



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ECOLOGIA E BIOMONITORAMENTO

FÁBIO DE SOUSA PAIS

**Ruídos antropogênicos e sua influência na ecologia do boto-cinza  
(*Sotalia guianensis*) em três regiões do litoral brasileiro**

Salvador, BA  
2016

FÁBIO DE SOUSA PAIS

**Ruídos antropogênicos e sua influência na ecologia do boto-cinza  
(*Sotalia guianensis*) em três regiões do litoral brasileiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Roberto Rossi dos Santos

Salvador, BA  
2016

Pais, Fábio de Sousa

Ruídos antropogênicos e sua influência na ecologia do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) em três regiões do litoral brasileiro / Fábio de Sousa Pais. -- Salvador, 2016.

96 f. : il

Orientador: Marcos Roberto Rossi dos Santos.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento) -- Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, 2016.

1. Bioacústica. 2. *Sotalia guianensis*. 3. Ecologia acústica. 4. Ruídos Antropogênicos. 5. Cetáceos. I. Santos, Marcos Roberto Rossi dos. II. Título.

FÁBIO DE SOUSA PAIS

**Ruídos antropogênicos e sua influência na ecologia do boto-cinza  
(*Sotalia guianensis*) em três regiões do litoral brasileiro**

Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia.

**COMISSÃO JULGADORA**

Prof. Dr. Marcos Roberto Rossi dos Santos (Orientador)

Instituição: UFRB

Prof. Emygdio L. A. Monteiro-Filho

Instituição: UFPR

Profa. Marta Jussara Cremer

Instituição: UNIVILLE

## AGRADECIMENTOS

Sou muito grato pela oportunidade de contribuir com o avanço do conhecimento no ramo da Bioacústica em prol da conservação de mamíferos aquáticos, especialmente do boto-cinza, espécie que tanto admiro.

Primeiramente, agradeço à minha família que sempre acredita em mim e me apoia, de perto ou de longe, me dando força e destreza para atingir meus objetivos profissionais.

Não tenho palavras para descrever o bem que a minha esposa Rafaela Prado Cardoso faz em minha vida. Uma conexão pura que nos ajuda a superar todos os nossos desafios com ponderação, respeito . Eu te amo!

Ao professor, orientador e amigo Marcos Roberto Rossi-Santos sou muitíssimo grato pela confiança depositada e chance que me foi dada para trabalhar com os golfinhos, e assim aprofundar meus conhecimentos do universo da bioacústica ao longo deste processo construtivo que foi realizar meu projeto de Mestrado.

Agradeço a todos os colegas de classe e professores do Programa do Mestrado Profissional da UFBA, que eu tive contato durante estes dois anos, e que de alguma maneira contribuíram para o meu crescimento intelectual e profissional.

Ao Prof. Dr. Eduardo Mendes da Silva, agradeço por acreditar em meu potencial desde antes do início do curso, e por me auxiliar em tudo o que foi necessário para que, como um rio, eu tomasse meu rumo em direção ao mar.

Por fim, devolvo este produto final à sociedade, agradecendo ao programa de bolsas da FAPESB (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia) pelo financiamento e incentivo a esta pesquisa.

## RESUMO

O golfinho *Sotalia guianensis* ocorre no Oceano Atlântico ocidental distribuindo-se desde o sul do Brasil até a América Central. Por ser uma espécie costeira, é muito suscetível a impactos gerados por humanos, como os ruídos antropogênicos que são potenciais causadores de impactos negativos em populações de mamíferos aquáticos em geral, uma vez que a emissão e detecção de sinais sonoros exercem papel complexo e vital na ecologia de suas populações por meio de diversos aspectos. Esse estudo revisou o repertório acústico dos botos-cinza (*S. guianensis*) e os potenciais impactos acústicos sofridos pelas populações ao longo de sua ocorrência, assim como descreveu e comparou os ruídos antropogênicos com o repertório acústico de três populações na costa brasileira: Estuário de Cananéia - SP, Estuário de Caravelas - BA e Praia da Pipa - RN. Os dados foram coletados similarmente nos três locais, durante saídas de barco e utilizando hidrofones e gravadores de áudio. Os resultados indicaram que há sobreposição do repertório acústico dos golfinhos principalmente com ruídos de barcos, dragagem e navios-barcaça, possivelmente afetando os indivíduos e populações. Essa metodologia, portanto, mostra-se uma importante ferramenta de auxílio à gestão costeira, podendo ser utilizada também para avaliação de impactos acústicos sobre outras populações de espécies de animais marinhos.

**Palavras-chave:** boto-cinza, *Sotalia guianensis*, bioacústica, ruídos antropogênicos, ecologia acústica.

## ABSTRACT

The *Sotalia guianensis* dolphin occurs in the western Atlantic Ocean, from the south of Brazil until Central America. It is coastal specie, much susceptible to human generated impacts, as anthropogenic noises, which in general causes potential impacts in marine mammals' populations, because the emission and reception of sound signals plays a complex and vital role in this populations' ecology through many different ways. This study reviewed the acoustic repertoire and potentials anthropic impacts on populations of Guiana dolphin (*S. guianensis*) through its occurrence, and described and compared the anthropogenic noises with the acoustic repertoire of three brazilians populations: Cananéia Estuary - SP, Caravelas Estuary - BA e Praia da Pipa - RN. Data were collected similarly in these three sites, during boats surveys using hidrophones and audio recorders. Results showed overlapping of the *S. guianensis* repertoire and noises produced from boats, dredge activities and wood-barges, possibly leading to harms on individuals and populations. This methodology showed to be an important tool in coastal management, and can be used to evaluate acoustic impacts over others populations of marine species.

**Keywords:** Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, bioacoustics, anthropogenic noises, acoustic ecology.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABELAS.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1. Espécie Alvo.....	9
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. Revisão Bibliográfica.....	14
3.2. Descrição do Repertório Acústico no Litoral Brasileiro	15
3.2.1. Área de Estudo.....	15
3.2.2. Estuário de Cananéia/ CAN.....	16
3.2.3. Estuário de Caravelas/ CVL.....	18
3.2.4. Praia da Pipa/ PIP.....	19
3.2.5. Coleta de Dados.....	20
4. RESULTADOS.....	23
4.1. Revisão.....	23
4.1.1. Ambiente Acústico Marinho e o Som.....	23
4.1.2. Ruídos Antropogênicos.....	25
4.1.3. Tráfego de Embarcações Comerciais.....	25
4.1.4. Tráfego de Embarcações em Regiões Costeiras..	27



4.1.5. Atividades de Observação de Cetáceos.....	28
4.1.6. Obras Costeiras e Atividades Portuárias.....	31
4.1.7. Operações Sísmicas e Petrolíferas.....	32
4.1.8. Efeitos dos Ruídos Antropogênicos .....	33
4.1.9. Repertório Acústico do <i>S. guianensis</i> .....	40
4.2. Descrição do Repertório Acústico no Litoral Brasileiro	45
4.2.1. Estuário de Cananéia.....	45
4.2.2. Estuário de Caravelas.....	46
4.2.3. Praia da Pipa.....	47
4.2.4. Ruídos Antropogênicos.....	48
4.2.5. Comparações do Repertório do <i>S. guianensis</i> .....	50
5. DISCUSSÃO.....	52
6. CONCLUSÃO.....	67
7. REFERÊNCIAS.....	68

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Cetáceos observados na plataforma continental brasileira. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).....	<b>07</b>
<b>Figura 2.</b>	<i>Sotalia guianensis</i> na Praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).....	<b>10</b>
<b>Figura 3.</b>	Áreas de ocorrência do <i>Sotalia guianensis</i> (área destacada) e locais de estudo ao longo da costa brasileira: (PIP): Praia da Pipa - RN; (CVL): Estuário de Caravelas - BA e (CAN): Estuário de Cananéia - SP. (Fonte: Figura adaptada de Marchetto, 2010).....	<b>16</b>
<b>Figura 4.</b>	Tráfego de embarcações comerciais. Escala (0 a 1) como referência para intensificação do tráfego. Fonte: National Center for Ecological Analysis and Synthesis, 2016.....	<b>26</b>
<b>Figura 5.</b>	Atividade de <i>whale watching</i> na enseada do Curral, Praia da Pipa, RN. (Foto: Fábio Pais, 2016).....	<b>30</b>
<b>Figura 6.</b>	Fontes de ruídos decorrentes da atividade de dragagem. Fonte: Figura adaptada de Reine <i>et al.</i> (2014).....	<b>32</b>
<b>Figura 7.</b>	Ambiente silencioso no Banco dos Abrolhos, Bahia. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).....	<b>38</b>
<b>Figura 8.</b>	Ambiente acústico ao redor de uma plataforma de petróleo executando perfuração de poço na Bahia. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).....	<b>38</b>
<b>Figura 9.</b>	Assobios de um indivíduo da espécie <i>Sotalia guianensis</i> no nordeste brasileiro. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).....	<b>39</b>
<b>Figura 10.</b>	Exemplos de assobios (a,b), gritos (c,d), gargarejo (e) e cliques ou estalos (f). Eixo y: frequência (kHz), eixo X: duração (s). (Fonte: Deconto & Monteiro-Filho, 2016).....	<b>42</b>
<b>Figura 11.</b>	Exemplo de composição de frase emitida pelo <i>Sotalia guianensis</i> (Fonte: Monteiro-Filho & Monteiro, 2008).....	<b>44</b>
<b>Figura 12.</b>	Valores da amplitude de frequências máximas e mínimas comparando graficamente os ruídos antropogênicos com o repertório do <i>S. guianensis</i> nos três locais estudados.....	<b>50</b>
<b>Figura 13.</b>	Amplitude de frequências dos assobios de oito populações de <i>Sotalia guianensis</i> (barras verdes), dos ruídos antrópicos avaliados neste estudo (barras azuis) e de valores obtidos por atividade de <i>whale watching</i> (barra vermelha).....	<b>55</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Estudos recentes descrevendo a amplitude de frequência dos assobios do boto-cinza ( <i>Sotalia guianensis</i> ) ao longo da sua distribuição ao longo do Brasil e também na Costa Rica e Venezuela.....	<b>43</b>
<b>Tabela 2.</b>	Frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração dos assobios do boto-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , no estuário de Cananéia, São Paulo, Brasil.....	<b>45</b>
<b>Tabela 3.</b>	Frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos sons pulsados do boto-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , no estuário de Cananéia, São Paulo, Brasil.....	<b>45</b>
<b>Tabela 4.</b>	Frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração dos assobios do boto-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , no estuário de Caravelas, Bahia, Brasil.....	<b>46</b>
<b>Tabela 5.</b>	: Frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos sons pulsados do boto-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , no estuário de Caravelas, Bahia, Brasil.....	<b>46</b>
<b>Tabela 6.</b>	Frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração dos assobios do boto-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , na Praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil.....	<b>47</b>
<b>Tabela 7.</b>	Frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos sons pulsados do boto-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , na Praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil.....	<b>47</b>
<b>Tabela 8.</b>	Valores de frequência máximas e mínimas e intensidade (dB - SNR) máximas e mínimas para os ruídos antropogênicos referentes ao Estuário de Cananéia (CAN), Estuário de Caravelas (CVL) e à Praia da Pipa (PIP).....	<b>48</b>
<b>Tabela 9.</b>	Valores de frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração para os assobios das populações de <i>Sotalia guianensis</i> referentes ao Estuário de Cananéia (CAN), Estuário de Caravelas (CVL) e à Praia da Pipa (PIP).....	<b>51</b>
<b>Tabela 10.</b>	Valores de frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos sons pulsados das populações de <i>Sotalia guianensis</i> referentes ao Estuário de Cananéia (CAN), Estuário de Caravelas (CVL) e à Praia da Pipa (PIP).....	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas marinhos são ambientes muito sensíveis, com riqueza e diversidade de organismos que são interdependentes. Englobam regiões oceânicas, estuarinas e costeiras, locais estes, alvos de diversas atividades humanas para busca e exploração de seus recursos. Desse modo, torna-se evidente a importância em melhor entender os impactos envolvendo esses ambientes a fim de que possa ser realizada gestão adequada de seus recursos e também ações de manejo e conservação para que a manutenção do equilíbrio desses ecossistemas seja eficaz.

Ecologia Acústica é o estudo das relações mediadas através dos sons entre organismos e entre os organismos e o meio em que vivem (Erbe *et al.*, 2016). Neste estudo o termo “ruído” é designado para sons difusos que não possuem informações biológicas significativas. Já os sons emitidos pelos mamíferos aquáticos são chamados de sinais acústicos, interpretados pelos indivíduos de mesma espécie, pois carregam uma informação biológica. O aumento da quantidade de fontes sonoras, com grande amplitude de frequências e altas intensidades gera ecossistemas com maior ruído ambiental.

A variabilidade das fontes sonoras resulta em ambientes acústicos com características únicas nas diferentes escalas espaço-temporais, chamados de paisagens acústicas (*soundscape*s) (Pijanowski *et al.*, 2011). Também podem ser interpretados como ambientes acústicos de ecossistemas aquáticos, que são compostos por sons de origem natural (biótica e abiótica) ou antrópica. Exemplos de fontes de origem natural são: terremotos, ventos, ondas, chuvas, peixes, camarões, etc. Já os sons de origem antrópica ocorrem devido a uma

série de atividades humanas, tais como: tráfego de embarcações, dragagens, usinas eólicas, sonares, exploração de óleo e gás, atividades portuárias e sísmicas (Richardson *et al.*, 1995; Popper & Hawkins, 2016).

Tais sons antropogênicos (ruídos) são potenciais causadores de impactos negativos em populações de mamíferos aquáticos, uma vez que a emissão e detecção de sinais sonoros exercem um papel complexo e vital na ecologia de suas populações por meio de diversos aspectos, tais como: coesão de grupo, reconhecimento individual, fuga de predadores, detecção de presas e comportamentos reprodutivos (Steward, 2008; Tyack, 2000a, b). Assim, os ruídos subaquáticos são capazes de se sobrepor aos sons emitidos pelos mamíferos aquáticos, tornando-se uma ameaça a nível tanto de indivíduo, quanto de população.

Para melhor compreensão da dinâmica ecológica dos ecossistemas marinhos costeiros avalia-se o estado de conservação de algumas populações, tidas como “espécies bandeiras”, que podem ser utilizadas como indicadores ecológicos do ecossistema. Algumas espécies de cetáceos (ilustrados na Figura 1) são exemplos disso, devido a sua complexa integração na cadeia trófica que envolve controle de densidade populacional de suas presas e reversão de grandes quantidades de biomassa para o ecossistema (Wells *et al.*, 2004; Bossart, 2006; Moura *et al.*, 2014).



Figura 1. Cetáceos observados na plataforma continental brasileira. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).

Os cetáceos são mamíferos aquáticos de estruturas sociais complexas, que possuem grandes habilidades cognitivas e que vivem a maior parte de suas vidas embaixo d'água. Desse modo estudos acerca desses animais são trabalhosos e difíceis de serem aplicados. Métodos comumente utilizados para espécies terrestres podem não funcionar do mesmo jeito para animais no ambiente aquático, sendo necessárias técnicas adaptadas a esse meio para melhor conhecer a ecologia de suas populações (Connor *et al.*, 2000).

Atualmente os cetáceos são intensamente utilizados em movimentos conservacionistas, principalmente pelo histórico de exploração direta de algumas espécies no passado, sendo intrínseco que a exploração dos recursos marinhos pelas atividades humanas apresenta o potencial de afetar os organismos aquáticos de inúmeras formas, podendo interferir na manutenção das relações sociais, no equilíbrio dos ecossistemas, podendo haver declínio

populacional e a extinção de espécies em casos extremos (Whitehead *et al.*, 2000).

Dessa maneira, a realização de estudos que investigam as relações diretas e indiretas entre parâmetros do ciclo de vida dos animais com as atuais ameaças ambientais a que eles estão expostos é de extrema importância a fim de respaldar ações conservacionistas, medidas, legislações e planos de ação, assim como auxiliar em planos de gestão costeira.

Um método que vem crescendo num panorama científico é o estudo dos sons nos ambientes aquáticos, trazendo novas formas de se pesquisar os ciclos de vidas dos animais e suas interações a nível de grupos sociais e ecossistema.

O aumento do interesse e fomento às pesquisas acerca dos sons no ambiente marinho são de extrema importância para realização de gestão sustentável de regiões oceânicas e, principalmente costeiras (Erbe *et al.*, 2016). A Bioacústica então é uma área de estudo voltada a esse panorama dos ecossistemas acústicos, dedicada a entender os mecanismos de produção e recepção de sons dos animais e como eles se comunicam em seus habitats acústicos.

A aplicação da Bioacústica como ferramenta no estudo de ecologia comportamental e conservação de Cetáceos é recente no Brasil, tendo sido iniciada em torno de 1990. Porém só depois do ano 2000 que os primeiros estudos começaram a ser publicados (e.g. Monteiro-Filho & Monteiro, 2001). A maioria dos estudos realizados no Brasil apresenta enfoque na espécie *Sotalia guianensis*, boto-cinza, espécie alvo deste estudo.

## 2.1. Espécie Alvo

A espécie *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) é um pequeno cetáceo, da Ordem Cetartiodactyla (subordem: Odontoceti, família: Delphinidae), popularmente conhecido pelo litoral brasileiro por nomes como boto, golfinho, boto-comum, golfinho cinza ou boto-cinza (Flores *et al.*, 2010).

Antigamente o gênero *Sotalia* era monoespecífico, sendo representado apenas pela espécie *Sotalia fluviatilis*, representando tanto animais que habitam áreas fluviais na região Amazônica quanto os que ocorrem ao longo do litoral da América Central e Sul. A taxonomia da espécie foi revisada e por meio de análises morfométricas tridimensionais (Monteiro-Filho *et al.*, 2002) e genéticas a partir de DNA mitocondrial (Cunha *et al.*, 2005), recentemente houve a separação em duas espécies. Atualmente o golfinho fluvial é categorizado como *Sotalia fluviatilis* enquanto que o marinho, *Sotalia guianensis*.

*Sotalia guianensis* apresenta longevidade de cerca de 30 anos (Rosas *et al.*, 2003), não ultrapassando o tamanho de 220 cm (Flores & da Silva, 2009) e não apresenta dimorfismo sexual aparente (Flores, 2002). Seu dorso é descrito com coloração acinzentada e a região ventral pode variar entre o rosa e o branco (da Silva & Best, 1996) e sua nadadeira dorsal apresenta um formato triangular e reduzido tamanho, característica desta espécie (da Silva & Best, 1996) (Figura 2).





Figura 2. *Sotalia guianensis*, na Praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).

Sua distribuição ocorre desde o estado de Santa Catarina ( $27^{\circ} 35' S$ ), Brasil (Simões-Lopes, 1988), até Nicarágua ( $14^{\circ} 35' N$ ) (Carr & Bonde, 2000) e possivelmente Honduras (da Silva & Best, 1996). No litoral brasileiro, a ocorrência do boto-cinza vem sendo registrado desde a década de 1960, por meio de avistagens e encalhes (e.g. Carvalho, 1963; Geise & Borobia, 1987; 1988; Simões-Lopes, 1987) e observações visuais (e.g. Bittencourt, 1984; Andrade *et al.*, 1987; Simões-Lopes, 1988; Simões-Lopes & Ximenez, 1990).

Esta espécie habita preferencialmente áreas costeiras e protegidas como estuários e baías, que são regiões usualmente de pouca profundidade e com presença de manguezais, considerados ambientes de alta produtividade primária (Wedekin *et al.*, 2004; Monteiro-Filho *et al.*, 2008; Cremer *et al.*, 2012).

A dieta do *S. guianensis* inclui peixes, lulas e camarões, embora apresente variações ao longo do litoral brasileiro de acordo com o ambiente utilizado pelo animal (Daura-Jorge *et al.*, 2011). As presas mais comuns descritas para a espécie são peixes de cardumes, como *Sardinella brasiliensis*, *Trichiurus lepturus* e *Micropogonias furnieri* (Rosas *et al.*, 2010).

O período gestacional do boto-cinza é de 11 a 12 meses, tendo apenas um filhote por prole. Os filhotes necessitam de cuidado parental longo, permanecendo sempre junto à mãe e começam a atingir a maturidade sexual (por volta de seis a sete anos de idade) (Perrin & Reilly, 1984; Ramos, 1997; Ramos *et al.*, 2000; Rosas, 2000).

São animais que costumam formar grupos com tamanho médio de 1 a 30 indivíduos (Daura-Jorge *et al.*, 2005), embora grupos de mais de 200 indivíduos (Simão *et al.*, 2000; Flach *et al.*, 2008) e por volta de 400 indivíduos (Lodi & Hetzel, 1998) já tenham sido registrados na região de Ilha Grande - RJ. Grandes agregações desta espécie podem ser caracterizadas por ações de cooperação para alimentação (Flores & da Silva, 2009).

Na costa brasileira existem vários estudos indicando que o *S. guianensis* apresenta alto grau de fidelidade às áreas utilizadas sendo, portanto, áreas que os animais utilizam várias vezes ou permanecem por tempo prolongado, geralmente caracterizadas como áreas para reprodução e alimentação da espécie (e.g. Simão *et al.*, 2000; Gamboa-Poveda & May-Collado, 2006; Araújo *et al.*, 2007; Rossi-Santos *et al.*, 2007; Wedekin *et al.*, 2007; Hardt *et al.* 2010; Oshima *et al.*, 2010; Rossi-Santos *et al.*, 2010; Batista *et al.*, 2014).

A proximidade da costa como habitat para o boto-cinza e sua fidelidade a essas áreas faz com que esta espécie seja bastante vulnerável a impactos antrópicos tais como: o turismo de observação de cetáceos, tráfego de embarcações, construções e obras costeiras, poluição das águas, emalhe em redes de pesca e capturas acidentais (e.g. Simões-Lopes, 1990; Wedekin *et al.*, 2002; Valle & Melo, 2006; Oliveira, 2007; Di Benedetto & Rosas, 2008; Zappes *et al.*, 2009; Meirelles *et al.*, 2011).

Nesse contexto, o *S. guianensis* é atualmente uma das espécies de cetáceos mais estudadas no Brasil e a partir de 2014 foi classificada como “vulnerável” pelo IBAMA (ICMBio, 2014). Apesar deste crescente aumento nos esforços de pesquisa acerca desta espécie, esta ainda é classificada como espécie “insuficientemente conhecida” (“*data deficiente*”) pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2016).

Essa lacuna de dados, em um âmbito conservacionista, é extremamente grave para espécies que possivelmente estejam em risco, já que estas não estão classificadas de acordo com seu real status de conservação, podendo estar sendo seriamente impactadas e ameaçadas, principalmente em escalas locais, sem que sejam incluídas em medidas de proteção. (Chiarello, 2010).

Inúmeras questões ainda precisam ser elucidadas em relação aos ruídos provenientes de fontes antrópicas e suas implicações para os ciclos de vida de diversos animais aquáticos. Para investigar isso, são necessários estudos sobre a sensibilidade auditiva e repertório acústico específicos de cada espécie, uso dos sons em atividades sociais, alterações comportamentais

associadas aos ruídos, alterações temporárias e permanentes dos limiares de audição e o mascaramento, ou seja, quando os ruídos antropogênicos, principalmente com elevadas intensidades, ocorrem simultaneamente nas mesmas faixas de frequência e duração que os sinais acústicos dos animais marinhos (Clark *et al.*, 2009).

Estudos acerca de espécies consideradas mais vulneráveis às atividades humanas devem ser foco de pesquisas, assim como a análise dos impactos antrópicos na comunicação desses animais, o que poderá oferecer mais embasamento para futuras avaliações dos impactos causados em suas populações em longo prazo (Tyack, 2008).

Assim, o presente estudo apresenta revisão sobre o *Sotalia guianensis* e descreve o repertório de populações dessa espécie gravado em três localidades da costa brasileira (Estuário de Cananéia – SP, Estuário de Caravelas – BA e Praia da Pipa – RN) e os compara aos ruídos antropogênicos registrados em cada uma dessas regiões amostradas, trazendo discussões sobre a ecologia acústica do boto-cinza e reflexões sobre sua conservação.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Contribuir com a conservação do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) através de um estudo sobre impactos sonoros antrópicos na ecologia acústica da espécie.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Elaborar uma revisão sobre impactos antrópicos na ecologia acústica do boto-cinza (*Sotalia guianensis*);
- Descrever o repertório acústico de três populações de boto-cinza ao longo do litoral brasileiro e compará-los com os ruídos antropogênicos registrados nessas regiões.
- Contribuir com a conservação marinha através da divulgação dos resultados deste trabalho, gerando subsídios para a gestão ambiental.

### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **4.1. Revisão bibliográfica**

Para a realização deste trabalho foram realizadas diversas pesquisas acerca da biologia e ecologia do golfinho *Sotalia guianensis*, assim como os impactos acústicos antrópicos no ambiente marinho que poderiam estar relacionados com a espécie.

As buscas foram principalmente por publicações em revistas, teses de mestrado e doutorado, em livros e na internet com diversas palavras-chave em português e inglês, tais como: boto-cinza, *Sotalia guianensis*, biologia, ecologia, repertório acústico, áreas de ocorrência, comportamento, assobios, sons pulsados, ruídos antropogênicos, impactos antrópicos, dragagem, *whale watching* (turismo de observação de cetáceos), mascaramento, *soundscape*, entre outras.

Os principais websites pesquisados foram: *google acadêmico*, *web of science*, *research gate*, *periódicos da capes*, *scielo*. Alguns artigos foram solicitados através de e-mails enviados diretamente para os autores.

Muitos trabalhos foram analisados para realização do presente estudo, sendo aqui utilizados 189 estudos com temas relacionados aos impactos antrópicos dos ruídos nos ecossistemas marinhos, especialmente sobre a ecologia dos mamíferos aquáticos, assim como acerca de características da propagação do som nos oceanos.

## **4.2. Descrição do Repertório Acústico no Litoral Brasileiro**

### **4.2.1. Área de estudo**

Foram estudadas três regiões na costa brasileira, de sul a norte: estuário de Cananéia (25°04' S; 47° 56' W) – Estado de São Paulo; Estuário de Caravelas (17° 30' S; 39° 30' W) – Estado da Bahia; Praia da Pipa (06° 10' S; 35° 05' W) – Estado do Rio Grande do Norte (Figura 3). As áreas amostradas foram escolhidas por representarem típicos exemplos de como a região litorânea e

estuarina vêm sendo compartilhada entre os mamíferos aquáticos e as atividades humanas.



Figura 3: Áreas de ocorrência do *Sotalia guianensis* (área hachurada) e locais de estudo ao longo da costa brasileira: (PIP): Praia da Pipa - RN; (CVL): Estuário de Caravelas - BA e (CAN): Estuário de Cananéia - SP. (Fonte: Figura adaptada de Marchetto, 2010).

#### 4.2.2. Estuário de Cananéia/ CAN

O estuário de Cananéia (CAN) localiza-se no litoral sul do estado de São Paulo (25°04' S; 47° 56' W), sendo componente de um sistema estuarino-lagunar de cerca de 180 km de extensão e área de 2.500 km<sup>2</sup>. É uma área de intensa atividade pesqueira, caracterizada por mangues, algumas praias e predominantemente fundo lamoso (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001). A

hidrodinâmica deste estuário é influenciada principalmente pela ação das ondas de maré, com contribuição de água fluvial dos rios, apresentando profundidade reduzida (até 23 m), ocasionando águas com alto grau de turbidez ao longo do ano (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990).

A partir de 1984 essa área foi designada como área de proteção nacional devido à sua importância ecológica (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990). Esse ecossistema é composto por grandes manguezais e áreas abrigadas, apresentando altos níveis de concentração de nutrientes, zooplâncton, camarões e peixes (Besnard, 1950; Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990; Mendonça & Katsuragawa, 1997).

A região de Cananéia apresenta uma alta densidade e intensa utilização por *Sotalia guianensis* (Bisi, 2001). Segundo Havukainen *et al.* (2011) a densidade de animais chega a mais de 12 indivíduos por quilômetro quadrado, variando de acordo com a área amostrada e também com a estação, sendo a estação chuvosa a que apresentou maior densidade. A região apresenta uma abundância total de 195 animais e a maioria dos grupos de boto-cinza é formado com cerca de dois indivíduos (Havukainen *et al.*, 2011).

As gravações utilizadas neste estudo foram realizadas nos anos de 2005 a 2008 pelo Prof. Dr. Emygdio L.A. Monteiro-Filho nas águas da Baía de Trapandé, abertura Sul do Estuário de Cananéia e região adjacente às Ilhas de Cananéia, Comprida e do Cardoso. Esta área é a região do estuário de maior ocorrência de indivíduos da espécie *Sotalia guianensis*. (Oliveira, 2007).



### 4.2.3. Estuário de Caravelas/ CVL

O estuário de Caravelas (CVL) está localizado no extremo sul do estado da Bahia (17° 30' S; 39° 30' W), sendo a cidade de Caravelas a cidade em terra mais próxima do Parque Nacional Marinho Banco dos Abrolhos. A região é caracterizada por um aumento pronunciado da extensão da plataforma continental brasileira, sendo então uma região costeira de oceano aberto, porém protegida por bancos de recifes de corais, com predominância de praias de areia e áreas de manguezal. O fundo é heterogêneo, composto de regiões de areia, lama e algas calcárias (Leão, 1994).

A região litorânea é influenciada exclusivamente pela Corrente do Brasil, sendo um ecossistema tipicamente tropical com uma alta diversidade de espécies (Nonaka *et al.*, 2000) e baixa produtividade (Ekau & Knoppers, 1999). O sistema estuarino de Caravelas representa o segundo maior manguezal da região nordeste do Brasil, compreendendo uma área de aproximadamente 66 km<sup>2</sup> (Herz, 1991).

Desde 2002, quando foi instalado um porto no estuário de Caravelas, as atividades antrópicas na região aumentaram significativamente. A principal atividade é o escoamento de toras de eucalipto para produção de celulose, esta atividade é realizada por meio de navios-barcaças que possuem calado maior que a profundidade da entrada do estuário e, portanto, a empresa responsável realiza anualmente dragagens regulares no canal principal do estuário (Rossi-Santos *et al.* 2003).

Segundo Cantor *et al.* (2012), a população de *Sotalia guianensis* é relativamente pequena, variando entre 57 a 124 animais, com abundância

constante ao longo dos anos. Para a espécie, também já foi descrita fidelidade e residência à área de estudo (Rossi-Santos *et al.*, 2007).

As avistagens de *Sotalia guianensis* são frequentes ao largo da desembocadura do Rio Caravelas, área considerada de extrema importância à espécie (Rossi-Santos *et al.*, 2010), onde esses animais apresentam principalmente o comportamento de forrageio (Daura-Jorge *et al.*, 2007). Pelo fato do fundo dessa região ser predominantemente lamoso, existem evidências de contato dos animais com o fundo, provavelmente como sendo uma estratégia para alimentação (Rossi-Santos & Wedekin, 2006), sendo verificada preferência desses animais a áreas com fundos planos (Rossi-Santos *et al.*, 2010).

As gravações analisadas neste trabalho foram coletadas entre os anos de 2005 a 2008, na área de desembocadura do estuário.

#### **4.2.4. Praia da Pipa/ PIP**

A Praia da Pipa (PIP) localiza-se no município de Tibau do Sul (06° 10' S; 35° 05' W), Reserva de Uso Sustentável, 86 km ao sul de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte. A região chamada de Baía dos Golfinhos tem aproximadamente 0,4 km<sup>2</sup> de área e é delimitada por falésias verticais, que atingem alturas de 40 m e em algumas áreas são cobertos por dunas de areias, aumentando a altura total para cerca de 70 m de altura (Carrera *et al.*, 2008).

A costa Sul da Baía dos Golfinhos é bem protegida dos fortes ventos e correntes de sudeste (escala Beaufort < 1.0), enquanto que a costa Norte é

mais suscetível a essas variáveis ambientais. Sua profundidade máxima chega a 7 m (Garri, 2006), com temperaturas que variam de 19 a 28°C e salinidade entre 36 e 37‰ (Souto *et al.*, 2006) e certa turbidez na água. O fundo é composto majoritariamente por areia com exceção das extremidades, compostas por rochas sedimentares. A região é também influenciada pelo Estuário de Guaraira, localizado a cerca de 5 km ao norte.

A Praia da Pipa é caracterizada como uma região turística em crescimento, com especial atenção para o aumento das atividades de *whale watching* (turismo de observação de cetáceos) que visam a observação do boto-cinza na Baía dos Golfinhos. Devido às suas características únicas, a região é amplamente habitada pelos botos-cinza que a utilizam prioritariamente para alimentação (Araújo *et al.*, 2003). Segundo Carrera *et al.* (2008), a média de animais que utilizam essa região é cerca de 2 a 4 indivíduos, variando de acordo com a presença ou não de embarcações, tendo sido identificados pelo menos oito indivíduos diferentes pelos autores através de suas marcas naturais.

Os registros acústicos utilizados neste estudo foram coletados na Baía dos Golfinhos em cinco campanhas em abril de 2009.

#### **4.2.5. Coleta de dados**

Os dados de bioacústica utilizados neste trabalho foram coletados entre os anos de 2005 e 2009 por diferentes equipes, agrupados nesse estudo para

uma melhor avaliação da condição acústica a que os botos-cinza estão expostos em três regiões diferentes ao longo da costa brasileira.

Esses dados foram coletados de maneira similar nas três áreas amostradas, por meio de atividades de campo em estudos de curta e longa duração realizadas por colaboradores.

Nas expedições embarcadas, hidrofones foram ligados em momentos de grupos de golfinhos com aproximação de 100 m e motor da embarcação desligado. Uma vez que os animais se afastavam do barco, este era ligado e havia reaproximação.

Quanto aos equipamentos utilizados, houve uma evolução gradativa da capacidade de captação dos sons no ambiente aquático, acompanhando um momento de transição tecnológica e aperfeiçoamento das técnicas. Primeiramente foram utilizados gravadores de fita cassete (geralmente Sony TCD – 5M), gravador digital Sony DAT D8, ambos gravadores com resposta de frequência de cerca de 24 kHz; uma câmera filmadora digital Panasonic PV-GS 120 (resposta de frequência de 48 kHz) e a partir de 2008, com capacidade de gravar frequências mais altas, um M-Audio Microtrack II Professional (resposta de frequência de até 96 kHz). Os hidrofones utilizados foram basicamente dois HTI SSQ 94 e um HTI 90 min (máxima resposta de frequência de 96 kHz).

As distâncias entre a fonte do ruído e o gravador foram estimadas por calibração visual utilizando objetos conhecidos, como barcos, ou distâncias conhecidas (medidas por GPS) de áreas naturais características, como montanhas, praias e pequenas entradas de rios. Em Caravelas também foi

utilizado um *laser range finder* (telêmetro) (Bushnell Yardage Pro Compact 600) para a medição das distâncias.

Em laboratório, os sons coletados nas saídas de campo foram transferidos para o computador e processados por meio do software RAVEN 1.3 Pro (Cornell University). Os sinais adequados para análise foram selecionados seguindo a taxa de sinal/ruído (Signal-to-Noise Ratio, SNR), para que fossem captados os seguintes parâmetros: frequência mínima/ máxima, frequência inicial/ final, delta das frequências e tempo de duração do sinal.

No presente estudo os equipamentos apresentaram respostas de frequência consideradas baixas com cerca de 24 kHz a 96 kHz (com capacidade de reconhecer sons de até 48 kHz) enquanto que em estudo comparativo sobre repertório do *Sotalia guianensis*, May-Collado & Wartzok (2009) aconselharam que para o repertório acústico ser propriamente documentado, incluindo os harmônicos, o sistema de gravação deve captar frequências de pelo menos 150 kHz.

Atualmente, o conhecimento sobre o repertório acústico dos mamíferos aquáticos evoluiu significativamente devido ao uso de equipamentos de captação e gravação sonora com maiores respostas de frequência e taxas de amostragem.

É de fundamental importância que o sistema de gravação seja apropriado para a espécie alvo, de modo a permitir total conhecimento do repertório acústico. (Oswald *et al.*, 2004; Simão *et al.*, 2007).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Revisão

#### 5.1.1. Ambiente Acústico Marinho e o Som

O ambiente acústico é composto pelos sons que estão em propagação em determinado local, podendo sofrer diferentes processos (por exemplo: atenuação e degradação) de acordo com os parâmetros de transmissão do som que envolvem condições oceanográficas, hidro e geoacústicas (Erbe *et al.*, 2016). Tipo de substrato e pequenas alterações nos gradientes de densidade principalmente devido às diferentes temperaturas, salinidades e pressões determinam a estratificação e, conseqüentemente, a distribuição do som, que pode ficar encurralado nestas camadas isobáricas (*e.g.* Maglio *et al.*, 2015).

Atenuação é o processo pelo qual os componentes do sinal acústico declinam em intensidade devido, primeiramente, ao efeito de espalhamento esférico pela dispersão de energia durante transmissão. Degradação (alteração dos parâmetros do sinal acústico) pode ocorrer por reverberação, flutuação de amplitude e atenuações em diferentes frequências (Rabin *et al.*, 2003).

Modificações antrópicas nos ambientes naturais tais como: topografia, granulometria, salinidade, temperatura, entre outros fatores, têm o potencial de alterar as características de propagação dos sinais acústicos, aumentando o excesso de atenuação ou degradação dos sinais, portanto, é de extrema importância a compreensão da propagação do som no local específico do estudo antes de discutir o espectro do ambiente acústico (Erbe *et al.*, 2016).

Ensaios em modelos matemáticos simulando a propagação de som no oceano em diferentes profundidades e tipos de fundos indicaram que o som em águas rasas (400m) geralmente apresenta níveis de intensidade em torno de 10 a 12 dB mais elevados que em águas profundas (3000m) e também possui menor taxa de atenuação do sinal acústico (menor efeito do espalhamento esférico) (Breitzke & Bohlen, 2010).

Em substratos mais consolidados, ou seja, com maior dureza, o potencial impacto acústico é maior, pois em fundos mais duros as múltiplas reflexões na interface água-substrato sobrepõem-se às refrações promovendo a reverberação do som. Portanto, um sinal acústico intenso é potencialmente impactante, principalmente em casos onde o substrato é mais rígido e com menor profundidade, pois o som se manterá com a mesma intensidade (Breitzke & Bohlen, 2010).

Um estudo de Ramos *et al.* (2012) acerca da propagação de sons tonais reproduzidos em ambiente estuarino revelou que sinais de baixa frequência (de 60 Hz – 240 Hz) podem ser significativamente atenuados (atingindo valores de um quinto da intensidade do sinal original) em locais de pequenas profundidades (~5m). Devido ao efeito de espelho de Lloyd (Urick, 1983), que ocorre pela defasagem de até 180° das reflexões dos sinais incidentes na interface água-ar, os sons de baixa frequência (geralmente gerados por navios e grandes embarcações) tornam-se muito difíceis de serem captados aumentando o risco de colisões de mamíferos aquáticos com embarcações (Gerstein, 2002).

### **5.1.2. Ruídos Antropogênicos**

O constante aumento de atividades antrópicas nos oceanos e regiões costeiras tem contribuído para a elevação dos ruídos antropogênicos no ambiente marinho, tornando-os ambientes acústicos cada vez mais poluídos (Andrew *et al.*, 2002; Hildebrand, 2009). As plataformas continentais são as regiões mais impactadas pelos ruídos antropogênicos, tanto nas áreas de quebra da plataforma, principalmente devido à crescente atividade sísmica e petrolífera, quanto nas proximidades da costa, incluindo baías e estuários, que estão submetidas a ruídos de embarcações, obras, atividades industriais e recreativas (Rossi-Santos & Oliveira, 2016).

### **5.1.3. Tráfego de Embarcações Comerciais**

O intenso tráfego de embarcações de grande porte (Figura 4) todos os dias cruzando os oceanos em rotas frequentes, principalmente no hemisfério norte, cria ambientes acústicos bastante poluídos dificultando a comunicação nos cetáceos, principalmente de longa distância, já que estes produzem prioritariamente sons com frequências baixas e altas intensidades (Southall, 2004; Hildebrand, 2009; Erbe *et al.*, 2016).



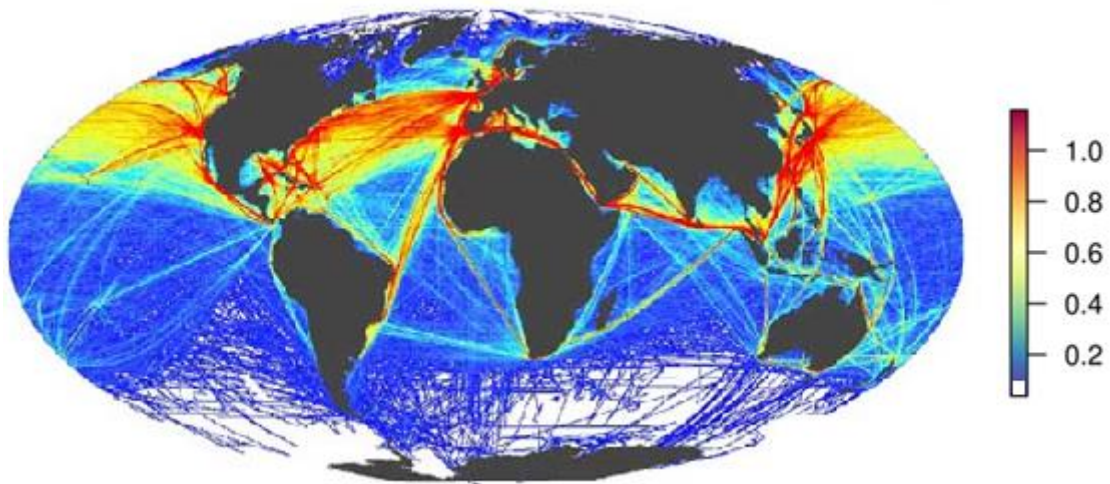


Figura 4. Tráfego de embarcações comerciais. Escala (0 a 1) como referência para intensificação do tráfego. (Fonte: National Center for Ecological Analysis and Synthesis, 2016).

As rotas com tráfego mais intenso, evidenciadas em vermelho na imagem acima, são consideradas regiões com mais elevado ruído ambiental devido a atividade dos navios. Segundo um estudo de Hester *et al.* (2008) o cenário do ruído ambiental global irá se intensificar ainda mais, pois a crescente acidificação dos oceanos (devido a vários fatores, entre eles o aumento de CO<sub>2</sub>) está fazendo com que a absorção dos sons de baixas e médias frequências ( $\leq 1$  kHz até  $\sim 10$  kHz) sejam reduzidas, permitindo que ele viaje 10 -15% mais longe.

O ruído sonoro gerado pelos navios é influenciado por uma combinação de tamanho da embarcação, tipo de motor e quantidade e velocidade de operação (Holt, 2008; Houghton *et al.*, 2015). Reine *et al.* (2014) mediram elevados níveis de intensidade produzidos por navios comerciais no porto de Nova York, sendo o maior valor obtido: 188.9 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1m.

Os sons de baixa frequência (abaixo de 200 Hz) são gerados pelos sistemas de propulsão (vibração do motor e do casco) (Hildebrand, 2009), enquanto que a maioria das frequências médias e altas (acima de cerca de 2 kHz) são provenientes da cavitação, um fenômeno que consiste na formação e explosão de bolhas de ar devido ao movimento acelerado das pás da hélice do motor (Evans *et al.*, 1992; Leaper *et al.*, 2014).

#### **5.1.4. Tráfego de Embarcações em Regiões Costeiras**

Enquanto que o tráfego de navios é a maior fonte global de ruído para os oceanos, quando se observa a nível regional os barcos de pesca (artesanal e industrial), balsas, recreacionais (jet-skis, lanchas, entre outros) e de turismo de observação de cetáceos são muitas vezes os principais causadores de impactos sobre as populações de mamíferos aquáticos costeiros (The Acoustic Ecology Institute, 2008).

O ruído gerado por embarcações de grande porte, por ser prioritariamente composto de frequências mais baixas, é bastante estudado em sua influência sobre a comunicação dos misticetos (*e.g.* Rossi-Santos, 2015). Já os barcos de menor porte, usualmente apresentam maior potencial em interromper atividades de alimentação, mascarar comunicação de espécies costeiras e geralmente causar mudanças comportamentais nesses animais (The Acoustic Ecology Institute, 2008).

O ruído da cavitação, fenômeno que ocorre nas hélices do motor, é o principal gerador das frequências médias e altas do ruído proveniente das

embarcações e é aumentado de acordo com a velocidade do motor, e conseqüentemente, com a velocidade da embarcação (Arveson & Vendittis 2000).

Este ruído apresenta grande variação nas frequências médias a altas, portanto tem o potencial de se sobrepor a sinais sonoros de várias espécies de Odontocetos (Bain & Dahlheim, 1994) e é um fator que têm se mostrado bastante importante nos níveis de ruídos em áreas costeiras. Um estudo recente para uma população de Orca (*Orcinus orca*) apontou a velocidade de navegação do barco como o fator mais importante na produção do ruído sonoro (Houghton *et al.*, 2015).

Outros estudos mostraram que o ambiente acústico costeiro chega a ter seus níveis de base aumentados entre 10 a 27 dB de intensidade na presença de barcos de menor porte (Erbe, 2002), sendo que algumas espécies precisam emitir seus sinais sonoros de 20 a 40 dB mais intensos do que esse ruído ambiental para conseguirem se comunicar (Holt, 2008).

#### **5.1.5. Atividades de Observação de Cetáceos**

Embarcações de turismo de observação de cetáceos, ou *whale watching*, representam um tráfego de barcos específico e que merece uma atenção especial, já que além do potencial impacto do barco em si (como descrito na seção anterior), existe também o risco relacionado à atividade turística, uma vez que esses barcos se aproximam e permanecem em áreas de uso de populações de cetáceos.

O turismo de observação de baleias e golfinhos é uma atividade em ascensão no mundo todo estando presente em mais de 500 localidades, muitas delas no Brasil (Hoyt, 2001). Representa atualmente uma importante fonte de renda para populações costeiras (Garrod & Wilson, 2002) apresentando também importância em outros aspectos que não só econômicos, mas sociais e ambientais, tais como: educação ambiental, auxílio à pesquisa e gestão costeira (Lück, 2015). Pode ser considerada como uma alternativa para a exploração não letal e solução econômica para a conservação dos cetáceos (Hoyt, 2001).

Apesar disso, há diversos estudos alertando sobre os impactos e efeitos negativos desse turismo sobre os animais, considerando potenciais efeitos a curto, médio e longo prazo na sobrevivência das espécies e então a efetiva sustentabilidade dessa atividade (e.g. Ritter, 2003; Stockin, 2008; Tosi & Ferreira, 2009; Parsons & Scarpaci, 2016). No âmbito da acústica, o aumento de embarcações visando a essa atividade ocasiona em um aumento nos ruídos produzidos e, portanto, em um ambiente acústico mais poluído (Popper & Hawkins, 2016).

Além disso, para atingir o sucesso, estas atividades na maioria dos casos ocorrem em locais de residência ou concentração destes animais, sendo que muitas vezes as áreas mais densamente ocupadas por cetáceos são as mais utilizadas para alimentação (Hastie *et al.*, 2004), como por exemplo na Praia da Pipa - RN (Figura 5).



Figura 5: Atividade de *whale watching* na enseada do Curral, Praia da Pipa, RN. (Foto: Fábio Pais, 2016).

Essa atividade turística nessas regiões acaba gerando um maior potencial impactante às espécies costeiras e com alto grau de fidelidade a essas áreas, como o boto-cinza, podendo causar mudanças comportamentais que afetam a distribuição e sobrevivência da população nessas regiões (Sheidat *et al.*, 2004; Carrera *et al.*, 2008; Popper & Hawkins, 2016).

A atividade de *whale watching* pode ser apontada, portanto, como uma perturbação aos animais marinhos (Coscarella *et al.*, 2003; Popper & Hawkins, 2016), sendo necessária maior atenção e controle das regulamentações da atividade e manejo nas áreas em que é realizada, uma vez que resultados positivos já foram apresentados em algumas localidades, como na Praia da Pipa em estudo apresentado por Tosi & Ferreira (2009).

Animais selvagens podem reagir de diferentes maneiras à presença humana. Estudos com cetáceos já indicaram que a atividade de *whale watching* apresenta diferentes respostas comportamentais dependendo da espécie observada (Scheidat *et al.*, 2004; Parsons & Rose, 2009) e da conduta dos mestres das embarcações. Sendo assim, a regulamentação dessa atividade deveria ser definida individualmente de acordo com a espécie alvo, levando a uma aproximação e conduta adequados à população utilizada, diminuindo as ameaças à ecologia dos animais em questão (Ritter, 2003).

#### **5.1.6. Obras Costeiras e Atividades Portuárias**

Dragagens são procedimentos realizados geralmente em obras próximas à costa, onde é necessário o aprofundamento dos canais de navegação (por exemplo: na entrada do estuário do Rio Caravelas) para que garanta a eficiência da instalação e operação de empreendimentos, tais como portos e marinas. Diversos impactos ambientais negativos são decorrentes dessa atividade, tais como: aumento da turbidez, resuspensão de poluentes, destruição de habitats, alteração da hidrodinâmica e da propagação do som, além de intensos ruídos sonoros durante a dragagem (Torres-Guijarro *et al.* 2013).

Um modelo de draga utilizado para fundos arenosos é a draga do tipo *Hopper*. Este tipo de draga gera ruídos provenientes das pás das hélices (cavitação), ruído do motor, bombas de sucção e geradores (Reine *et al.* 2014) (Figura 6).

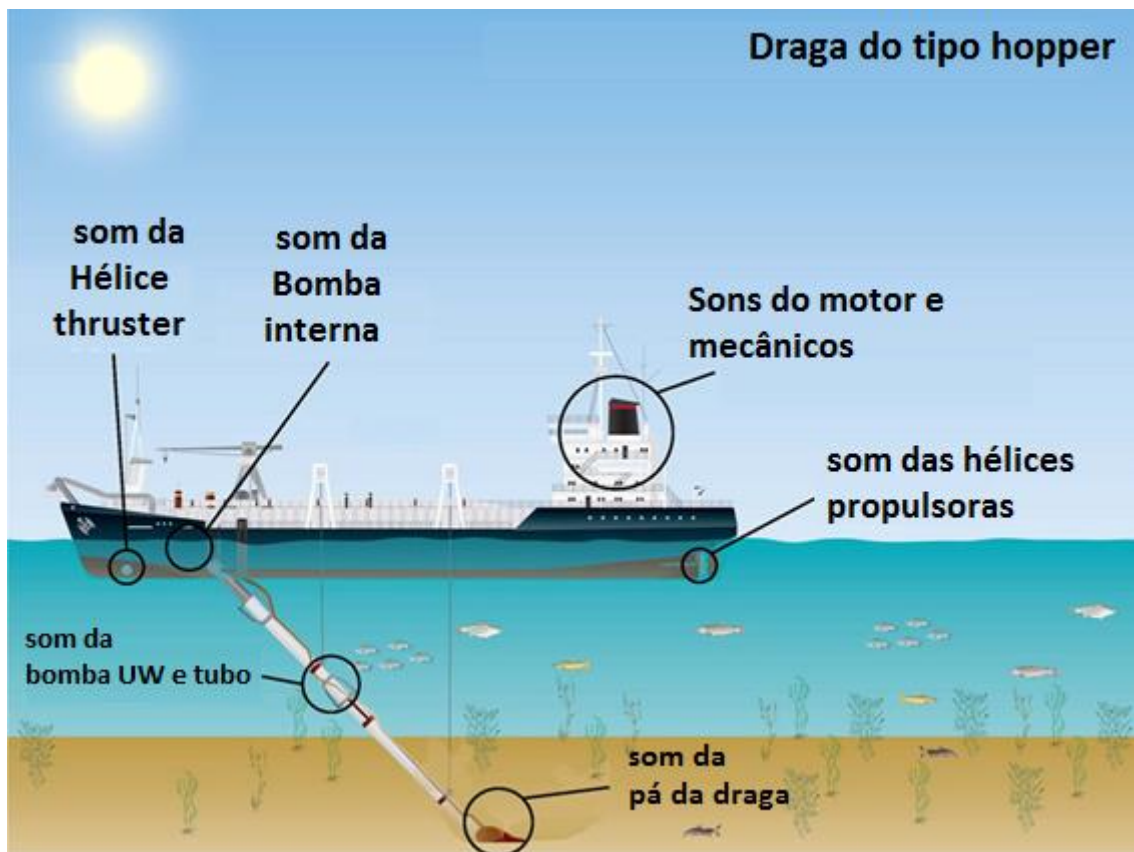


Figura 6. Fontes de ruídos decorrentes da atividade de dragagem. (Fonte: Figura adaptada de Reine *et al.*, 2014).

Alguns estudos com cetáceos já foram conduzidos no intuito de descrever os impactos por atividades industriais e de dragagem e evidências de abandono de áreas foram registradas para algumas espécies (e.g. Glockner-Ferrari & Ferrari, 1985; Richardson *et al.*, 1987; Gordon & Moscrop, 1996)

### 5.1.7. Operações Sísmicas e Petrolíferas

Na costa brasileira já foram registrados dados de ruídos provenientes de plataformas de petróleo com frequências variando de 5 Hz a 48 kHz, ou seja,

grande amplitude de frequência que como consequência tem o potencial de mascarar sinais acústicos de inúmeras espécies (Rossi-Santos, 2015).

As respostas comportamentais de cetáceos aos ruídos provenientes de atividade sísmica podem ocorrer à maiores distâncias do que as das medidas mitigatórias aplicadas para a atividade. Existem relatos de evasão de área tanto para espécies de mysticetos quanto para odontocetos, incluindo animais que utilizam áreas de grandes profundidades e também animais pelágicos e costeiros (Castellote & Llorens, 2016).

Os ruídos gerados pela sísmica geralmente ocorrem em oceano aberto, ocasionando fuga de animais para regiões de menores profundidades, podendo ocorrer encalhes, ou então os animais podem apresentar mudanças nos comportamentos de mergulho profundo, levando a danos nos tecidos, também relacionados a encalhes (Fernández *et al.*, 2004).

#### **5.1.8. Efeitos dos Ruídos Antropogênicos**

Na última década houve um aumento nos estudos sobre esses ruídos antropogênicos nos oceanos e seus impactos sobre a ecologia de cetáceos em seus habitats naturais. O assunto foi amplamente discutido nos últimos anos sugerindo que geralmente ocorre alteração na habilidade de comunicação (Branstetter & Finneran, 2008). Essa alteração na capacidade de comunicação pode gerar, conseqüentemente, potenciais impactos de diversas magnitudes sobre os animais, que podem ter basicamente caráter comportamental, acústico e/ou fisiológico (Nowacek *et al.*, 2007), podendo ser divididos também em efeitos de curto a longo prazo e, em casos extremos, fatalidades.



Em estudo sobre as reações de cetáceos a ruídos antropogênicos, Nowacek *et al.* (2007) caracterizaram os efeitos para cada caráter citado acima. Os efeitos de caráter comportamental incluem mudanças nos padrões de respiração, mergulho e subida à superfície e alimentação (Weilgart, 2007). Respostas de caráter acústico-comportamental incluem mudanças na modulação da frequência, frequência máxima do sinal, tempo de duração e repetição das emissões sonoras de acordo com a fonte do ruído (May-Collado & Wartzok, 2008). E em relação aos efeitos fisiológicos estão as alterações permanentes (PTS) ou temporárias (TTS) dos limiares de audição pelo sistema auditivo (Ketten, 2004), variação da taxa cardíaca (Lyamin *et al.*, 2015) e o estresse (Wright *et al.*, 2007).

Os efeitos de curto prazo (como alterações fisiológicas e comportamentais) são mais facilmente identificados e registrados, ao passo que os efeitos de longo prazo (mudança de padrões comportamentais ou de habitat) são mais difíceis de serem medidos e avaliados (Nowacek *et al.*, 2001, 2007).

Mudanças nos padrões comportamentais de cetáceos já foram amplamente documentadas especialmente como consequência do tráfego e ruídos de embarcações. Os principais efeitos sobre espécies de golfinhos são: evitar a área em que os barcos estão presentes (Watkins, 1986; Janik & Thompson, 1996; Nowacek *et al.*, 2007; Filla & Monteiro-Filho, 2009), aumento na velocidade de natação (Nowacek *et al.*, 2001; Erbe, 2002; Jahoda *et al.*, 2003), mudança na direção do nado (Nowacek *et al.*, 2001; Lemon *et al.*, 2006; Filla & Monteiro-Filho, 2009), mudanças no comportamento (Stockin *et al.*, 2008; Pirodda *et al.*, 2015), alterações na composição do grupo social (Bejder *et*

*al.*, 1999; Filla & Monteiro-Filho, 2009), diminuição das distâncias entre os indivíduos (Nowacek *et al.*, 2001; Valle & Melo, 2006; Tosi & Ferreira, 2009), alterações na taxa respiratória (Janik & Thompson, 1996; Jahoda *et al.*, 2003; Filla & Monteiro-Filho, 2009) e alterações no sincronismo de respirações (Hastie *et al.*, 2003; Tosi & Ferreira, 2009).

No Mississippi (EUA), pesquisadores observaram que golfinhos nariz-de-garrafa na presença de jet-skis tiveram seus comportamentos modificados em curto espaço de tempo (menos de um minuto), sugerindo que o aumento na frequência de uso desses jet-skis nesse ambiente pode vir a gerar consequências a longo prazo para essa população de golfinhos (Miller *et al.*, 2008).

Alterações de caráter acústico estão intrinsicamente associadas ao fenômeno do mascaramento, quando o ruído antropogênico se sobrepõe aos sinais sonoros dos animais em relação às suas características físicas, como frequência e intensidade. Segundo Bain & Dahlheim (1994), ruídos gerados por atividades humanas podem mascarar os sinais emitidos pelos animais, forçando-os a gastar mais energia para se comunicar. Desta forma, segundo revisão feita por Tyack & Janik (2013), para maior eficiência em superar os ruídos do ambiente os cetáceos podem alterar a intensidade dos sinais emitidos, frequências, duração e repetição dos seus sinais.

Oliveira (2007) documentou uma frase de um pescador de Cananéia (SP) responsável por pesca de cerco fixo na Baía de Trapandé, área de maior ocorrência do boto-cinza no estuário de Cananéia, descrevendo alterações na

emissão dos sinais sonoros pelos animais na presença de embarcações e em atividades de pesca:

*“Ele tem um som, tipo quando mergulha no cerco dá pra ouvir né, direto! (...) Tem hora que acelera assim, como se tivesse conversando rápido, tem hora que fica calmo só uns ruído fraquinho (...) algum perigo talvez, geralmente quando tá passando barco percebi que aumenta o som (...) com cardume ele aumenta um pouco, tô direto quase todo dia mergulho no cerco então fico ouvindo né, tem hora que fica só um assobio fraquinho, geralmente quando tá só ele sozinho quase num escuta nada, se tem algum por perto daí já vira sintonia”*

Alguns autores afirmam que há ocorrência de habituação e/ou aclimatação, referindo-se à habilidade do organismo em alterar a percepção de um perigo através da experiência, ocorrendo então redução na resposta comportamental ao longo do tempo (Weilgart, 2007; Wright & Kuczaj, 2007). Porém outros autores acreditam que pode ser um engano afirmar que há aclimatação somente pela constatação da diminuição de respostas comportamentais (Wright *et al.*, 2007).

De qualquer forma, alteração comportamental foi observada em *Sotalia guianensis* por Pereira *et al.* (2007) na Baía Norte - SC, onde em um período de 10 anos em contato com barcos de turismo a reação mudou de negativa para neutra. Foi constatada também redução de respostas comportamentais por Izidoro & Le Pendu (2012) na região sul do Estado da Bahia (Porto de Ilhéus), onde foi descrito imparcialidade dos boto-cinza com as aproximações dos barcos.

Respostas comportamentais como observadas nestes casos potencialmente expõem os indivíduos a lesões físicas como, por exemplo, cortes, danos auditivos e acidentes com redes de pesca (Southall, 2004; Zappes *et al.*, 2010).

Ainda assim, é bastante provável que os animais aquáticos estejam sujeitos a elevados níveis de estresse na presença de ruídos sonoros, mesmo quando demonstrarem mudança comportamental mínima (Wright & Highfill, 2007), assim como a aparente tolerância aos ruídos não implica em não ocasionar impactos a longo prazo nos animais e populações (Weilgart, 2007).

Clark *et al.* (2009) ressaltaram que os animais estão submetidos a fontes sonoras cada vez menos dinâmicas, de maior amplitude de frequências e com nível de base em constante crescimento num panorama de ambiente marinho moderno. Na perspectiva animal, são habitats acústicos consideravelmente diferentes e mais difíceis de se comunicar em comparação com o ambiente em que ocorreu sua evolução ecológica.

Ilustrando essa questão, Rossi-Santos & Oliveira (2016) apresentaram figuras de espectrogramas mostrando diferentes ambientes acústicos, um com nível de base relativamente silencioso, um com ruídos antropogênicos e um com a presença de um boto-cinza assobiando, respectivamente (Figuras 7, 8 e 9).

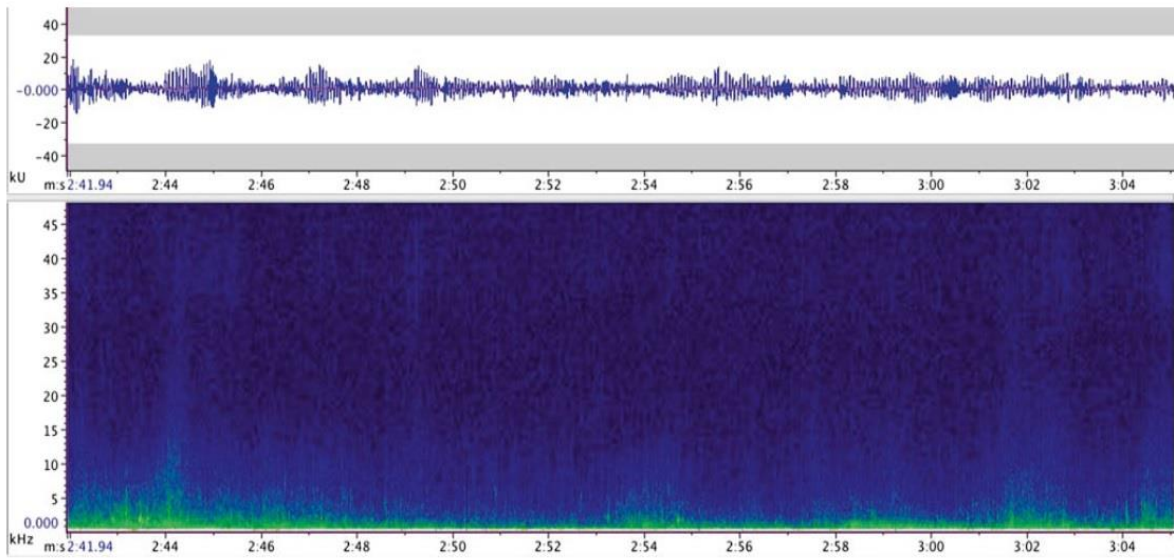


Figura 7. Ambiente silencioso no Banco dos Abrolhos, Bahia. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).

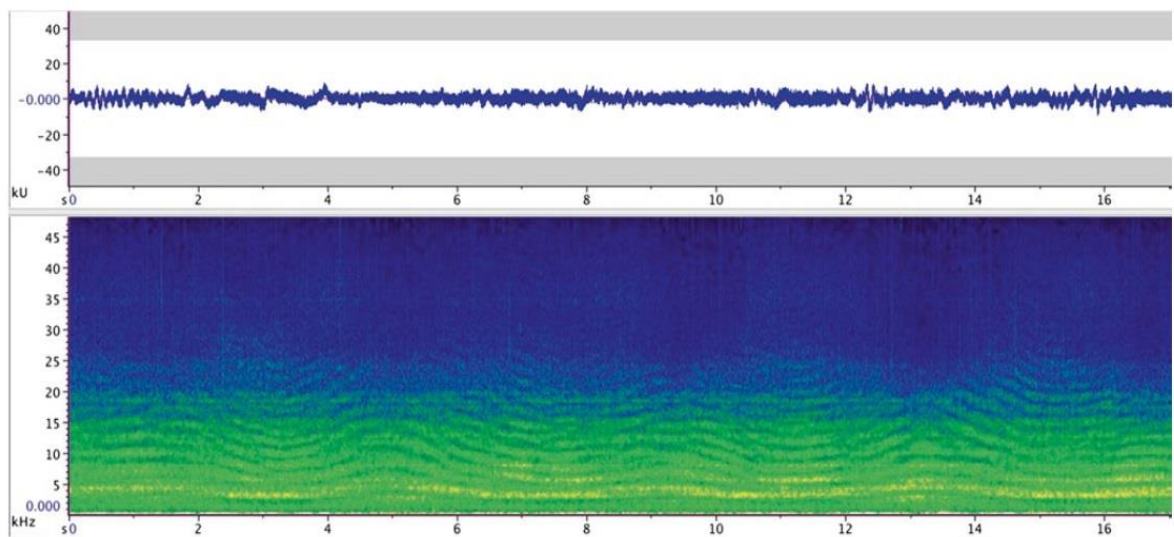


Figura 8. Ambiente acústico ao redor de uma plataforma de petróleo executando perfuração de poço na Bahia. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).

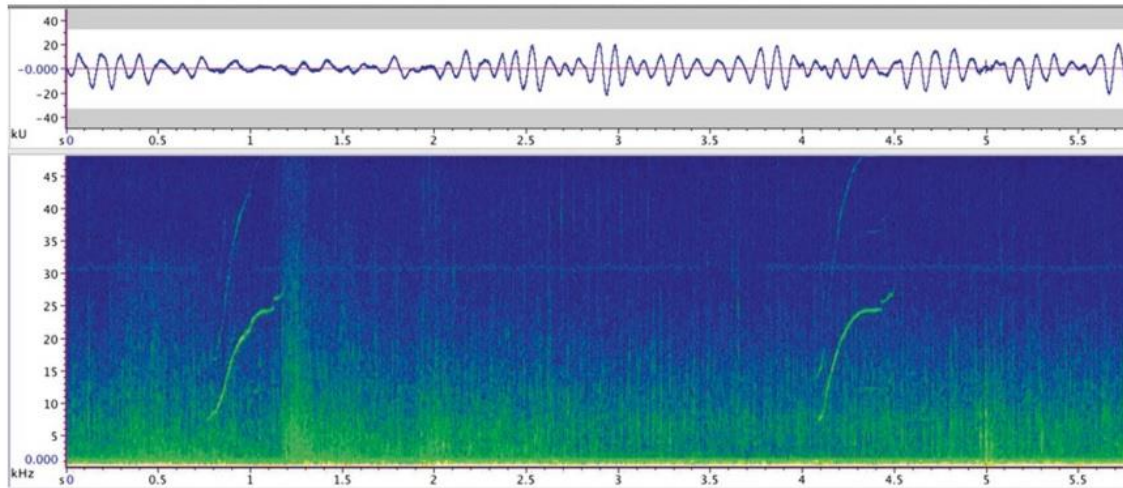


Figura 9. Assobios de um indivíduo da espécie *Sotalia guianensis* no nordeste brasileiro. (Fonte: Rossi-Santos & Oliveira, 2016).

As Figuras 7 e 8 exemplificam dois locais no estado da Bahia com ambientes acústicos completamente diferentes, sendo que a Figura 7 representa o espectrograma de um ambiente sem ruídos no Banco dos Abrolhos enquanto que na Figura 8 é representado um ambiente com ruídos nas proximidades de uma plataforma de petróleo durante execução de uma perfuração na plataforma continental.

Já a Figura 9 representa o espectrograma de um assobio emitido por um indivíduo da espécie *Sotalia guianensis*. Quando se compara a amplitude de frequências do ruído antropogênico na Figura 8, com os sons emitidos pelo animal na Figura 9 é possível observar a sobreposição de seus nichos acústicos, o que indica um potencial impacto sobre a efetividade da comunicação do animal em questão.

### 5.1.9. Repertório Acústico do *S. guianensis*

Os odontocetos desenvolveram um sofisticado sistema de biosonar que captam informações precisas até mesmo em ambientes sem luz, situação na qual não seria possível por um sistema normal de visão, pois os sinais emitidos (pelo sistema de produção de sons) penetram e atravessam objetos ocasionando reflexões, as quais são captadas por eles novamente (sistema receptor) e assim as informações são processadas e interpretadas pelo sistema nervoso central (Ary *et al.*, 2016).

Recentemente foi descoberto que durante a evolução desses animais, as vibrissas, localizadas no rosto dos golfinhos, foram transformadas no que diz respeito a sua funcionalidade de, originalmente, um sistema de receptores mecânicos a um sistema de receptores elétricos, possibilitando a esses animais uma melhor detecção de presas e percepção do ambiente (Czech-Damal *et al.*, 2012).

Assim como outras espécies de golfinhos, *Sotalia guianensis* apresenta um repertório acústico, ou seja, os sons produzidos, comumente divididos em três categorias (Richardson *et al.*, 1995): assobios, sons pulsados (cliques/estalos para ecolocalização) e gritos (podendo conter os gargarejos) (Norris *et al.*, 1994; Monteiro-Filho & Monteiro, 2001; Rossi-Santos *et al.*, 2008).

Os assobios já foram registrados em diversos estudos realizados ao redor da costa brasileira, podendo possuir alguns harmônicos e com valores de frequência variando de 1,05 kHz (Deconto & Monteiro-Filho, 2016) com registros até 66,7 kHz (Andrade *et al.*, 2015) (Figura 10 a, b), já tendo sido

registrados harmônicos com frequências de até 136 kHz (May-Collado & Wartzok, 2009).

Alguns estudos indicam que o comportamento dos animais e tamanho do grupo social pode interferir nos parâmetros dos assobios (Erber & Simão, 2004) e são associados a comportamentos sociais, para manter contato sonoro ou físico entre os golfinhos (Tyack, 1991; Andrade *et al.*, 2015), permitindo coesão do grupo e reconhecimento individual (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001; Figueiredo & Simão, 2009), sendo considerado portanto sons sociais (Caldwell & Caldwell, 1968; Sayigh *et al.*, 1990; Smolker *et al.*, 1993).

Os gritos, ou chamados, são sons tonais e apresentam uma grande variação nos parâmetros de frequência, duração e intensidade, sempre ocorrendo com harmônicos (Figura 10 c, d). Já foram descritos parâmetros de frequência desses sons entre 0,7 kHz e 5 kHz, com duração variando entre 0,02 e 0,9 s (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001). Assim como os assobios, estão associados com a comunicação social, mas geralmente emitidas quando estão em grupos (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001).

Outra emissão sonora já registrada, denominada de gargarejos, é similar aos gritos pulsados e, portanto, classificada por alguns autores na mesma categoria destes (Figura 10 e) (Monteiro-Filho & Monteiro, 2008). Os gargarejos são caracterizados por uma nota longa e de baixa frequência, por volta de 0,3 kHz, contendo 2 harmônicos e duração média de 3 s, podendo chegar a 20 s (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001). Esses sons foram associados a grupos contendo filhotes em interações em águas mais rasas.



Já os cliques ou estalos, estão relacionados basicamente com a navegação e detecção de presas, sendo emissões de ecolocalização (e.g. Kellogg *et al.*, 1953; Kellogg, 1958; Pilleri, 1990). São caracterizados por uma seqüência de sons pulsados com amplitude de frequências já registrados variando de 0,1 kHz a 43,62 kHz (Deconto & Monteiro-Filho, 2016) (Figura 10 f), tendo sido descritos com maior ocorrência em momentos de pesca pelos golfinhos (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001).

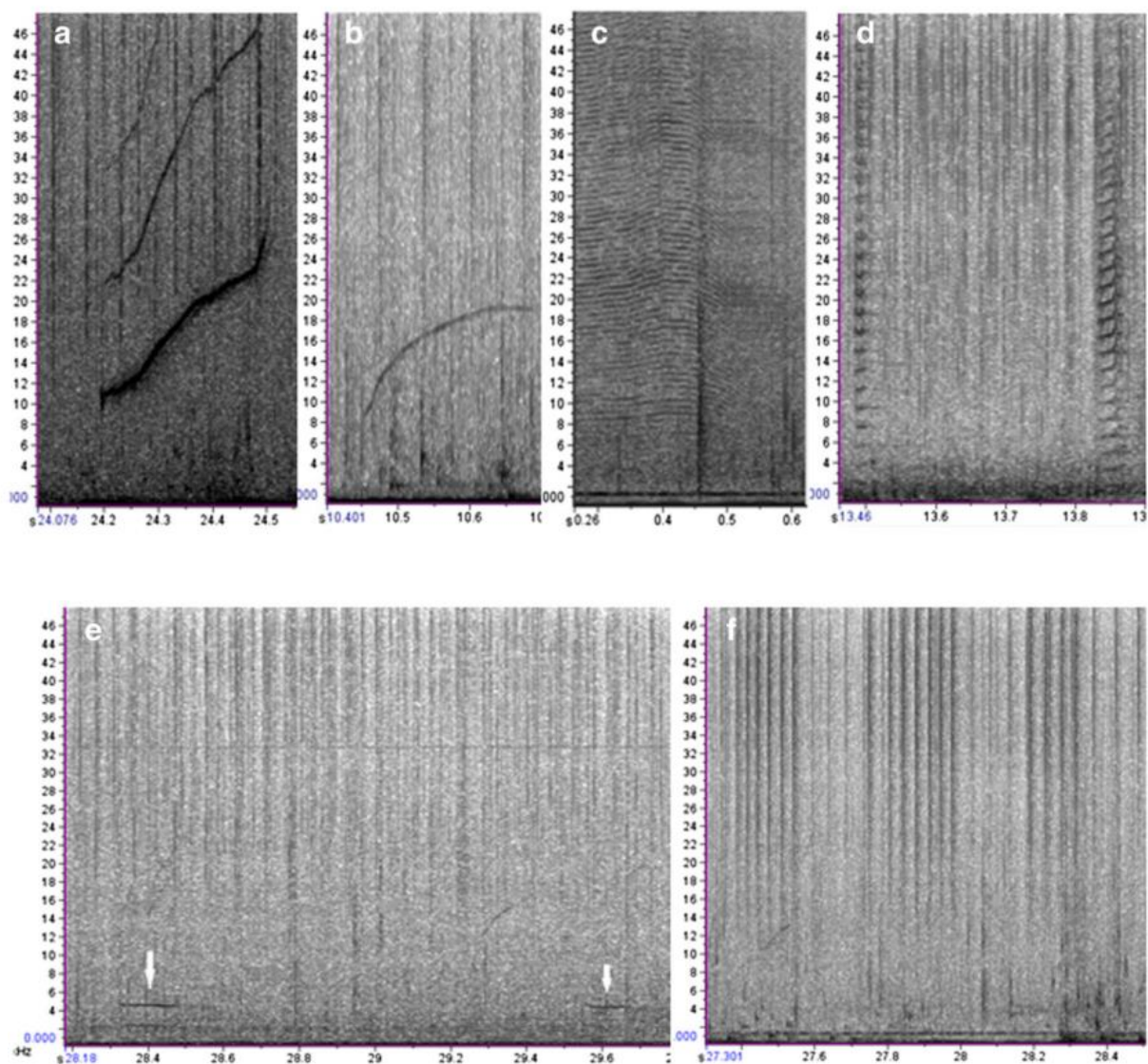


Figura 10: Exemplos de assobios (a,b), gritos (c,d), gargarejo (e) e cliques ou estalos (f). Eixo y: frequência (kHz), eixo X: duração (s). (Fonte: Deconto & Monteiro-Filho, 2016).

As amplitudes de frequência mais recentes para os assobios do *S. guianensis* ao longo de sua distribuição no Oceano Atlântico Sul (em diversas localidades na costa brasileira e também em Costa Rica e Venezuela) encontra-se sintetizado na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Estudos recentes descrevendo a amplitude de frequência dos assobios do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) ao longo da sua distribuição ao longo do Brasil e também na Costa Rica e Venezuela.

<b>Assobios <i>S. guianensis</i></b>	<b>Cananéia (SP)</b>	<b>Baía de Guanabara (RJ)</b>	<b>Baía de Sepetiba (RJ)</b>	<b>Baía de Paraty (RJ)</b>	<b>Caravelas (BA)</b>	<b>Praia da Pipa (RN)</b>	<b>COSTA RICA</b>	<b>VENEZUELA</b>
<b>Freq. Máxima (kHz)</b>	46,8	66,7	44,9	42,84	24	47,5	48,4	20,88
<b>Freq. Mínima (kHz)</b>	1,05	1,7	1,87	1,03	1,39	0,42	1,4	5,31
<b>Referência</b>	Deconto & Monteiro-Filho, 2013; 2016	Andrade <i>et al.</i> , 2015	Andrade <i>et al.</i> , 2014	Andrade <i>et al.</i> , 2014	Garcia, 2009	Martins <i>et al.</i> , 2016; Albuquerque & Souto, 2013	May-Collado, 2013	Barrios-Garrido <i>et al.</i> , 2016

Os valores mais baixos da frequência máxima em Caravelas (BA) e na Venezuela são justificados pelos autores como possivelmente uma limitação dos aparelhos utilizados para gravação, com respostas de até 24 kHz.

Durante atividades de pesca há evidências de emissão de complexas composições intercalando os tipos de sons descritos acima resultando em possíveis frases (Figura 11), uma vez que não foi observada ocorrência em presença de golfinho solitário (Monteiro-Filho & Monteiro, 2001).

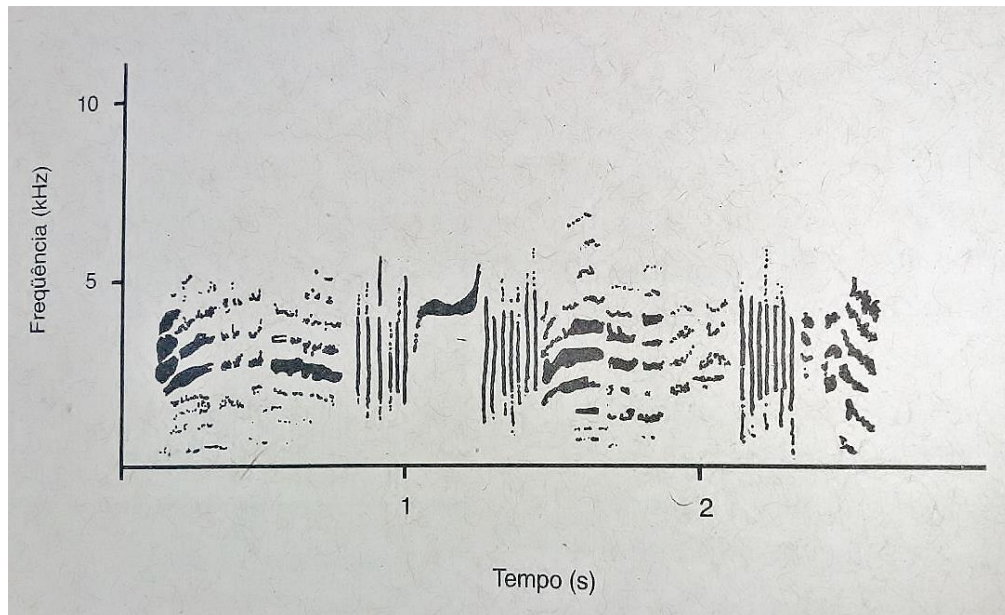


Figura 11. Exemplo de composição de frase emitida pelo *Sotalia guianensis* (Fonte: Monteiro-Filho & Monteiro, 2008).

Existem evidências também de assobios individuais para a espécie *Sotalia guianensis*, equivalendo a uma “assinatura acústica”, uma vez que tipos específicos de assobios seriam produzidos por cada animal, podendo ser utilizados para identificação individual (Figueiredo & Simão, 2009; Lima & Le Pendu, 2014).

A melhor faixa de sensibilidade auditiva desta espécie descrita ocorre entre 64 e 105 kHz (Sauerland & Dehnhardt, 1998).

## 5.2. Descrição do Repertório Acústico no Litoral Brasileiro

### 5.2.1. Estuário de Cananéia

Foram gravados sinais acústicos entre os anos de 2005 e 2008 (Emygdio L.A. Monteiro-Filho) descrevendo o repertório acústico do boto-cinza (assobios, Tabela 2 e sons pulsados, Tabela 3) e também barcos de pesca (motor a diesel) e barcos de turismo (motor a diesel e gasolina) (Tabela 8). Neste estudo os cliques (ou estalos) e gritos foram classificados juntamente como sons pulsados.

Tabela 2: Frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração dos **assobios** do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, no estuário de Cananéia, São Paulo, Brasil.

	Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Delta Freq. (kHz)	Duração (s)
<b>Mín. - Máx.</b>	4,6 – 12,4	8,5 – 19,9	4,7 – 12,6	8,5 – 19,9	3,9 - 15,2	0,038 – 0,476
<b>Média</b>	8,2	16,4	8,5	16,3	-	0,231

Tabela 3: Frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos **sons pulsados** do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, no estuário de Cananéia, São Paulo, Brasil.

Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Média (kHz)	Duração média(s)	Nº Mín. e Máx. de harmônicos
0,42	5,00	3,00	0,1 – 2,1	1 - 15

Os resultados das gravações em Cananéia mostraram valores de assobios variando frequências entre 4,6 e 19,9 kHz e duração entre 0,038 a 0,476 segundos. A amplitude dos sons pulsados foi entre 0,42 e 5 kHz com duração entre 0,1 a 2,1 segundos e apresentando de 1 a 15 harmônicos.

### 5.2.2. Estuário de Caravelas

Foram gravadas 10 horas de sinais sonoros, entre os anos de 2005 e 2008 (Garcia, 2009), de boto-cinza e barcos de pesca artesanais (motor a diesel), barcos de turismo (motor a gasolina), navios-barcaça de transporte de madeira (eucaliptos) e navio de dragagem.

A Tabela 4 mostra os valores dos parâmetros medidos dos assobios de boto-cinza, enquanto que a Tabela 5 mostra os valores dos parâmetros medidos dos sons pulsados. Dados dos navios-barcaças de transporte de madeira (eucaliptos) e navio de dragagem, assim como dos barcos menores estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 4: Frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração dos **assobios** do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, no estuário de Caravelas, Bahia, Brasil.

	Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Delta Freq. (kHz)	Duração (s)
<b>Mín. - Máx.</b>	2,5 – 14,3	10,4 – 24,0	3,7 – 23,3	2,5 – 24,0	0,6 – 18,4	0,032 – 0,564
<b>Média</b>	10,1	17,2	10,1	16,8	7,1	0,265

Tabela 5: Frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos **sons pulsados** do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, no estuário de Caravelas, Bahia, Brasil.

Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Média (kHz)	Duração média(s)	Nº Mín. e Máx. de harmônicos
0,18	24,00	6,65	0,11	1 - 38

Os resultados das gravações em Caravelas indicaram valores de assobios variando frequências entre 2,5 e 24 kHz e duração entre 0,032 a 0,564 segundos. A amplitude dos sons pulsados foi entre 0,18 e 24 kHz com duração média de 0,11 segundos e apresentando de 1 a 38 harmônicos.

### 5.2.3. Praia da Pipa

Foram gravadas 15 horas de sinais sonoros durante 5 cruzeiros em abril de 2009 (Martins, 2010). Dentre os sinais gravados, foram registrados os sons emitidos pelos botos-cinza (Tabela 6 assobios e Tabela 7 sons pulsados), sons de cinco barcos de turismo de fibra (20 pés com motores externos à gasolina de 40 - 50 Hp), duas escunas de turismo de madeira (motores internos à diesel de 250 Hp) e também uma bomba d'água que usada para levar água do mar para a manutenção de uma piscina de água salgada de um resort (Tabela 8).

Tabela 6: Frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração dos **assobios** do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, na Praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil.

	Freq. Mín (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Delta Freq. (kHz)	Duração (s)
<b>Mín. - Máx.</b>	5,6 – 11,9	10,5 – 18,4	5,6 – 15,6	10,5 – 18,4	4,9 – 12,8	0,056 - 0,680
<b>Média</b>	8,6	15,7	9,7	16,4	-	0,315

Tabela 7: Frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos **sons pulsados** do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, na Praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil.

Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Média (kHz)	Duração média (s)	Nº Mín. e Máx. de harmônicos
0,78	17,20	0,98	0,20	3 - 24

Os resultados das gravações na Praia da Pipa indicaram valores de assobios variando frequências entre 5,6 e 18,4 kHz e duração entre 0,056 a 0,680 segundos. A amplitude dos sons pulsados foi entre 0,78 e 17,20 kHz com duração média de 0,20 segundos e apresentando de 3 a 24 harmônicos.

#### 5.2.4. Ruídos Antropogênicos

Os sons dos barcos (motores a diesel e a gasolina) das três regiões foram agrupados a fim de obter a amplitude de valores (frequências e intensidades) desses impactos para comparação. Os valores mínimos e máximos das frequências (kHz), assim como os valores de intensidade (dB, *Signal-to-Noise Ratio*, SNR) de todas as atividades antrópicas gravadas são apresentados na Tabela 8. O uso de SNR indica a intensidade dos sons, sendo uma taxa de decibéis relativa aos ruídos do ambiente, quando o hidrofone utilizado não é calibrado (hidrofone de referência).

Tabela 8: Valores de frequência máximas e mínimas e intensidade (dB, SNR) máximas e mínimas para os **ruídos antropogênicos** referentes ao Estuário de Cananéia (CAN), Estuário de Caravelas (CVL) e à Praia da Pipa (PIP).

Fonte	Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Intensidade Mín. (dB, SNR)	Intensidade Máx. (dB, SNR)
<b>Barcos a diesel (CAN; CVL; PIP)</b>	0,38	35,71	19	95
<b>Barcos a gasolina (CAN; CVL; PIP)</b>	0,84	46,80	07	90
<b>Navios-barcaças (CVL)</b>	0,02	20,00	70	104
<b>Dragagem (CVL)</b>	0,15	17,30	80	105
<b>Bomba d'água (PIP)</b>	1,84	8,14	75	99

As maiores intensidades foram decorrentes da atividade de dragagem (105 dB, SNR) e dos navios-barcaça (104 dB, SNR), ambos registrados no Estuário de Caravelas. A bomba d'água na Praia da Pipa era ligada todos os dias no final da tarde e gerou ruídos de 1,84 a 8,14 kHz e intensidades de 75,5 a 99,1 dB (SNR), apresentando nível de intensidade elevado, seguidos dos barcos a diesel (95 dB, SNR) e a gasolina (90 dB, SNR), respectivamente.

Em relação às frequências dos ruídos sonoros, os barcos de pequeno porte a gasolina emitiram as maiores frequências, chegando a 46,8 kHz, seguido dos barcos a diesel (35,71 kHz) enquanto que as outras fontes de ruídos tiveram frequências máximas consideravelmente menores: 20 kHz (navios-barcaça), 17,30 kHz (dragagem) e 8,14 (bomba d'água).

Com base nos dados apresentados acima, foi gerado um gráfico de barras (Figura 12) com finalidade de melhor visualizar e comparar as amplitudes de frequências emitidas pelas atividades antrópicas e o repertório dos botos-cinza, no qual foi considerado o menor e maior valor dos assobios e sons pulsados entre as três localidades estudadas.



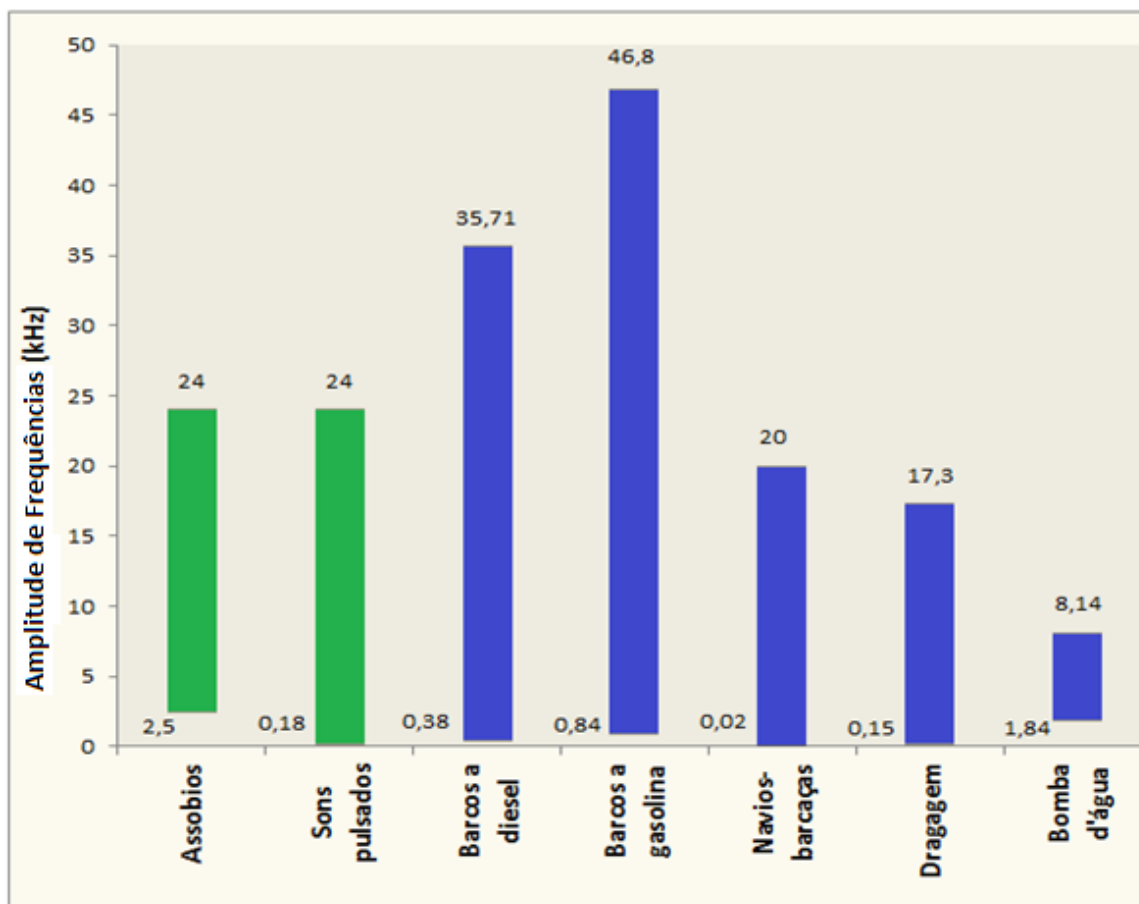


Figura 12: Valores da amplitude de frequências máximas e mínimas comparando graficamente os ruídos antropogênicos com o repertório do *S. guianensis* nos três locais estudados.

A imagem acima evidencia a sobreposição das amplitudes de frequências emitidas pelas atividades antrópicas e pelos botos-cinza. Os sons biológicos (barras verde) estão totalmente dentro da amplitude de frequências dos ruídos antropogênicos (barras azuis).

#### 5.2.5. Comparações do Repertório do *S. guianensis*

De modo a ter uma melhor visualização do repertório acústico das três populações de boto-cinza analisadas, os assobios e sons pulsados foram agrupados nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Tabela 9: Valores de frequência mínima, máxima, inicial, final e delta e duração para os **assobios** das populações de *Sotalia guianensis* referentes ao Estuário de Cananéia (CAN), Estuário de Caravelas (CVL) e à Praia da Pipa (PIP).

Assobios	Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Delta Freq.	Duração (s)	
CAN	Mín.-Máx.	4,6 - 12,4	8,5 - 19,9	4,7 - 12,6	8,5 - 19,9	Ø - 15,2	0,038 - 0,476
	Média	8,2	16,4	8,5	16,3	-	0,231
CVL	Mín.-Máx.	2,5 - 14,3	10,4 - 24,0	3,7 - 23,3	2,5 - 24,0	0,6 - 18,4	0,032 - 0,564
	Média	10,1	17,2	10,1	16,8	7,1	0,265
PIP	Mín.-Máx.	5,6 - 11,9	10,5 - 18,4	5,6 - 15,6	10,5 - 18,4	Ø - 12,8	0,056 - 0,680
	Média	8,6	15,7	9,7	16,4	-	0,315

Tabela 10: Valores de frequência mínima, máxima e média, duração média e número mínimo e máximo de harmônicos dos **sons pulsados** das populações de *Sotalia guianensis* referentes ao Estuário de Cananéia (CAN), Estuário de Caravelas (CVL) e à Praia da Pipa (PIP).

Sons pulsados	Freq. Mín. (kHz)	Freq. Máx. (kHz)	Média (kHz)	Duração Média (s)	Nº mín. e máx. de Harmônicos
CAN	0,42	5,00	3,00	0,1 - 2,1	1 - 15
CVL	0,18	24,00	6,65	0,12	1 - 38
PIP	0,78	17,20	0,98	0,20	3 - 24

Em relação aos assobios do *S. guianensis* os valores das três populações mostraram-se semelhantes no geral, porém com algumas pequenas individualidades, como por exemplo, a amplitude das frequências mínimas descritas em Caravelas (2,5 kHz) ser maior do que de Cananéia (4,6

kHz) e de Pipa (5,6 kHz), assim como a maior frequência também ter sido registrada nesse local (24 kHz).

Já os sinais acústicos referentes aos sons pulsados apresentaram maiores variações entre as três populações, ainda que similares. As maiores amplitudes de frequências mínima e máxima, assim como para os assobios, foram registradas em Caravelas (0,18 - 24 kHz), que também apresentou o maior número de harmônicos (38 harmônicos). A frequência mínima de maior valor ocorreu na Praia da Pipa (0,78 kHz), com número mínimo de harmônicos superior que as outras regiões também (3 harmônicos).

## **6. DISCUSSÃO**

O presente estudo teve como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a ecologia acústica do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e os impactos sonoros a que eles estão sujeitos, trazendo também uma descrição do repertório acústico de três populações da espécie ao longo do litoral brasileiro e dos ruídos provocados por atividades antrópicas nessas áreas, colaborando para a conservação da espécie no Brasil.

Os ruídos gerados por atividades humanas estão associados a diversos impactos às populações de cetáceos ao redor do mundo. Ecossistemas costeiros já apresentam inúmeras ameaças como, por exemplo, poluição das águas, sobre-exploração dos recursos naturais, aumento no tráfego de embarcações comerciais e recreacionais e mudança climática (De Fontaubert *et al.*, 1996).

A interação dessas ameaças em conjunto com a exposição contínua a ruídos sonoros antropogênicos, apresenta grandes riscos às espécies de cetáceos que habitam e utilizam essas áreas costeiras, particularmente ainda mais alarmantes para as populações de animais que já se apresentam com status de classificação como vulneráveis e/ou ameaçadas (Perry, 1998), como é o caso do *Sotalia guianensis*, no Brasil.

Por meio da comparação dos sons emitidos pelo boto-cinza nas três áreas amostradas com os ruídos antropogênicos (Figura 12), pôde-se constatar sobreposição da amplitude de frequência nas três populações estudadas, indicando um provável mascaramento dos sinais acústicos dessa espécie pelas atividades humanas.

Em todas as regiões ruídos sonoros provenientes do tráfego de embarcações pequenas foram gravados, os quais tiveram as mais altas frequências (46,80 kHz) geradas por embarcações com motor externo de popa movido a gasolina, com intensidades por sua vez menores (90 dB, SNR), enquanto que as frequências mais baixas foram registradas com o uso de motor interno de centro movido a diesel (35,71 kHz), apresentando maiores intensidades (95 dB, SNR).

Uma hipótese para essa diferença entre os motores é que o motor a diesel por ser interno gera menos vibração direta na água e menor quantidade de bolhas pelas pás das hélices, gerando ruídos de menores intensidades em frequências mais baixas (Seppänen & Nieminen, 2004). Outra justificativa é devido ao número de rotações por minuto da hélice em motores internos ser

menor do que em motores externos, gerando menos ruídos e possivelmente menos impacto para a vida aquática (Martins *et al.*, 2016).

Rezende (2008) observou diferentes reações dos botos-cinza em relação aos barcos na região de Cananéia, sendo que em aproximações de barcos de madeira com motor a diesel, os animais apresentaram comportamento de esquiva acústica (diminuição da taxa de emissão de sinais como uma possível forma de evitar o mascaramento) em apenas 1,4% das vezes, ao passo que em 100% dos encontros dos animais com embarcações de alumínio e motor a gasolina esse comportamento de esquiva foi registrado.

Portanto, pode-se sugerir que motores internos a diesel sejam relativamente menos impactantes aos botos-cinza, principalmente pelo fato de esses animais poderem alterar seus sinais para frequências mais altas e apresentarem menor sensibilidade auditiva a baixas frequências (Martins *et al.*, 2016).

O gráfico abaixo (Figura 13) compara os dados da Tabela 1, referente à amplitude de frequências dos assobios de oito populações de *Sotalia guianensis*, com a amplitude de frequências dos ruídos antropogênicos avaliados neste estudo, acrescido de valores obtidos por atividade de *whale watching* (Hildebrand *et al.*, 2006).

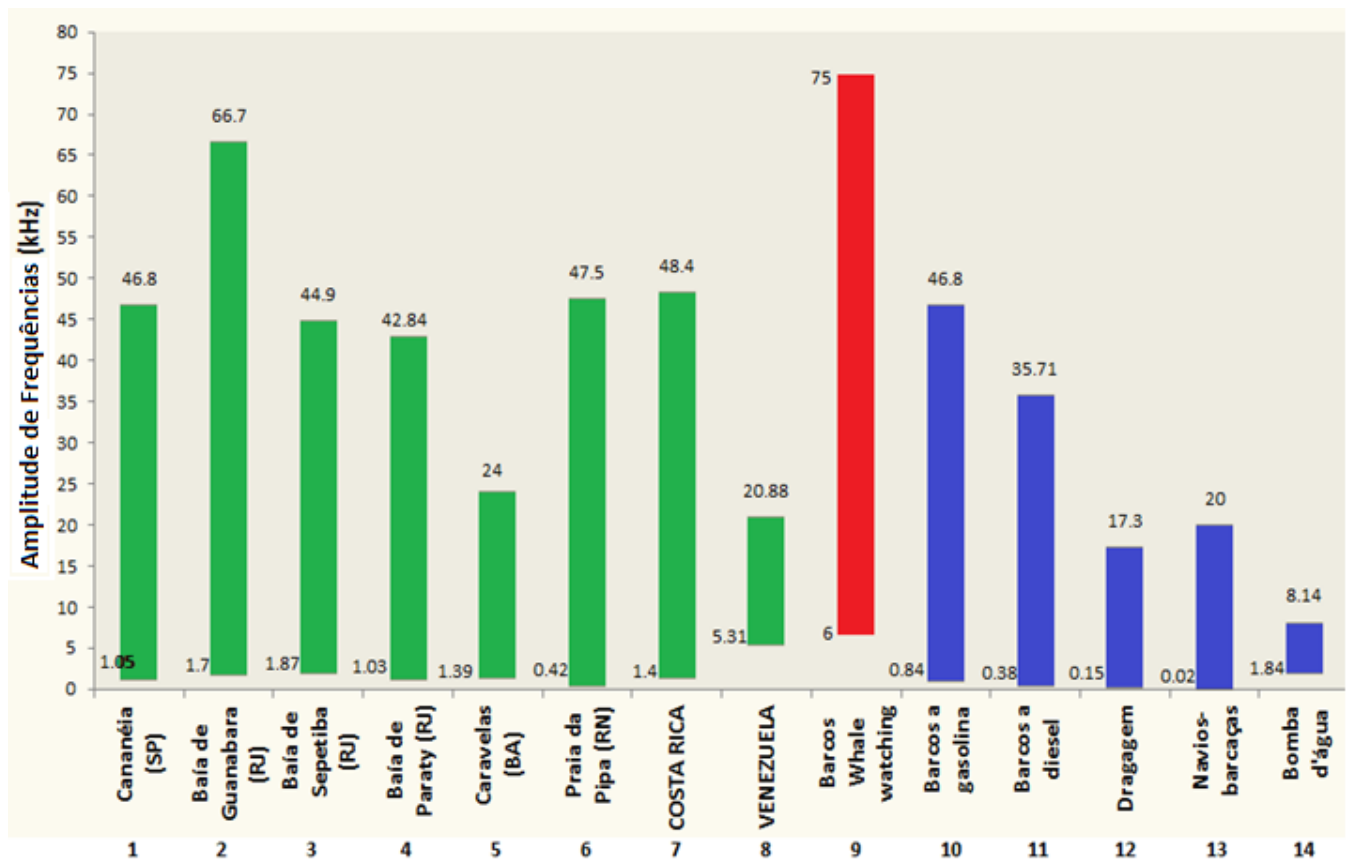


Figura 13. Amplitude de frequências dos assobios de oito populações de *Sotalia guianensis* (barras verdes), dos ruídos antropogênicos avaliados neste estudo (barras azuis) e de valores obtidos por atividade de *whale watching* (barra vermelha). 1. Deconto & Monteiro-Filho, 2013 (máx. freq.); 2016 (mín. freq.). 2. Andrade *et al.*, 2015. 3. Andrade *et al.*, 2014. 4. Andrade *et al.*, 2014. 5. Garcia, 2009. 6. Martins *et al.*, 2016 (máx. freq.); Albuquerque & Souto, 2013 (mín. freq.). 7. May-Collado, 2013. 8. Barrios-Garrido *et al.*, 2016. 9. Hildebrand *et al.*; 2006. 10; 11; 12, 13 e 14. Presente estudo.

Estudos recentes, com resultados apresentados na imagem acima foram realizados utilizando equipamentos mais modernos e capazes de captar sons com ampla amplitude de frequências, tanto do repertório acústico do boto-cinza (66,7 kHz, Andrade *et al.* 2015) quanto dos ruídos antropogênicos (75 kHz, Hildebrand *et al.* 2006). Deste modo fica evidente que os golfinhos produzem sons com frequências mais altas do que a maioria das atividades antrópicas impactantes descritas, porém ainda são potencialmente impactados pelos

ruídos gerados por barcos de *whale watching*, principalmente de motor de popa movidos a gasolina.

Como consequência da presença desses ruídos sonoros diversos estudos avaliaram mudanças comportamentais e no repertório acústico de várias espécies de cetáceos ao redor do mundo. Na presença de barcos de turismo, golfinhos reduziram o tempo gasto em atividades de alimentação de 10 minutos para 6 minutos, e quando interrompidos, os animais demoravam 54% mais do que o normal para voltar à atividade (Stockin *et al.*, 2008).

A presença de barco reduziu em 49% a atividade de alimentação de golfinhos nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), sendo que quanto maior a quantidade de barcos na região, maior o impacto na alimentação, considerando ainda que a presença física e não apenas dos ruídos sonoros gerados por eles, apresentou um importante papel nesses distúrbios (Pirotta *et al.*, 2015).

Rezende (2008) descreveu que os botos-cinza da região do estuário de Cananéia tiveram tendência a reduzir a emissão de sinais sonoros no momento em que barcos estavam nas proximidades dos animais.

Martins *et al.* (2016) em seu estudo realizado com boto-cinza na Praia da Pipa descreveram alterações em todos os parâmetros acústicos dos sinais emitidos pelos animais na presença de barcos, sendo que as principais mudanças nos assobios e gritos pulsados foram aumento nas frequências utilizadas e na quantidade de sinais emitidos e para os cliques, a principal mudança foi aumento da duração dos sinais.

Em outro estudo sobre as respostas de golfinhos a ruídos gerados por barcos, mais da metade das reações consideradas extremas (como animais claramente evitando a área, separação prolongada de fêmeas e filhotes e interrupção prolongada de comportamento de acasalamento) ocorreram em níveis de intensidade de 100 a 130 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1m (Southall *et.al.*, 2007).

Estudos com golfinhos nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) descreveram mudanças nos assobios dos indivíduos de acordo com o ruído no ambiente, produzindo sinais de frequências mais altas nos ambientes mais poluídos sonoramente (Heiler *et al.*, 2016), podendo ter grandes variações nos tons e maior duração quando comparados com o ambiente com apenas um barco (May-Collado & Wartzok, 2008), corroborando com os resultados obtidos por Martins *et al.* (2016) para os botos-cinza na Praia da Pipa.

Estudos com orcas também já evidenciaram mudança nas emissões sonoras, aumentando a intensidade dos sinais sonoros conforme aumenta o ruído causado por barcos, o que pode ter como consequências um maior gasto energético, maior nível de estresse e também uma comunicação ineficiente entre os indivíduos, podendo afetar então outras atividades (reprodução e socialização, por exemplo) (Holt *et al.*, 2009).

May-Collado & Quiñones-Lebrón (2014) em um estudo comparando mudanças no repertório acústico de golfinhos nariz-de-garrafa com a presença de barcos de pequeno porte concluíram que tais mudanças variam de acordo com o comportamento dos animais. Foi descrito que quando os golfinhos estavam em interações sociais ou em natação, na presença de barcos, os parâmetros acústicos não demonstraram mudança significativa, enquanto que



quando a atividade era alimentação, houve diminuição de frequências e aumento de duração dos sinais (May-Collado & Quiñones-Lebrón, 2014).

Considerando que a principal atividade descrita para o *S. guianensis* nas três áreas de estudo descritas no presente trabalho (estuário de Cananéia, estuário de Caravelas e Praia da Pipa) é a de alimentação, podemos sugerir uma alta sensibilidade por parte dos animais à presença e ao ruído das embarcações, indicando um elevado potencial impactante às três populações avaliadas.

Esforços já vêm sendo realizados no intuito de diminuir as emissões de ruídos sonoros no ambiente marinho, apresentando resultados, por exemplo, de redução de até 10 dB em embarcações que utilizam motores a diesel (García-Peláez *et al.*, 2016).

Um estudo fazendo a avaliação do valor econômico do turismo de observação dos botos-cinza no estuário de Cananéia chegou à conclusão de que essa é uma atividade com grande importância na renda da população (Filla *et al.*, 2012), similarmente como ocorre na Praia da Pipa, região que apresenta um acentuado crescimento desse turismo que reflete na economia local.

O turismo de observação do boto-cinza é uma atividade turística em ascensão tanto no estuário de Cananéia quanto na Praia da Pipa. DevPara que a atividade possa prosperar é necessário que seja realizada de maneira sustentável respeitando as legislações municipais e das Unidades de conservação. A sustentabilidade dessa atividade depende basicamente da gestão do número de visitantes (respeitando a capacidade de suporte da atividade em cada região), das flutuações na economia local e regional e,

principalmente, da manutenção do recurso, ou espécie, a que o turismo está apoiado (Sousa-Lima & Clark, 2008).

Desse modo, se as populações de boto-cinza na costa brasileira estão sob constante impacto sonoro, consequências como abandono dessas áreas pelos animais estão sujeitas a ocorrer, indicando falta de sustentabilidade na atividade (Lusseau, 2004).

Filla & Monteiro-Filho (2009) apontaram que os botos-cinza do estuário de Cananéia apresentam respostas diferentes de acordo com o modo de aproximação dos barcos de turismo. Quando barcos procederam de modo considerado adequado na aproximação dos animais, as respostas comportamentais foram positivas (os animais se aproximavam do barco, nadavam em volta, seguiam o barco ou se alimentavam ao lado, por exemplo) ou neutras (continuavam sua atividade). Em 100% das aproximações consideradas inadequadas resultaram em reações negativas dos animais, como abandono da atividade, separação do grupo, mergulho em diferentes direções e fuga (Filla & Monteiro-Filho, 2009).

Albuquerque & Souto (2013), mostraram que em 54% do tempo em que os botos-cinza estavam utilizando a área da Baía dos Golfinhos (Praia da Pipa – RN) barcos estavam presentes, sendo que em 95% dos casos as embarcações se aproximavam a menos de 50 metros de distância dos animais.

Estudos descreveram que embarcações de turismo navegando a uma velocidade de até 5 nós em uma área de pouca profundidade, têm o potencial de reduzir a comunicação de golfinhos em até 26% em uma distância de até 50 m (Jensen *et al.*, 2009). Ao acelerar a velocidade para 10 nós, o ruído por

cavitação pode elevar-se em até 10 dB (Gervaise *et al.*, 2012), aumentando também consideravelmente as frequências e a distância a que o ruído é propagado (Jensen *et al.*, 2009). Em comparação, velocidades de 2,5 nós foram descritas como sendo adequadas para áreas de grande concentração de cetáceos, já que não apresentaram fator de mascaramento em espécies de odontocetos analisadas (Jensen *et al.*, 2008).

Erbe (2002) estimou a intensidade dos ruídos emitidos pelos barcos de turismo de *whale watching* em 145 a 169 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1m e Hildebrand *et al.* (2006) também descreveram para barcos dessa atividade turística ruídos de 6 a 75 kHz com intensidades de 110 a 145 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1m, valores superiores ao apresentado para os barcos no presente estudo, no litoral brasileiro, sendo mais do que suficiente para mascarar os sinais emitidos pelos botos-cinza.

Carrera *et al.* (2008) descreveram que na presença de barcos de turismo na Praia da Pipa, os botos-cinza reduziram a atividade de alimentação, tendo sido registrado também evasão da área, especialmente por animais mais jovens, considerados por autores como comportamentos de proteção (Santos-Jr *et al.*, 2008).

Estudos realizados anteriormente, no mesmo local, também indicaram mudanças de comportamento dos botos-cinza na região em decorrência da presença de embarcações, ocasionando a aproximação entre os indivíduos, o que os autores sugeriram ser uma tentativa de facilitar a comunicação entre eles (Valle & Melo, 2006).

Para que a atividade de *whale watching* seja menos impactante para a espécie explorada, algumas medidas devem ser implementadas.

Um conceito a ser reforçado na indústria do turismo de observação de cetáceos é que a principal motivação dos turistas a optarem por essa atividade não é ficar o mais perto que puderem do animal em questão e sim obter um maior conhecimento acerca dos animais, poder observá-los em seu ambiente natural sem incomodá-los e receber informações sobre os cetáceos e o seu habitat (Orams, 2000; Andersen & Miller, 2006; Oliveira, 2007; Filla, 2008; Filla *et al.*, 2012; Lück, 2015).

Estudos já foram conduzidos no âmbito de avaliar a satisfação de clientes desse turismo em relação ao número de barcos na área realizando a atividade e concluiu-se que mais do que dois barcos se aproximando dos animais já influencia negativamente a atividade (Hoyt, 2001; Avila-Foucat *et al.*, 2013). Foi observado que com o aumento no número de barcos de turismo, também aumenta a proporção de golfinhos com suas atividades interrompidas (Stockin *et al.*, 2008), tornando-se evidente a necessidade de controle na quantidade de embarcações.

Uma sugestão para esse manejo da atividade é a capacitação dos operadores e agentes de turismo, para que eles conheçam os potenciais impactos da atividade sobre a população de boto-cinza da região e saibam como um procedimento adequado pode minimizar ou até evitar impactos sobre essas populações.

Recomenda-se então a disseminação de informações sobre os ruídos gerados por cada motor e por cada barco, relacionadas com as diferentes velocidades, e como cada um interfere na ecologia acústica dos animais, de modo a permitir aos condutores dos barcos promoverem diminuição dos ruídos

gerados visando a um menor impacto sonoro sobre as populações de golfinhos.

Regulamentações específicas para observação de golfinhos devem ser implementadas, já que geralmente são realizadas bem próximas à costa, em estuários ou baías, regiões de importante valor ecológico às populações dos animais, como áreas de alimentação ou reprodução. Além do regulamento de distância de aproximação aos animais, talvez seja de importância maior que haja um protocolo de aproximação, limite no número de barcos e velocidade em toda a área de ocorrência, como é apresentado em um guia voluntário, por exemplo, que sugere a velocidade limite de 7 nós (Be Whale Wise, 2016).

Tosi & Ferreira (2009), avaliaram o comportamento dos botos-cinza em relação à presença de barcos de turismo na Praia da Pipa após a criação da Reserva Costeira municipal, proposta por Ferreira (2005), o que levou a um maior controle no número de barcos de turismo utilizando a região (medida que não ocorre mais). Esse estudo concluiu que um simples controle no tráfego de embarcações já resulta em uma diminuição nas respostas comportamentais negativas dos animais, evidenciando a utilidade de regulamentações e fiscalização no desenvolvimento de atividades em áreas costeiras em conjunto com medidas conservacionistas às espécies potencialmente impactadas (Tosi & Ferreira, 2009).

Em 2008 uma proposta de implementação de uma zona com regulamentação de uso para atividades humanas em Cananéia foi criada visando a proteção do boto-cinza (Filla *et al.*, 2008). Iniciativas como essa são

extremamente importantes como subsídio no manejo de áreas costeiras pelos órgãos responsáveis.

Desse modo mostra-se a importância de um manejo adequado da atividade de turismo de observação dos botos-cinza tanto no estuário de Cananéia quanto na Praia da Pipa, a fim de que a conservação desses animais permita que esse turismo continue sendo parte importante da economia local.

Quando analisadas as gravações das atividades de dragagem e dos navios-barcaça, ambas ocorridas no estuário de Caravelas, foi constatado que os limites inferiores das frequências do repertório do boto-cinza (0,18 kHz) são sobrepostos por estas atividades (0.02 kHz), enquanto que os limites superiores dos golfinhos (24 kHz) atingem frequências mais altas do que dos ruídos antropogênicos (20 kHz).

Martins *et al.* (2016) na praia da Pipa encontraram valores de frequência dos assobios atingindo 47,5 kHz, bastante acima do limite do apresentado neste estudo, o que constata a possibilidade dos botos-cinza usarem sinais com frequências mais elevadas para comunicação em casos como estes. Portanto sugere-se que os botos-cinza são afetados pelos navios-barcaça e pela dragagem no uso de assobios, mas principalmente nos sons pulsados, por serem sinais característicos de menores frequências indicando um potencial mascaramento, acrescido do fato das intensidades desses ruídos terem sido as mais altas (105 dB, SNR) quando comparadas as outras fontes de ruídos antropogênicos (90 dB, SNR, barco a gasolina).

A atividade dos navios-barcaça é praticamente diária em Caravelas, submetendo a população de botos-cinza a elevados níveis de intensidade de

ruídos, podendo ocorrer impactos nos limiares de audição (TTS ou até mesmo PTS) dependendo do efeito acústico sofrido devido ao ruído, que pode ser reverberado devido às características morfológicas do local (estratificação da coluna d'água, fundo consolidado e baixas profundidades) (Breitzke & Bohlen, 2010).

Um estudo sobre o ruído sonoro de atividades de dragagem apresentou níveis de intensidade de 140 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1m ou mais (> 150 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1m, Reine *et al.*, 2014), sendo nessa faixa perceptível a cerca de 7 km de distância da fonte (dependendo do navio, do tipo de operação e da configuração do ambiente) (Clarke *et al.*, 2002). Assim, com a intensidade descrita neste trabalho com máxima intensidade de 105 dB (SNR), pode-se supor que a faixa de distância a que esse ruído é percebido seja de alguns quilômetros da fonte.

Considerando ainda a configuração do estuário de Caravelas, com áreas de pouca profundidade e baixa hidrodinâmica, é provável que o ruído de médias e altas frequências (>1 kHz) da atividade de dragagem seja perceptível pelos animais que habitam a região, sendo potencialmente impactante aos mesmos. Vale ressaltar que esta atividade é realizada anualmente na entrada do estuário de Caravelas gerando um impacto acústico intenso, porém não constante a ponto de gerar sérias consequências a longo prazo no âmbito da acústica.

A bomba d'água na Praia da Pipa apresentou potencial de impactar os sons pulsados e assobios, porém apenas no período noturno (quando era ligada) e especialmente quando os golfinhos produziam sinais com menores

frequências (1,84 – 8,14 kHz). Devido à superfície do mar prevalecer lisa, característica marcante da Baía dos Golfinhos e, principalmente no período noturno, quando os ventos geralmente são mais fracos, o impacto causado pela bomba d'água provavelmente é elevado devido a pouca atenuação sonora pelo efeito espelho de Lloyd, ainda mais agravado pela alta intensidade do ruído gerado (99 dB, SNR).

Os ambientes costeiros no âmbito da acústica, por apresentarem reduzidas profundidades, são ambientes com tendências maiores à poluição sonora de médias e altas frequências, pois apresentam menor taxa de perda do sinal acústico devido ao espalhamento esférico (Jensen *et al.*, 2009; Rabin *et al.* 2003). Assim, o intenso uso dessas regiões por diversas atividades antrópicas, aumenta ainda mais o potencial impactante do ambiente acústico para espécies que utilizam essas áreas.

No caso das regiões desse estudo, ocorre o uso de área e fidelidade pelos *S. guianensis* reforçando a vulnerabilidade dessa espécie a possíveis alterações nesses habitats (Batista *et al.*, 2014), podendo ser essas alterações físicas, oceanográficas e/ou acústicas. É provável que impactos de curto e longo prazo em atividades de reprodução e alimentação venham a gerar sérias consequências para populações das espécies afetadas, um risco que é considerado maior a nível de população do que de indivíduo (Perry, 1998).

As três regiões analisadas neste estudo apresentam características em comum: vital uso pelo boto-cinza como áreas prioritárias para alimentação, baixas profundidades, próximas à costa e intenso uso por atividades humanas. Os estuários de Cananéia e Caravelas possuem águas mais turvas, o que



aumenta a importância do uso dos sinais acústicos pelos animais, já que a transparência da água dificulta interações visuais (Van Parijs & Corkeron, 2001).

O repertório das três populações de *S. guianensis* descritas apresentaram assobios similares, com valores de frequência variando entre mínimo de 2,5 kHz (CVL) e máximo de 24 kHz (CVL), mostrando-se também semelhantes a outras populações dessa espécie, como da Venezuela (5,31 kHz a 20,88 kHz; Barrios-Garrido *et al.*, 2016).

Esse estudo pôde apontar evidências de potenciais impactos antrópicos sonoros sobre três populações de boto-cinza ao longo da costa brasileira a partir da bioacústica. Esse método, portanto, mostra-se uma importante ferramenta de auxílio à gestão costeira, podendo ser utilizada também para avaliação de impactos, distribuição e dados populacionais de espécies aquáticas.

Assim, faz-se importante o uso contínuo de técnicas acústicas passivas, no âmbito da pesquisa brasileira, a fim de se obter um maior entendimento sobre a ecologia do boto-cinza, contribuindo ainda mais para a sua conservação.

Nos dias atuais, com a diminuição dos custos dos equipamentos, estabelecimento de parcerias entre pesquisadores e universidades, sistemas de análises de dados tornando-se compartilhados e dados de observação dos oceanos livremente disponíveis, o potencial para estudos sobre ecologia acústica está crescendo. Entretanto, a qualidade dos resultados ainda precisa

melhorar com o estabelecimento de protocolos padrões para coleta de dados, análises e descrição dos resultados acústicos (Erbe *et al.*, 2016).

## 7. CONCLUSÃO

Os golfinhos são animais com alto nível de socialização, utilizando o som para comunicação e alimentação, sendo essencial para sua vida em diversos outros aspectos, sendo influenciado diretamente pelo habitat acústico no qual está inserido. Desse modo, é possível concluir que os ruídos antropogênicos descritos no presente estudo têm o potencial de afetar a ecologia do boto-cinza nas regiões amostradas.

*Sotalia guianensis* é uma espécie que reflete a qualidade dos ambientes marinhos costeiros onde habita, sendo classificada como “espécie bandeira”. As discussões levantadas no presente trabalho contribuem para o entendimento sobre a ecologia do *S. guianensis* e influência dos ruídos antropogênicos nesta espécie, permitindo dimensionar o potencial impacto dos ruídos gerados pelas atividades humanas no ecossistema como um todo.

Os ruídos antropogênicos são um dos maiores problemas da atualidade para a conservação dos oceanos. Estudos bioacústicos, portanto, são de extrema relevância para subsidiar a gestão ambiental, fornecendo dados acerca das paisagens acústicas e ecologia de espécies aquáticas, auxiliando no estabelecimento de medidas de preservação, restrições e limites de parâmetros acústicos para manejo adequado do uso e exploração de ambientes pelos seres humanos.

## 8. REFERÊNCIAS

- Albuquerque, N. de S., & Souto, A. da S. (2013). Motorboat noise can potentially mask the whistle sound of estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*). *Ethnobiology and Conservation*, 2(5): 1–15.
- Andersen M. S., & Miller M. L. (2006). Onboard Marine Environmental Education: Whale Watching in the San Juan Islands, Washington. *Tourism in Marine Environments*, 2(2): 111–118. <http://doi.org/10.3727/154427306779436327>
- Andrade L., Siciliano S., Capistrano L. (1987). Movimentos e atividades do boto *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) na baía de Guanabara - Rio de Janeiro. In: Reunião de trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul, 2. *Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, Rio de Janeiro, pp 49-55.
- Andrade , L. G de, Lima, I. M. S., Macedo, H. da S., Carvalho, R. R. de, Lailson-Brito Jr, J., Flach, L., Azevedo, A. de F. (2014). Variation in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles: using a broadband recording system to analyze acoustic parameters in three areas of southeastern Brazil. *Acta Ethol.*, 1-11. <http://doi.org/10.1007/s10211-014-0183-7>.
- Andrade, L. G. De, Lima, I. M. S., Bittencourt, L., Bisi, T. L., Lailson-Brito Jr, J., & Azevedo, A. de F. (2015). High-frequency whistles of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1): 15–19. <http://doi.org/10.1121/1.4902428>.
- Andrew R. K., Howe B. M., Mercer J. A., Dzieciuch M. A. (2002). Ocean ambient sound: Comparing the 1960's with the 1990's for a receiver off the California coast. *Acoustic Research Letters*, 3(2): 65–70.
- Araújo J. P., Passavante J. Z. O., Souto A. S. (2003). Behavior of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis*, at Dolphin Bay - Pipa - Rio Grande do Norte - Brazil. *Tropical Oceanography*, 31(2): 101-112.
- Araújo J. P., Araújo M. E., Souto A., Parente C. L., Geise L. (2007). The influence of seasonality, tide and time of activities on the behavior of *Sotalia guianensis* (Van

- Bénéden) (Cetacea, Delphinidae) in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(4): 1122–1130. <http://doi.org/10.1590/S0101-81752007000400032>
- Arveson, P.T., Vendittis, D.J., (2000). Radiated noise characteristics of a modern cargo ship. *J. Acoust. Soc. Am.* 107 (1): 118–129.
- Ary W., Cranford T. W., Berta A., Krysl P. (2016). Functional Morphology and Symmetry in the Odontocete Ear Complex. In A.N. Popper, A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II, Advances in Experimental Medicine and Biology*, 875, DOI 10.1007/978-1-4939-2981-8\_7
- Avila-Foucat, V. S., Vargas, A. S., Jordan, A. F., & Flores, O. M. R. (2013). The impact of vessel crowding on the probability of tourists returning to whale watching in Banderas Bay, Mexico. *Ocean and Coastal Management*, 78, 12–17. <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.03.002>
- Bain D. & Dahlheim M. (1994). Effects of masking noise on detection thresholds of killer whales. In: Loughlin, T. (Ed.). *Marine mammals and the Exxon Valdez*. Academic Press, San Diego, CA, pp. 243–256.
- Barrios-Garrido, H., Turris-Morales, K. De, Nash, C. M., Delgado-Ortega, G., & Nínive, E.-R. (2016). Acoustic Parameters of Guiana Dolphin (*Sotalia guianensis*) Whistles in the Southern Gulf of Venezuela. *Aquatic Mammals*, 42(2): 127–136. <http://doi.org/10.1578/AM.42.2.2016.127>.
- Batista, R. L. G., Alvarez, M. R., Reis, M. do S. S. dos, Cremer, M. J., & Schiavetti, A. (2014). Site fidelity and habitat use of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in the estuary of the Paraguaçu River, northeastern Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 10(1): 93–100.
- Be Whale Wise (2016). Disponível em: <http://www.bewhalewise.org>. Acessado em: 09/08/2016.
- Bejder L., Dawson S. M., Harraway J. A. (1999). Responses by Hector's dolphins to boats and swimmers in Porpoise Bay, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 15(3): 738–750. doi:10.1111/j.1748-7692.1999.tb00840.x
- Besnard W. (1950). Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia – Iguape. *I Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia*, São Paulo, 1: 9-26.

- Breitzke, M., & Bohlen, T. (2010). Modelling sound propagation in the Southern Ocean to estimate the acoustic impact of seismic research surveys on marine mammals. *Geophysical Journal International*, 181(2): 818–846. <http://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04541.x>
- Bisi T. L. (2001). Estimativa da densidade populacional do Boto-cinza (Cetacea, Delphinidae) na região estuarina lagunar de Cananéia, SP. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 51p.
- Bittencourt M. L. (1984). Contribuições para a identificação de cetáceos na costa e águas interiores do Brasil. *Arquivo de Tecnologia do Paraná*, 27: 529–547.
- Bossart G. D. (2006). Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Oceanography*, 19: 134–137.
- Branstetter B. K. & Finneran J. J. (2008). Comodulation masking release in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal Acoustical Society of America*, 124: 625-633
- Caldwell M.C. & Caldwell D.K. (1968). Vocalization of naive captive dolphins in small groups. *Science*, 159: 1121–1123.
- Cantor, M., Wedekin, L. L., Daura-Jorge, F. G., Rossi-Santos, M. R., & Simões-Lopes, P. C. (2012). Assessing population parameters and trends of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*): An eight-year mark-recapture study. *Marine Mammal Science*, 28(1), 63–83. <http://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2010.00456.x>
- Carr T. & Bonde R. K. (2000). Tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) occurs in Nicarágua, 800 km of its previously known range. *Marine Mammal Science*, 16: 447-452.
- Carrera M. L., Favaro E. G. P., Souto A. (2008). The response of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) towards tourist boats involves avoidance behaviour and a reduction in foraging. *Animal Welfare*, 17: 117-123.
- Carvalho, C. T. 1963. Sobre um boto comum no litoral do Brasil (Cetacea – Delphinidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 23: 263-276.

- Castellote M. & Llorens C. (2016). Review of the Effects of Offshore Seismic Surveys in Cetaceans: Are Mass Strandings a Possibility. In A.N. Popper, A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II, Advances in Experimental Medicine and Biology*, 875, DOI 10.1007/978-1-4939-2981-8\_16.
- Chiarello A. G. (2010). Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. In: Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, II. MMA, Brasília, pp 681-874.
- Clark C. W., Ellison W. T., Southall B. L., Hatch L., Van Parijs S. M., Frankel A., Ponirakis D. (2009). Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*, 395: 201–222. <http://doi.org/10.3354/meps08402>.
- Clarke, D., Dickerson, C., & Reine, K. (2002). Characterization of Underwater Sounds Produced by Dredges. *Dredging 2002*, 119: 64. [http://doi.org/10.1061/40680\(2003\)64](http://doi.org/10.1061/40680(2003)64).
- Connor R. C., Mann J., Tyack P., Whitehead H. (2000). The social lives of whales and dolphins. In: Mann J., Connor R. C., Tyack P., Whitehead H. (Eds.) *Cetacean Societies: Field studies of dolphins and whales*, Chicago and London: The University of Chicago Press, p.1-6.
- Coscarella J. M., Dans S. L., Crespo E. A., Pedraza S. N. (2003). Potential impact of unregulated dolphin-watching activities in Patagonia. *Journal of Cetacean Research and Management*, 5(1): 77-84.
- Cremer M. R., Pinheiro P. S., Simões-Lopes P. C. (2012). Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. *Iheringia Serie Zoologia*, 102(2): 131–137.
- Cunha H. A, Silva V. M. F., Lailson-Brito J. Jr, Santos M. C. O., Flores P. A. C., Martin A. R., Azevedo A. F., Fragoso A. B. L., Zanelatto R. C., Solé-Cava A. M. (2005). Riverine and marine ecotypes of *Sotalia* dolphins are different species. *Marine Biology*, 148: 449-457.
- Czech-Damal N. U., Liebschner A., Miersch L., Klauer G., Hanke F. D., Marshall C., Dehnhardt G., Hanke W. (2012). Electroreception in the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*). *Proc. R. Soc. B.*, 279: 663–668.

- da Silva V. M. F. & Best R. C. (1996). *Sotalia fluviatilis*. *Mammalian Species*, 527: 1-17.
- Daura-Jorge, F. G., Wedekin, L. L., Piacentini, V. D. Q., Simões-Lopes, P. C. (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(4), 1014–1021. <http://doi.org/10.1590/S0101-81752005000400029>.
- Daura-Jorge, F. G., Rossi-Santos, M. R., Wedekin, L. L., & Simões-Lopes, P. C. (2007). Behavioral patterns and movement intensity of *Sotalia guianensis* (P. J. van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae) in two different areas on the Brazilian coast. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(2), 265–270.
- Daura-Jorge, F. G., Wedekin, L. L., & Simões-Lopes, P. C. (2011). Feeding habits of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte Bay, southern Brazil. *Scientia Marina*, 75(1), 163–169. <http://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n1163>.
- De Fontaubert, A. C., Downes, D. R., and Agardy, T. S. (1996) Biodiversity in the Seas: Implementing the Convention on Biological Diversity in Marine and Coastal Habitats. IUCN Gland and Cambridge. vii +82pp.
- Deconto, L. S., & Monteiro-Filho, E. L. (2013). High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 134 (5): 3899-3904. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4823845>.
- Deconto, L. S., & Monteiro-Filho, E. L. de A. (2016). Day and night sounds of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in southeastern Brazil. *Acta Ethol*, 19: 61–68. <http://doi.org/10.1007/s10211-015-0223-y>.
- Di Benedito A. P. M. & Rosas F. C. W. (2008). Mortalidade. In: Monteiro-Filho E. L. A. & Monteiro K. D. K. A. (Eds.), *Biologia, ecologia e conservação do Boto-Cinza*. São Paulo, Páginas & Letras Editora. 211-222.
- Ekau W. & Knoppers B. (1999). An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47: 113-132.

- Erbe, C. (2002). Underwater noise of whale-watching boats and potential effects on Killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model. *Marine Mammal Science*, 18: 394–418. <http://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2002.tb01045.x>.
- Erbe C., McCauley R., Gavrilov A. (2016). Characterizing Marine Soundscapes. In: Popper A. & Hawkins A. (eds) *The effects of noise on aquatic life II*, cap.31: 265-271.
- Erber C. & Simão S. M. (2004). Analysis of whistles produced by the Tucuxi Dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 76(2): 381–385.
- Evans P. G. H., Cadwell P. J. Lewis E. (1992). An experimental study of the effects of pleasure craft noise upon bottlenose dolphins in Cardigan Bay, West Wales. In (Evans P; G. H., ed.) *European research on cetaceans* European Cetacean Society, San Remo, Italy. 43-46.
- Fernández A., Arbelo M., Deaville R., Patterson I. A. P., Castro P., Baker J. R., Degollada E. , Ross H. M., Herráez P., Pocknell A. M., Rodríguez E., Howie F. E., Espinosa A., Reid R. J., Jaber J. R., Martin V., Cunningham A. A., Jepson P. D. (2004) Pathology: whales, sonar and decompression sickness (reply). *Nature* 428:U1–U2
- Figueiredo L. D. & Simão S. M. (2009). Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil. *Journal of the Acoustic Society of America*, 126(3): 1563–1569. <http://doi.org/10.1121/1.3158822>.
- Filla, G. de F., Atem, A. C. G., Bisi, T. L., Oliveira, L. V. de, Domit, C., Gonçalves, M., ... Monteiro-Filho, E. L. de A. (2008). Proposal for creation of a “zoning with regulation of use in the Cananéia estuarine-lagoon complex” aiming the conservation of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(1), 75–83.
- Filla, G. de F., & Monteiro-Filho, E. L. de A. (2009). Monitoring tourism schooners observing estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in the Estuarine Complex of Cananéia, south-east Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19: 772–778. <http://doi.org/10.1002/aqc>



- Filla, G. de F., Oliveira, C. I. B. de, Gonçalves, J. M., & Monteiro-Filho, E. L. de A. (2012). The economic evaluation of estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) watching tourism in the Cananéia region, south-eastern Brazil. *International Journal of Green Economics*, 6(1), 95–116. <http://doi.org/10.1504/IJGE.2012.048427>.
- Flach, L., Flach, P. A., Chiarello, A. G. (2008). Aspects of behavioral ecology of *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, southeast Brazil. *Marine Mammal Science*, 24(3), 503–515. <http://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00198.x>.
- Flores P. A. C. (2002). Tucuxi *Sotalia fluviatilis*. In: Perrin W. F., Würsig B., Thewissen G. M. (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*, Academic Press. San Diego, pp. 1267-1269.
- Flores P. A. C. & da Silva V. M. F. (2009). Tucuxi and Guiana dolphin. In: Perrin W.F., Würsig B., Thewissen J.G.M. (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*, II. Academic Press. Burlington, MA, pp. 1188–1192.
- Flores P. A. de C., Bazzalo M., Caballero S., Santos M. C. de O., Rossi-Santos M. R., Trujillo F., Bolaños-Jimenez J., Cremer M. J., May-Collado L. J., Silva F. J. de L., Montiel-Villalobos M. G., Azevedo A. de F., Meirelles A. C. O., Flach L., Barrios-Garrido H., Simões-Lopes P. C., Cunha H. A., Van Waerebeek K. (2010). Proposed english common name for the neotropical delphinid *Sotalia guianensis* (P.J. Van Bénédén, 1864). *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 8(1-2): 179–181.
- Gamboa-Poveda M., & May-Collado L. J. (2006). Insights on the occurrence, residency, and behavior of two coastal dolphins from Gandoca- Manzanillo, Costa Rica: *Sotalia guianensis* and *Tursiops truncatus* (Family Delphinidae). *Science*, 58(4).
- Garcia, F. C. P. (2009). *Caracterização do repertório sonoro da população do boto-cinza (Sotalia guianensis) da região do estuário do rio Caravelas, Brasil*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- García-Peláez, J., Rego-Junco, J. M., & Sanchez-Ricart, L. (2016). Reduction of Underwater Noise Radiated by Ships : Design of Metallic Foams for Diesel Tanks. *Journal of Oceanic Engineering*, 1–13.

- Garri R. (2006). Comportamento de mergulho do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, na Enseada do Curral, Praia da Pipa - RN, Brasil. Possíveis adaptações cardíacas ao mergulho. Tese de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brazil.
- Garrod B, Wilson J. (2002). Nature on the edge: marine ecotourism in coastal peripheral communities. *Visions of Sustainability*, ATLAS Annual Conference, Estoril, Portugal. DOI: 10.1016/j.annals. 2003.12.003.
- Geise L. & Borobia M. (1987). New Brazilian records for *Kogia*, *Pontoporia*, *Grampus*, and *Sotalia* (Cetacea, Physteridae, Platanistidae, and Delphinidae). *Journal of Mammalogy*, 68: 873- 875. <http://dx.doi.org/10.2307/1381571>.
- Geise L. & Borobia M. (1988). Sobre a ocorrência de cetáceos no litoral do Rio de Janeiro, entre 1968 e 1984. *Revista Brasileira de Zoologia*, 4: 341-346.
- Gerstein E. R. (2002). Peixes-boi, bioacústica e barcos. *American Scientist*, vol. 90: 154 -165.
- Gervaise, C., Simard, Y., Roy, N., Kinda, B., Ménard, N. (2012). Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(1), 76. <http://doi.org/10.1121/1.4728190>.
- Glockner-Ferrari, D. A. & Ferrari, M. J. (1985) Individual identification, behavior, reproduction and distribution of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in Hawaii. *Report Marine Mammal Commission* NTIS PB85-200772. 36pp.
- Gordon, J., & Moscrop, A., (1996). Underwater noise pollution and its significance for whales and dolphins. In: Simmonds, M., and Hutchinson, J.D. (eds.), *The Conservation of Whales and Dolphins*. New York: Wiley, pp. 381–320.
- Hardt, F. A. S., Cremer, M. J., Tonello Jr, A. J., & Simões-Lopes, P. C. A. (2010). Residence patterns of the guiana dolphin *Sotalia guianensis* in Babitonga Bay, south coast of Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals LAJAM*, 8(1-2): 117–121. <http://doi.org/10.5597/lajam00160>.

- Hastie G. D., Wilson B., Tuff L. H. (2003). Bottlenose dolphins increase breathing synchrony in response to boat traffic. *Marine Mammal Science*, 19(1): 74–84. doi:10.1111/j.1748-7692.2003.tb01093.x.
- Hastie G. D., Wilson B., Wilson L. J., Parsons K. M., Thompson P. M. (2004). Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: Hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Marine Biology*, 144: 397–403.
- Havukainen, L., Monteiro-Filho, E. L. de A., & Filla, G. de F. (2011). Population density of *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in the Cananéia region, Southeastern Brazil. *International Journal of Tropical Biology*, 59(3), 1275–1284. <http://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3398>.
- Heiler, J., Elwen, S. H., Kriesell, H. J., & Gridley, T. (2016). Changes in bottlenose dolphin whistle parameters related to vessel interaction, surface behaviour and group composition. *Animal Behaviour*, 117, 167–177. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- Herz R. (1991). *Manguezais do Brasil*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Hester K. C., Peltzer E. T., Kirkwood W. J., Brewer P. G. (2008). Unanticipated consequences of ocean acidification: A noisier ocean at lower pH. *Geophysical Research Letters*, 35: L19601.
- Hildebrand, J., M. McDonald, J. Calambokidis, and K. Balcomb. (2006). Whale watch vessel ambient noise in the Haro Strait. NMFS Contract NA17RJ1231. (Available from Univ. California San Diego, Scripps Institution of Oceanography, Joint Institute for Marine Observations, 9500 Gilman Dr., La Jolla, CA 92093.)
- Hildebrand J. A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar Ecol Prog Ser*, 395: 5–20.
- Holt M. (2008). Sound Exposure and Southern Resident Killer Whales (*Orcinus orca*): A Review of Current Knowledge and Data Gaps. *NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-89*, 77pp.

- Holt M., Noren D. P., Veirs V., Emmons C. K., Veirs S. (2009). Speaking up: Killer whale (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 125(1): 27-32.
- Houghton, J., Holt, M. M., Giles, D. A., Hanson, M. B., Emmons, C. K., Hogan, J. T., VanBlaricom, G. R. (2015). The relationship between vessel traffic and noise levels received by killer whales (*Orcinus orca*). *PLoS ONE*, 10(12), 1–20. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0140119>.
- Hoyt, E. (2001). Whale-Watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits. *International Fund for Animal Welfare, Yarmouth Ports, MA, USA*. <http://doi.org/10.2307/4444572>.
- ICMBio. (2014). Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente (MMA). [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA\\_N%C2%BA\\_444\\_DE\\_17\\_DE\\_DEZEMBRO\\_DE\\_2014.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf). Baixado em: 20/06/2016.
- IUCN. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. <http://www.iucnredlist.org>. Baixado em 25/05/2016.
- Izidoro F. B. & Le Pendu Y. (2012). Estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) (Van Bénédén, 1864) (Cetacea: Delphinidae) in Porto de Ilhéus, Brazil: group characterization and response to ships. *North-Western. J. Zool.*, 8(2): 10.
- Jahoda M., Lafortuna C. L., Biassoni N., et al (2003). Mediterranean fin whale's (*Balaenoptera physalus*) response to small vessels and biopsy sampling assessed through passive tracking and timing of respiration. *Mar Mamm Sci*, 19(1): 96–110. doi:10.1111/j.1748-7692.2003.tb01095.x.
- Janik V. M. & Thompson P. M. (1996). Changes in surfacing patterns of bottlenose dolphins in response to boat traffic. *Mar Mamm Sci*, 12: 597–602.
- Jensen F. H., Wahlberg M., Bejder L., Madsen, P. T. (2008). Noise levels and masking potential of small whale-watching and research vessels around two delphinid species. *The International Journal of Animal Sound and its Recordings*; 17: 166-168.

- Jensen, F. H., Bejder, L., Wahlberg, M., Soto, N. A., Johnson, M., & Madsen, P. T. (2009). Vessel noise effects on delphinid communication. *Marine Ecology Progress Series*, 395: 161–175. <http://doi.org/10.3354/meps08204>.
- Kellogg W. N., Kohler R., Morris H. N. (1953). Porpoise sounds as sonar signals. *Science*, 117: 239–243.
- Kellogg W. N. (1958). Echo ranging in the porpoise. *Science*, 128: 982–988.
- Ketten D. R. (2004). Marine mammal auditory systems: A summary of audiometric and anatomical data and its implications for underwater acoustic impacts. In: Fütterer D. K. (ed) *Polarforschung* 2/3: 79-92.
- Leão Z. M. A. N. (1994) Os recifes de coral do sul da Bahia. In Hetzel B. & Castro C. B. (Eds) *Corais do Sul da Bahia*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 151-159.
- Leaper R., Renilson M., Ryan C. (2014). Reducing underwater noise from large commercial ships: Current status and future directions. *The Journal of Ocean Technology*, 9: 50-69.
- Lemon M., Lynch T. P., Cato D. H., et al. (2006). Response of travelling bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) to experimental approaches by a powerboat in Jervis Bay, New South Wales, Australia. *Biol Conserv*, 27:3 63–372. doi:10.1016/j.biocon.2005.08.016.
- Lima, A., & Le Pendu, Y. (2014). Evidence for signature whistles in Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Ilhéus, northeastern Brazil. *Journal of the Acoustical Society of America*, 136(6), 3178. <http://doi.org/10.1121/1.4900829>.
- Lodi L. & Hetzel B. (1998). Grandes agregações do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Bioikos*, 12(2): 26-30.
- Lück M. (2015). Education on marine mammal tours - But what do tourists want to learn? *Ocean and Coastal Management*, 103: 25–33. <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.11.002>.
- Lusseau D. (2004). The hidden cost of tourism: detecting long-term effects of tourism using behavioral information. *Ecol Soc* 9:2.

- Lyamin O. I., Korneva S. M., Rozhnov V. V., Mukhametov L. M. (2015). Cardiorespiratory responses to acoustic noise in belugas. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 875: 665–672. <http://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8>.
- Maglio, A., Soares, C., Bouzidi, M., Zabel, F., Souami, Y., & Pavan, G. (2015). Mapping shipping noise in the Pelagos Sanctuary (French part) through acoustic modelling to assess potential impacts on marine mammals. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, 29, 167–185.
- Marchetto C. (2010). Estimativas de abundância de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) no complexo estuarino de Paranaguá utilizando modelos de captura-recaptura. Tese de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 70 p.
- Martins, D. T. L. (2010). Caracterização do repertório acústico do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, e impacto de embarcações no Nordeste do Brasil. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 133 p.
- Martins, D. T., Rossi-Santos, M. R., & Silva, F. J. de L. (2016). Effects of anthropogenic noise on the acoustic behaviour of *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) in Pipa, North-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-9.
- May-Collado L. J. & Wartzok D. (2008). A Comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: Factors promoting whistle variation. *Journal of Mammalogy*, 89(5): 1229–1240.
- May-Collado, L. J., & Wartzok, D. (2009). A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: The importance of broadband recording systems. *Journal of the Acoustic Society of America*, 125(2), 1202–1213. <http://doi.org/10.1121/1.3058631>.
- May-Collado, L. J. (2013). Guyana dolphins (*Sotalia guianensis*) from Costa Rica emit whistles that vary with surface behaviors. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(4), EL359–65. <http://doi.org/10.1121/1.4818938>

- May-Collado, L. J., & Quiñones-Lebrón, S. G. (2014). Dolphin changes in whistle structure with watercraft activity depends on their behavioral state. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4): 193–198. <http://doi.org/10.1121/1.4869255>.
- Meirelles A. C. O. de, Ribeiro Á. C., Silva C. P. N., Soares Filho A. A. (2010). Records of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in the State of Ceará, Northeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 8(1-2): 97–102. <http://doi.org/10.5597/lajam00157>.
- Mendonça J. T. & Katsuragawa M. (1997). Desembarque da pesca costeira em Cananéia, São Paulo, Brasil, durante 1995 e 1996. *Nerítica*, 11: 165-190.
- Miller L. J., Solangi M., Kuczaj S. J. (2008). Immediate response of Atlantic bottlenose dolphins to high-speed personal watercraft in the Mississippi Sound. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 6: 1139-1143.
- Monteiro-Filho E. L. A. & Monteiro K. D. K. A. (2001). Low-frequency sounds emitted by *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil. *Can. J. Zool.* 79: 59–66.
- Monteiro-Filho E. L. A., Monteiro L. R., Reis S. F. (2002). Skull shape and size divergences in dolphins of the genus *Sotalia*: A tridimensional morphometric analysis. *Journal of Mammalogy*, 83(1): 125-134.
- Monteiro-Filho E. L. A., Monteiro L. R., Reis, S. F. (2008). Sistemática e distribuição de *Sotalia*. In: Monteiro-Filho E. L. A. & Monteiro K. D. K. A. (Eds.), *Biologia, ecologia e conservação do Boto-Cinza*. São Paulo, Páginas & Letras Editora.
- Moura, J. F. De, Hauser-Davis, R. A., Lemos, L., Emin-Lima, R., & Siciliano, S. (2014). Guiana Dolphins (*Sotalia guianensis*) as Marine Ecosystem Sentinels: Ecotoxicology and Emerging Diseases. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 228: 1–29. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-01619-1>.
- National Center for Ecological Analysis and Synthesis, NCEAS. (2016). Disponível em: [www.nceas.ucsb.edu/globalmarine/impactbyactivity](http://www.nceas.ucsb.edu/globalmarine/impactbyactivity). Acessado em: 13/10/2016.

- Nonaka R. H., Matsuura Y., Suzuki K. (2000). Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin*, 98: 767-784.
- Norris K. S., Würsig B., Wells R. S. (1994). Aerial behavior in the hawaiian spinner dolphin. Norris, K. S., *et al.* (ed.) *Berkeley: University of California Press*: 103-120.
- 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. *Mar. Mammal Sci.* 17(4): 673-688.
- Nowacek D. P., Thorne L. H., Johnston D. W., Tyack P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2): 81–115.
- Oliveira, F. (2007). Conhecimento tradicional e etnoconservação de cetáceos em comunidades caiçaras no município de Cananéia, litoral sul de São Paulo. Tese de mestrado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 111 p.
- Orams, M. B. (2000). Tourists getting close to whales, is it what whale-watching is all about? *Tourism Management*, 21, 561–569.
- Oshima, J. E. de F., Santos, M. C. de O., Bazzalo, M., Flores, P. A. de C., Pupim, F. do N. (2010). Home ranges of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in the Cananéia estuary, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 90(8), 1641–1647. <http://doi.org/10.1017/S0025315410001311>.
- 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.
- Parsons E. C. M. & Rose N. A. (2009). Whale watching and the International Whaling Commission: a Report of the 2008 Whale-Watching Subcommittee meeting. *Tourism in Marine Environments*, 6(1): 51–57. <http://doi.org/10.3727/154427309X12602327200343>.



- Parsons, E. C. M., & Scarpaci, C. (2016). Recent Advances in Whale-Watching. *Tourism in Marine Environments*, 11(4), 251–262. <http://doi.org/10.3727/154427316X14580612748687>.
- Pereira M. G., Bazzalo M., Flores P. A. C. (2007). Reações comportamentais na superfície de *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) durante encontros com embarcações na Baía Norte de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zootecias* 9(2): 123- 135.
- Perrin W. F., Reilly S. B. (1984). Reproductive parameters of dolphins and small whales of the family Delphinidae. *Reports of the International Whaling Commission*, Special Issue 6, p.97-133.
- Perry, C. (1998). A review of the impact of anthropogenic noise on cetaceans. *Report for the Environmental Investigation Agency, London, UK*: 1–27.
- Pijanowski B. C., Villanueva-Rivera L. J., Dumyahn S. L., Farina A., Krause B. L., Napoletano B. M., Gage S. H., Pieretti N. (2011). Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *Bioscience*, 61(3): 203–216.
- Pilleri G. (1990). Adaptation to water and the evolution of echolocation in the Cetacea. *Ethol. Ecol. Evol.*, 2: 135–163.
- Pirotta, E., Merchant, N. D., Thompson, P. M., Barton, T. R., & David Lusseau, D. (2015). Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity. *Biological Conservation*, 181, 82–89.
- Popper A. N. & Hawkins A. (2016). The effects of noise on aquatic life II. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 875: 1292.
- Rabin, L. A., McCowan, B., Hooper, S. L., & Owings, D. H. (2003). Anthropogenic Noise and its Effect on Animal Communication: An Interface Between Comparative Psychology and Conservation Biology. *International Journal of Comparative Psychology*, 16, 172–192.
- Ramos R. M. A. (1997). Determinação de idade e biologia reprodutiva de *Pontoporia blainvillei* e da forma marinha de *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Pontoporiidae e Delphinidae) no norte do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 95p.

- Ramos R. M. A., Di Benedito A. P. M., Lima N. R. W. (2000). Growth parameters of *Pontoporia blainvillei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. *Aquatic Mammals*, 26: 65-75.
- Ramos A., Amorim M.C.P., Fonseca P.J. (2012). Propagation of Lusitanian toad fish sounds in estuary shallow Waters. *Advance in experimental medicine and biology*. Doi:10.1007/978-1-4419-7311-5\_39.
- Reine, K. J., Clarke, D., & Dickerson, C. (2014). Characterization of underwater sounds produced by hydraulic and mechanical dredging operations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(6), 3280–3294. <http://doi.org/10.1121/1.4875712>.
- Rezende, F. (2008). Alterações acústico comportamentais. Cap. 04. In: Monteiro-Filho, E. L. A. & Monteiro, K. D. K. A. (Eds). *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza*. Páginas & Letras Editora e Gráfica LTDA, São Paulo, Brazil. (in press).
- Richardson W. J., Davis R.A., Evans C. R., Ljungblad D. K., Norton P. (1987). Summer distribution of Bowhead Whales, *Balaena mysticetus*, Relative to Industry Activities in the Canadian Beaufort Sea, 1980-84. *Arctic* 40 (2): 93-104.
- Richardson W. J., Greene J. R., Malme C. I., Thomson D.H. (1995). Marine mammals and noise. *Academic Press*, San Diego, USA and London, UK. 576 p.
- Ritter, F. (2003). Boat-related behaviours of cetaceans as a tool for the development of species-specific whale watching guidelines. *European Cetacean Society Conference Guide and Abstracts*, 17(1): 135.
- Rosas F. C. W. (2000). Interações com a pesca, mortalidade, idade, reprodução e crescimento de *Sotalia guianensis* e *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Delphinidae e Pontoporiidae) no litoral sul do Estado de São Paulo e litoral do Estado do Paraná, Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 145p.
- Rosas F. C. W., Barreto A. S., Monteiro-Filho E. L. A. (2003). Age and growth of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) on the Paraná coast, southern Brazil. *Fishery Bulletin*, 101: 377-383.

- Rosas F. C. W., Marigo J., Laeta M., Rossi-Santos M. R. (2010). Natural history of dolphins of the genus *Sotalia*. *LAJAM*, 8(1–2): 57–68.
- Rossi-Santos, M.; Wedekin, L. L.; Engel, M. H. (2003). Behavioral ecology of the *Sotalia guianensis* dolphins in the extreme southern Bahia region. *Revista de Etologia* (suplemento especial), 5: 200-201.
- Rossi-Santos, M. R., & Wedekin, L. L. (2006). Evidence of Bottom Contact Behavior by Estuarine Dolphins (*Sotalia guianensis*) on the Eastern Coast of Brazil. *Aquatic Mammals*, 32(2), 140–144. <http://doi.org/10.1578/AM.32.2.2006.140>.
- Rossi-Santos, M. R., Wedekin, L. L., & Monteiro-Filho, E. L. A. (2007). Residence and site fidelity of *Sotalia guianensis* in the Caravelas River Estuary, eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 87(01), 207. <http://doi.org/10.1017/S0025315407055683>.
- Rossi-Santos M. R., da Silva J. M., Silva F. L., Monteiro-Filho E. L. A. (2008). Descriptive parameters of pulsed calls for the spinner dolphin, *Stenella longirostris*, in the Fernando d Noronha. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(6): 1093–1097.
- Rossi-Santos, M. R., Wedekin, L. L., & Monteiro-Filho, E. L. de A. (2010). Habitat Use of the Guiana Dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae), in the Caravelas River Estuary Eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 8(1-2), 111–116. <http://doi.org/10.5597/lajam00159>.
- Rossi-Santos, M. R. (2015). Oil Industry and Noise Pollution in the Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*) Soundscape Ecology of the Southwestern Atlantic Breeding Ground. *Journal of Coastal Research*, 31(1), 184–195. <http://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00195.1>.
- Rossi-Santos, M. R. & Oliveira G. (2016) Combining Cetacean Soundscape Ecology and Niche Modeling to Contribute in the Mapping of the Brazilian Continental Shelf . In: C.W. Finkl, C. Makowski (eds.), *Seafloor Mapping along Continental Shelves, Coastal Research Library 13, Elsevier*. DOI 10.1007/978-3-319-25121-9\_6.
- Santos-Jr, É., Pansard, K. C., Yamamoto, M. E. & Chellappa, S. (2006). Comportamento do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Benédén) (Cetacea,

- Delphinidae) na presença de barcos de turismo na Praia de Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3): 661-666.
- Sauerland, M., and Dehnhardt, G. (1998). Underwater audiogram of a tucuxi (*Sotalia fluviatilis guianensis*). *J. Acoust. Soc. Am.* 103: 1199–1204.
- 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. *Behaviour. Ecol. Sociobiol.*, 26: 247–260.
- Schaeffer-Novelli Y., Mesquita H. S. L., Cintrón-Molero G. (1990). The Cananéia lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil. *Estuaries*, 13: 193 – 203.
- Scheidat, M., Castro, C., Janira, G., & Williams, R. (2004). Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whalewatching boats near Isla de la Plata, Machalilla National Park, Ecuador. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6(1): 1–6.
- Seppänen, J., & Nieminen, M. (2004). Measurements and descriptions of underwater noise in Finland. *Geophysics*, 40(1-2), 23–38.
- Simão S. M., Pizzorno J. L. A., Perry V. N., Siciliano S. (2000). Aplicação da técnica de fotoidentificação do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae), da Baía de Sepetiba. *Floresta e Ambiente*, 7(1): 31-39.
- Simão S. M., Moreira S. C., Barbosa M. M. C. (2007). Ultrasound vocalizations of *Sotalia guianensis* population of Sepetiba Bay, RJ, Brazil. *VII Encontro de Tecnologia Em Acústica Submarina*, Rio de Janeiro, 332–336. <http://doi.org/10.13140/2.1.3531.3444>.
- Simões-Lopes P. C. (1987). Sobre a ampliação da distribuição do gênero *Sotalia* Gray, 1886 (Cetacea, Delphinidae) para as águas do Estado de Santa Catarina - Brasil. In: Reunião de trabalho de especialistas em mamíferos aquáticos da América do Sul, 2. *Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, Rio de Janeiro: 87-88.
- Simões-Lopes P.C. (1988). Ocorrência de uma população de *Sotalia fluviatilis* Gervais, 1853, (Cetacea, Delphinidae) no limite sul de sua distribuição, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 1(1): 57-62.

- Simões-Lopes P. C., & Ximenez A. (1990). O impacto da pesca artesanal em área de nascimento do boto cinza, *Sotalia fluviatilis*, (Cetacea, Delphinidae), Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 3(1): 67–72.
- Smolker R. A., Mann J., Smuts B. B. (1993). Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. *Behav. Ecol. Sociobiol*, 33: 393-402.
- Southall, B. L. (2004). Shipping Noise and Marine Mammals: A Forum for Science, Management, and Technology. *Final Report of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) International Symposium*. 1-40.
- Southall B. I, Bowles A. E., Ellison W. T., Finneran J. J., Gentry R. L., Greene C. R. J., Kastak D., Ketten D. R., Miller J. H., Nachtigall P. E., Richardson W. J., Thomas J. A., Tyack P. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, 33(4):411-521.
- Souto A., Araújo J. P., Geise L., Araújo M. E. (2006). The surface behavior of the estuarine dolphin in Baía dos Golfinhos, RN, Brazil: a field and comparative study. *Zoociências*, 8: 185-193.
- Sousa-Lima, R. S., & Clark, C. W. (2008). Modeling the Effect of Boat Traffic on the Fluctuation of Humpback Whale Singing Activity in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Canadian Acoustics*, 36(1): 174–181. <http://doi.org/10.1227/01.NEU.0000255476.06247.F1>.
- Stockin K., Lusseau D., Binedell V., Wiseman N., Orams M. B. (2008). Tourism affects the behavioural budget of the common dolphin *Delphinus* sp. in the Hauraki Gulf, New Zealand. *Mar. Eco.l Prog. Ser.* 355: 287-295.
- Stewart, R. H. (2008). Introduction to Physical Oceanography. *Department of Oceanography*, Texas A & M University. 345p.
- The Acoustic Ecology Institute (2008). Special Report: *Ocean Noise*. 1–29.
- Torres-Guijarro S., Sobreira-Seoane M., Santos-Domínguez D., Pena A. (2013). Evaluation of underwater dredging noise. *Inter-Noise: Noise control for quality of life*. Innsbruck, Austria. 7p.

- Tosi C.H. & Ferreira R.G. (2009). Behaviour of estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae), in controlled boat traffic situation at southern coast of Rio Grande do Norte, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18: 67-78. <http://doi.org/10.1007/s10531-008-9435-z>.
- Tyack P. L. (2000a). Function aspects of cetacean communication. In: Mann J., Connor R. C., Tyack P. L., Whitehead H. (eds) *Cetacean Societies: field studies of dolphins and whales*. The University of Chicago Press, Chicago, 270–307.
- Tyack P. L. (2000b). Dolphins whistle a signature tune. *Science*, 289: 1310–1311.
- Tyack P. L. (2008). Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy*, 89(3): 549-558.
- Tyack P. L. & Janik V. M. (2013) Effects of noise on acoustic signal production in marine mammals. In: Brumm H. (ed) *Animal communication and noise, Animal Signals and Communication 2*. Springer, New York, 251–271.
- Urick, R. J. (1983). Principles of Underwater Sound, 3rd ed. (McGraw-Hill, New York), 423 pp.
- Valle, A. L. do, & Melo, F. C. C. (2006). Alterações comportamentais do golfinho *Sotalia guianensis* (Gervais, 1953) provocadas por embarcações. *Biotemas*, 19(1), 75–80.
- Van Parijs S. M., Corkeron P. J. (2001). Boat traffic affects the acoustic behavior of Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 81:533-538.
- Watkins W. A. (1986). Whale reactions to human activities in Cape Cod waters. *Marine Mammal Science*, 2(4): 251-62.
- Wedekin L. L., Daura-Jorge F. G., Simões-Lopes P. C. (2002). Desenhos de unidades de conservação marinhas com cetáceos: estudo do caso do boto-cinza *Sotalia guianensis*, na Baía Norte de Santa Catarina, sul do Brasil. *Anais Do III Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*, 56–62.

- Wedekin L. L., Daura-Jorge F. G., Simoes-Lopes P.C. (2004). An aggressive interaction between bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in southern Brazil. *Aquatic Mammals*, 30: 391-397.
- Wedekin, L. L. (2007). *Preferência de hábitat pelo boto-cinza, Sotalia guianensis (Cetacea, Delphinidae) em diferentes escalas espaciais na costa sul do Brasil*. Universidade Federal do Paraná.
- Weilgart, L. S. (2007). A brief review of known effects of noise on marine mammals. *International Journal of Comparative Psychology*, 20: 159–168.
- Wells R. S., Rhinehart H. L., Hansen L. J., Sweeney J. C., Townsend F. I., Stone R., Casper D., Scott M. D., Hohn A. A., Rowles T. K. (2004). Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: developing a health monitoring system. *Ecohealth*, 1:246–254.
- Whitehead H., Reeves R. R., Tyack P. L. (2000). Science and the conservation, protection, and management of wild cetaceans. In: Mann J., Connor R. C., Tyack P., Whitehead H. (Eds.) *Cetacean Societies: Field studies of dolphins and whales*. Chicago and London: The University of Chicago Press, p.308-332.
- Wright A. J. & Highfill L. (2007). Noise Related Stress and Marine Mammals: An Introduction. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2-3).
- Wright A. J. & Kuczaj S. (2007). Noise-related stress and marine mammals: An introduction. *International Journal of Comparative Psychology*, 20: 3-8.
- Wright A. J., Soto N. A., Baldwin A. L., Bateson M., Beale C. M., Clark C., Deak, T. Edwards E. F., Fernández A., Godinho A., Hatch L. T., Kakuschke A., Lusseau D., Martineau D., Romero L. D., Weilgart L. S., Wintle B. A., Notarbartolo-di-sciara G., Martin V. (2007). Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise? *International Journal of Comparative Psychology*, 20: 274–316.
- Zappes C. A., Nery M. F., Andriolo A., & Simão S. M. (2010). Ethnobiology and photo-identification: identifying anthropic impacts on boto-cinza dolphin *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, Brazil. *Revista Brasileira de Biociências*, 8 (2): 221–224.

Zappes C. A., Andriolo A., Silva F. O., Monteiro-Filho E. L. de A. (2009). Potencial conflicts between fishermen and *Sotalia guianensis* (Van Bénéden, 1864) (Cetacea, Delphinidae) in Brazil. *Sitientibus Serie Ciências Biológicas*, 9(4): 208-214.