e a variações nos parâmetros de frequência. May-Collado e Wartzok (2009), na Costa Rica, propuseram que estudos sonoros para esta espécie devem usar um sistema de gravação com no mínimo 50 kHz para sons fundamentais e 150 kHz para harmônicos.

Estes estudos foram realizados apenas no período diurno, mas os cetáceos podem ser encontrados ativos, exibindo atividade acústica, alimentação, socialização ou deslocamentos, durante todos os períodos do dia (Baird *et al.* 2000, Baird *et al.* 2001, Atem e Monteiro-Filho 2006, Araújo *et al.* 2007, Flach *et al.* 2008). Contudo, em função de nossas limitações, estudos na natureza tendem a ser desenvolvidos apenas no período diurno (Rossi-Santos e Podos 2006, López 2011, Wiley *et al.* 2011, Beck *et al.* 2012, Choudhary *et al.* 2012).

A despeito da dificuldade de trabalhos noturnos com cetáceos (Atem e Monteiro-Filho 2006), estudos acústicos permitem, sem a visualização direta dos animais, detectar os indivíduos na área de estudo (Benoit-Bird *et al.* 2004, Morrissey *et al.* 2006, Atem e Monteiro-Filho 2006), estimar densidades tanto dos predadores (Marques *et al.* 2011, Kyhn *et al.* 2012), como de suas presas (Benoit-Bird *et al.* 2004), registrar movimentos verticais e horizontais, bem como as profundidades e o número de indivíduos forrageando ou descansando (Benoit-Bird *et al.* 2004, Scott e Chivers 2009).

Para *S. guianensis* apenas dois estudos foram conduzidos no período noturno, um estudo comportamental (Atem e Monteiro-Filho 2006) e outro referente a repertório sonoro (Oliveira *et al.* 2008). Atem e Monteiro-Filho (2006) identificaram três categorias de comportamentos noturnos de *S. guianensis* (atividade de pesca, mergulho e salto) no estuário de Cananéia, Estado de São Paulo, comportamentos estes que também já haviam sido registrados para o período diurno (Monteiro-Filho 2008). Já Oliveira *et al.* (2008) evidenciaram que as emissões sonoras desta espécie são dependentes do período do dia, sendo que a maior taxa de estalidos e gritos foi registrada à noite.

Durante a noite o sentido da audição é essencial para o forrageamento e orientação espacial do boto-cinza (Oliveira *et al.* 2008) e considerando que o único estudo do repertório sonoro da espécie à noite foi preliminar, o objetivo deste estudo é caracterizar e comparar quali e quantitativamente o repertório sonoro de *Sotalia guianensis* em Cananéia, Estado de São Paulo e em Guaraqueçaba, Estado do Paraná a fim de estabelecer se há diferenças nas emissões sonoras da

espécie entre as áreas de estudo e comparar quali e quantitativamente o repertório sonoro diurno e noturno da espécie na região de Cananéia.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo compreenderam a região do estuário de Cananéia ($25^{\circ}01'S - 25^{\circ}15'S / 47^{\circ}52'W - 48^{\circ}06'W$), Estado de São Paulo (SP), sudeste do Brasil e a Baía Guaraqueçaba ($25^{\circ}15'S - 25^{\circ}30'S / 48^{\circ}30'W - 48^{\circ}15'W$), Estado do Paraná (PR), sul do Brasil (Fig. 1). Estes dois locais de estudo são importantes reservas biológicas, sendo Áreas de Proteção Ambiental estadual e federal, além de serem “Reservas da Biosfera da Mata Atlântica” (UNESCO 2012). Os locais de amostragens foram a Baía de Trapandé em Cananéia (SP) e a Baía de Guaraqueçaba em Guaraqueçaba (PR; Fig. 1).

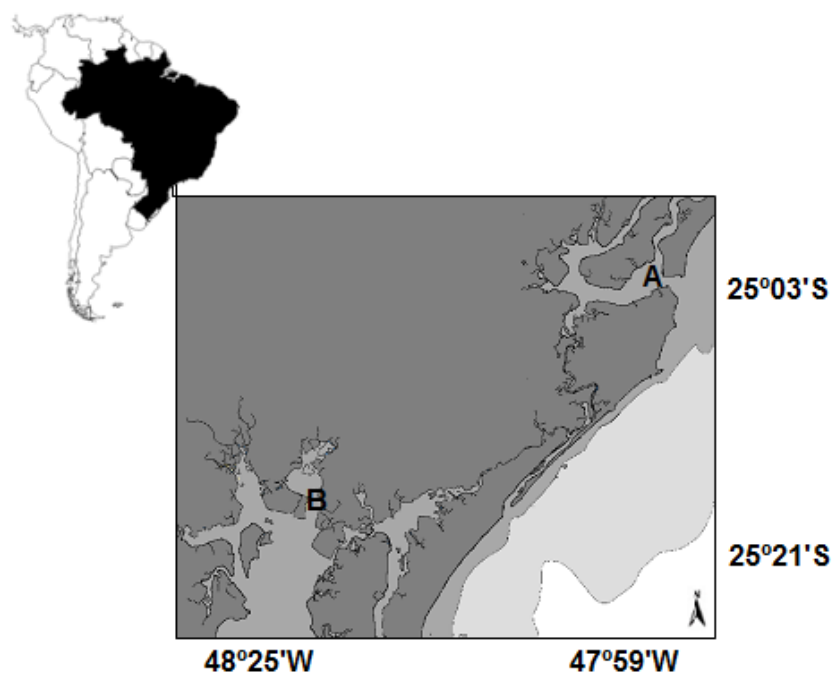


Figura 1. Localização das duas áreas de estudo onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* entre julho de 2011 e junho de 2012. As letras indicam os locais onde ocorreram as amostragens, A - Baía de Trapandé, Cananéia (SP) e B - Baía de Guaraqueçaba, Guaraqueçaba (PR).

O estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira foi destinada para a comparação do repertório sonoro de *S. guianensis* entre Cananéia (SP) e Guaraqueçaba (PR), com amostragens diurnas e noturnas em dois dias de campo por mês de julho/2011 a fevereiro/2012 e em quatro dias/mês de março/2012 a julho/2012, com expedições de campo alternadas entre as áreas de estudo. A segunda etapa foi destinada à comparação do repertório sonoro da espécie durante suas atividades diurnas e noturnas. Para esta etapa as amostragens ocorreram em quatro dias por mês nos meses de abril, junho e novembro/2012 e apenas na região de Cananéia (SP).

As amostragens diurnas e noturnas ocorreram durante a mesma semana, sendo preferencialmente durante os dois últimos dias da lua crescente e o terceiro dia da lua cheia, uma vez que a luz da lua permite uma melhor observação dos golfinhos durante a noite (Atem e Monteiro-Filho 2006). O esforço de gravação ocorreu entre o período das 06h às 18h para expedições diurnas e das 18h às 06h para expedições noturnas. As amostragens foram realizadas a partir de uma embarcação à deriva com o motor desligado (baleeira com motor 45 hp, 10 m de comprimento em Cananéia, SP; embarcação de fibra de vidro, motor 25 hp, 4 m de comprimento em Guaraqueçaba, PR). Com a embarcação à deriva foi possível percorrer a maior parte da extensão da área de estudo durante as amostragens, permitindo assim que os dados não ficassem viciados, com apenas alguns grupos de *S. guianensis* sendo amostrados.

Os sons foram registrados através de um hidrofone (*HTI SSQ 94*, frequência de resposta de 2 Hz a 50 kHz entre julho/2011 e dezembro/2011; *C53*, frequência de resposta de 14 Hz e 250 kHz entre fevereiro e julho/2012) acoplado a um gravador digital (capacidade de gravação 96 kHz e frequência de resposta de 48 kHz), sendo que o hidrofone foi posicionado entre 1 a 3 m de profundidade. Os sons foram gravados em 16 bits/96 kHz e em arquivos de 5 minutos, pois arquivos com maior duração não foram suportados pelo programa de análise de sons.

Os sons foram analisados usando o programa RAVEN 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology, New York). Considerando o grande número de registros

sonoros, amostras aleatórias de 30 segundos foram obtidas de cada arquivo de 5 minutos. Nos espectrogramas gerados pelo programa, cada categoria sonora foi quantificada visualmente e as características físicas dos sons como duração, frequências iniciais e finais, frequências máximas e mínimas e número de harmônicos e notas foram mensuradas. Sons que ficaram sobrepostos a ruídos de fundo ou possuíam baixa intensidade não foram analisados qualitativamente, já que a identificação das características físicas do som no espectrograma foi dificultada. Os contornos dos assobios foram categorizados segundo Azevedo e van Sluys (2005). Os sons denominados de “gritos” foram equivalentes a sons, como os “bray calls” de *Tursiops truncatus* (Janik 2000), “squeals” de *Physeter macrocephalus* (Weir et al. 2007), aos “calls” de *Stenella longirostris* (Rossi-Santos et al. 2008) e ao “burst-pulse” de *Peponocephala electra* (Frankel e Yin 2010), categorizados de acordo com a duração, modulação e número de notas (simples ou composto) de acordo com Monteiro-Filho e Monteiro (2001).

Para a análise quantitativa foi utilizado o teste de *Qui-Quadrado* (χ^2 ; Aderência, com proporções esperadas iguais) para comparação entre o número total de assobios e gritos emitidos dentro de cada área e entre as áreas de estudo. Os estalidos não foram contabilizados individualmente e o número de cadeias não foi determinado, pois havia muitas cadeias sobrepostas durante análise. Assim, para a análise quantitativa dos estalidos foi registrado o tempo gasto em segundos e o número mínimo e máximo de estalidos em um décimo de segundo a cada amostra de 30 segundos. A proporção de ecolocalização foi comparada entre as áreas de estudo através do teste de *Qui-Quadrado* (Aderência, com proporções esperadas iguais).

Foi determinada a estatística descritiva de cada característica física de assobios, gritos e estalidos (duração, frequência inicial e final, frequência mínima e máxima, frequência do som fundamental para gritos e frequência onde se concentra a maior intensidade das cadeias de estalidos). As médias destes parâmetros foram comparadas entre áreas (Cananéia e Guaraqueçaba) através do teste *t* (resumo amostral). A análise da frequência (kHz) para os estalidos é limitada, já que para o gênero *Sotalia* a frequência dominante destes sons está

entre 80 e 95 kHz (Kamminga *et al.* 1993, May-Collado e Wartzok 2010), sendo que a faixa ótima para a espécie é entre 64 e 105 kHz (Sauerland e Dehnhardt 1998). No entanto, a análise de frequência realizada neste estudo permite verificar como a frequência dos estalidos está variando dentro e entre as áreas de estudo até o limite de 48 kHz.

Para testar as possíveis variações entre os períodos do dia, foi utilizado o teste de *Qui-Quadrado* (χ^2 ; Aderência, com proporções esperadas iguais) para comparação entre o número total de assobios e gritos emitidos dentro e entre os períodos do dia e da noite. A proporção de ecolocalização foi comparada entre as áreas de estudo através do teste de *Qui-Quadrado* (Aderência, com proporções esperadas iguais).

Foi também determinada a estatística descritiva de cada característica física de assobios, gritos e estalidos (duração, frequência inicial e final, frequência mínima e máxima, frequência do som fundamental para gritos e frequência onde se concentra a maior intensidade das cadeias de estalidos). As médias destes parâmetros foram comparadas entre períodos do dia através do teste *t* (resumo amostral). Os estalidos não foram contabilizados individualmente e os parâmetros de frequência (kHz) tiveram limitação em sua análise, conforme apresentado anteriormente. Para todas as análises estatísticas foi utilizado o programa Bioestat 5.0.

RESULTADOS

Cananéia x Guaraqueçaba

Um total de 25h e 55min de gravações foi registrado, sendo 13h e 55min em Cananéia e 12h em Guaraqueçaba. Destes, 155,5 minutos foram selecionados aleatoriamente e analisados sendo 83,5 min em Cananéia e 72 min em Guaraqueçaba. A análise quantitativa dos sons resultou em 4081 assobios registrados, 810 gritos e ecolocalização presente em 50,98% do total de minutos

analisados no estudo, dos quais 3630 assobios e 684 gritos apresentaram qualidade que permitissem as análises.

Assobios foram mais frequentes que gritos tanto em Cananéia, quanto em Guaraqueçaba ($\chi^2_{Cananéia} = 1908,63$ e $p < 0,0001$; $\chi^2_{Guaraqueçaba} = 116,15$ e $p < 0,0001$; Fig. 2). Na comparação entre áreas de estudo houve, significativamente, maior quantidade de assobios e gritos em Cananéia ($\chi^2_{assobios} = 2660,38$ e $p < 0,0001$; $\chi^2_{gritos} = 376,18$ e $p < 0,0001$; Fig. 2), assim como maior proporção de ecolocalização neste local ($\chi^2 = 21,33$ e $p < 0,0001$; Fig. 3).

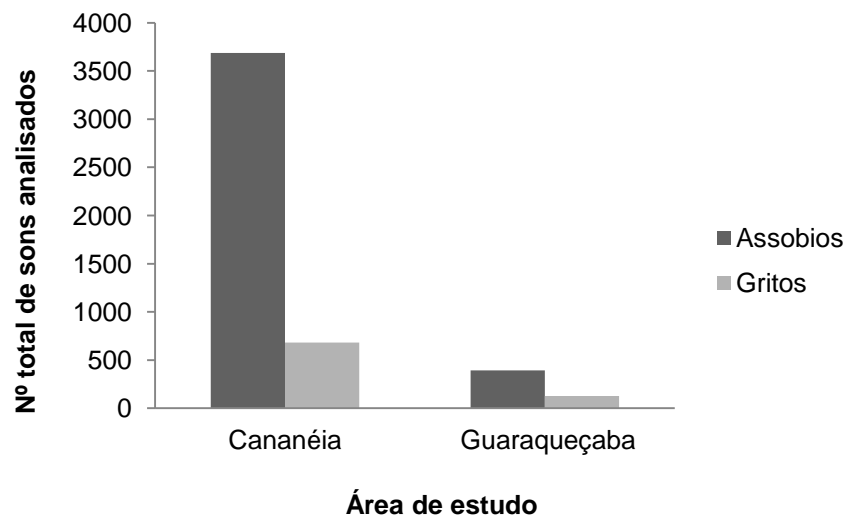


Figura 2. Número de assobios e gritos analisados por *S. guianensis* em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) durante junho/2011 a julho/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.

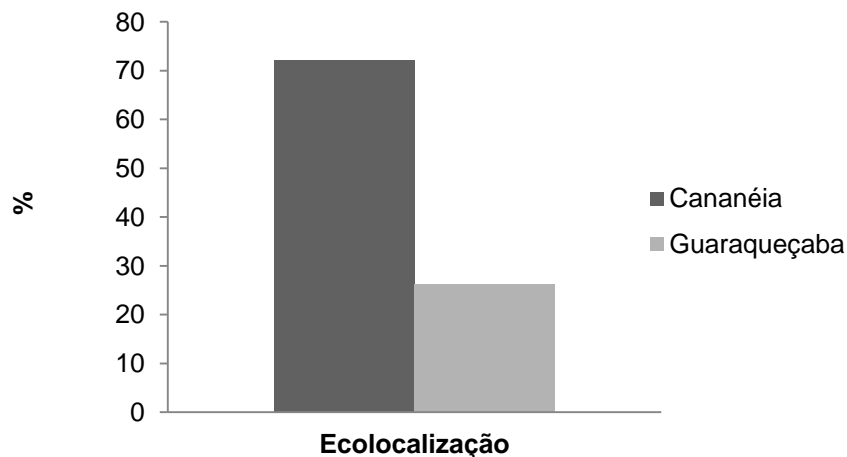


Figura 3. Proporção de ecolocalização de *S. guianensis* presente nas análises de sons em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) durante junho/2011 a julho/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.

Os resultados da estatística descritiva das características físicas dos assobios (duração, frequência inicial e final, frequência mínima e máxima) estão contidos na Tabela I, com 17,81% dos sons apresentando harmônicos em Cananéia e 18,29% em Guaraqueçaba. A duração destes sons não variou entre as áreas de estudo, mas os parâmetros de frequência foram mais altos na região de Guaraqueçaba ($t_{\text{duração}} = 3,46$ e $p < 0,01$; $t_{\text{freq. inicial}} = 7,41$ e $p < 0,0001$; $t_{\text{freq. final}} = 4,73$ e $p < 0,0001$; $t_{\text{freq. mínima}} = 7,39$ e $p < 0,0001$; $t_{\text{freq. máxima}} = 5,02$ e $p < 0,0001$).

Os resultados das características físicas dos gritos (duração e frequência do som fundamental) estão contidos na Tabela II, com 97,59% dos sons apresentando harmônicos em Cananéia e 99,04% em Guaraqueçaba. Apenas em Cananéia foram registrados gritos compostos, com número de notas variando de 1 a 10, sendo gritos com 3 notas mais frequentes (37,5%). A duração e os parâmetros de frequência foram semelhantes entre as regiões ($t_{\text{duração}} = 0,40$ e $p = 0,69$; $t_{\text{freq. fundamental}} = 0,56$ e $p = 0,58$).

Para os estalidos, os resultados das características físicas estão contidos na Tabela III, assim como o número de estalidos por décimo de segundo. A frequência mínima e a frequência onde se concentra a maior intensidade das

cadeias de estalidos foram mais altas na região de Guaraqueçaba, sendo que a frequência máxima não apresentou diferença entre as áreas de estudo ($t_{freq. mínima} = 14,40$ e $p < 0,0001$; $t_{freq. máxima} = 0,18$ e $p = 0,86$; $t_{freq. intensidade} = 5,99$ e $p < 0,0001$).

Diurno x noturno

Um total de 14h e 45min de gravações foi registrado, sendo 7h e 15min de gravações diurnas e 7h30min de gravações noturnas. Destes, 88,5 minutos foram selecionados aleatoriamente e analisados, sendo 43,5 min sons diurnos e 45 min sons noturnos. A análise quantitativa dos sons resultou em 6831 assobios registrados, 704 gritos e ecolocalização presente em 73,42% do total de minutos analisados no estudo, dos quais 5984 assobios e 645 gritos apresentaram qualidade que permitissem as análises.

Tabela I: Estatística descritiva das características físicas dos assobios de *S. guianensis* resultante das amostragens de julho/2011 a julho/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) e estatística descritiva das características físicas dos assobios diurnos e noturnos de *S. guianensis* resultante das amostragens de abril, junho e novembro/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil). A frequência é dada em kHz e a duração em segundos. DV = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Amostragem	Estatística	Duração	Frequência inicial	Frequência final	Frequência mínima	Frequência máxima	Estatística	Harmônicos
Cananéia (n = 3302)	Média±DV	0,17±0,12	12,10±5,31	18,04±5,28	12,01±5,24	18,09±5,30	Amplitude	1-13
	CV (%)	68,28	43,92	29,26	43,64	29,37	Moda	1
	Amplitude	0,01-2,61	1,89-43,06	3,99-44,64	1,89-37,21	4,41-44,64	% harmônicos	17,81
Guaraqueçaba (n = 328)	Média±DV	0,15±0,09	14,43±6,51	19,50±5,86	14,30±6,37	19,65±6,00	Amplitude	1-2
	CV (%)	57,38	45,09	30,06	44,53	30,56	Moda	1
	Amplitude	0,02-0,44	2,42-45,37	4,83-44,32	2,42-44,32	4,83-46,85	% harmônicos	18,29
Período diurno (n = 2435)	Média±DV	0,17±0,11	12,51±5,29	18,04±5,08	12,42±5,21	18,09±5,12	Amplitude	1-3
	CV (%)	60,93	42,28	28,14	41,90	28,32	Moda	1
	Amplitude	0,01-1,14	2,52-43,06	2,99-42,85	2,52-37,18	2,99-43,06	% harmônicos	13,71

Tabela I (Contin.)

Amostragem	Estatística	Duração	Frequência inicial	Frequência final	Frequência mínima	Frequência máxima	Estatística	Harmônicos
Período	Média±DV	0,17±0,11	11,64±4,77	17,18±4,37	11,54±4,71	17,29±4,40	Amplitude	1-6
noturno	CV (%)	63,33	41,01	25,44	40,77	25,53	Moda	1
(n = 3549)	Amplitude	0,01-1,37	1,05-39,39	2,57-40,33	1,05-39,39	2,57-40,33	% harmônicos	9,34

Tabela II: Estatística descritiva das características físicas dos gritos de *S. guianensis* resultante das amostragens de julho/2011 a julho/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) e estatística descritiva das características físicas dos gritos diurnos e noturnos de *S. guianensis* resultante das amostragens de abril, junho e novembro/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil). A frequência é dada em kHz e a duração em segundos. DV = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Amostragem	Estatística	Duração	Frequência fundamental	Estatística	Harmônicos	Notas
Cananéia (n = 580)	Média±DV	0,31±0,42	0,86±0,95	Amplitude	0-124	2-10
	CV (%)	134,07	110,37	Moda	2	3
	Amplitude	0,01-3,76	0,16-11,76	% harmônicos	97,59	6,90
Guaraqueçaba (n = 104)	Média±DV	0,33±0,42	0,80±1,32	Amplitude	0-103	-
	CV (%)	124,32	164,46	Moda	40	-
	Amplitude	0,01-2,70	0,19-7,67	% harmônicos	99,04	-
Período diurno (n = 283)	Média±DV	0,18±0,28	1,24±2,80	Amplitude	0-114	2-10
	CV (%)	155,30	134,95	Moda	5	2 e 3
	Amplitude	0,01-2,90	0,21-21,64	% harmônicos	95,94	7,74

Tabela II (Contin.)

Amostragem	Estatística	Duração	Frequência fundamental	Estatística	Harmônicos	Notas
Período noturno (n = 362)	Média±DV	0,29±0,35	1,03±0,88	Amplitude	0-130	2-5
	CV (%)	121,49	85,84	Moda	2	2
	Amplitude	0,01-1,94	0,21-4,83	% harmônicos	96,07	3,30

Os assobios foram mais abundantes que os gritos tanto durante o dia quanto durante a noite ($\chi^2_{diurno} = 1925,49$ e $p < 0,0001$; $\chi^2_{noturno} = 3058,11$ e $p < 0,0001$; Fig. 4). Na comparação entre os períodos do dia, os assobios e os gritos foram mais abundantes durante o período noturno ($\chi^2_{assobios} = 275,97$ e $p < 0,0001$; $\chi^2_{gritos} = 10,02$ e $p < 0,01$; Fig. 4), não havendo diferença significativa entre estalidos diurnos e noturnos ($\chi^2 = 2,50$ e $p = 0,11$; Fig. 5).

Os resultados da estatística descritiva das características físicas dos assobios (duração, frequência inicial e final, frequência mínima e máxima) estão contidos na Tabela I, com 13,71% dos sons apresentando harmônicos durante o dia e 9,34% durante a noite. A duração destes sons foi semelhante entre os períodos do dia, mas durante o dia os parâmetros de frequência foram mais altos ($t_{duração} = 0,71$ e $p = 0,48$; $t_{freq. inicial} = 6,64$ e $p < 0,0001$; $t_{freq. final} = 6,97$ e $p < 0,0001$; $t_{freq. mínima} = 6,79$ e $p < 0,0001$; $t_{freq. máxima} = 6,96$ e $p < 0,0001$).

Os resultados das características físicas dos gritos (duração e frequência do som fundamental) estão contidos na Tabela II, com 95,94% dos sons apresentando harmônicos durante o dia e 96,07% durante a noite. Gritos compostos foram registrados em ambos os períodos, totalizando 7,74% dos gritos diurnos e 3,30% dos gritos noturnos. Durante o dia, estes sons apresentaram-se mais curtos e com maior frequência ($t_{duração} = 4,14$ e $p < 0,0001$; $t_{freq. fundamental} = 2,05$ e $p < 0,05$).

Os resultados das características físicas dos estalidos (frequência mínima e máxima, frequência onde se concentra a maior intensidade das cadeias de estalidos) estão contidos na Tabela III, assim como o número de estalidos por décimo de segundo. Os parâmetros de frequência destes sons foram maiores no período diurno ($t_{freq. mínima} = 2,39$ e $p < 0,05$; $t_{freq. máxima} = 2,34$ e $p < 0,05$; $t_{freq. intensidade} = 1,98$ e $p = 0,05$).

Tabela III: Estatística descritiva das características físicas dos estalidos de *S. guianensis* resultante das amostragens de julho/2011 a julho/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil) e Guaraqueçaba (PR, sul do Brasil) e estatística descritiva das características físicas dos estalidos diurnos e noturnos de *S. guianensis* resultante das amostragens de abril, junho e novembro/2012 em Cananéia (SP, sudeste do Brasil). A frequência é dada em kHz e a duração em segundos. DV = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Amostragem	Estatística	Frequência	Frequência	Freq. maior	Estatística	Estalido/decseg	Estalido/decseg
		mínima	máxima	Intensidade		(mínimo)	(máximo)
Cananéia (% = 76,32)	Média±DV	8,65±5,12	32,68±7,15	31,19±5,25	Amplitude	0-3	1-20
	CV (%)	59,18	21,89	16,83	Moda	0	15
	Amplitude	0-26,11	10,48-46,49	9,30-43,21			
Guaraqueçaba (% = 23,68)	Média±DV	13,18±8,60	32,62±6,91	32,90±5,53	Amplitude	0-10	2-18
	CV (%)	65,24	21,19	16,81	Moda	1	3
	Amplitude	0-39,23	2,01-43,53	16,00-42,97			
Período diurno (n = 42,65%)	Média±DV	9,17±4,86	31,42±6,36	29,57±5,46	Amplitude	0-3	1-17
	CV (%)	53,05	20,24	18,46	Moda	0	12
	Amplitude	0,1-22,42	13,12-43,62	9,30-40,29			

Tabela III (Contin.)

Amostragem	Estatística	Frequência mínima	Frequência máxima	Freq. maior Intensidade	Estatística	Estalido/decseg (mínimo)	Estalido/decseg (máximo)
Período	Média±DV	7,35±4,49	28,82±7,02	27,64±6,27	Amplitude	0-3	2-23
noturno	CV (%)	61,01	24,35	22,69	Moda	0	14
(n = 57,35%)	Amplitude	0,1-21,04	17,78-42,37	12,53-41,37			

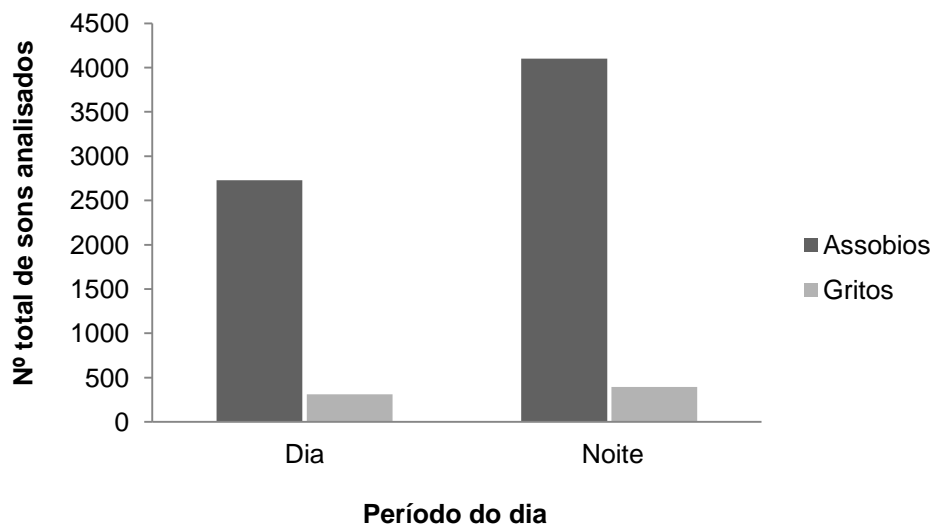


Figura 4. Número de assobios e gritos emitidos por *S. guianensis* durante o período diurno e noturno na região de Cananéia (SP, sudeste do Brasil) durante os meses de abril, junho e novembro/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.

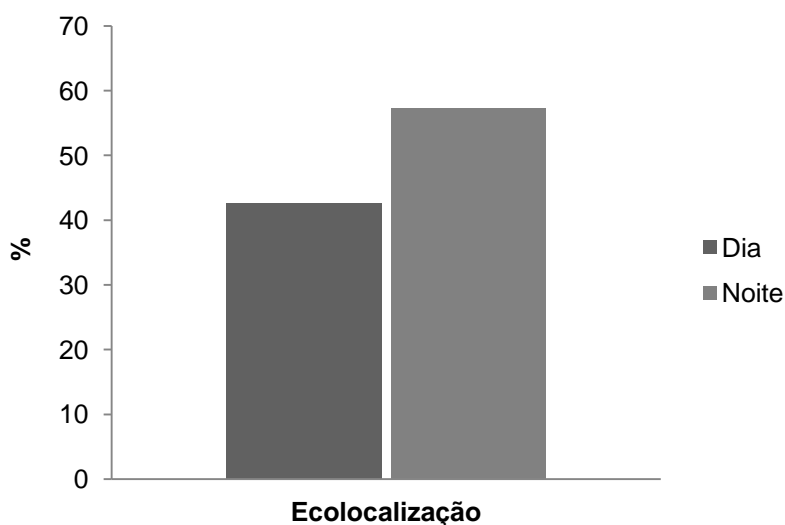


Figura. 5. Proporção de ecolocalização de *S. guianensis* presente nas análises de sons durante o período diurno e noturno na região de Cananéia (SP, sudeste do Brasil) durante os meses de abril, junho e novembro/2012, tendo como base amostragens aleatórias de 30 segundos a cada 5 minutos de gravação.

DISCUSSÃO

Os assobios foram os sons mais frequentes nas duas áreas de estudo, assim como já havia sido relatado para a espécie (Monteiro-Filho e Monteiro 2001) e para outros delfínídeos (Lammers *et al.* 2003, Frankel e Yin 2010). Isto seria esperado, já que os assobios são sons utilizados na identificação individual, coesão de grupo e no forrageamento (Berta *et al.* 2006, Oswald *et al.* 2008), enquanto que gritos e estalidos são sons utilizados em situações mais específicas como, por exemplo, detecção de presa dentro do comportamento de forrageamento ou orientação espacial (Monteiro-Filho e Monteiro 2001, Blomqvist e Amundin 2004, Johnson *et al.* 2008). Já a maior quantidade de sons na região de Cananéia (SP) é devida principalmente a maior quantidade de indivíduos no setor da Baía de Trapandé em relação à Baía de Guaraqueçaba (PR; Filla 2004, Deconto 2010, Havukainen *et al.* 2011). Durante as expedições de campo foi possível observar no máximo sete indivíduos em Guaraqueçaba, sendo mais comuns grupos familiares, isto é, dois a três indivíduos geralmente com filhote (Monteiro-Filho 2000). Em Cananéia este número foi superior a 40 indivíduos presentes durante as gravações, sendo possível observar grupos de *S. guianensis* realizando várias estratégias de pesca, como mergulhos profundos, pesca cruzada, perseguições e saltos (Monteiro-Filho 1995, 2008, Nascimento 2008). Monteiro-Filho e Monteiro (2001) também relataram que a taxa de emissão de assobios, gritos e estalidos dependiam do tipo de atividade exibida por grupos de *Sotalia guianensis* e da estrutura social que adotavam (família ou grupo), com maior taxa de emissão de estalidos em famílias e de gritos em grupos em atividade de pesca. Outros estudos também encontraram maior taxa de emissão de sons com tamanho de grupos maiores, como Cook *et al.* (2004) que já haviam relatado para *Tursiops truncatus* que os assobios aumentavam significativamente com maior tamanho de grupo. Oswald *et al.* (2008) comparando pequenos odontocetos de regiões temperadas e tropicais encontraram taxas de assobios mais altas na regiões dos trópicos, onde os tamanhos de grupos destes cetáceos também eram maiores.

Na análise qualitativa dos sons, os parâmetros acústicos dos assobios de *S. guianensis* diferiram significativamente entre áreas. Uma das explicações para estas diferenças é devida principalmente a esta categoria de som ser responsável pela diferenciação individual da espécie (Caldwell e Caldwell 1965, Berta *et al.* 2006), ou seja, os assobios-assinatura são diferentes para cada indivíduo e, portanto, contribuirão para que os assobios em Cananéia e Guaraqueçaba difiram em duração e frequência. Outra explicação possível é a propagação do som ser dependente de condições ambientais, como temperatura, salinidade e relevo de fundo (Richardson *et al.* 1995). Neste sentido a Baía de Trapandé, Cananéia (SP) localiza-se próximo à desembocadura do estuário, em certas regiões a profundidade pode chegar a cerca de 20m, o sedimento é arenoso e também o setor é maior que o setor de Guaraqueçaba (PR; Tessler e Souza 1998, Noernberg *et al.* 2006, Marinha do Brasil 2012). Já a Baía de Guaraqueçaba se encontra próxima à descarga de água doce proveniente do Rio Guaraqueçaba (von Behr 1998), a profundidade onde ocorreram as gravações variou de 3 a 8m, o fundo possui de 80 a 100% de sedimentos finos (silte+argila) e é muito pobremente selecionado (Lamour *et al.* 2004), com presença de grandes rochas no fundo da baía.

Os parâmetros acústicos dos gritos de *S. guianensis* não variaram entre as áreas de estudo. Estes sons são utilizados para a comunicação social e organização de grupo, sendo utilizados mais frequentemente durante as estratégias de pesca de alguns delfinídeos (Janik 2000, Monteiro-Filho e Monteiro 2001). Assim, diferentemente dos assobios, esta categoria de som é mais funcional do que individual ou espécie-específico e, portanto, não deve variar entre regiões, já que as estratégias de pesca em Cananéia e Guaraqueçaba são praticamente as mesmas (Monteiro-Filho, 2008). Nemiroff e Whitehead (2009) já haviam relatado semelhança na estrutura dos “calls” mesmo para espécies filogeneticamente distantes, como *Globicephala melaena* (Traill, 1809) e *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758), devido à importância funcional destes sons durante a evolução das vocalizações dos delfinídeos.

Os estalidos novamente são dependentes do meio em que são emitidos. Sons em altas frequências não se propagam a grandes distâncias, mas resultam em maior precisão no reconhecimento do meio, diferentemente de sons a baixas frequências que percorrem grandes distâncias e não resultam em informações tão precisas (Berta *et al.* 2006). Assim, em Guaraqueçaba os indivíduos podem utilizar maiores frequências durante a pesca, já que a região que utilizam é pequena e os cardumes se deslocam muito próximos aos grupos de *S. guianensis*. Já em Cananéia, a área é maior e os indivíduos de *S. guianensis* necessitam rastrear a região para localizar os cardumes e, portanto, utilizam frequências mais baixas, resultando em uma frequência mínima e frequência de maior intensidade dos estalidos mais baixas no estuário do Estado de São Paulo que o do Estado do Paraná.

Da mesma forma, os parâmetros de frequência dos sons diurnos analisados neste estudo foram mais altos que sons noturnos. Durante a noite, com a limitação da visão dos animais (Madsen e Herman 1980), estes devem utilizar frequências mais baixas para rastrear cardumes e possíveis obstáculos através da ecolocalização e emitir assobios e gritos também com maiores comprimentos de onda para que estes sons percorram distâncias mais longas. Carlström (2005) já havia relatado mudanças na ecolocalização de *Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758) à noite. A autora observou maiores valores para intervalos mínimos de interclicks durante a noite, ou seja, os indivíduos de *P. phocoena* parecem explorar o ambiente a maiores distâncias durante este período do dia, pois maiores intervalos de interclicks indicam que o trajeto do estalido emissor-objeto e objeto-emissor (“two-way travel time”) é mais longo.

Se durante a noite os indivíduos de *S. guianensis* utilizam frequências mais baixas durante sua comunicação e forrageamento, então estes necessitam obter respostas mais precisas através de outros parâmetros acústicos, como a quantidade de harmônicos presente nas emissões sonoras destes indivíduos. Lammers e Au (2003) já haviam relatado para assobios de *Stenella longirostris* que elementos de baixa frequência de um assobio propagavam-se com menor direcionalidade que elementos de maiores frequências. Em nosso estudo foi

possível perceber que havia maior quantidade de harmônicos em assobios e gritos emitidos durante o período noturno. Esta maior quantidade de harmônicos permite não somente que outros indivíduos reconheçam a posição em que o emissor do som se encontra, mas também permite detectar mudanças no trajeto deste indivíduo (Lammers e Au 2003). À noite esta função dos harmônicos seria indispensável, já que os animais não conseguem enxergar um ao outro devido à falta de luz.

Durante o período diurno o máximo de estalidos por décimo de segundo foi menor que à noite. Uma maior proporção de cadeias de estalidos com intervalos de interclicks muito pequenos durante a noite pode refletir um aumento na utilização de ecolocalização durante o forrageio e rastreamento de objetos a curta distância neste período do dia (Carlström 2005). Assim, a menor quantidade de estalidos por unidade de tempo e frequências mais altas utilizadas na ecolocalização durante o dia, registradas em nosso estudo, sugere que os indivíduos de *S. guianensis* exploram o ambiente utilizando menor quantidade de informações acústicas e a menores distâncias que durante o período noturno.

Explorar o ambiente acusticamente é essencial a alguns odontocetos, pois estes se deslocam em áreas onde a visão é limitada (Akamatsu *et al.* 2007). Durante a noite esta limitação é ainda maior, por isso a maior quantidade de assobios registrados neste período em nosso estudo confirma que neste período os indivíduos de *S. guianensis* necessitam de uma maior comunicação acústica para realizar suas atividades. Lammers e Au (2003) já haviam relatado que durante a noite ou a grandes distâncias, os assobios são utilizados para manter contato entre os indivíduos, além de servirem para facilitar a orientação dos animais dentro do próprio grupo.

Oliveira *et al.* (2008) analisando quantitativamente os sons de *S. guianensis* observaram que havia maior taxa de emissão de gritos e estalidos durante o período noturno, concluindo que a utilização da ecolocalização é maior devido à falta de luz. Nosso estudo também demonstra uma maior emissão de gritos durante a noite, indicando que esta espécie utiliza maior comunicação acústica para organizar suas estratégias de pesca neste período.

No entanto, não houve diferença significativa na taxa emissão de estalidos registrados entre dia e noite. Carlström (2005) também demonstra que indivíduos de *Phocoena phocoena* aumentam a taxa de emissão de ecolocalização durante o período noturno para compensar a perda de informação visual e também porque durante esta fase do dia há maior quantidade de presas disponíveis no ambiente, fatos já observados por Oliveira *et al.* (2008) para *S. guianensis*. No entanto, há algumas evidências contrárias a estas hipóteses tanto para estudos em cativeiro quanto em ambiente natural (Todd *et al.* 2009). Por exemplo, a ecolocalização pode ser infrequente em ambientes que sejam familiares a grupos de golfinhos (Todd *et al.* 2009). Outro fator que pode explicar proporções similares de ecolocalização entre o dia e a noite em nosso estudo deve-se ao fato que Cananéia (SP), como todo estuário, possui grande quantidade de partículas em suspensão devido ao aporte de matéria orgânica e sedimento carregado pelos rios (Levin *et al.* 2001). Assim, a visibilidade dos indivíduos de *S. guianensis* durante o dia também seria afetada pela turbidez das águas neste estuário, sendo necessárias informações acústicas para completar o forrageamento diurno destes animais.

Por fim, a última hipótese para explicar a variação na taxa de emissão de sons diurnos e noturnos de *S. guianensis* na região de Cananéia (SP) é o padrão de deslocamentos desta espécie dentro e no entorno do estuário. Em estudos anteriores tanto nesta área de estudo como em outras regiões do país já foi observado a predominância de deslocamentos de entrada na baía de indivíduos de *S. guianensis* no período da manhã e deslocamentos de saída destes indivíduos no final da tarde (Geise 1991, Geise *et al.* 1999, Lodi 2003). Assim, durante o dia haveria maior número de indivíduos dentro da baía e, conseqüentemente, na área de amostragem. Em outros estudos esta tendência também foi observada com menor quantidade de indivíduos e maiores deslocamentos durante o período da tarde (Daura-Jorge *et al.* 2005, Filla e Monteiro-Filho 2009). Portanto, se este panorama se confirmar, a taxa de emissão de assobios, gritos e estalidos registrados em nosso estudo seria proporcionalmente maior à noite quando comparado à quantidade de indivíduos

presente na área de amostragem nesta fase do dia, confirmando a hipótese de que há maior necessidade de informações acústicas para compensar a falta de visibilidade durante o período noturno, como já constatados por Akamatsu *et al.* (1992), Carlström (2005) e Oliveira *et al.* (2008) para *P. phocoena* e *S. guianensis*.

AGRADECIMENTOS

Queremos expressar nossa gratidão à equipe do Projeto Boto-Cinza, do Instituto de Pesquisas Cananéia pela assistência durante as expedições de campo. À Prof.^a. Dr.^a Marta J. Cremer, Univille e Projeto Toninhas, pelo empréstimo do hidrofone. À Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, à Universidade Federal do Paraná e ao patrocínio do Programa Petrobras Ambiental, da PETROBRAS. Lucimary Steinke Deconto teve apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Emygdio Leite de Araujo Monteiro-Filho teve apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

LITERATURA CITADA

Akamatsu, T., Y. Hatakeyama, T. Kojima & H. Soeda. 1992. The rate at which a harbour porpoise uses echolocation at night. Pages 299-315 in J. A. Thomas, R. A. Kastelein and A. Y. Supin, eds. Marine mammal sensory systems. Plenum Press, New York, NY.

Akamatsu, T., Teilmann, J., Miller, *et al.* 2007. Comparison of echolocation behaviour between coastal and riverine porpoises. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 54: 290-297.

Araújo, J. P., M. E. Araújo, A. Souto, C. L. Parente & L. Geise. 2007. The influence of seasonality, tide and time of activities on the behavior of *Sotalia guianensis* (van Béneden) (Cetacea, Delphinidae) in Pernambuco, Brazil. Revista Brasileira de Zoologia 24: 1122-1130.

Atem, A. C. G., & E. L. A. Monteiro-Filho. 2006. Nocturnal activity of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) in the region of Cananéia, São Paulo State, Brazil. Aquatic Mammals 32: 236-241.

Azevedo, A. F., & S. M. Simão. 2002. Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. Aquatic Mammals 28: 261-266.

Azevedo, A. F., & M. van Sluys. 2005. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations. Journal of the Acoustical Society of America 117: 1456-1464.

Baird, R. W., A. D. Ligon & S. K. Hooker. 2000. Sub-surface and night-time behavior of humpback whales off Maui, Hawaii: a preliminary report. Scientific reports of the Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary: 1-11.

Baird, R. W., A. D. Ligon, S. K. Hooker & A. M. Gorgone. 2001. Sub-surface and night-time behaviour of pantropical spotted dolphins in Hawaii. *Canadian Journal of Zoology* 79: 988-996.

Beck, S., S. Kuningas, R. Esteban & A. D. Foote. 2012. The influence of ecology on sociality in the killer whale (*Orcinus orca*). *Behavioral Ecology* 23: 246-253.

Benoit-Bird, K. J., B. Wursig & C. J. Mfadden. 2004. Dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) foraging in two different habitats: active acoustic detection of dolphins and their prey. *Marine Mammal Science* 20: 215-231.

Berta, A., J. L. Sumich & K. M. Kovacs. 2006. *Marine Mammals Evolutionary Biology*. Academic, New York, NY.

Blomqvist, C., & M. Amundin. 2004. High-frequency burst-pulsed sounds in agonistic/aggressive interactions in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. Pages 425-431 in J. A. Thomas, C. F. Moss, and M. Vater, eds. *Echolocation in bats and dolphins*. The University of Chicago Press, Chicago, IL.

Caldwell, M. C., & D. K. Caldwell. 1965. Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). *Nature* 207: 434-435.

Carlström, J. 2005. Diel variation in echolocation behavior of wild harbor porpoises. *Marine Mammal Science* 2: 1-12.

Choudhary, S., S. Dey, V. Sagar, T. Nair & N. Kelkar. 2012. River dolphin distribution in regulated river systems: implications for dry-season flow regimes in the Gangetic basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 11-25.

Cook, M. L. H., L. S. Sayigh, J. E. Blum & R. S. Wells. 2004. Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 271: 1043-1049.

Daura-Jorge, F. G., L. L. Wedekin, V. Q. Piacentini & P. C. Simões-Lopes. 2005. Seasonal and daily patterns of group size, cohesion and activity of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (P. J. van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae), in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 1014-1021.

Deconto, L. S. 2010. Estimativa de densidade populacional de *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea: Delphinidae) em Guaraqueçaba, complexo estuarino lagunar Iguape-Paranaguá, Estado do Paraná. Monografia de conclusão de curso, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, PR, Brasil, p. 44.

Erber, C., & S. M. Simão. 2004. Analysis of whistles produced by the tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 76: 381-385.

Figueiredo, L. D., & S. M. Simão. 2009. Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil. *Journal of the Acoustical Society of America* 126: 1563-1569.

Filla, G. F. 2004. Estimativa da densidade populacional e estrutura de agrupamento do boto-cinza *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) na Baía de Guaratuba e na porção norte do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, PR. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, PR, Brasil, p. 97.

Filla, G. F., & E. L. A. Monteiro-Filho. 2009. Group structure of *Sotalia guianensis* in the bays on the coast of Paraná State, south of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89: 985-993

Flach, L., P. A. Flach & A. G. Chiarello. 2008. Aspects of behavioral ecology of *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, southeast Brazil. *Marine Mammal Science* 24: 503-515.

Frankel, A. S., & S. J. Yin. 2010. A description of sounds recorded from melon-headed whales (*Peponocephala electra*) off Hawai'i. *Journal of the Acoustical Society of America* 127: 3248-3255.

Geise, L. 1991. *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Mammalia* 55: 371-379.

Geise, L., N. Gomes & R. Cerqueira. 1999. Behaviour, habitat use and population size of *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) in the Cananéia estuary region, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 59: 183-194.

Havukainen, L., E. L. A. Monteiro-Filho & G. F. Filla. 2011. Population density of *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in the Cananéia region, southeastern Brazil. *Revista de Biología Tropical* 59: 1275-1284.

Janik, V. M. 2000. Food-related bray calls in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 267: 923-927.

Janik, V. M. 2009. Acoustic communication in delphinids. *Advances in the Study of Behavior* 40: 123-157.

Johnson, M., L. S. Hickmott, N. Aguilar Soto & P. T. Madsen. 2008. Echolocation behaviour adapted to prey in foraging Blainville's beaked whale (*Mesoplodon densirostris*). *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 275: 133-139.

Kamminga, C., M. T. van Hove, F. J. Engelsma & R. P. Terry. 1993. Investigations on Cetacean Sonar X: a comparative analysis of underwater echolocation of *Inia* spp. and *Sotalia* spp. *Aquatic Mammals* 19: 31-43.

Kyhn, L. A., Tougaard, J., Thomas, *et al.* 2012. From echolocation clicks to animal density - Acoustic sampling of harbor porpoises with static dataloggers. *Journal of the Acoustical Society of America* 131: 550-560.

Lammers, M. O., & W. W. L. Au. 2003. Directionality in the whistles of Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*): A signal feature to cue direction of movement? *Marine Mammal Science* 19: 249-264.

Lammers, M. O., W. W. L. Au & H. L. Herzing. 2003. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *Journal of the Acoustical Society of America* 114: 1629-1639.

Lammers, M. O., W. W. L. Au, R. Aubauer & P. E. Nachtigall. 2004. A comparative analysis of echolocation and burst-pulse click trains in *Stenella longirostris*. Pages 414-419 in J. A. Thomas, C. F. Moss, and M. Vater, eds. *Echolocation in bats and dolphins*. The University of Chicago Press, Chicago, IL.

Lamour, M. R., C. R. Soares & J. C. Carrilho. 2004. Mapa da distribuição dos valores de diâmetro médio no Complexo Estuarino de Paranaguá. *Boletim Paranaense de Geociências* 55: 77-82.

Levin, L. A., D. F. Boesch, A. Covich, C. Dahm, C. Erséus & K. C. Ewel. 2001. The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems* 4: 430-451.

Lodi, L. 2003. Seleção e uso do hábitat pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénéden, 1864) (Cetacea, Delphinidae), na Baía de Paraty, Rio de Janeiro. *Bioikos* 17: 5-20.

López, B. D. 2011. Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: influence of behavior. *Mammalian Biology* 76: 180-189.

Marinha do Brasil. 2012. *Cartas Raster: Carta Náutica 1703*. Available in: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/cartas/download/cartasbsb/cartas_eletronicas_Internet.htm>. Accessed on 14/11/2012.

Marques, T. A., L. Thomas, L. Munger, S. Wiggins & J. A. Hildebrand. 2011. Estimating North Pacific right whale (*Eubalaena japonica*) density using passive acoustic cue counting. *Endangered Species Research* 13: 163-172.

May-Collado, L. J., & D. Wartzok. 2009. A characterization of guayana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: the importance of broadband recording systems. *Journal of the Acoustical Society of America* 125: 1202-1213.

May-Collado, L. J., & D. Wartzok. 2010. Sounds produced by tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 8: 131-136.

Monteiro-Filho, E. L. A. 1995. Pesca interativa entre o golfinho *Sotalia fluviatilis guianensis* e a comunidade pesqueira da região de Cananéia. *Boletim do Instituto de Pesca* 22: 15-23.

Monteiro-Filho, E. L. A. 2000. Group organization of the dolphin *Sotalia fluviatilis guianensis* in an estuary of southeastern Brazil. *Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science* 52: 97-101.

Monteiro-Filho, E. L. A. 2008. Comportamento de Pesca. Pages 77-89 in E. L. A. Monteiro-Filho, & K. D. K. A. Monteiro, eds. *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza*. Páginas & Letras, São Paulo, Brasil.

Monteiro-Filho, E. L. A., & K. D. K. A. Monteiro. 2001. Sounds of *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 79: 59-66.

Morisaka, T. 2012. Evolution of communication sounds in odontocetes: a review. *International Journal of Comparative Psychology* 25: 1-20.

Morrissey, R. P., J. Ward, N. Dimarzio, S. Jarvis & D. J. Moretti. 2006. Passive acoustic detection and localization of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in the Tongue of the Ocean. *Applied Acoustics* 67: 1091-1105.

Nascimento, L. F., P. I. A. P. Medeiros & M. E. Yamamoto. 2008. Descrição do Comportamento de Superfície do Boto Cinza, *Sotalia guianensis*, na Praia de Pipa - RN. *Psicologia: Reflexão e Crítica* 21: 509-517.

Nemiroff, L., & H. Whitehead. 2009. Structural characteristics of pulsed calls of long-finned pilot whales *Globicephala melas*. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording* 19: 67-92.

Noernberg, M. A., Lautert, L. F. C., Araújo, *et al.* 2006. Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranaguá Estuarine Complex - Brazil. *Journal of Coastal Research* 39: 1627-1631.

Oliveira, F., R. G. Rodrigues & E. L. A. Monteiro-Filho. 2008. Atividade noturna. Pages 157-163 *in* E. L. A. Monteiro-Filho, & K. D. K. A. Monteiro, eds. *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza*. Páginas & Letras, São Paulo, Brasil.

Oswald, J. N., S. Rankin & J. Barlow. 2008. To whistle or not to whistle? Geographic variation in the whistling behavior of small odontocetes. *Aquatic Mammals* 34: 288-302.

Pivari, D., & S. Rosso. 2005. Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southern Brazil. *Journal of the Acoustical Society of America* 118: 2725-2731.

Randi, M. M. A. F., P. Rassolin, E. L. A. Monteiro-Filho & F. C. W. Rosas. 2008. Padrão de cor da pele. Pages 11-16 *in* E. L. A. Monteiro-Filho, & K. D. K. A. Monteiro, eds. *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza*. Páginas & Letras, São Paulo, Brasil.

Richardson, W. J., C. R. J. Greene, C. I. Malme & D. H. Thomsom. 1995. *Marine Mammals and Noise*. Academic, New York, NY.

Rossi-Santos, M. R., & J. Podos. 2006. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. *Behaviour* 143: 347-364.

Rossi-Santos, M. R., J. M. Silva Júnior, F. J. L. Silva & E. L. A. Monteiro-Filho. 2008. Descriptive parameters of pulsed calls for the spinner dolphin, *Stenella longirostris*, in the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88: 1093-1097.

Sauerland, M., & G. Dehnhardt. 1998. Underwater audiogram of a tucuxi (*Sotalia fluviatilis guianensis*). *Journal of the Acoustical Society of America* 103: 1199-1204.

Scott, M. D., & S. J. Chivers. 2009. Movements and diving behavior of pelagic spotted dolphins. *Marine Mammal Science* 25: 137-160.

Silva, V. M., & R. C. Best. 1996. *Sotalia fluviatilis*. *Mammalian Species* 527: 1-7.

Simões-Lopes, P. C. 1988. Sobre a ampliação da distribuição do gênero *Sotalia* Gray, 1866 (Cetacea, Delphinidae), para as águas do Estado de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 1: 58-62.

Tessler, M. G., & L. A. P. Souza. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. *Revista Brasileira de Oceanografia* 46: 69-83.

Todd, V. L. G., W. D. Pearse, N. C. Tregenza, P. A. Lepper & I. B. Todd. 2009. Diel echolocation activity of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) around North Sea offshore gas installations. *ICES Journal of Marine Science* 66: 734-745.

UNESCO. 2012. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Available in: <<http://www.unesco.org>>. Accessed on 11/06/2012.

von Behr, M. 1998. Guarakessaba. Empresa das Artes, São Paulo, Brasil.

Weir, C. R., A. Frantzis, P. Alexiadou & J. C. Goold. 2007. The burst-pulse nature of 'squeal' sounds emitted by sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87: 39-46.

Wiley, D., Ware, C., Bocconcelli, *et al.* 2011. Underwater components of humpback whale bubble-net feeding behavior. *Behaviour* 148: 575-602.