



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOBIOLOGIA

DALILA TELES LEÃO MARTINS

A PLASTICIDADE ACÚSTICA DE UMA POPULAÇÃO DE BOTO-CINZA, *SOTALIA*  
*GUIANENSIS* (VAN BANÉDÉN, 1864) (CETACEA, DELPHINIDAE), NA REGIÃO  
NORDESTE DO BRASIL.

Tese apresentada à Universidade Federal  
do Rio Grande do Norte, para a obtenção  
do título de Doutor em Psicobiologia.

NATAL, RN

Outubro, 2014

DALILA TELES LEÃO MARTINS

A PLASTICIDADE ACÚSTICA DE UMA POPULAÇÃO DE BOTO-CINZA, *SOTALIA*  
*GUIANENSIS* (VAN BANÉDÉN, 1864) (CETACEA, DELPHINIDAE), NA REGIÃO  
NORDESTE DO BRASIL.

Tese apresentada à Universidade Federal

do Rio Grande do Norte, para a obtenção

do título de Doutor em Psicobiologia.

Orientador: Prof. Dr. Flávio José de Lima Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Emygdio Leite de Araujo Monteiro-Filho

NATAL, RN

Outubro, 2014

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de Biociências

Martins, Dalila Teles Leão.

A plasticidade acústica de uma população de Boto-Cinza, *Sotalia Guianensis* (Van Banédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae), na região Nordeste do Brasil / Dalila Teles Leão Martins. – Natal, RN, 2014.

108 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Flavio José Lima Silva

Coorientador: Prof. Dr. Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia.

1. *Sotalia Guianensis* – Tese. 2. Comportamento acústico. – Tese 3. Fatores ambientais. – Tese. I. Silva, Flávio José Lima. II. Monteiro-Filho, Emygdio Leite de Araujo. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 599.533

Título: A plasticidade acústica de uma população de boto-cinza, *sotalia guianensis* (van  
banédén, 1864) (cetacea, delphinidae), na região nordeste do brasil.

Autora: Dalila Teles Leão Martins

Data da defesa: 20 de novembro de 2014.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Marcos Roberto Rossi Santos  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

---

Prof. Dra. Ana Bernadete Lima Fragoso  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

---

Prof. Dra. Simone Almeida Gavilan Leando da Costa  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof. Dr. Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Flávio José de Lima Silva  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

*Dedico esse trabalho à  
minha mãe, Ana Isabel.*

## AGRADECIMENTOS

E eis que chega o dia tão esperado. Ao entrar nas Ciências Biológicas parecia ser algo tão distante e de repente, como num passe de mágica, chego ao fim de mais uma etapa. Agora sou Doutora, não porque fiz medicina ou direito, sou Doutora porque conclui meu Doutorado.

Anos de suor, sofrimento, tristezas, alegrias, turbulências, dúvidas que foram possíveis de ser superados porque tive apoio direta ou indiretamente de várias pessoas.

Agradeço primeiramente a Deus, causa primária de todas as coisas, que me sustentou em todos os momentos.

À minha mãe que sempre me apoia e se dedica ao máximo para ver a felicidade das suas filhas.

Às minhas irmãs que por telefone me incentivava a continuar e finalizar esse desafio e ao meu sobrinho lindo que traz tantas alegrias.

Ao Flávio que continuou apostando em mim e no projeto, se desenrolando para conseguirmos concluir, e a Emygdio que tão gentilmente aceitou o convite de co-orientador e me recepcionou tão bem em seu laboratório, contribuindo muito para a conclusão desse estudo.

Ao pessoal do PCCB-RN pelo apoio, principalmente Ana Emília e Adna que aguentaram muito minhas lamentações.

Ao pessoal da ECOMAR que contribuíram com minhas coletas.

À Tita, Bruna, Pedro e Fabiano, sem eles as coletas seriam impossíveis.

Ao pessoal de Pipa, em especial Garantido e João, pelas caronas até o barco.

Jhonny e Nildo por disponibilizarem seus barcos.

À Marianny, Eliana, Né e Tio Roberto que me adotaram como parte da família.

Aos amigos do mestrado que mantêm contato e pelas palavras de apoio.

Aos amigos de Minas que mesmo com a distância continuam a amizade como se eu estivesse lá.

Enfim, não tenho palavras que descrevam a imensa gratidão por tê-los ao meu lado.

Obrigada!!!

*De tudo a minha tese serei atenta.  
Antes com tal zelo, hoje, nem tanto  
Que mesmo em face do maior desespero  
Dela eu me encante mais em prol do meu sustento.*

*Quero esquecê-la em vários momentos  
E em seu louvor hei de submeter um artigo  
E rir meu riso ou derramar meu pranto  
quando pelo e-mail receber um posicionamento.*

*E assim, quando mais tarde não aguentar esperar  
Quem sabe a negação, angústia de um pós-graduando  
Quem sabe a aprovação, complemento do meu lattes*

*Eu possa te dizer do amor (que tive):  
Que não seja imortal, pois não mais eu penso  
e que não seja infinito, enquanto eu dure.*

*Dalila Leão (paródia do Soneto de  
Fidelidade – Vinícius de Moraes)*



## SUMÁRIO

Prefácio -----	x
Resumo Geral -----	xii
Abstract -----	xiii
Relação de Figuras -----	xiv
Relação de Tabelas -----	xv

### 1- INTRODUÇÃO GERAL

1.1- Comunicação Animal -----	01
1.2- Comunicação em Cetáceos -----	02
1.3- Ruídos e impactos sonoros no ambiente marinho -----	04
1.4- Caracterização da espécie -----	06

### 2- OBJETIVO GERAL ----- 08

### 3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.1- Objetivo manuscrito 1 -----	08
3.2- Objetivo manuscrito 2 -----	08
3.3- Objetivo manuscrito 3 -----	08

#### 4- MANUSCRITOS

##### 4.1- Como se comportam os parâmetros acústicos de *Sotalia guianensis* em diferentes condições ambientais? (Manuscrito 1)

Resumo -----	09
Abstract -----	10
Introdução -----	11
Materiais e Métodos -----	13
Resultados -----	16
Discussão -----	22
Referências bibliográficas -----	26

##### 4.2- Comunicação noturna de *Sotalia guianensis* na região nordeste do Brasil (Manuscrito 2)

Resumo -----	35
Abstract -----	36
Introdução -----	37
Materiais e Métodos -----	39
Resultados -----	42
Discussão -----	46

Referências Bibliográficas -----	51
4.3- Influência de ruídos naturais no contexto acústico de uma população de <i>Sotalia guianensis</i>	
Resumo -----	58
Abstract -----	59
Introdução -----	60
Materiais e Métodos -----	62
Resultados -----	65
Discussão -----	69
Referências Bibliográficas -----	74
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	80
6 – REFERÊNCIAS GERAIS -----	84

## PREFÁCIO

A proposta desse estudo surgiu a partir da necessidade de pesquisas com acústica de cetáceos, principalmente do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, no estado do Rio Grande do Norte. Essa é uma espécie presente em praticamente toda a costa brasileira e poucos estudos com acústica na região foram realizados. A partir dos resultados encontrados no meu mestrado sobre impactos de embarcações na acústica de boto cinza, verifiquei a necessidade de avaliar como os parâmetros acústicos moldam-se em diferentes condições naturais. Surgiu então, a ideia de verificar a existência da plasticidade acústica. Por isso, o objetivo desse estudo foi averiguar se existem relações entre estações do ano, maré, ciclo diário da maré, períodos do dia e habitat diferentes e o comportamento acústico de *S. guianensis* no litoral sul do estado do Rio Grande do Norte. Foram realizadas gravações diurnas das emissões sonoras e ruído natural do ambiente na Enseada do Curral localizada no distrito de Pipa e gravações diurnas, noturnas e do ruído ambiente no Complexo Lagunar de Guaraíras localizado no município de Tibau do Sul.

Esse trabalho foi elaborado de acordo com as normas do Programa de Pós-graduação em Psicobiologia da UFRN e com o intuito de facilitar a publicação dos manuscritos, esses já se encontram pré-formatados para a publicação.

A introdução geral traz uma fundamentação teórica que suporta os estudos dessa tese. A primeira parte “Comunicação Animal” exemplifica o que é e como funciona a comunicação animal. Demonstra conceitos acerca do tema e hipótese do seu surgimento. Em seguida, a “Comunicação em Cetáceos” descreve como funciona a comunicação nas diferentes subordens. Em, “Ruídos naturais e antropogênicos” relata como esses ruídos podem influenciar a acústica e comportamento dos cetáceos. Por último, fez-se uma “Caracterização da espécie” revelando suas características biológicas e ecológicas.

Posteriormente, é apresentado o objetivo geral e específico dessa tese, seguido dos três manuscritos desenvolvidos. No primeiro manuscrito verificou-se a influência das estações do ano, maré e ciclo diário da maré sobre as emissões sonoras de *S. guianensis*; o segundo verificou se existem diferenças nos parâmetros acústicos entre períodos do dia e o terceiro apresenta uma comparação das emissões sonoras entre ambiente diferente com latitudes semelhantes. Por fim, uma consideração final foi desenvolvida com o intuito de compilar todos os resultados e elaborar uma conclusão sobre a plasticidade acústica.

A referência geral inclui todas as citações realizadas na introdução e considerações finais. As referências utilizadas em cada manuscrito estão inseridas no final dos mesmos.

## RESUMO GERAL

As características do ambiente podem modificar a acústica de uma espécie devido o habitat, período do dia e ano. Para *Sotalia guianensis* foram descritos tipos de emissões sonoras como assobios, gritos e estalidos em diferentes regiões do oceano Atlântico. Por isso, esse estudo investigou as possíveis relações entre estações do ano, maré, ciclo diário da maré, períodos do dia e diferentes habitat e as emissões sonoras de *S. guianensis*. As gravações sonoras ocorreram na Enseada do Curral e Complexo Lagunar de Guaraíras no município de Tibau do Sul/RN. Nesta região, assobios são emitidos com frequências mais baixas durante a estação chuvosa e a maré de sizígia; enquanto, estalidos possuem frequências maiores. É durante o ciclo diário de maré vazante que assobios, estalidos e gritos apresentam parâmetros de frequências maiores em relação à maré enchente. Essas modificações podem estar relacionadas com a turbidez e disponibilidade de presas. Na comparação entre os períodos do dia, percebeu-se que a noite ocorre aumento considerável da ocorrência de assobios e estalidos provavelmente devido a pouca luminosidade. Além disso, as frequências mais baixas dos assobios e estalidos utilizadas durante a noite permite que o som viaje distâncias maiores já que a visão fica limitada; entretanto, o aumento da frequência mínima seria para precisar a captura das presas em si. A baixa ocorrência dos gritos pode estar relacionada ao tamanho pequeno do grupo no local. Já as mudanças acústicas a noite podem ser influenciadas em parte pelos níveis de iluminação como pela disponibilidade de presas durante esse período. Na Laguna, todos os parâmetros de frequências dos assobios são maiores que na Enseada, assim como a frequência inicial dos estalidos, o que possibilita uma precisão. Entretanto, a frequência central dos estalidos diminuiu e esse fato pode estar ligado ao rastreamento da área. Vários fatores podem estar associados as modificações nas emissões de *S. guianensis* como ruídos de fundo, propriedades do fundo, entre outros. Esse estudo suporta a hipótese de

que *S. guianensis* apresenta uma plasticidade acústica de acordo com as condições do local onde a espécie está inserida e se adapta às mudanças ambientais.

Palavras-chave: Comportamento acústico, *Sotalia guianensis*, fatores ambientais, habitat.

### ABSTRACT

The environmental characteristics can modify the acoustics of a species due to habitat, time of day and year. Therefore, this study investigated the relationships between seasons, tide, daily cycle of tides, times of day and different habitat and noise emission of *S. guianensis*. Sound recordings occurred in the Curreal's Cove and Lagoon Complex of Guarairas (CLG) in the municipality of Tibau do Sul/RN. Whistles are emitted with lower frequency during rainy season and spring tide while clicks are higher; whistles, clicks and calls have higher frequency during ebb tide. These modifications can be related with turbidity and prey availability. The whistles and clicks occurrence are higher at night probably because luminosity is lower. Furthermore, the whistles and clicks frequency reduction overnight allows the sound to travel longer distance and helps the view which is limited; but the minimum frequency increase was needed to catch the prey. The low occurrence of calls could be related to the small group size. The acoustic changes at night may be partly influenced by light levels as prey availability that is larger in this period. Whistle frequencies and click initial frequency are higher in CLG than Curreal's cove that permitted good precision. However, click central frequency is lower and may be connected to tracking the area. Several factors may be associated with such modifications as background noise, bottom and others. This study supports the hypothesis that *S. guianensis* presents an acoustic plasticity according to the local conditions where the species is embedded and adapts to the environmental changes.

Keywords: acoustic behavior, *Sotalia guianensis*, environmental factors, nocturnal acoustic, habitat.

## RELAÇÃO DE FIGURAS

### **Manuscrito 1:**

Figura 1: Localização da Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* entre os meses de fevereiro de 2012 e janeiro de 2014. Mapa: Ana Alencar.

### **Manuscrito 2:**

Figura 1: Localização do Complexo Lagunar Guaraiaras, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* nos períodos do dia e noite entre os meses de outubro a março de 2013 e outubro a janeiro de 2014. Mapa: Ana Alencar.

Figura 2: Taxa de repetição de sons emitidos por *S. guianensis* dentro das categorias sonoras de assobios e estalidos durante os períodos do dia e noite registrados no Complexo Lagunar de Guaraiaras, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, entre os meses de outubro a março de 2013 e outubro a janeiro de 2014.

### **Manuscrito 3:**

Figura 1: Localização do Complexo Lagunar de Guaraiaras e da Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* entre os meses de outubro a março de 2013 e outubro a janeiro de 2014. Mapa: Ana Alencar.

Figura 2: Espectro de energia dos ruídos naturais dos ambientes Complexo Lagunar de Guaraiaras – CLG (linha superior) e Enseada do Curral (linha inferior), estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, registrados entre outubro de 2012 a março de 2013 e



outubro 2013 a março 2014. Eixo x frequência dos ruídos em kHz e eixo y intensidade dos ruídos em dB re 1V/ $\mu$ Pa.

## RELAÇÃO DE TABELAS

### Manuscrito 1:

Tabela 1: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos de assobios e estalidos de *Sotalia guianensis* registrados durante a estação de chuva e seca, maré de sizígia e quadratura, e ciclo de maré enchente e vazante na Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, entre fevereiro de 2012 a janeiro de 2014. Frequência é dada em kHz e duração em segundos. DV = desvio padrão; AIF = frequência inicial de assobios; AFF = frequência final de assobios; AMIF = frequência mínima de assobios; AMAF = frequência máxima de assobios; APF: pico de frequência de assobios; ACF: frequência central de assobios; AD = duração de assobios; EMIF = frequência mínima de estalidos; EPF = pico de frequência de estalidos; ECF: frequência central de estalidos; ED = duração de estalidos; GMIF = frequência mínima de gritos; GMAF = frequência máxima de gritos; GPF: pico de frequência de gritos; GCF: frequência central de gritos; GD = duração de gritos; Min = valor mínimo; Max = valor máximo.

### Manuscrito 2:

Tabela 1: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos de assobios, estalidos e gritos de *S. guianensis* registrados durante os períodos do dia e noite no Complexo Lagunar de Guarairas, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, entre outubro de 2012 e março de 2013 e de outubro 2013 e janeiro 2014. Não houve registros de grito durante

o período noturno. Frequência é dada em kHz e duração em segundos. IF = frequência inicial; FF = frequência final; MIF = frequência mínima; MAF = frequência máxima; PF = pico de frequência; CF = frequência central; D = duração; SD = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo.

### **Manuscrito 3:**

Tabela 2: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos de assobios, estalidos e gritos de *Sotalia guianensis* registrados no Complexo Lagunar de Guaraíras (CLG) e Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, entre outubro de 2012 a março de 2013 e outubro 2013 a março 2014. Frequência é dada em kHz e duração em segundos. IF = frequência inicial; FF = frequência final; MIF = frequência mínima; MAF = frequência máxima; PF = pico de frequência; CF = frequência central; D = duração; SD = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo.

Tabela 2: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos dos ruídos naturais do Complexo Lagunar de Guaraíras (CLG) e Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, região nordeste do Brasil, separados pelas categorias sonoras 0-2,5kHz e 2,5-5kHz, entre outubro de 2012 a março de 2013 e outubro 2013 a março 2014. Frequência é dada em kHz e intensidade em dB. PF = pico de frequência; CF = frequência central; I = intensidade; SD = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo.

# 1- INTRODUÇÃO GERAL

## 1.1- Comunicação Animal

A comunicação animal pode ser caracterizada como um processo em que os indivíduos emissores, utilizando-se de sinais, transmitem uma informação que pode modificar o comportamento dos indivíduos receptores que as captam. Essa comunicação está presente em muitos momentos do ciclo de vida dos animais e apresenta relevância, principalmente por ser utilizada em interações sociais essenciais para a sobrevivência do indivíduo (Krebs & Davies 1996).

Todo comportamento social envolve comunicação, ou seja, a transmissão de informações de um animal para outro através de sinais que evoluíram para esse fim. Dessa forma, a comunicação é importante principalmente para a formação e manutenção das interações sociais. (McGregor 2005).

Não se sabe ao certo como a comunicação se originou e evoluiu, mas é possível que muitos sinais tenham evoluído a partir de movimentos incidentais dos emissores que acabaram sendo recebidos pelos receptores e, dessa forma, os últimos passaram a prever o comportamento dos primeiros reagindo a movimentos que antecediam uma ação importante (Krebs & Davies 1996; Alcock 1993). Além disso, a comunicação também pode ter surgido de uma mutação genética (ou sequências de mutações) que aumentou o sucesso reprodutivo dos indivíduos que a continha e essa característica se propagou e evoluiu na população devido a detecção pelos receptores (Krebs & Davies 1996; Alcock 1993). A seleção natural - que pode causar as mudanças nesses sinais para o desenvolvimento da comunicação em uma espécie - ocorre se pelo menos um dos emissores e/ou receptores, receberem benefícios por participarem desse sistema. (Bradbury & Vehrencamp 1998; Alcock 1993).

Deve-se pensar que a comunicação depende dos diferentes canais sensoriais de cada grupo de animais e as restrições impostas pelos hábitos e habitats das espécies. Os tipos de sinais de comunicação utilizados por animais podem ser químicos, visuais, tácticos e auditivos, e uma mesma espécie pode utilizar-se de um ou mais sinais para o mesmo fim, dependendo do local onde está inserido (Alcock 1993; Krebs & Davies 1996).

Neste sentido, tem-se como exemplo na comunicação química, os feromônios que são importantes para o comportamento de uma variedade de organismos invertebrados e vertebrados (Wyatt 2003). Já a comunicação visual pode ocorrer através das cores e formas dos animais ou pode acontecer pela aquisição de posturas e alterações de formas corporais (Alves & Neto 2010). Diferentemente, a comunicação tátil necessita que indivíduo emissor e receptor estejam em contato para que haja a transmissão do sinal (McGregor 2005). Por último, a comunicação sonora tira o melhor proveito das propriedades físicas do sinal sonoro. A evolução desse sinal em diferentes animais, a partir de diferentes estruturas em cada grupo, se adaptaram funcionalmente às necessidades que o ambiente impõe (Vielliard 2004).

De uma forma geral, todos os tipos de comunicação são utilizados para uma variedade de funções como defesa e manutenção de território, corte e acasalamento, status social, agressão (Kinzey 1983; Wyatt 2003; Oliveira & Ades 2004; Alves & Neto 2010), todas elas associadas à sobrevivência dos indivíduos e considerando o melhor custo-benefício para a espécie.

## **1.2- Comunicação em Cetáceos**

O som é a parte sensorial que mais se desenvolveu entre os animais marinhos. As características do ambiente, como por exemplo, a densidade e a transparência da água, dificultaram o desenvolvimento de outros sistemas sensoriais como a olfação, o paladar e a visão limitando a transmissão desses sinais (Nowacek et al. 2007).

A emissão sonora desenvolveu-se dentro da ordem Cetacea, de forma que as espécies presentes dentro desse grupo utilizam-na para comunicação e orientação (Erbe et al. 1999); e várias funções distintas de sons produzidos têm sido demonstradas ou sugeridas. Estudos sobre acústica de cetáceos têm permitido: a identificação de espécies, localização e pistas de indivíduos, identificação de linhagens a partir de dialetos regionais, determinação de padrões de distribuição sazonal, abundância relativa, entre outros (Stafford et al. 1998).

A sub-ordem Mysticeti possui uma comunicação muito intensa com relatos de níveis máximos que chegam a 188 dB em ambiente natural. Várias espécies de baleias produzem sons de baixa frequência capazes de viajar grandes distâncias em seus ambientes aquáticos (Richardson et al. 1995). De forma contrária, a sub-ordem Odontoceti produz sons de frequências mais altas e apresenta grande variedade como os assobios e, alguns sons pulsados, como os gritos e a ecolocalização (Morisaka & Connor 2007).

Dentre os odontocetos, a família Delphinidae apresenta grande riqueza e complexidade de suas emissões sonoras (Murray et al. 1998). Sons produzidos por espécies dessa família são basicamente de três tipos como os estalidos, assobios e gritos, com variações dentro de cada categoria que apresentam funções específicas. Os estalidos de ecolocalização são usados para navegação e localização de presas (Herzing 1996), enquanto os assobios e os gritos são utilizados, primariamente para comunicação (Baron et al. 2008).

Os estudos sobre comunicação acústica em cetáceos vêm crescendo a cada ano e alguns estudos relatam variações nas emissões sonoras entre espécies sugerindo uma relação com as diversas condições ambientais, além das diferenças fisiológicas (Wang & Evans 1995; Rendell et al. 1999). Outros estudos revelam que as diferenças acústicas espécie-específicas de golfinhos estão baseadas em relações alopátricas/simpátricas (Steiner 1981), diferenças nos habitats e comprimento do corpo (Wang & Evans 1995). Entretanto muitas informações sobre

emissões sonoras específicas de algumas espécies, assim como o repertório acústico como um todo de determinadas espécies ainda estão em aberto.

### **1.3- Ruídos no ambiente marinho**

O ambiente por si, tanto marinho quanto terrestre, são locais que apresentam naturalmente ruídos de fundo e que podem causar uma desordem no espaço, o que influencia na propagação do som entre emissor e receptor (Urlick 1983; Richardson et al. 1995). Para detectar a influência de ruído no ambiente, devem-se considerar as características físicas de frequência e intensidade do ruído de fundo e do som de interesse, a fim de tentar controlar as variáveis (Urlick 1983; Richardson et al. 1995).

O ambiente marinho apresenta diferentes fontes de ruídos naturais abióticos e bióticos que podem ser temporários ou contínuos. Alguns exemplos de ruídos são aqueles produzidos por ventos, ondas, ruídos sísmicos de vulcões e atividades tectônicas, precipitações, gelo e sons produzidos por animais (Wenz 1962; Richardson et al. 1995). A variabilidade do som no ambiente marinho depende da variação das fontes de ruídos e pode ocorrer de minuto a minuto como também pode ser sazonal como alguns fatores biológicos (Richardson et al. 1995).

Na última década, percebeu-se que o ambiente marinho naturalmente pode refletir em variações na ecologia comportamental e acústica de uma espécie dependendo do local onde essa habita (Parks et al. 2009). Como por exemplo, os golfinhos são capazes de modificar parâmetros acústicos em resposta a uma situação de estresse (Esch et al. 2009) e podem se adaptar a mudanças em seu habitat (May-Collado & Wartzok 2008; Deconto & Monteiro-Filho 2013).

Além dos ruídos naturais, existem os ruídos produzidos pelo homem que teve um grande crescimento na zona costeiras nos últimos séculos, principalmente para exploração do meio marinho com fins lucrativos, como a exploração de petróleo que aumentou consideravelmente os níveis de poluição acústica (Richardson et al. 1995).

Existem no mínimo quatro preocupações primárias que devem ser consideradas para animais que estão expostos a altos níveis de ruídos: (1) mudanças permanentes nos limiares auditivos; (2) mudanças temporárias nos limiares auditivos; (3) mascaramento e (4) respostas comportamentais (Nowacek et al. 2007). Tanto mudanças permanentes como temporárias no limiar auditivo representam mudanças atuais na habilidade auditiva, geralmente em uma frequência particular o que impede a sua identificação. O mascaramento é quando um som estranho cobre ou “mascara” um sinal e dessa forma, a detecção deste sinal é dificultada. Por último, as respostas comportamentais são mudanças na atividade de um animal em resposta a um som como, por exemplo, o abandono de um indivíduo e até mesmo de uma população, de uma área para outra, devido os ruídos (Nowacek et al. 2007).

Uma atividade que vem crescendo rapidamente na última década em todo o mundo é o turismo de observação de cetáceos, que ocorre tanto para observação de baleias como golfinhos. A princípio essa atividade deveria acontecer de forma sustentável a fim de reduzir os impactos gerados pela atividade, mas ao mesmo tempo trazendo grandes retornos econômicos e sociais (Higham & Lusseau 2007).

Entretanto, Duffus & Dearden (1993) descrevem que essa atividade pode trazer tipos diferentes de danos como: (1) consequências imediatas diretas que levam a mudanças comportamentais dos indivíduos como resultado de uma colisão e, indiretas nas quais os indivíduos podem morrer após terem sido afetados; (2) consequências diretas em curto prazo, gerando interferências em comportamentos importantes como alimentação, cuidado parental e

acasalamentos e, indiretas que podem afetar a distribuição espacial da espécie; (3) consequências diretas em longo prazo que alteram o tamanho do grupo e, indiretas que reduzem a adaptabilidade e reprodução, podendo levar ao declínio da população.

#### 1.4- **Caracterização da espécie**

O golfinho *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864), também conhecido como boto-cinza habita principalmente estuários, baías, enseadas e áreas de manguezais. Sua distribuição mundial é restrita ao oceano Atlântico Ocidental conhecida desde Honduras, na América Central até o Estado de Santa Catarina, no Brasil, sendo amplamente distribuído pela costa brasileira (Flores et al. 2009).

A espécie apresenta pequeno porte, tamanho médio de 1,80 m com nadadeira dorsal pequena e localizada no centro do dorso com formato triangular. A coloração do corpo varia do tom de cinza escuro no dorso e tonalidades mais claras na lateral. A região ventral pode apresentar tons brancos ou rosados, sendo essa última mais comum em imaturos (Rosas et al. 2003). Sua dieta pode variar dependo do local onde a população está inserida. Dessa forma, a população de boto-cinza em Pipa, estado do Rio Grande do Norte, se alimenta principalmente, de peixes teleósteos e cefalópodes (Pansard et al. 2011).

A longevidade desses animais chega a cerca de 30 anos e apresenta um período gestacional de cerca de 11 meses (Rosas & Monteiro-Filho 2008). A organização social é dependente da presença das espécies de peixes utilizadas como alimento e do tamanho dos cardumes. A formação mais frequente é composta por um ou dois adultos e um filhote. Essa estrutura é mantida por pelo menos dois anos que correspondem ao ano de gestação somado ao primeiro ano do filhote (Monteiro-Filho 2000; Filla 2004).



Quando se trata de comunicação, o repertório acústico da espécie vem sendo bem estudado (Caldwell & Caldwell 1970; Kamminga et al. 1993; Sauerland & Dehnhard 1998; Monteiro-Filho & Monteiro 2001; Azevedo & Simão 2002; Erber & Simão 2004; Pivari & Rosso 2005; Azevedo & van Sluys 2005; Rossi-Santos & Podos 2006; Figueiredo & Simão 2009; May-Collado & Wartzok 2009; Deconto & Monteiro-Filho 2013). Monteiro-Filho & Monteiro (2001) descreveram quatro tipos diferentes de sons: assobios, gritos, gargarejo e estalidos. Assobios são sons que podem ou não apresentar harmônicos e são utilizados principalmente para comunicação e são os sons mais comuns produzidos por golfinhos. Gritos correspondem à categoria mais diversa de sons pulsados e apresentam-se com intensidade variável, mas raramente forte e sempre com harmônicos. O gargarejo é similar ao grito, apresenta uma nota longa com pelo menos dois harmônicos e modulação de frequência em torno de 0.3 kHz. É um som que foi descrito para filhotes. Os estalidos são caracterizados como sequências de pulsos com frequências de amplitudes variáveis usados na ecolocalização.

A grande riqueza dos sons emitidos por *S. guianensis* sugere diferenças regionais na elaboração dos sons que está associada à grande distribuição geográfica da espécie. Essa hipótese foi proposta e comprovada em estudos que demonstraram o aumento de parâmetros sonoros, principalmente, da frequência inicial, quanto mais ao norte esteja localizada a população (Azevedo & Van Sluys 2005; Rossi-Santos & Podos 2006; May-Collado & Wartzok 2009).

Entretanto, Deconto & Monteiro-Filho (2013) acreditam que a diferença nos parâmetros dos assobios de *S. guianensis* entre regiões seja devido às condições ambientais locais relacionados à propagação do som no ambiente. Além disso, Rossi-Santos & Monteiro-Filho (2008) sugerem que populações da região nordeste do Brasil habitam áreas abertas e

praias além de estuários e as diferenças acústicas entre esses ambientes podem favorecer sinais de comunicações em diferentes frequências.

## **2- OBJETIVO GERAL**

Investigar as relações entre estações do ano, maré, ciclo diário da maré, períodos do dia e habitat diferentes e o comportamento acústico de *S. guianensis* no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte.

## **3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

3.1 - Avaliar a influência das estações do ano (estiagem e chuva), variação de maré (sizígia e quadratura) e ciclo diário da maré (vazante e enchente) nos parâmetros acústicos de *S. guianensis*.

3.2 - Verificar se a ocorrência de emissões das categorias sonoras e os parâmetros acústicos dos sons produzidos por *S. guianensis* sofrem alterações entre os períodos do dia.

3.3 - Verificar se existem variações nos parâmetros acústicos de *S. guianensis* entre diferentes ambientes localizados em uma latitude semelhante.

#### 4- MANUSCRITOS

##### 4.1- Como se comportam os parâmetros acústicos de *Sotalia guianensis* em diferentes condições ambientais? (Manuscrito 1)

###### Submetido a *The Journal of the Acoustical Society of America* – Qualis B2

As modificações em diferentes fatores ambientais em um ecossistema ocorrem diariamente e ao longo do ano. Os animais ali presentes precisam de adaptações que lhe permitam melhorar a relação custo-benefício de viver nesse hábitat. Para o golfinho *Sotalia guianensis* é proposto plasticidade comportamental como resposta adaptativa em diferentes condições do meio e sugere-se que o mesmo ocorra na acústica. Devido a isso, o objetivo desse estudo foi avaliar a influência das estações do ano, maré e ciclo diário de maré nos parâmetros acústicos da espécie. As emissões sonoras foram gravadas durante dois anos na Enseada do Curral localizada em Pipa e todos os sons emitidos pela espécie na área foram comparados em relação à influência das variáveis analisadas. Assobios são emitidos com diminuição da frequência durante a estação chuvosa e a maré de sizígia; e estalidos com aumento. Durante o ciclo diário de maré vazante, assobios, estalidos e gritos apresentam aumento dos parâmetros de frequência. É provável que as modificações acústicas estejam relacionadas com a modificação da turbidez da água, sedimentos em suspensão e disponibilidade de presas. Esse estudo suporta a hipótese de que *S. guianensis* apresenta uma plasticidade acústica de acordo com as condições ambientais do local onde a espécie está inserida.

## ABSTRACT

Changes in different environmental factors in an ecosystem occur daily and throughout the year. The animals inserted in there need adaptations that allow them to improve the cost-benefit of living in this habitat. For *Sotalia guianensis* behavioral plasticity is proposed as an adaptive response to different environmental conditions and it is supposed to happen with acoustic. Due to this, the aim of this study was to evaluate the influence of the seasons, tide and daily tidal cycle in the acoustic parameters of the species. Sounds emissions were recorded during two years in Curral's Cove located in Pipa/RN and all the sounds produced by the species in the area were evaluated in relation to the influence of the variables analyzed. Whistles are issued with a decrease of the frequency during the rainy season and the spring tide and clicks, with an increase. During the daily cycle of ebb tide, whistles, clicks and calls show increased frequency parameters. It is likely that the acoustic modifications are related to the change in water turbidity, suspended sediments and prey availability. This study supports the hypothesis that *S. guianensis* presents an acoustic plasticity according to the environmental conditions where the species is inserted.

## INTRODUÇÃO

As modificações nos fatores ambientais em um ecossistema são constantes ao longo da vida dos seres vivos. Sofrer pressões seletivas de oscilações ambientais como temperatura, pH e fotoperíodo, além de variação na disponibilidade de presas entre estações do ano e mesmo ao longo de um dia, favorece a sobrevivência das espécies melhor adaptadas a um determinado ambiente (Friedlaender *et al.*, 2009; Silva and Silva-Jr., 2009; Dede *et al.*, 2013). Em ambientes aquáticos, principalmente costeiros e estuarinos, é importante que os animais tirem o melhor proveito da rotina de mudanças ambientais que ocorrem nesses habitat.

Mamíferos marinhos utilizam sons para comunicar sobre presença de perigo, disponibilidade de alimento, coespecíficos, status territorial ou reprodutivo (Richardson *et al.*, 1995). Em especial, a família Delphinidae utiliza sinais acústicos para mediar processos sociais que envolvem coordenação do grupo para determinados comportamentos como navegação e forrageio (Lammers *et al.*, 2006).

Particularmente para o golfinho *Sotalia guianensis* diferentes adaptações foram documentadas em relação às estratégias de forrageio e, conseqüentemente nos sons emitidos, de acordo com a disponibilidade de presas (Monteiro-Filho, 1992; 1995; 2008; Oliveira *et al.*, 1995; Geise *et al.*, 1999; Araujo *et al.*, 2001; Lodi, 2003; Silva *et al.*, 2008), sugerindo plasticidade comportamental (Monteiro-Filho, 2008). Essa espécie também exhibe mudanças comportamentais que variam sob condições particulares como temperatura e salinidade (Reis, 2008), estação do ano e ciclo diário de maré (Guilherme-Silveira and Silva, 2007; Guilherme-Silveira and Silva, 2009; Nascimento, 2006; Pansard *et al.*, 2011), fatores que também podem influenciar o repertório acústico.

Uma importante adaptação de cetáceos ao meio aquático é o repertório sonoro (Nowacek *et al.*, 2007) e para *S. guianensis* sons com diferentes funções puderam ser

identificados de acordo com as características físicas e audíveis (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001). Os assobios são os sons mais comuns e são geralmente emitidos durante atividades sociais (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001; Erber and Simão, 2004; Azevedo and Van Sluys, 2005). Os gritos são a categoria mais diversa de sons, utilizados na socialização e durante as estratégias de pesca e estalidos são as ecolocalizações utilizados na detecção de presas e obstáculos no ambiente (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001).

Devido à grande riqueza dos sons emitidos por *S. guianensis* sobre condições naturais (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001) é sugerido que a complexidade de seu repertório acústico, associada com uma grande distribuição geográfica possa acarretar em diferenças regionais na elaboração dos sons. Essa hipótese foi proposta e comprovada em estudos que demonstraram o aumento de parâmetros sonoros, principalmente, da frequência inicial, quanto mais próxima à linha do Equador esteja localizada a população de *S. guianensis* (Azevedo and Van Sluys, 2005; Rossi-Santos and Podos, 2006; May-Collado and Wartzok, 2009). Entretanto, Deconto e Monteiro-Filho (2013) sugerem que as diferenças sonoras são adaptações às condições das características do ambiente.

Assim, considerando que as referidas diferenças acústicas regionais podem estar associadas às condições físicas do meio (Au and Hastings, 2008), o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência das estações do ano (estiagem e chuva), maré (sizígia e quadratura) e ciclo diário da maré (vazante e enchente) sobre parâmetros acústicos de *S. guianensis* em um mesmo sítio amostral. Para tanto, partimos da hipótese de que modificações dos parâmetros acústicos refletirão, assim como ocorre com outros comportamentos, ajustes às alterações do ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS.

### *Área de estudo*

Este estudo foi realizado na Enseada do Curral, pertencente ao distrito de Pipa que integra o município de Tibau do Sul (fig. 1), no extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte (Nordeste; 06° 13' 23,9'' S e 35° 04' 14,8'' O) e distando aproximadamente 90 km da cidade de Natal, capital do Estado.

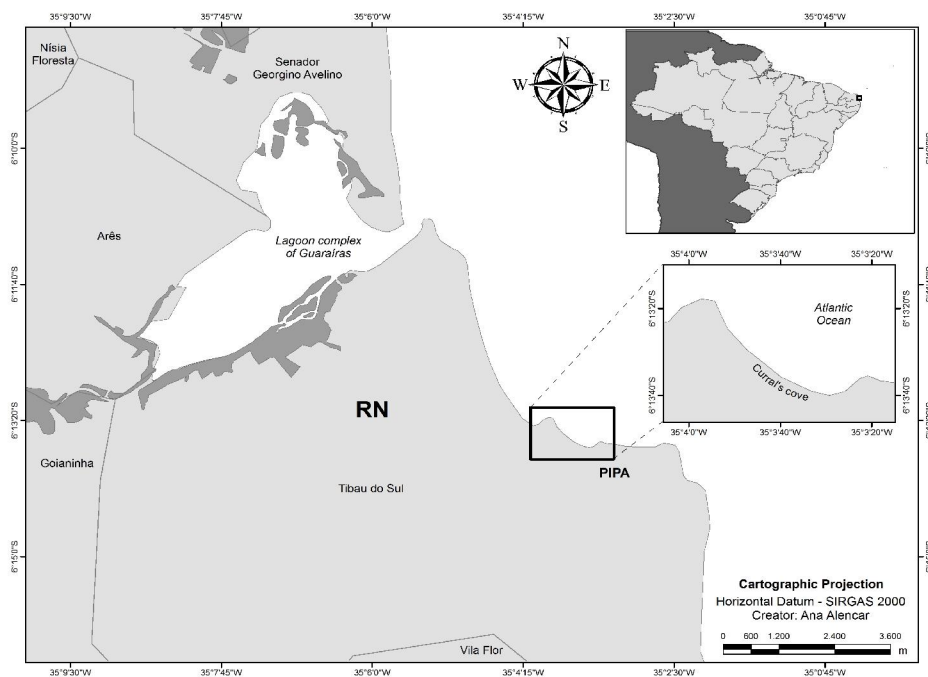


Figura 1: Localização da Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* entre os meses de fevereiro de 2012 e janeiro de 2014. Mapa: Ana Alencar.

A enseada apresenta fundo arenoso e apresenta profundidade em torno de 5 m. A turbidez da água é alta, pois é uma praia de alta energia, com movimento constante de

sedimentos em suspensão. É contornada por falésias com uma altura média de 30 m que circunda a praia. A região é protegida dos ventos proporcionando assim, uma área relativamente estável, pois sofre influência unicamente de marés e precipitações (IDEMA, 2003).

Paro (2010) estimou através de foto-identificação, que em Pipa existe uma média de 105 indivíduos, variando entre 88 e 129. Há relatos de que  $\frac{1}{4}$  da população apresente alta e média fidelidade e  $\frac{3}{4}$  baixa fidelidade (Ananias *et. al.*, 2008; Paro, 2010).

### *Procedimentos*

A coleta dos dados sonoros dos botos teve duração de dois anos (Fevereiro de 2012 a Janeiro de 2014) e foram realizadas em diferentes intervalos de tempo. Foi considerada a maré de quadratura (lua crescente e minguante) e a maré de sizígia (lua cheia e nova); as estações do ano, que foram categorizadas em estiagem que ocorre entre os meses de outubro a março e chuva entre os meses de abril a setembro (Santos e Silva *et al.*, 2012); e o ciclo diário da maré enchente e vazante que tem duração de seis horas em média entre os picos de preamar e baixa mar. Considerou-se o Porto de Natal para o cálculo das amplitudes e horário de maré com base na tábua de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN, 2012, 2013, 2014) e determinar o horário da coleta. Além disso, todas as gravações ocorreram sempre na ausência de embarcações na área (exceto a utilizada no estudo).

Os dados foram registrados a partir de uma embarcação de madeira de oito metros com motor de popa, a qual permanecia desligada, ancorada e o estado do mar foi padronizado em  $\leq 2$  na escala Beaufort. Para as gravações utilizamos um hidrofone C55 (8 Hz a 100 kHz, -165dB, re 1V/ $\mu$ Pa) conectado a um gravador digital com taxa de amostragem de 96 kHz e a 16 bits, sendo o hidrofone posicionado a 1,5 m de profundidade. No intuito de otimizar as



coletas de dados, os registros iniciavam quando a presença dos golfinhos era detectada em torno da embarcação numa área com raio de até 100 m. As sessões eram encerradas quando os indivíduos se afastavam além da distância estabelecida ou não eram mais visualizados na área.

Para verificar se a modificação da claridade da água no local durante as diferentes estações do ano pode de alguma forma influenciar a mudança dos parâmetros sonoros dos golfinhos em função da maior ou menor disponibilidade de partículas em suspensão, dados de turbidez da água, com o auxílio de um disco de Secchi, foram registrados quando se iniciava o dia de coleta.

As análises dos sons foram feitas com o programa RAVEN PRO<sup>®</sup> 1.4. Os parâmetros foram calculados com FFT 500 (Fast Fourier Transformation), janela Hann e overlap de 50%. Somente sons de boa qualidade, ou seja, com intensidade que os tornassem distinguíveis dos ruídos de fundo foram analisados. Para assobios os parâmetros avaliados foram: frequência inicial, frequência final, frequência mínima, frequência máxima, pico de frequência, frequência central e duração; para gritos e estalidos: frequência mínima, frequência máxima, pico de frequência, frequência central e duração. May-Collado and Wartzok (2010) relatam a frequência dominante de estalidos em torno de 88 kHz e como os valores de frequência máxima de estalidos nesse estudo sempre atingiram o valor máximo do gravador (48 kHz) não houve modificações desse parâmetro nas diferentes condições que foram realizadas as gravações, por isso esse parâmetro foi retirado. Entretanto, as análises comparativas das outras variáveis de frequência dos estalidos foram mantidas, pois variam dentro de uma mesma área de estudo. Para verificar a possível influência da estação, maré e ciclo diário da maré nos parâmetros acústicos dos diferentes sons produzidos por *S.*

*guianensis* foi testada a normalidade dos dados e então utilizado o teste de Mann-Whitney com significância de 0,05.

## **RESULTADOS**

Um total de 212 horas de esforço amostral possibilitou 102 h esforço efetivo considerando as diferentes estações, maré e ciclo diário da maré. Os meses considerados de estiagem apresentaram o período de maior transparência da água, visibilidade média de 100 cm, ao passo que na estação chuvosa a visibilidade média foi de 80 cm.

### *Variações sazonais dos parâmetros acústicos*

A categoria sonora assobio apresentou diferenças significativas em todos os parâmetros de frequência analisados (tabela 1). O parâmetro frequência inicial (AIF) e frequência mínima (AMIF) tiveram médias superiores para a estação chuvosa (tabela 1). Entretanto, as médias da frequência final (AFF), frequência máxima (AMAF), pico de frequência (APF) e frequência central (ACF) foram menores durante a estação chuvosa (tabela 1). A média do parâmetro de duração (AD) não apresentou mudança significativa entre as estações (tabela 1).

Semelhante ao que foi registrado para o assobio, o estalido de ecolocalização também apresentou diferenças significativas em alguns parâmetros acústicos. O parâmetro frequência mínima (EMIF) e pico de frequência (EPF) tiveram aumento da média de seus valores na estação chuvosa, enquanto a média da duração (ED) teve um aumento durante a estação de estiagem. Não houve alteração significativa na média da frequência central (ECF) dos estalidos (tabela1).

Diferentemente da maioria dos parâmetros acústicos de assobios e estalidos, o grito foi à categoria sonora que não sofreu modificação significativa em nenhum de seus parâmetros (tabela 1).

#### *Influência da maré de sizígia e quadratura*

A influência da maré na categoria sonora assobio ocorreu em quatro parâmetros analisados (tabela 1). As médias da frequência final (AFF), frequência máxima (AMAF), pico de frequência (APF), frequência central (ACF) foram menores na maré de sizígia (tabela 1).

Os estalidos sofreram mudanças significativas em todos os parâmetros entre as diferentes marés com aumento da média de frequência mínima (EMIF), pico de frequência (EPF) e frequência central (ECF) e diminuição da média de duração (ED) durante a maré de sizígia (tabela 1). Os gritos não tiveram mudanças significativas em nenhum dos parâmetros acústicos analisados nas duas marés (tabela 1).

#### *Influência do ciclo diário da maré*

Em se tratando de variações do ciclo de marés, essas tiveram influência significativa em praticamente todos os parâmetros das três categorias sonoras (tabela 1).

Os assobios tiveram redução da sua média na frequência inicial (AIF), frequência mínima (AMIF), pico de frequência (APF), frequência central (ACF) e duração (AD) durante a maré enchente, enquanto frequência final (AFF) e frequência máxima (AMAF), apresentaram um aumento da sua média durante essa maré (tabela 1).

Os estalidos sofreram alterações significativas em todos os parâmetros. A média de frequência mínima (EMIF), pico de frequência (EPF) e frequência central (ECF) diminuíram durante a maré enchente. Por outro lado, a média de duração (AD) aumentou (tabela 1).

A variação do ciclo de maré foi a única variável que aparentemente influenciou os gritos. Tanto a média da frequência máxima (GMAF) quanto às médias de pico de frequência (GPF) e frequência central (GCF) sofreram redução dos seus valores durante a maré enchente (tabela 1).

Tabela 1: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos de assobios e estalidos de *Sotalia guianensis* registrados durante a estação de chuva e seca, maré de sizígia e quadratura, e ciclo de maré enchente e vazante na Enseada do Curral, Nordeste do Brasil, entre fevereiro de 2012 a janeiro de 2014. Frequência é dada em kHz e duração em segundos. AIF = frequência inicial de assobios; AFF = frequência final de assobios; AMIF = frequência mínima de assobios; AMAF = frequência máxima de assobios; APF: pico de frequência de assobios; ACF: frequência central de assobios; AD = duração de assobios; EMIF = frequência mínima de estalidos; EPF = pico de frequência de estalidos; ECF: frequência central de estalidos; ED = duração de estalidos; GMIF = frequência mínima de gritos; GMAF = frequência máxima de gritos; GPF: pico de frequência de gritos; GCF: frequência central de gritos; GD = duração de gritos.

	CHUVOSA	ESTIAGEM	U	<i>p</i>	SIZÍGIA	QUADRATURA	U	<i>p</i>	VAZANTE	ENCHENTE	U	<i>p</i>
<b>AIF</b>	11,50 ± 3,82 (3,12 – 29,67)	10,23 ± 3,62 (1,68 - 27,28)	221112	0,000*	11,50 ± 3,82 (3,12 – 29,67)	11,63 ± 4,01 (3,69 – 25,09)	276515	0,683	11,50 ± 3,82 (3,12 – 29,67)	9,79 ± 3,63 (1,80 – 22,06)	198340	0,000*
<b>AFF</b>	18,28 ± 4,42 (4,53 – 39,36)	21,69 ± 5,13 (5,00 – 35,65)	169485	0,000*	18,28 ± 4,42 (4,53 – 39,36)	19,17 ± 3,83 (7,91 – 31,28)	234159	0,000*	18,28 ± 4,42 (4,53 – 39,36)	19,32 ± 4,58 (5,22 – 31,41)	232375	0,000*
<b>AMIF</b>	10,73 ± 2,98 (3,12 - 26,74)	9,68 ± 2,76 (1,68 – 17,68)	226075	0,000*	10,73 ± 2,98 (3,12 - 26,74)	10,85 ± 3,12 (3,69 – 19,47)	273248	0,437	10,73 ± 2,98 (3,12 - 26,74)	9,21 ± 2,97 (1,80 – 18,30)	204036	0,000*

\*valores significativos

Tabela I (continua)

	<b>CHUVOSA</b>	<b>ESTIAGEM</b>	<b>U</b>	<b>p</b>	<b>SIZÍGIA</b>	<b>QUADRATURA</b>	<b>U</b>	<b>p</b>	<b>VAZANTE</b>	<b>ENCHENTE</b>	<b>U</b>	<b>p</b>
<b>AMAF</b>	18,78 ± 4,14 (4,77 – 39,36)	22,11 ± 4,88 (5,00 – 35,65)	166833	0,000*	18,78 ± 4,14 (4,77 – 39,36)	19,67 ± 3,37 (11,34 – 31,28)	227114	0,000*	18,78 ± 4,14 (4,77 – 39,36)	19,67 ± 4,19 (10,91 – 31,41)	233856	0,000*
<b>APF</b>	14,34 ± 3,21 (4,87 – 28,87)	15,30 ± 4,39 (2,25 – 30,37)	247444	0,000*	14,34 ± 3,21 (4,87 – 28,87)	15,13 ± 3,27 (5,25 – 24,37)	229011	0,000*	14,34 ± 3,21 (4,87 – 28,87)	13,16 ± 3,34 (2,62 – 22,87)	226270	0,000*
<b>ACF</b>	14,36 ± 2,86 (4,12 – 28,87)	15,66 ± 3,51 (0,46 – 3,75)	217281	0,000*	14,36 ± 2,86 (4,12 – 28,87)	15,31 ± 2,91 (8,62 – 24,37)	224242	0,000*	14,36 ± 2,86 (4,12 – 28,87)	13,57 ± 2,89 (6,00 – 22,12)	239085	0,000*
<b>AD</b>	1,20 ± 0,34 (0,02 – 1,20)	0,21 ± 0,12 (0,03 – 0,65)	265163	0,090	1,20 ± 0,34 (0,02 – 1,20)	0,19 ± 0,12 (0,03 – 0,70)	266684	0,128	1,20 ± 0,34 (0,02 – 1,20)	0,23 ± 0,12 (0,05 – 0,71)	239618	0,000*
<b>EMIF</b>	6,25 ± 2,17 (0,10 – 15,50)	4,09 ± 1,82 (0,75 – 13,70)	135012	0,000*	6,25 ± 2,17 (0,10 – 15,50)	5,75 ± 2,49 (0,83 – 15,09)	184925	0,000*	6,25 ± 2,17 (0,10 – 15,50)	5,77 ± 2,84 (0,44 – 13,95)	120846	0,008*
<b>EPF</b>	26,33 ± 11,76 (0,75 – 47,81)	25,47 ± 14,00 (1,12 – 46,13)	245945	0,015*	26,33 ± 11,76 (0,75 – 47,81)	22,93 ± 11,82 (1,12 – 44,25)	139703	0,000*	26,33 ± 11,76 (0,75 – 47,81)	24,68 ± 11,11 (0,56 – 43,50)	120636	0,025*
<b>ECF</b>	29,71 ± 19,05 (4,12 – 26,11)	29,80 ± 4,75 (4,87 – 38,81)	250118	0,052	29,71 ± 19,05 (4,12 – 26,11)	25,96 ± 4,80 (9,00 – 35,62)	149885	0,000*	29,71 ± 19,05 (4,12 – 26,11)	27,04 ± 5,35 (11,62 – 37,31)	117800	0,006*

\*valores significativos

Tabela I (continua)

	CHUVOSA	ESTIAGEM	U	p	SIZÍGIA	QUADRATURA	U	p	VAZANTE	ENCHENTE	U	p
<b>ED</b>	1,19 ± 0,12 (0,12 – 10,69)	1,61 ± 0,15 (0,25 – 13,06)	202439	0,000*	1,19 ± 0,12 (0,12 – 10,69)	1,59 ± 0,13 (0,27 – 7,97)	157445	0,000*	1,19 ± 0,12 (0,12 – 10,69)	1,54 ± 0,15 (0,26 – 7,41)	116121	0,000*
<b>GMIF</b>	4,48 ± 4,16 (0,29 – 18,84)	3,58 ± 2,57 (1,01 – 8,71)	586,000	0,919	4,48 ± 4,16 (0,29 – 18,84)	2,71 ± 2,26 (1,01 – 8,71)	463,000	0,110	4,48 ± 4,16 (0,29 – 18,84)	2,51 ± 2,17 (0,29 – 10,41)	441,5	0,077
<b>GMAF</b>	7,68 ± 4,97 (1,98 – 32,79)	7,61 ± 4,20 (4,14 – 17,72)	534,000	0,592	7,68 ± 4,97 (1,98 – 32,79)	5,29 ± 2,66 (2,84 – 12,55)	379,000	0,023	7,68 ± 4,97 (1,98 – 32,79)	5,18 ± 2,71 (1,98 – 13,43)	341,5	0,010*
<b>GPF</b>	6,05 ± 4,61 (0,75 – 36,75)	5,22 ± 2,71 (2,43 – 11,43)	557,500	0,734	6,05 ± 4,61 (0,75 – 36,75)	3,90 ± 2,30 (1,87 – 12,50)	458,500	0,102	6,05 ± 4,61 (0,75 – 36,75)	3,98 ± 3,04 (0,75 – 13,12)	416,5	0,049*
<b>GCF</b>	6,10 ± 4,55 (1,12 – 21,00)	5,41 ± 3,13 (1,87 – 11,81)	580,500	0,912	6,10 ± 4,55 (1,12 – 21,00)	4,00 ± 3,50 (1,87 – 11,25)	414,000	0,051	6,10 ± 4,55 (1,12 – 21,00)	3,75 ± 2,63 (1,12 – 12,37)	347	0,012*
<b>GD</b>	0,19 ± 0,09 (0,03 – 1,12)	0,17 ± 0,06 (0,07 – 0,23)	566,500	0,791	0,19 ± 0,09 (0,03 – 1,12)	0,16 ± 0,06 (0,09 – 0,27)	520,5	0,254	0,19 ± 0,09 (0,03 – 1,12)	0,17 ± 0,07 (0,05 – 0,35)	588	0,544

\*valores significativos

## DISCUSSÃO

Assobios tiveram uma redução de frequência durante a estação chuvosa que corresponde ao período de grande aporte pluvial com o consequente abastecimento de nutrientes a partir de escoamento de terra (Scudelari *et al.*, 2005). Essa grande quantidade de nutrientes leva ao aumento da densidade de plâncton que reduz a penetração de luz resultando em uma água mais turva e, portanto, com menor visibilidade (Nybakken and Bertness, 2004). Considerando que peixes teleósteos são os principais itens alimentares de *S. guianensis* no distrito de Pipa e, que a escolha do item alimentar não é somente oportunista, mas também um padrão de seletividade do recurso (Pansard *et al.*, 2011), a modificação dos assobios nesse momento pode estar relacionada à diminuição da visibilidade, que apesar de pequena, pode estar associada à necessidade de estabelecimento de estratégias de forrageio que o grupo está utilizando dentro da enseada.

Além disso, a baixa na média dos parâmetros de frequências aumentaria o alcance na propagação do som (Berta *et al.*, 2006) e consequente aumento da comunicação. Essa característica influenciaria a estratégia comportamental escolhida pelos indivíduos do grupo que podem estar a diferentes distâncias. Esta hipótese é reforçada pelas informações já disponíveis para *S. guianensis* que utiliza assobios com características específicas durante diferentes estratégias de forrageio (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001) e para o golfinho rotador, *Stenella longirostris*, outro delfínídeo que também utiliza assobios para organizar as estratégias de grupos entre indivíduos dispersos (Lammers *et al.*, 2006).

De forma contrária aos assobios, os estalidos tiveram aumento da maioria dos seus parâmetros acústicos durante a estação chuvosa. O aumento da frequência de um



som significa que ocorre uma diminuição no seu alcance, entretanto, no caso dos estalidos, melhora a sua precisão (Richardson *et al.*, 1995, Monteiro-Filho and Monteiro, 2008). Em resposta ao aumento da turbidez da água nessa estação, ocorre aumento de peixes sazonais e conseqüente aumento na presença de *S. guianensis* para alimentação (Santos *et al.*, 2002; Pansard *et al.*, 2011). Nesse momento, a utilização do sentido da visão pelos golfinhos, apesar de ser boa (Madsen and Herman, 1980), fica prejudicada e, dessa forma, a maior precisão do som é importante para localizar e capturar as presas. Por outro lado, com o menor aporte de sedimentos durante a estação seca, a transparência da água é maior, o que permite aos golfinhos uma associação da detecção acústica e visual durante os momentos de forrageio.

Durante a maré de sizígia as variações na amplitude das marés são maiores que as de quadratura. O aumento na coluna d'água ocasiona a maior distribuição das partículas no espaço e influencia a propagação do som no ambiente. Assim, de forma semelhante ao que ocorre na estação chuvosa, o aumento da turbidez durante a maré de sizígia resulta na redução das frequências dos assobios. Soma-se a isto o fato de que com o aumento da maré, um novo setor da praia pode ser utilizado para arrebanhar os cardumes, levando assim a um aumento na utilização das estratégias de risco para captura das presas e, conseqüentemente, um aumento da comunicação para a organização dos golfinhos (Monteiro-Filho, 2008, Nascimento *et al.*, 2008)

Como as estratégias de forrageio nas marés de sizígia podem ser de risco em função de maiores possibilidades de encalhes nas praias, a precisão dos estalidos de ecolocalização possibilita um maior sucesso de captura. O tamanho do cardume e a profundidade do local irão influenciar na estratégia escolhida para a pesca (Monteiro-Filho, 2008) refletindo assim nas características acústicas físicas dos estalidos

utilizados. Além disso, o novo setor na praia possibilita uma área de proteção para os peixes e essa região, próximo à praia, é de pouca profundidade o que dificulta o deslocamento dos golfinhos (Monteiro-Filho, 2008), assim, a precisão dos estalidos é importante para garantir o reconhecimento do revelo, prevenindo o encalhe desses indivíduos durante o comportamento de pesca.

O grito é uma categoria bastante diversa de sons que possuem notas variadas com diferentes modulações e sempre com a presença de harmônicos (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001). São utilizados por *S. guianensis* durante os contextos de socialização e alimentação (Monteiro-Filho and Monteiro, 2001; May-Collado and Wartzok, 2009). Esse som é pouco influenciado por fatores como estação e maré possivelmente devido à variabilidade de contornos e harmônicos não sendo necessários ajustes nas frequências durante a modificação de alguns fatores no ambiente. A não modificação dos parâmetros acústicos pode estar relacionada também à interação entre os indivíduos. Em Pipa, durante os comportamentos de socialização ocorre alto contato físico (observação pessoal), ou seja, os animais estão próximos um do outro e a comunicação ocorre a curta distância. Adicionalmente, os grupos de animais durante o forrageio é pequeno e primariamente solitário (Pansard, 2009), não sendo necessário ajuste dos parâmetros desse som para organização de estratégias.

A variação do ciclo diário da maré foi a variável que influenciou todas as categorias sonoras utilizadas por *S. guianensis*. Durante o movimento da maré, a capacidade máxima de transporte de sedimentos ocorre no começo da reversão e a velocidade de corrente claramente varia tanto em magnitude e direção ao longo do ciclo de maré (Leeder, 2011). Nesses momentos, qualquer sedimento de fundo irá sofrer períodos de movimentação, desaceleração, descanso e aceleração (Leeder, 2011).

Assobios, estalidos e gritos apresentaram aumento da maioria dos parâmetros de frequência durante a maré vazante e isto deve ocorrer devido às correntes marinhas mudarem a direção de acordo com a variação da maré contribuindo com sedimentos no sistema (Vital, 2009; Vital *et al.*, 2010). As correntes vazantes transportam sedimentos mais grosseiros e os mais leves movimentam-se por suspensão (Davis and Hayes, 1984). Nestas ocasiões, sons de baixas frequências parecem não fazer muito sentido, pois tanto a detecção como a comunicação só será efetiva a curta distância. Já a maré enchente as partículas em suspensão se dispersam. Nesse caso, tanto a detecção como a comunicação podem ser feitas a diferentes distâncias sem que haja interferências na condução dos sons, permitindo assim a eficiência de emissões com frequências mais baixas.

Apesar da quantidade de peixes aumentar durante a preamar (Kanou *et al.*, 2005), é durante a vazante que a área de escape dos peixes fica reduzida, devido a rota de fuga ser menor. Com a diminuição da profundidade ocorre a viabilidade da captura por parte de *S. guianensis* (Monteiro-Filho 1995; 2008), já que a maior concentração do comportamento de forrageio acontece durante essa maré (Nascimento, 2006; Guilherme-Silveira and Silva, 2007; Guilherme-Silveira and Silva, 2009). Além disso, peixes de zonas interditais apresentam suas atividades fortemente condicionadas pelos ciclos de maré (Gibson, 1988), influenciando assim, a disponibilidade de presas. Como essa disponibilidade condiciona a estratégia de forrageio (Oliveira *et al.*, 1995; Geise *et al.*, 1999; Araujo *et al.*, 2001; Lodi, 2003; Azevedo *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2008), durante a maré vazante a utilização dos sons para a organização do grupo no momento da pesca para localização e captura da presa é bastante importante.

De uma maneira geral os estalidos sempre tiveram sequências de menor duração durante os períodos de maior turbulência e aumento de partículas (estação chuvosa, maré de sizígia e ciclo de maré vazante). Isto deve estar associado à necessidade de uma maior taxa de estalidos com menor duração e maiores frequências, o que permite maior número de respostas com maior precisão (Monteiro-Filho and Monteiro, 2008). Por outro lado, a duração de assobios sofreu alterações apenas durante o ciclo de maré, com aumento considerável durante a vazante. O aumento da duração, associado ao aumento de frequência desse som pode refletir a necessidade de reforçar a comunicação mais precisa em menor visibilidade.

Em Pipa, *S. guianensis* ajusta a maioria dos parâmetros acústicos de suas categorias sonoras de acordo com as condições impostas pelo ambiente ao longo do dia e do ano. Assobios e estalidos de ecolocalização respondem de maneiras opostas às comparações nas estações do ano e maré. Entretanto, todas as categorias sonoras modificam-se de forma similares às variações diárias do ciclo de maré. Dessa forma, é possível subsidiar a hipótese já sugerida (Deconto and Monteiro-Filho, 2013) de que *S. guianensis* apresenta uma plasticidade acústica de acordo com as condições ambientais do local onde essa espécie está inserida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ananias, S. M. A., Jesus, A. H., and Yamamoto, M. E. (2008). “Recorrência e fidelidade espacial do Boto-cinza *Sotalia guianensis* na enseada do Curral, Pipa/RN, avaliada através da foto-identificação” (“Recurrence and site fidelity of estuarine dolphin *Sotalia guianensis* in Curral’s cove, Pipa/RN, evaluated through photo-identification”) in *Boto-cinza Sotalia guianensis (Estuarine dolphin Sotalia guianensis)*,

edited by A. H. Jesus, P. I. A. P. Medeiros and F. J. L. Silva (Editora UERN, Mossoró, Brazil), p. 121.

Araújo, J. P. D., Passavante, J. Z. D. O., and Souto, A. D. S. (2001). “Behavior of the estuarine dolphins, *Sotalia guianensis*, at Dolphin Bay - Pipa - Rio Grande do Norte – Brazil,” *Trop. Oceanogr.* **29**, 13–23.

Au, W. W. L., and Hastings, M. C. (2008). *Principles of Marine Bioacoustics*. (Springer, New York), p. 680.

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

Azevedo, A. F., Oliveira, A. M., Viana, S. C., and Van Sluys, M. (2007). “Habitat use by marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, southeastern Brazil,” *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **87**, 201-205.

Berta, A., Sumich, L. S., Kovacs, K. M., Folkons, P. A., and Adam, P. J. (2006). *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. (Academic Press, New York), p. 560.

Davis, R. A., and Hayes, M. O. (1984). “What is a wave-dominanted coast?” *Mar. Geol.* **60**, 313-329.

Deconto, L. S., and Monteiro-Filho, E. A. L. (2013). “High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil,” *J. Acoust. Soc. Am.* **134**, 3899-3904.

Dede, A., Öztürk, A. A., Akamatsu, T., Tonay, A. M., and Öztürk, B. (2013). “Long-term passive acoustic monitoring revealed seasonal and diel patterns of cetacean presence in the Istanbul Strait,” *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **93**, 1-8.

DHN. (2012). Diretoria de hidrografia e navegação. Available in: <<https://www1.mar.mil.br/dhn/>> (Last accessed on 02/01/2012).

DHN. (2013). Diretoria de hidrografia e navegação. Available in: <<https://www1.mar.mil.br/dhn/>> (Last accessed on 02/01/2013).

DHN. (2014). Diretoria de hidrografia e navegação. Available in: <<https://www1.mar.mil.br/dhn/>> (Last accessed on 02/03/2014).

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

Friedlaender, A. S., Hazen, E. L., Nowacek, D. P., Halpin, P. N., Ware, C., Weinrich, M. T., Hurst, T., and Wiley, D. (2009). “Diel changes in humpback whale *Megaptera novaeangliae* feeding behavior in response to sand lance *Ammodytes* spp. behavior and distribution,” *Mar. Eco. Prog. Ser.* **91**, 91-100.

Geise, L., Gomes, N., and Cerqueira, R. (1999). “Behaviour, habitat use and population size of *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) in the Cananéia estuary region, São Paulo, Brazil,” *Rev. Bras. Zool.* **59**, 183-194.

Gibson, R. N. (1988). “Patterns of movement in intertidal fishes” in *Behavioral adaptation to intertidal life*, edited by G. Chelazzi and M. Vannini (Springer, New York), p. 524.

Guilherme-Silveira, F. R., and Silva, F. J. L. (2007). “Behavioural seasonality of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis*, on the north-eastern Brazilian coast,” J. Mar. Biol. Ass. U.K. **87**, 1791-1792.

Guilherme-Silveira, F. R., and Silva, F. J. L. (2009). “Diurnal and tidal pattern influencing the behavior of *Sotalia guianensis*, on the north-eastern Brazilian coast,” Marine Biodiversity Records, 2, e122.

Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente [IDEMA]. (2003). *Relatório final dos estudos para implementação da ZEE dos estuários do Rio Grande do Norte e seus entornos*. (Subcoordenadoria de gerenciamento costeiro, Natal, Brazil), p. 190.

Kanou, K., Sano, M., and Kohno, H. (2005). “Ontogenetic diet shift, feeding rhythm, and daily ration of juvenile yellowfin goby *Acanthogobius flavimanus* on a tidal mudflat in the Tama River estuary, central Japan,” Ichthyol. Res. **52**, 319-324.

Lammers, M. O., Schotten, M., and Au, W. W. L. (2006). “The spatial context of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) producing acoustic signals,” J. Acoust. Soc. Am. **119**, 1244-1250.

Leeder, M. R. (2011). *Sedimentology and Sedimentary Basins: from turbulence to tectonics*. (Wiley-Blackwell, New Jersey), p. 784.

Lodi, L. (2003). “Tamanho e composição de grupo dos botos-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae), na Baía de Paraty, Rio de Janeiro, Brasil” (“Group size and composition of estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (van Bénédén,

1864) (Cetacea, Delphinidae), in Paraty Bay, Rio de Janeiro, Brazil”), *Atlântica* **25**, 135-146.

Madsen, C. J., and Herman, L. M. (1980). “Social and ecological correlates of vision and visual appearance” in *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*, edited by L. M. Herman (Wiley Interscience, New York), p. 480.

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

May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2010). “Sounds produced by the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador,” *Lat. Am. J. Aquat. Mammals* **8**, 131–136.

Monteiro-Filho, E. L. A. (1992). “Pesca associada entre golfinhos e aves marinhas” (“Associated fisheries between dolphins and sea bird”), *Rer. Bras. Zool.* **9**, 29-37.

Monteiro-Filho, E. L. A. (1995). “Pesca interativa entre o golfinho *Sotalia fluviatilis guianensis* e a comunidade pesqueira da região de Cananéia” (“Interactive fishing between the dolphin *Sotalia fluviatilis guianensis* and the fishing community in the region of Cananéia”), *Bol. Inst. Pesca* **22**, 15-23.

Monteiro-Filho, E. L. A. (2008). “Comportamento de pesca” (“Fishing behavior”) in *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza (Biology, ecology and conservation of estuarine dolphin)*, edited by E. L. A. Monteiro-Filho and K. D. K. A. Monteiro (Paginas & Letras Editora e Gráfica LTDA, São Paulo, Brazil), p. 277.



Monteiro-Filho, E. L. A., and 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. Zoo.* **79**, 59-66.

Monteiro-Filho, E. L. A., and Monteiro, K. D. K. A. (2008). “Repertório Sonoro” (“Sound Repertoire”) in *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza (Biology, ecology and conservation of estuarine dolphin)*, edited by E. L. A. Monteiro-Filho and K. D. K. A. Monteiro (Paginas & Letras Editora e Gráfica LTDA, São Paulo, Brazil), p. 277.

Nascimento, L. F. (2006). “Boto cinza (*Sotalia guianensis*, Van Benédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae): Atividade aérea, forrageio e interações inter-específicas, na Praia de Pipa (Tibau do sul - RN) e estudo comparativo entre duas populações do Nordeste do Brasil” (“Estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*, Van Benédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae): aerial activity, foraging and interspecific interactions between two populations in northeast Brazil”), Thesis, Department of Physiology, Division of Biological Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, Caixa Postal 1511, 59078-970, Rio Grande do Norte, Brazil.

Nascimento, L. F., Medeiros, P. I. A. P., and Yamamoto, M. E. (2008). “Description of the surface behaviour of marine tucuxi, *Sotalia guianensis*, at Pipa beach – RN,” *Psicol. Refl. Crít.* **21**, 509-517.

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

Nybakken, J. W., and Bertness, M. D. (2004). *Marine Biology: an ecological approach* (Pearson Benjamin Cummings, San Francisco), p. 592.

Oliveira, J. A., Ávila, F. J. C., Alves Júnior, T. T., Furtado-Neto, M. A. A., and Monteiro-Neto, C. (1995). “Monitoramento do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae) em Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil” (“Monitoring estuarine dolphin, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae) in Fortaleza, State of Ceará, Brazil”), Arq. Ciên. Mar. **29**, 28-35.

Pansard, K. C. A. (2009). “Ecologia alimentar do Boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Banédén, 1864), no litoral do Rio Grande do Norte (RN)” (“Feeding ecology of estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (Van Banédén, 1864), on the coast of Rio Grande do Norte (RN)”) Thesis, Department of Physiology, Division of Biological Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, Caixa Postal 1511, 59078-970, Rio Grande do Norte, Brazil.

Pansard, K. C. A., Gurgel, H. C. B., and Yamamoto, M. E. (2011). “Feeding ecology of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) on the coast of Rio Grande do Norte, Brazil,” Marine Mammal Sci. **27**, 673-687.

Paro, A. D. (2010). “Estimativa populacional e uso do hábitat do Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) no litoral sul do Rio Grande do Norte” (“Population density and habitat use of estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) in south coast of Rio Grande do Norte”), Dissertation, Department of Physiology, Division of Biological Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, Caixa Postal 1511, 59078-970, Rio Grande do Norte, Brazil.

Richardson, W. J., Greene, C. R., Malme, C. I., and Thomson, D. H. (1995). *Marine mammals and noise* (Academic Press, San Diego), p. 576.

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

Santos, M. C. O., Rosso, S. Santos, R. A., Lucato, S. H. B., and Bassoi, M. (2002). “Insights on small cetacean feeding habits in southeastern Brazil,” *Aquat. Mamm.* **28**, 38-45.

Santos e Silva, C. M., Lúcio, P. S., and Spyrides, M. H. C. (2012). “Distribuição espacial da precipitação sobre o Rio Grande do Norte: Estimativas via satélites e medidas por pluviômetros” (“Spatial distribution of precipitation over the Rio Grande do Norte: Estimates via satellites and measured by rain gauges”), *Rev. Bras. Meteorol.* **27**, 337-346.

Scudelari, A. C., Braga, K. G., Costa, F. A. A., and Santos Jr, O. F. (2005). “Estudos dos processos erosivos instalados na praia de Pipa-RN” (“Studies of installed erosion on the beach of Pipa-RN”), *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* **9**, 31-37.

Silva, F. J. L., Câmara, M. H. F., Silva, I. M. F., Firmino, A. S. L., Alencar, V. L. S., Feitosa, I. C. S., and Rodrigues, D. L. C. (2008). “Uso de habitat pelo boto-cinza *Sotalia guianensis*: Sazonalidade de frequência e comportamento na praia de São Cristovão (Areia Branca – RN)” (“Habitat use by estuarine dolphin *Sotalia guianensis*: Seasonality and frequency behavior on the beach of São Cristovão (Areia Branca – RN)”) in *Boto-cinza Sotalia guianensis (Estuarine dolphin Sotalia guianensis)*, edited by A. H. Jesus, P. I. A. P. Medeiros and F. J. L. Silva (Editora UERN, Mossoró, Brazil), p. 121.

Silva, F. J. L., and Silva-Jr., J. M. (2009). “Circadian and seasonal rhythms in the behavior of spinner dolphins (*Stenella longirostris*),” *Marine Mammal Sci.* **25**, 176-186.

Reis, M. S. S. (2008). “Ecologia comportamental do boto *Sotalia guianensis* no porto de Ilhéus-BA” (“Behavioral ecology of estuarine dolphin *Sotalia guianensis* harbor of Ilhéus-BA”) in *Boto-cinza Sotalia guianensis (Estuarine dolphin Sotalia guianensis)*, edited by A. H. Jesus, P. I. A. P. Medeiros and F. J. L. Silva (Editora UERN, Mossoró, Brazil), p. 121.

Vital, H. (2009) “The mesotidal barriers of Rio Grande do Norte” in *Geology of Brazilian Holocene Coastal Barriers*, edited by S. Dillemburg and P. Hesp Heidelberg (Springer, Verlag), p. 380.

Vital, H., Gomes, M. P., Tabosa, W. F., Frazão, E. P., Santos, C. L. A., and Plácido-Júnior, J. S. (2010) “Characterization of the Brazilian continental shelf adjacent to Rio Grande do Norte State, NE Brazil,” *Braz. J. Oceanogr.* **58**, 43-54.

#### **4.2- Emissões sonoras de *Sotalia guianensis* nos períodos do dia e noite em Tibau do Sul, Nordeste do Brasil. (manuscrito 2)**

**Será submetido à Marine Mammal Science – Qualis B2.**

Compreender as atividades comportamentais de um animal durante a noite é fator fundamental para entender aspectos da biologia e ecologia de uma espécie. Estudos noturnos com *Sotalia guianensis* são poucos e restritos a um local. Por isso, nesse estudo verificamos se a ocorrência das categorias sonoras e os parâmetros acústicos dessa espécie sofrem alterações entre os períodos do dia. As emissões sonoras foram gravadas em duas estações de estiagem no Complexo Lagunar de Guarairas (CLG) - Tibau do Sul, estado do Rio Grande do Norte, durante o dia e a noite. Ocorreram aumentos consideráveis de assobios e estalidos no período noturno além da utilização de frequências mais baixas em assobios e estalidos. Isso pode estar relacionado à diminuição da luminosidade, pois assim, o som viaja distâncias maiores já que a visão fica limitada. As frequências mais baixas dos estalidos durante a noite tendem a atingir maiores distâncias como forma de rastreamento de obstáculos e presas, entretanto o aumento da frequência mínima seria para precisar a captura em si. Não foi possível analisar diferenças nos parâmetros dos gritos já que foi emitido somente durante o dia e em baixa ocorrência, o que pode estar relacionada ao pequeno tamanho do grupo no local. A escolha de táticas de comportamentos e conseqüentemente das emissões sonoras a noite pode ser influenciada em parte pelos níveis de iluminação como pela disponibilidade de presas que é maior nesse período.

Palavras-chaves: parâmetros acústicos, períodos do dia, boto-cinza, plasticidade.

## **ABSTRACT**

The behavioral activities of an animal at night are crucial to understand biology and ecology aspects of a species. Nocturnal studies about *Sotalia guianensis* are few and restricted to one location. Therefore, the aim of this study was: if the repetition rate of the sound emissions and the acoustic parameters of this species undergoes changes between the periods of the day. Recording were made in two dry seasons in the Lagoon Complex of Guaraíras (CLG) - Tibau do Sul / RN during the day and night. The rate of whistles and clicks increased during the night while the frequency parameters of whistles and clicks decreased, maybe because of low luminosity. Low frequency sounds travel long distances and help communication since the sight is limited. Dolphins can scan the environmental and look for school of fish with lower frequencies of clicks overnight, however to capture prey they need to increase the minimum frequency. It was impossible to analyze differences in calls since it was emitted at low occurrence and only during the day which may be related to the small group size on site. The choice of tactical behavior and consequently sound emissions at night may be partly influenced by light levels as the prey availability that is larger in this period.

Keywords: acoustics parameters, daily periods, estuarine dolphin, plasticity

## INTRODUÇÃO

Os estudos com cetáceos crescem a cada dia devido à melhoria de técnicas e métodos de estudos que avançam e auxiliam a responder questões até então não compreendidas. Entretanto, alguns pontos ainda estão em aberto, principalmente quando se trata da elucidação de atividades noturnas devido a limitações da visão humana e acessibilidade de encontrar os animais (Atem and Monteiro-Filho 2006, Oliveira *et al.* 2008a).

Uma forma de auxiliar os estudos noturnos é a utilização da acústica passiva visto que é uma ferramenta que possibilita a detecção e distribuição dos animais sem a necessidade de visualizá-los diretamente (Benoit-Bird *et al.* 2004, Daniel-Rentería *et al.* 2012). Além disso, a acústica pode ser utilizada para o monitoramento de espécies (van Parijs *et al.* 2009), estimativa de densidade populacional (Marques *et al.* 2011) e a identificação de impactos de ruídos sobre espécies marinhas (Sousa-Lima and Clark 2009).

Alguns estudos com cetáceos foram realizados durante a noite, como o de Goold (2000) que relata um aumento na comunicação de golfinho comum (*Delphinus delphis*) na costa Britânica em consequência da ausência de luz. Como resposta ao aumento da atividade de forrageio, Baird *et al.* (2001) estudaram a atividade sonora noturna de golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*) no Hawai, Newman and Springer (2008) a de baleia-assassina (*Orcinus orca*) transeuntes no Alasca, Dahood and Benoit-Bird (2010) com golfinho-do-crepúsculo (*Lagenorhynchus obscurus*) na Nova Zelândia e Matthews *et al.* (2014) com baleia franca do atlântico norte (*Eubalaena glacialis*) no Canadá.

Particularmente para o golfinho *Sotalia guianensis*, com ampla distribuição neotropical (Flores and da Silva 2009), o repertório acústico vem sendo bem estudado, principalmente quando se trata de assobios (Caldwell and Caldwell 1970, Kamminga *et al.* 1993, Monteiro-Filho and Monteiro 2001, Azevedo and Simão 2002, Erber and Simão 2004, Pivari and Rosso 2005, Azevedo and van Sluys 2005, Rossi-Santos and Podos 2006, Figueiredo and Simão 2009, May-Collado and Wartzok 2009, Deconto and Monteiro-Filho 2013). Entretanto, até o momento, pouco se sabe sobre sua atividade durante o período noturno.

Dentre os estudos realizados com o *S. guianensis* à noite, o de Atem e Monteiro-Filho (2006) descreveu os comportamentos associados à atividade de pesca e fez breves referências ao repertório acústico da população localizada no estuário de Cananéia no sudeste do Brasil. Os autores relatam diferenças entre o dia e a noite, com o aumento da ocorrência de gritos e estalidos de ecolocalização durante o período noturno. Entretanto, também relatam as dificuldades encontradas para a realização do trabalho como a pouca luminosidade mesmo em períodos de lua cheia. Oliveira *et al.* (2008a), na mesma localidade, relataram que *S. guianensis* aumenta a produção de determinados sons, assim como já havia sido relatado para outros membros da família Delphinidae (Goold 2000, Baird *et al.* 2001, Newman and Springer 2008).

Conhecer as atividades que ocorrem no período noturno é importante para elucidar aspectos da biologia e ecologia de uma espécie, fator fundamental para desenvolver atividades que visem a sua conservação. Como os estudos de padrões cronológicos acústicos de *S. guianensis* são escassos, o presente estudo propõe-se a verificar se a taxa de repetição das categorias sonoras e os parâmetros acústicos sofrem alterações entre o dia e a noite em uma área lagunar no nordeste do Brasil. Para tal,



partimos da hipótese de que com a falta de visibilidade noturna os golfinhos terão maiores dificuldades tanto para orientação quanto para a localização de presas, sendo necessária que a produção sonora seja potencializada.

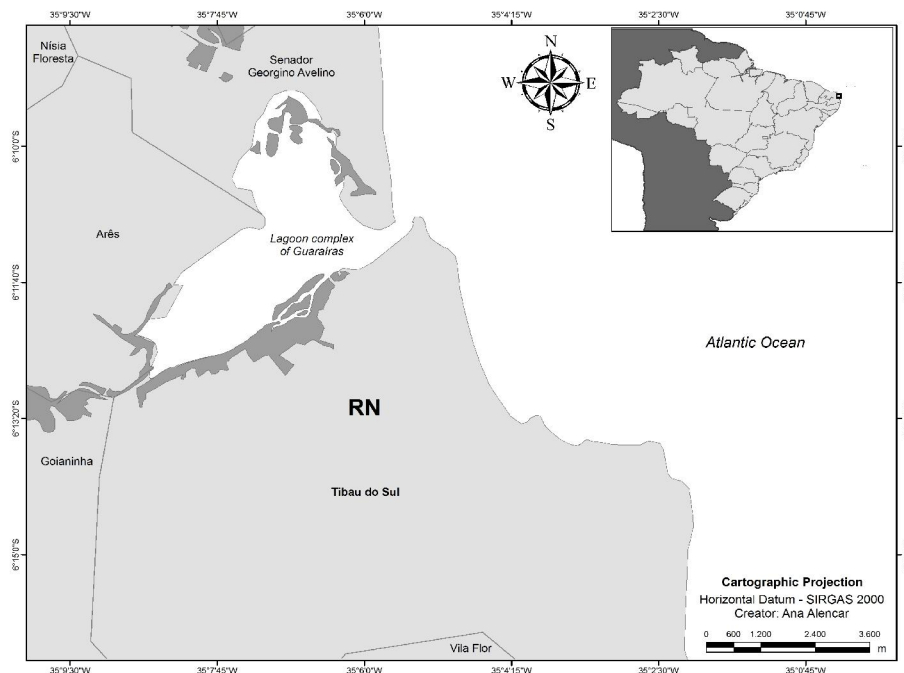
## **MATERIAL E MÉTODOS.**

### *Área de estudo*

A área onde foi realizado este estudo pertence ao Complexo Lagunar de Guaraíras, localizada no município de Tibau do Sul, no extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte ( $06^{\circ} 11' 40''$  S e  $35^{\circ} 06' 40''$  O), distando a aproximadamente 70 km de Natal, capital do Estado (fig. 1). A laguna mede cerca de 7 km de comprimento, largura que varia de 1,4 a 2,0 km com profundidade de até 8 metros.

O Complexo Lagunar de Guaraíra sofreu ao longo dos anos com alternâncias entre lagoa e laguna, contudo, atualmente apresenta característica dessa última e possui grande influência das correntes de maré, formando tramas de canais e bancos arenosos (Melo, 2000). A laguna é rodeada por falésias sendo que em um dos lados existem luzes artificiais utilizadas para iluminação pública da cidade e iluminação de um hotel. Em alguns pontos dispersos essas luzes são refletidas em direção à laguna auxiliando sutilmente na detecção dos animais.

Paro (2010) relata que no CLG a presença dos golfinhos não é diária e estimou que existe uma média de 27 indivíduos, variando entre 18 e 54, sendo que não existe alta fidelidade da população.



*Figura 1: Localização do Complexo Lagunar de Guaraiás, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* nos períodos do dia e noite entre os meses de outubro a março de 2013 e outubro a janeiro de 2014. Mapa: Ana Alencar.*

### *Procedimentos*

As coletas dos dados sonoros dos golfinhos ocorreram em dois períodos de estiagem (Outubro de 2012 a Março de 2013 e Outubro 2013 a Janeiro 2014), durante os períodos diurno e noturno do mesmo dia. Após uma fase piloto, a presença de *S. guianensis* no Complexo Lagunar de Guaraiás foi detectada somente no pico de baixa-mar e início da enchente, ocasiões em que este estudo foi conduzido. A escolha da estação de estiagem foi devido a menor possibilidade de encerrar as coletas devido às chuvas. Considerou-se o Porto de Natal para o cálculo das amplitudes de maré com base na tábua de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN

2012, 2013, 2014) para verificar o horário da maré. Além disso, as gravações ocorreram na ausência das embarcações locais utilizadas para pesca, passeio turístico e balsas de travessias para evitar a interferência dos ruídos.

Os dados foram coletados a partir de uma embarcação de madeira de oito metros com motor de centro. As gravações foram realizadas utilizando-se um hidrofone C55 (8 Hz a 100 kHz, -165dB, re 1V/ $\mu$ Pa) conectado a um gravador digital com taxa de amostragem de 96 kHz e a 16 bits.

Durante as coletas a embarcação permanecia ancorada, com o motor desligado e o hidrofone posicionado a 1,5 m de profundidade a boroeste. No período diurno, as sessões de gravações ocorreram entre as 0600 h e 1200 h e iniciavam quando os botos eram detectados visualmente na área. As gravações foram encerradas quando os indivíduos não eram mais visualizados e/ou quando o horário do fim da coleta era atingido.

Para as coletas durante o período noturno, as sessões de gravações ocorriam entre 1800 h (início da noite na época do ano estudada) e 2300 h e, iniciavam quando era detectada a presença de *S. guianensis* na área através do som produzidos pelos animais durante a respiração, pelas emissões sonoras identificadas através do aparelho de gravação e pela visualização dos animais com o auxílio da iluminação natural da lua e das luzes artificiais. As gravações eram encerradas quando não mais detectávamos sons emitidos pelos botos por um período de trinta minutos e/ou quando o horário do fim da coleta era atingido.

### *Análises*

Os registros sonoros foram analisados com o programa RAVEN PRO<sup>®</sup> 1.4. Os parâmetros foram calculados com FFT 500 (Fast Fournier Transformation), janela Hann e overlap de 50%. Somente sons de boa qualidade com intensidade que os tornassem distinguíveis dos ruídos de fundo eram analisados. Para assobios os parâmetros foram: frequência inicial, frequência final, frequência mínima, frequência máxima, pico de frequência, frequência central e duração; para gritos e sequências de estalidos: frequência mínima, frequência máxima, pico de frequência, frequência central e duração. May-Collado and Wartzok (2010) relatam a frequência dominante de estalidos em torno de 88 kHz. Como os valores de frequência máxima de estalidos nesse estudo sempre atingiram o valor máximo do gravador (48 kHz) não houve modificações desse parâmetro nas diferentes condições que foram realizadas as gravações, por isso esse parâmetro foi retirado. Entretanto, as análises comparativas das outras variáveis de frequência dos estalidos foram mantidas, pois variam dentro da mesma área de estudo.

Para testar se existe variação na ocorrência dos sons produzidos por *S. guianensis* entre o dia e a noite foi utilizada uma análise de frequência de contingência. Após um teste de normalidade, uma análise de Mann-Whitney com significância de 0,05 foi realizada com o objetivo de verificar se os parâmetros acústicos sofreram alteração durante os mesmos períodos de estudo.

## **RESULTADOS**

Um total de 70 h de esforço amostral durante o dia e 70 h durante a noite possibilitou 21 h e 12 h de gravação efetiva, respectivamente. O grupo registrado no Complexo Lagunar de Guaraíras foi de quatro indivíduos durante o dia e três durante a noite, não apresentando grandes diferenças entre os tamanhos dos grupos.

O estalido foi o som mais abundante durante os dois períodos (fig. 2), seguido pelos assobios e gritos. Esse último não foi registrado durante a noite e apresentou pequena taxa de emissão durante o dia. Somente 14 gritos foram registrados durante toda coleta e por isso não foi representado na figura 2.

Ao comparar a ocorrência dos sons entre os dois períodos, o número de assobios e estalidos aumentou à noite e gritos diminuíram ( $\chi^2=188,5477$   $df = 2$   $p = 0,000$ ).

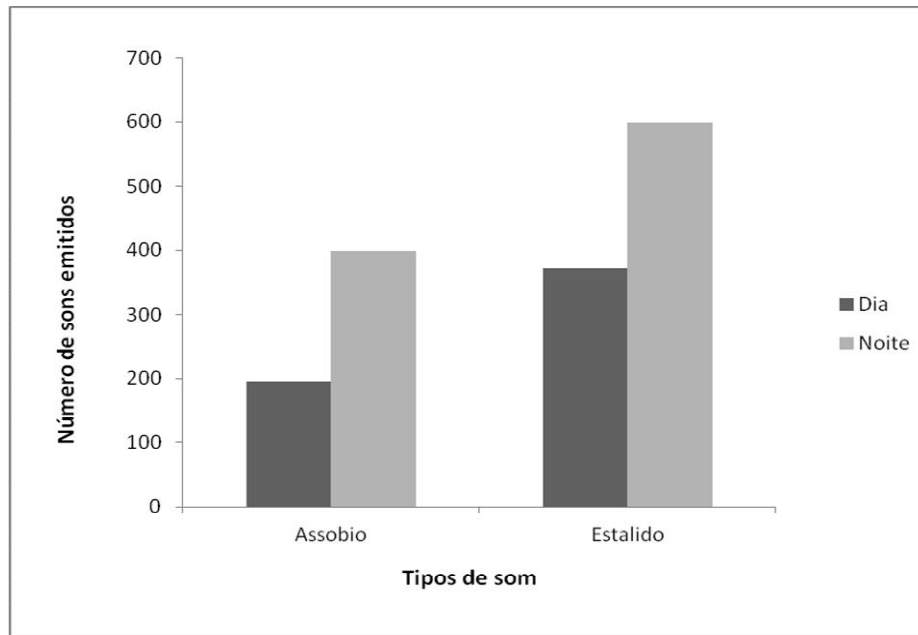


Figura 2: Taxa de repetição de sons emitidos por *S. guianensis* dentro das categorias sonoras de assobios e estalidos durante os períodos do dia e noite registrados no Complexo Lagunar de Guarairás estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, entre os meses de outubro a março de 2013 e outubro a janeiro de 2014.

Todos os parâmetros sonoros dos assobios sofreram modificações. As médias da frequência inicial, frequência final, frequência mínima, pico de frequência e frequência central, sofreram diminuição dos seus valores durante a noite. Somente a média da duração dos assobios revelou aumento (tabela 1).

Tabela 3: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos de assobios, estalidos e gritos de *S. guianensis* registrados durante os períodos do dia e noite no Complexo Lagunar de Guaraíras, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, entre outubro de 2012 e março de 2013 e entre outubro 2013 e janeiro 2014. Não houve registros de grito durante o período noturno. Frequência é dada em kHz e duração em segundos. IF = frequência inicial; FF = frequência final; MIF = frequência mínima; MAF = frequência máxima; PF = pico de frequência; CF = frequência central; D = duração.

PARÂMETROS	DIA	NOITE	<i>U</i>	<i>p</i>	PARÂMETROS	DIA	NOITE	<i>U</i>	<i>p</i>
<b>Assobio IF</b>	11,37 ± 3,35 (2,64 – 25,22)	10,73 ± 3,05 (4,50 – 27,11)	61584,5	0,001*	<b>Assobio PF</b>	14,72 ± 4,20 (2,26 – 30,53)	14,26 ± 42,64 (1,92 – 30,37)	61825	0,011*
<b>Assobio FF</b>	19,18 ± 4,64 (7,04 – 34,20)	19,00 ± 4,30 (1,70 – 38,20)	64884,5	0,045*	<b>Assobio CF</b>	15,35 ± 3,15 (7,87 – 24,37)	14,49 ± 3,24 (7,87 – 25,12)	57503	0,000*
<b>Assobio MIF</b>	10,96 ± 2,80 (2,64 - 18,11)	10,57 ± 2,75 (4,50 – 19,60)	63771,5	0,017*	<b>Assobio D</b>	0,17 ± 0,08 (0,04 – 0,45)	0,19 ± 0,09 (0,04 – 0,53)	60240,5	0,000*
<b>Assobio MAF</b>	10,96 ± 2,82 (2,82 – 16,95)	18,73 ± 3,33 (3,33 – 27,57)	27107,5	0,002*	<b>Estalido MIF</b>	4,98 ± 2,10 (1,17 – 13,35)	5,53 ± 1,88 (0,73 – 15,69)	167063	0,000*

\*valores significativos

Tabela I (continua)

PARÂMETROS	DIA	NOITE	<i>U</i>	<i>p</i>	PARÂMETROS	DIA	NOITE	<i>U</i>	<i>p</i>
<b>Estalido PF</b>	24,96 ± 14,040 (2,25 – 46,12)	20,22 ± 14,10 (2,25 – 45,75)	159211	0,000*	<b>Grito MAF</b>	5,49 ± 1,65 (3,81 – 7,76)	-	-	-
<b>Estalido CF</b>	27,90 ± 6,23 (3,75 – 42,75)	25,71 ± 6,99 (4,87 – 45,00)	154376,5	0,000*	<b>Grito PF</b>	4,00 ± 1,59 (1,50 – 7,68)	-	-	-
<b>Estalido D</b>	1,86 ± 0,17 (0,19 – 13,50)	1,82 ± 0,15 (0,05 – 9,85)	196776,5	0,386	<b>Grito CF</b>	4,21 ± 1,32 (1,87 – 5,43)	-	-	-
<b>Grito MIF</b>	2,74 ± 1,23 (1,17 – 4,97)	-	-	-	<b>Grito D</b>	0,58 ± 0,01 (0,09 – 3,18)	-	-	-

\*valores significativos

Os estalidos apresentaram uma diminuição na média dos valores de pico de frequência e frequência central durante a noite, enquanto a frequência mínima teve um pequeno aumento no mesmo período. A média da duração não sofreu alteração (tabela 1).

## **DISCUSSÃO**

Os sons produzidos por *S. guianensis* no CLG são os mesmos descritos para essa espécie em outra localidade no sudeste do Brasil (Monteiro-Filho and Monteiro 2001) e o tamanho dos grupos estudados não difere daqueles relatados por Paro (2010) no Complexo Lagunar de Guaraíras e para outras localidades da região.

O comportamento mais realizado por *S. guianensis* na Laguna é o forrageio (Oliveira *et al.* 2008b) e como consequência, o som mais produzido na área é o estalido que é descrito como sendo utilizado para a localização de presa e de identificação e orientação no ambiente (Herzing 1996, Monteiro-Filho and Monteiro 2001). Na sequência, vêm os assobios que são utilizados na comunicação social e comuns nos momentos de busca de alimento (Monteiro-Filho and Monteiro 2001, Berta *et al.* 2006, Oswald *et al.* 2008).

Houve diferença na ocorrência dos sons entre os períodos do dia, com aumento significativo de estalidos e assobios durante a noite. Oswald *et al.* (2008) indicam que o período do dia influencia diretamente se os golfinhos devem ou não assobiar e essa modificação varia de acordo com a espécie, além de muita das vezes estar relacionado ao tamanho do grupo e comportamento. Goold (2000) e Carlström. (2005) sugerem que a probabilidade de detecção de emissões acústicas em pequenos cetáceos é maior à



noite, quando a probabilidade de detecção visual é praticamente zero. Dessa forma, o aumento da atividade sonora (estalidos e assobios) dos golfinhos na Laguna parece estar associado principalmente à ausência da luz, pois o tamanho dos grupos é praticamente os mesmos durante os dois períodos.

Flach *et al.* (2008) sugerem que as presas de *S. guianensis* são mais susceptíveis de serem capturadas no período crepuscular, ocasião em que a penetração da luz no meio é pequena. É provável que nesses momentos ocorra um aumento do comportamento de forrageio em comparação com o período mais luminoso. Este é, possivelmente, o caso dos estalidos de ecolocalização cuja variação na taxa de repetição e nos parâmetros de frequência durante a noite pode estar relacionada a pouca luminosidade e assim, diminui a dificuldade na localização de presas e dos indivíduos do grupo. Esta condição foi relatada para a mesma espécie em Cananéia (Oliveira *et al.* 2008a), para *Phocoena phocoena* no complexo de Dogger Bank região do Mar do Norte (Todd *et al.* 2009) e para *Grampus griseus* no sul da Califórnia - USA (Soldevilla *et al.* 2010). Além disso, a flutuação dos estalidos durante o dia e a noite também pode estar relacionada à movimentação das presas ao longo do dia, pois de acordo com Soldevilla *et al.* (2010) de uma maneira geral, a maior disponibilidade das presas ocorre à noite. O mesmo pode ocorrer no Complexo Lagunar de Guaráiras visto que pescadores locais relatam o aumento de cardumes durante este período (Fabiano Rossi, com. pessoal) influenciando assim, o aumento da atividade de pesca e das emissões sonoras utilizadas no comportamento de forrageio.

*Sotalia guianensis* utiliza frequências mais baixas em todos os parâmetros relativos aos assobios durante a noite. Uma das características de sons de frequências mais baixas é a possibilidade de viajar distâncias mais longas (Berta *et al.* 2006). Com a

diminuição da luminosidade à noite, a visão de delfínídeos apesar de boa fica limitada (Madsen and Herman 1980) e os assobios passam a ser utilizados para o contato de animais a diferentes distâncias.

Associado a isso, está o aumento da duração dos assobios que possivelmente melhora a qualidade dos contatos entre os indivíduos participantes das atividades comportamentais, pois existe a necessidade de se manter a identificação de quem está atuando nos diferentes comportamentos. Assim, se considerarmos que já foi documentado que assobios de baixa frequência de *Stenella longirostris*, atingem indivíduos do grupo em diferentes localidades ficando a cargo dos harmônicos a função de demonstrar a localização do emissor (Lammers and Au 2003), o mesmo processo pode estar ocorrendo com as emissões sonoras de baixas frequências de *S. guianensis* à noite.

Outra explicação possível para a diminuição da frequência dos assobios está relacionada à dependência que a propagação do som tem das condições ambientais, como por exemplo, a salinidade (Richardson *et al.* 1995). Esses fatores podem mudar sazonalmente e regionalmente (Wartzok and Ketten 1999) assim como ao longo do dia, pois ocorre variação do ciclo diário da maré que é uma condição ambiental a afetar os parâmetros sonoros na região (Leão *et al.* submetido).

O aumento da frequência mínima dos estalidos pode estar relacionado à precisão do som. Animais que forrageiam à noite necessitam de adaptações para compensar a diminuição da visibilidade (Bicca-Marques and Garber 2004, Warrant 2004, Dahood and Bernoit-Bird 2010). É provável que a decisão de forragear durante a noite no CLG é influenciada pela disponibilidade de presas, assim como é relatado para *Lagenorhynchus obscurus* (Dahood and Bernoit-Bird 2010). A visão fica limitada

durante esse momento e para que a captura da presa seja eficiente, um estalido de maior frequência resultará em uma informação mais precisa.

Entretanto, a frequência central e pico de frequência dos estalidos são menores durante a noite. O pico de frequência de um som é a frequência onde se concentra a maior intensidade e a frequência central é a frequência que divide o som em dois intervalos de frequências de mesma intensidade (Au and Hasting 2008). As médias desses dois parâmetros estão concentradas nas frequências mais baixas, indicando que estas frequências tendem a ser utilizada com a finalidade de atingir maiores distâncias (Wartzok and Ketten 1999), possivelmente como uma forma de rastreamento da presença de presas (Carlström 2005) e de obstáculos, pois o Complexo Lagunar de Guaraíras apresenta muito bancos de areia (Melo 2000). Por outro lado, o aumento da frequência mínima estaria sendo utilizado para precisar a captura propriamente dita (Wartzok and Ketten 1999).

A capacidade do equipamento de registrar as frequências mais altas que são descritas para estalidos de *S. guianensis* pode ser um limitante para registrar a faixa acústica que esse som pode abranger (May-Collado and Wartzok 2010). Entretanto, como se trabalhou com médias e essa variável segue uma tendência, mesmo que os valores reais das frequências centrais e pico de frequência dos estalidos nos dois períodos do dia fosse maior que o valor observado, dificilmente as médias dos valores desses parâmetros durante a noite ultrapassaria as médias registradas durante o dia.

A baixa ocorrência dos gritos nesse estudo pode estar relacionada ao tamanho dos grupos no local. Monteiro-Filho e Monteiro (2001) relatam a utilização de gritos na comunicação entre indivíduos de *S. guianensis* no estuário de Cananéia, sudeste do Brasil, durante os momentos de orientação de estratégias de forrageio. Unidades com

quatro indivíduos podem ser periodicamente divididas em duas subunidades necessárias para algumas estratégias de pesca como, por exemplo, a pesca cruzada (Monteiro-Filho 1995) sendo necessária assim, a maior comunicação entre os grupos (Monteiro-Filho and Monteiro 2001). Esse fato pode estar ocorrendo com os indivíduos da Laguna durante o dia. Entretanto, durante a noite os grupos compostos de três indivíduos devem estar pescando em uma unidade, não havendo, portanto, a necessidade deste tipo de comunicação. Além disso, o fato da região de Cananéia ser um estuário, a visibilidade deve ser bem reduzida em relação ao Complexo Lagunar de Guaraíras, aumentando a necessidade de maior comunicação (gritos) no estabelecimento das estratégias a serem executadas por agrupamentos mais numerosos.

Assim, *Sotalia guianensis* modifica parâmetros físicos dos sons emitidos durante os períodos do dia no Complexo Lagunar de Guaraíras. De uma forma geral, assobios e estalidos respondem a ausência de luz de maneiras similares com diminuição das frequências e aumento da taxa de ocorrência. Gritos são pouco utilizados na área, provavelmente devido o tamanho do grupo. A escolha de táticas de comportamentos e conseqüentemente das emissões sonoras à noite pode ser influenciada em parte pelos níveis de iluminação como pela disponibilidade de presas que pode variar ao longo do dia em determinados locais. A acústica oferece ao animal funções importantes adaptadas para a atividade noturna como comunicação, orientação e detecção de presas e obstáculos. Entendendo a acústica e suas variações, é possível compreender as relações com fatores ambientais, predador-presa e suportar hipóteses como a plasticidade acústica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atem, A. C. G., and E. L. A. Monteiro-Filho. 2006. Nocturnal Activity of the Estuarine Dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) in the Region of Cananéia, São Paulo State, Brazil. *Aquatic Mammals* 32:236-241.

Au, W. W. L., and Hastings, M. C. 2008. *Principles of Marine Bioacoustics*. Springer, New York, NY, p. 680.

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

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

Baird, R. W., A. D. Ligon, S. K. Hooker and M. A. Gorgone. 2001. Subsurface and nighttime behavior of pantropical spotted dolphins in Hawaii. *Canadian Journal of Zoology* 79:988-996.

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

Berta, A., L. S. Sumich, K. M. Kovacs, P. A. Folkons and P. J. Adam. 2006. *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Academic Press, New York, NY.

Bicca-Marques, J. C., and P. A. Garber. 2004. Use of spatial, visual, and olfactory information during foraging in wild nocturnal and diurnal anthropoids: A field

experiment comparing *Aotus*, *Callicebus*, and *Saguinus*. American Journal of Primatology 62:171-187.

Caldwell, D. K., and M. C. Caldwell. 1970. Echolocation-type signals by two dolphins, genus *Sotalia*. Quarterly Journal of The Florida Academy of Sciences 33:124-131.

Carlström, J. 2005. Diel variation in echolocation behavior of wild harbor porpoise. Marine Mammal Science 21:1-12.

Dahood, A. D., and K. J. Bernoit-Bird. 2010. Dusky dolphins foraging at night. Pages 99-114 in B. Würsig and M. Würsig, eds. The Dusky Dolphin. Academic Press, New York, NY.

Daniel-Rentería, I. C., A. Serrano and G. Sánchez-Rojas. 2012. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Alvarado Lagoon System (Veracruz, Mexico). Ciencias Marinas 38:459-465.

Deconto, L. S., and E. L. A. Monteiro-Filho. 2013. High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. Journal of the Acoustic Society America 134:3899-3904.

DHN. 2012. Marinha do Brasil. Diretoria de hidrografia e navegação. Available at <https://www1.mar.mil.br/dhn/>.

DHN. 2013. Marinha do Brasil. Diretoria de hidrografia e navegação. Available at <https://www1.mar.mil.br/dhn/>.

DHN. 2014. Marinha do Brasil. Diretoria de hidrografia e navegação. Available at <https://www1.mar.mil.br/dhn/>.

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

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

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

Flores, P. A. C., and V. M. F. da Silva. 2009. Tucuxi and Guiana Dolphin. Pages 1188-1192 in W. F. Perrin, B. Wursig and J. G. M. Thewissen, eds. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, New York, NY.

Goold, J. C. 2000. A diel pattern in vocal activity of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*. *Marine Mammal Science* 16:240-244.

Herzing, D. L. 1996. Whistles and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals* 22:61–79.

Kamminga, C., M. T. va Hove, F. J. Engelsma and R. P. Terry. 1993. Investigations on cetacean sonar X: A comparative analysis of underwater echolocation clicks of *Inia* spp and *Sotalia* spp. *Aquatic Mammals* 19:31-43.

- Lammers, M. O., M. Schotten and W. W. L. Au. 2006. The spatial context of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) producing acoustic signals. *Journal of the Acoustic Society America* 119:1244-1250.
- Madsen, C. J. and L. M. Herman. 1980. Social and ecological correlates of cetacean vision and visual appearance. Pages 101-147 in L. M. Herman, ed. *Cetacean Behavior: Mechanisms and functions*. Krieger Publishing Company, Malabar, FL.
- Marques, T. A., L. Thomas, L. Munger, S. Wiggins and J. A. Hildebrand. 2011. Estimating North Pacific right whale (*Eubalaena japonica*) density using passive acoustic cue counting. *Endangered Species Research* 13:163-172.
- Matthews, L. P., J. A. Mc Cordic and S. E. Parks. 2014. Remote acoustic monitoring of North Atlantic Right Whales (*Eubalaena glacialis*) reveals seasonal and diel variations in acoustic behavior. *Plos One* 9:e91367.
- May-Collado, L. J., and D. Wartzok. 2009. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: The importance of broadband recording systems. *Journal of the Acoustic Society America* 125:1202-1213.
- May-Collado, L. J., and D. Wartzok 2010. Sounds produced by the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador. *Latin America Journal of Aquatic Mammals* 8:131–136.
- Melo, F. T. L. 2000. O complexo lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas. M.Sc. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brazil. 80pp.



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

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

Newman, K., and A. M. Springer. 2008. Nocturnal activity by mammal-eating killer whales at a predation hot spot in the Bering Sea. Marine Mammal Science 24:990-999.

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

Oliveira, F., R. G. Rodrigues, A. C. Atem and E. L. A. Monteiro-Filho. 2008a. Atividade Noturna. Pages 157-163 in E. L. A. Monteiro-Filho and K. D. K. A. Monteiro, eds. Biologia, ecologia e conservação do Boto-cinza. Páginas e Letras Editora e Gráfica, São Paulo, Brazil.

Oliveira, T. R. M., P. I. A. P. Medeiros and M. E. Yamamoto. 2008b. Utilização do complexo lagunar de Guaraíras, Tibau do Sul/RN, pelo boto-cinza *Sotalia guianensis*. Pages 79-88 in A. H. Jesus, P. I. A. P. Medeiros and F. J. L. Silva, eds. Boto-cinza *Sotalia guianensis*. Editora UERN, Mossoró, Brazil.

Paro, A. D. 2010. Estimativa populacional e uso do hábitat do Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) no litoral sul do Rio Grande do Norte. M.Sc. Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brazil. 129pp.

- Pivari, D., and S. Rosso. 2005. Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil. *Journal of the Acoustic Society America* 118:2725-2731.
- Richardson, W. J., C. R. Greene-Jr., C. I. Malme and D. H. Thomson. 1995. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, New York, NY.
- Rossi-Santos, M. R., and J. Podos. 2006. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. *Behaviour* 143:347-364.
- Soldevilla, M. S., S. M. Wiggins and J. A. Hildebrand. 2010. Spatial and temporal patterns of Risso's dolphin echolocation in the Southern California Bight. *Journal of the Acoustic Society America* 127:124-132.
- Sousa-Lima, R. S., and C. W. Clark. 2008. Modelling the effects of boat traffic on the fluctuations of singing activity of humpback whales in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Canadian Acoustics* 36:174-181.
- Todd, V. L. G., W. D. Pearse, N. C. Tregenza, P. A. Lepper and I. B. Todd. 2009. Diel echolocation activity of harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) around North Sea offshore gas installations. *ICES Journal of Marine Science* 66:734-745.
- van Parijs, S. M., C. W. Clark, R. S. Sousa-Lima, S. E. Parks, S. Rankin, D. Risch and I. C. van Opzeeland. 2009. Management and research applications of real-time and archival passive acoustic sensors over varying temporal and spatial scales. *Marine Ecology Progress Series* 395:21-36.
- Warrant, E. 2004. Vision in the dimmest habitats on Earth. *Journal of Comparative Physiology A* 190:765-789.

Wartzok, D., and D. R. Ketten. 1999. Marine mammal sensory systems. Pages 117-175  
*in* J. Reynolds and S. Rommel, eds. *Biology of Marine Mammals*. Smithsonian  
Institution Press, Washington, DC.

### **6.3 – Adaptações acústicas de uma população de *Sotalia guianensis* no nordeste do Brasil (manuscrito 3).**

**Será submetido à Plos one – Qualis A2.**

A pressão seletiva do ambiente sobre as espécies ali viventes pode forçar adaptações como um todo, inclusive no contexto acústico específico. Alguns autores relatam que o repertório acústico de *Sotalia guianensis* apresenta dialetos como reflexo geográfico, entretanto, outros autores propõem que as características do ambiente é que impõem essas variações. Esse estudo avaliou se *S. guianensis* modifica suas emissões sonoras entre a Enseada do Curral e o Complexo Lagunar de Guaraíra, habitat de latitudes semelhantes. Na Laguna, os golfinhos aumentam as frequências de assobios assim como a frequência inicial dos estalidos que pode estar relacionado com a precisão dos sons para comunicação e captura de presas. Entretanto, a frequência central dos estalidos diminuiu o que permite ao som viajar distâncias maiores possibilitando aos golfinhos rastrear a área a longas distâncias evitando encalhes acidentais, além de aumentar a detecção de cardumes. As variações nos sons dos golfinhos podem estar relacionadas às diferenças nos ambientes como ruídos de fundo naturais; características como turbidez, temperatura e salinidade; e modificação na propagação do som no meio devido profundidade e propriedades do fundo. A categoria sonora grito não apresentou modificação provavelmente devido a riqueza de suas modulações. É possível que a variação dos parâmetros sonoros entre o ambiente de enseada e laguna seja reflexo do potencial adaptativo da espécie, pois os mesmos indivíduos podem ajustar os seus sons às características do ambiente, caracterizando a plasticidade acústica.

Palavras chaves: plasticidade acústica, habitat diferentes, boto cinza, Tibau do Sul

## ABSTRACT

The selective pressure of the environment on species can force adaptations as a whole including the specific acoustic context. Some authors report that the acoustic repertoire of *Sotalia guianensis* presents dialects as a geographical reflection; others propose that the environmental characteristics impose these variations. This study evaluated whether *S. guianensis* modifies sound emissions between Curral's Cove and Lagoon Complex of Guaraíras (CLG) habitat with similar latitudes. In CLG, dolphins increase the whistle frequencies and click initial frequency that may be related to sound accuracy to communicate and capture prey. However, the click center frequency decreased allowing the sound to travel greater distances so dolphins can scan the area at long distances to detect school of fish and to avoid accidental stranding. Dolphins' sounds variations may be related to differences in the environments as natural background noise; characteristics such as turbidity, salinity and temperature; and modification in sound propagation because of depth and bottom. The calls are invariable probably due to the richness of their modulations. It is possible that the variation of sound parameters between the cove and lagoon reflects the adaptive potential of the species, as these individuals can adjust their sounds to the environment characterizing the acoustic plasticity.

Keywords: acoustic plasticity, different habitat, estuarine dolphin, Tibau do Sul.

## INTRODUÇÃO

As características ambientais podem influenciar o processo de comunicação. A maioria dos sinais acústicos sofre modificações quando passa pelo meio, o que implica em uma degradação deste sinal no percurso entre indivíduo emissor e receptor [1]. Entretanto, os animais tendem a ajustar as estruturas dos seus sinais a fim de aperfeiçoar a propagação no meio onde estão inseridos [2].

A pressão seletiva que o ambiente exerce sobre as espécies ali presentes pode ocasionar adaptações no contexto acústico específico e até mesmo em mudanças morfológicas do aparato vocal entre e inter- espécies a fim de melhorar o custo-benefício individual naquele local [3]. Anuros, pássaros e primatas parecem utilizar frequências claramente diferentes sob a influência de ruídos ambientais distintos, podendo inclusive controlar seus chamados de acordo com os ruídos ambientes e as condições de transmissão do local [2].

O repertório acústico de uma espécie pode sofrer modificações dentro das populações devido à necessidade de superar ruídos naturais e antropogênicos [4]. Este é o caso dos cetáceos que por viverem em ambiente marinho que naturalmente já apresenta ruídos bióticos e abióticos, tendem a ajustar a comunicação de acordo com o local onde estão [5].

Os golfinhos apresentam uma grande plasticidade nos sinais de comunicação. São capazes de modificar parâmetros acústicos em resposta a diferentes situações como estresse [6], mudanças em seu habitat [7, 8] e mudar padrões sonoros quando em presença de embarcações [9, 10].

O repertório acústico de *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) vem sendo estudado sob condições naturais ao longo das últimas décadas [8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] e alguns estudos descrevem a modificação de parâmetros acústicos de populações em diferentes localidades, com a hipótese do aumento da média de frequência dos assobios numa distribuição latitudinal de sul para norte [15, 16, 17]. Entretanto, Deconto e Monteiro-Filho [8] acreditam que a diferença nos parâmetros dos assobios de *S. guianensis* entre regiões seja uma resposta adaptativa às diferentes condições ambientais locais como temperatura, salinidade e turbidez, ou seja, está relacionado à propagação do som no ambiente. Além disso, Rossi-Santos e Monteiro-Filho [18] sugerem que devido às populações da região nordeste do Brasil habitarem áreas abertas e de praia além de estuários, as diferenças acústicas entre esses ambientes podem favorecer sinais de comunicações em diferentes frequências.

A partir disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar os parâmetros acústicos de *S. guianensis* em dois habitat distintos. A hipótese se baseia no estudo de Deconto & Monteiro-Filho [8] que propõem que as diferenças dos sons produzidos por *S. guianensis* em diferentes latitudes refletem a plasticidade acústica da espécie com adaptações a diferentes ambientes. Neste caso, se as características sonoras da espécie forem reflexos de parâmetros populacionais (dialetos) é esperado que os sons produzidos sejam semelhantes em dois ambientes diferentes de mesma latitude, contudo, se forem adaptativos, é esperado que apresentem diferenças.

## **MATERIAL E MÉTODOS.**

### *Área de estudo*

A área de estudo consiste no complexo Lagunar de Guaraíras (06° 11' 40'' S e 35° 06' 40'' O) e da Enseada do Curral (06° 13' 23,9'' S e 35° 04' 14,8'' O; fig. 1), ambas pertencentes ao município de Tibau do Sul localizados no extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte.

O Complexo Lagunar de Guaraíras é caracterizado por uma laguna que mede cerca de 7 km de comprimento com uma largura que varia de 1,4 a 2,0 km e profundidade variando até 8 metros. O complexo sofreu ao longo dos anos com alternâncias entre lagoa e laguna, contudo, atualmente apresenta característica de laguna e possui grande influência das correntes de maré, formando tramas de canais e bancos arenosos [19]. A salinidade no local varia de 22 a 34 ppm [20].

A Enseada do Curral apresenta fundo arenoso e apresenta profundidade em torno de 5 m e salinidade de 37 ppm [21]. A região é protegida dos ventos proporcionando assim, uma área relativamente estável, pois sofre influência unicamente de marés e precipitações. A turbidez da água é considerada alta, já que é uma praia de alta energia, com movimento constante de sedimentos em suspensão [21].

Através de foto-identificação, Paro [22] estimou para a área da enseada uma média de 105 indivíduos, variando entre 88 e 129, havendo relatos de que  $\frac{1}{4}$  da população apresenta alta e média fidelidade [22, 23]. Já na Laguna a presença dos golfinhos não é diária, mas a estimativa é em média de 27 indivíduos, variando entre 18 e 54 e sem relato de fidelidade. Entretanto, 80% dos indivíduos avistados na área da Enseada foram reavistados no Complexo Lagunar de Guaraíras [22].



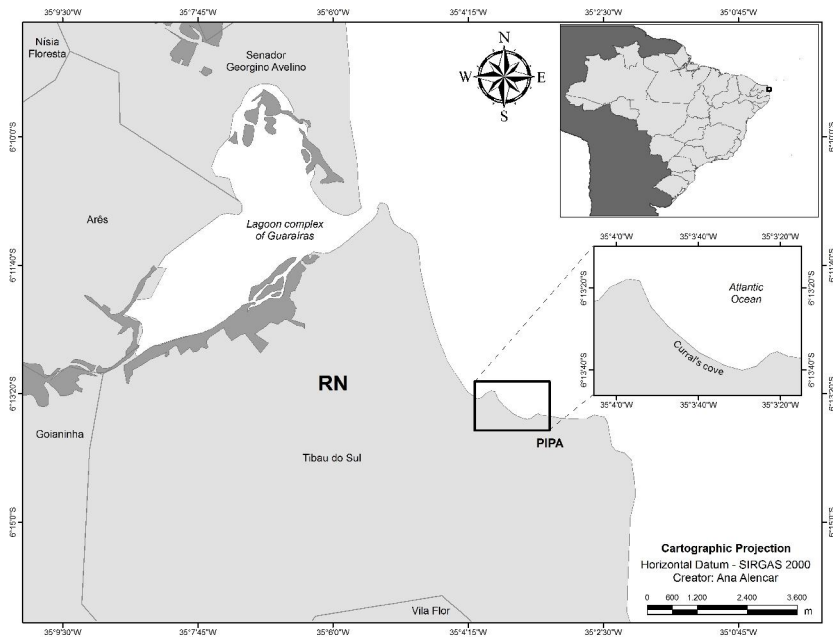


Figura 1: Localização do Complexo Lagunar de Guarairás e da Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, onde foram realizadas as gravações do repertório sonoro de *Sotalia guianensis* entre os meses de outubro a março de 2013 e outubro a janeiro de 2014. Mapa: Ana Alencar.

### *Procedimentos*

As coletas dos dados sonoros dos botos ocorreram em dois períodos de estação de estiagem (Outubro de 2012 a Março de 2013 e Outubro 2013 a Março 2014) com o intuito de evitar períodos de chuva, ocasiões que os encontros com golfinhos no Complexo Lagunar de Guarairás não são frequentes. As coletas foram realizadas sempre na ausência das embarcações de turismo, pesca e balsas de travessia e durante a mesma maré. Considerou-se o Porto de Natal para o cálculo das amplitudes e horário de maré com base na tábua de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil [23, 24, 24] e determinar o horário da coleta.

Os dados foram coletados a partir de uma embarcação de madeira de oito metros com motor de centro. As gravações foram realizadas com um hidrofone C55 (8 Hz a 100 kHz, -165dB, re 1V/ $\mu$ Pa) conectado a um gravador digital com taxa de amostragem de 96 kHz e a 16 bits, sendo o hidrofone posicionado a 1,5 m de profundidade a boroeste.

Para as coletas em ambos os ambientes, o estado do mar deveria estar  $\leq 2$  na escala Beaufort e a embarcação permanecia desligada e ancorada todo o tempo. As sessões de gravações ocorreram entre as 0600 h e 1300 h quando havia a presença de *S. guianensis* em torno da embarcação e em um raio de 100 m a fim de otimizar as coletas de dados. Durante as gravações, foram registrados tanto os sons produzidos pelos golfinhos como os ruídos naturais do ambiente. As gravações dos sons produzidos pelos golfinhos foram encerradas quando os indivíduos se afastavam além da distância estabelecida e/ou não eram mais visualizados na área.

Com o intuito de verificar se a visibilidade da água em ambos locais pode de alguma forma influenciar os parâmetros sonoros dos golfinhos em função da maior ou menor disponibilidade de partículas em suspensão, dados de turbidez da água, com o auxílio de um disco de Secchi, foram registrados quando se iniciava o dia de coleta.

As gravações foram analisadas com o programa RAVEN PRO<sup>®</sup> 1.4. Os parâmetros foram calculados com FFT 500, janela Hann e overlap de 50%. Somente emissões sonoras consideradas de qualidade, aquelas com contorno bem definido do início ao fim, foram analisadas. Para assobios os parâmetros analisados foram: frequência inicial, frequência final, frequência mínima, frequência máxima, pico de frequência, frequência central e duração; para gritos e estalidos: frequência mínima, frequência máxima, pico de frequência, frequência central e duração. May-Collado e

Wartzok [27] relatam a frequência dominante de estalidos em torno de 88 kHz. Como os valores de frequência máxima de estalidos nesse estudo sempre atingiram o valor máximo do gravador (48 kHz) não houve modificações desse parâmetro nas diferentes condições que foram realizadas as gravações, por isso esse parâmetro foi retirado. Entretanto, as análises comparativas das outras variáveis de frequência dos estalidos foram mantidas, pois variaram entre as diferentes áreas. Para testar se houve modificações dos parâmetros das emissões sonoras de *S. guianensis* entre os diferentes ambientes um teste de normalidade dos dados foi feito e então uma análise de Mann-Whitney com significância de 0,05 foi realizada.

Visando a testar se havia diferenças nos ruídos naturais produzidos nos dois ambientes, foi selecionada aleatoriamente uma amostra de 30 s de gravações a cada um dos 30 dias de coleta em cada local sem que houvesse ruídos antropogênicos e sons dos animais em estudo. As amostras selecionadas foram divididas em duas categorias, ruídos que variaram até 2,5 kHz e 2,51 kHz a 5 kHz, para determinar os parâmetros de pico de frequência, frequência central e intensidade. A comparação entre os dois ambientes foi realizada a partir de um Mann Whitney.

## **RESULTADOS**

Um total de 96 h e 70 h de esforço amostral possibilitou 47 h e 21 h de esforço efetivo na Enseada do Curral e Complexo Lagunar de Guaraíras, respectivamente. A visibilidade na enseada durante o período de coletas teve uma média 100 cm, enquanto na laguna a média foi de 69 cm ( $U = 22,00$ ,  $p = 0,002$ ). Durante este estudo, a composição do grupo de golfinhos nas gravações realizadas na Enseada do

Curral foi de dois indivíduos adultos e um filhote e no Complexo Lagunar de Guaraíras foi de três adultos.

Tabela 4: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos de assobios, estalidos e gritos de *Sotalia guianensis* registrados no Complexo Lagunar de Guaraíras e Enseada do Curral, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, entre outubro de 2012 a março de 2013 e outubro 2013 a março 2014. Frequência é dada em kHz e duração em segundos. IF = frequência inicial; FF = frequência final; MIF = frequência mínima; MAF = frequência máxima; PF = pico de frequência; CF = frequência central; D = duração; SD = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo.

PARÂMETROS	ESTATISTICA	ENSEADA	LAGUNA	U	P
<b>Assobio IF</b>	Average ± SD	10,04 ± 3,61	11,37 ± 3,35	136047	0,000*
	(Min – Max)	(1,38 – 29,87)	(2,64 – 25,22)		
<b>Assobio FF</b>	Average ± SD	19,90 ± 4,87	19,92 ± 4,64	175394	0,212
	(Min – Max)	(5,00 – 35,65)	(7,04 – 34,20)		
<b>Assobio MIF</b>	Average ± SD	09,35 ± 2,57	10,96 ± 2,80	123828	0,000*
	(Min – Max)	(1,68 - 17,95)	(2,64 – 18,13)		
<b>Assobio MAF</b>	Average ± SD	20,48 ± 4,50	20,49 ± 4,13	173560	0,126
	(Min – Max)	(5,80 – 35,65)	(10,80 – 34,20)		
<b>Assobio PF</b>	Average ± SD	14,37 ± 3,86	14,72 ± 4,20	168390	0,020*
	(Min – Max)	(2,25 – 30,37)	(2,26 – 30,53)		

\*valores significativos

Tabela 1 (continua)

PARÂMETROS	ESTATÍSTICA	ENSEADA	LAGUNA	U	<i>p</i>
<b>Assobio CF</b>	Average ± SD	14,73 ± 3,21	15,35 ± 3,15	162015	0,000*
	(Min – Max)	(3,75 – 26,62)	(7,87 – 24,37)		
<b>Assobio D</b>	Average ± SD	0,24 ± 0,14	0,17 ± 0,08	131686	0,000*
	(Min – Max)	(0,03 – 0,87)	(0,04 – 0,45)		
<b>Estalido MIF</b>	Average ± SD	4,06 ± 1,74	4,98 ± 2,10	277704	0,000*
	(Min – Max)	(0,72 – 13,70)	(1,17 – 13,35)		
<b>Estalido PF</b>	Average ± SD	25,54 ± 14,06	24,96 ± 14,04	363199	0,807
	(Min – Max)	(0,18 – 46,31)	(2,25 – 46,12)		
<b>Estalido CF</b>	Average ± SD	29,51 ± 5,50	27,90 ± 6,23	308285	0,000*
	(Min – Max)	(0,18 – 38,81)	(3,75 – 42,75)		
<b>Estalido D</b>	Average ± SD	1,93 ± 0,14	2,04 ± 1,58	370539	0,432
	(Min – Max)	(0,23 – 23,42)	(0,19 – 13,55)		
<b>Grito MIF</b>	Average ± SD	2,26 ± 1,45	2,74 ± 1,25	290	0,100
	(Min – Max)	(0,44 – 8,71)	(1,17 – 4,97)		
<b>Grito MAF</b>	Average ± SD	4,89 ± 2,30	5,49 ± 1,65	319	0,214
	(Min – Max)	(1,69 – 17,72)	(2,63 – 7,76)		
<b>Grito PF</b>	Average ± SD	3,39 ± 1,77	4,00 ± 1,59	295,5	0,153
	(Min – Max)	(0,93 – 11,43)	(1,50 – 7,68)		
<b>Grito CF</b>	Average ± SD	3,58 ± 1,85	4,21 ± 1,32	271	0,056
	(Min – Max)	(1,31 – 11,82)	(1,87 – 5,43)		
<b>Grito D</b>	Average ± SD	0,17 ± 0,01	0,58 ± 0,01	364	0,534
	(Min – Max)	(0,03 – 0,56)	(0,09 – 3,18)		

\*valores significativos

Durante o estudo os assobios nas duas áreas apresentaram diferenças em vários parâmetros analisados (tabela 1). Ocorreram aumentos nas médias da frequência inicial (IF), frequência mínima (MIF), pico de frequência (PF) e frequência central (CF) e diminuição da média de duração (D) quando os assobios eram produzidos na Laguna (tabela 1). Entretanto, a frequência final (FF) e frequência máxima (MAF) não sofreram modificações significativas (tabela 1).

Para os estalidos, a média da frequência mínima (MIF) teve um aumento no Complexo Lagunar de Guaraíras, enquanto a média da frequência central (CF) sofreu redução (tabela 1). Todavia, os parâmetros de pico de frequência (PF) e duração (D) não tiveram alterações (tabela 1). Com relação aos parâmetros analisados da categoria sonora grito, não houve mudanças significativas entre os ambientes de Enseada e Laguna (tabela 1).

A faixa de amplitude dos parâmetros de frequência ocupada por *S. guianensis* no Complexo Lagunar de Guaraíras foi mais estreita que na Enseada do Curral, como pode ser observado na tabela 1.

Com relação aos ruídos naturais que foram registrados nos dois ambientes de latitudes semelhantes, a tabela 2 sintetiza os resultados encontrados para as categorias de amplitude de frequências adotadas. Somente a categoria de 2,51 a 5 kHz apresentou alterações significativas entre os dois ambientes (tabela 2). As médias dos parâmetros de pico de frequência (PF), frequência central (CF) e intensidade (I) são maiores Na Laguna quando comparado à enseada (tabela 2). A sobreposição do espectro de energia dos dois ambientes demonstra a diferença encontrada entre o Complexo Lagunar de Guaraíras e a Enseada do Curral (fig 2).

Tabela 2: Média, desvio padrão, amplitude dos parâmetros acústicos dos ruídos naturais do Complexo Lagunar de Guarairas e Enseada do Curral separados pelas categorias sonoras 0-2,5kHz e 2,51-5kHz, entre outubro de 2012 a março de 2013 e outubro 2013 a março 2014. Frequência é dada em kHz e intensidade em dB. PF = pico de frequência; CF = frequência central; I = intensidade; SD = desvio padrão; Min = valor mínimo; Max = valor máximo.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>ESTATISTICA</b>	<b>ENSEADA</b>	<b>LAGUNA</b>	<b>U</b>	<b>p</b>
<b>PF</b>	Average ± SD	0,18 ± 0	0,18 ± 0	85,00	1,000
<b>0-2,5</b>	(Min – Max)	0,18	0,18		
<b>CF</b>	Average ± SD	0,21 ± 0,06	0,18 ± 0	85,00	1,000
<b>0-2,5</b>	(Min – Max)	(0,18 – 0,37)	0,18		
<b>I</b>	Average ± SD	70,12 ± 11,45	72,96 ± 11,78	73,00	0,563
<b>0-2,5</b>	(Min – Max)	(52,60 – 89,59)	(57,98 – 92,50)		
<b>PF</b>	Average ± SD	3,74 ± 0,80	4,56 ± 0,53	36,50	0,015*
<b>2,51-5,0</b>	(Min – Max)	(2,62 – 4,87)	(3,37 – 4,87)		
<b>CF</b>	Average ± SD	3,74 ± 0,22	3,94 ± 0,10	38,00	0,019*
<b>2,51-5,0</b>	(Min – Max)	(3,00 – 3,93)	(3,75 – 4,12)		
<b>I</b>	Average ± SD	41,77 ± 4,71	50,57 ± 6,40	21,00	0,001*
<b>2,51-5,0</b>	(Min – Max)	(35,51 – 49,40)	(42,21 – 58,87)		

\*valores significativos

## DISCUSSÃO

As diferenças encontradas nas categorias sonoras assobios e estalidos entre os dois ambientes podem estar relacionadas com a funcionalidade dos sons, que tem funções de comunicação entre indivíduos do grupo, orientação no ambiente e localização de presas [11, 28, 29]. Alguns estudos relatam que a diferença entre os parâmetros sonoros agora

analisados poderiam ser reflexos de características populacionais (dialetos) [15, 16, 17], entretanto, Wang et al. [30] relatam para *Tursiops truncatus* que a modificação dos assobios pode estar relacionada ao ruído ambiente. Possivelmente, é o mesmo que ocorre nesse estudo, pois os indivíduos que utilizam o Complexo Lagunar de Guaraíras provavelmente são parte da mesma população que utiliza a Enseada do Curral visto que parte dos indivíduos visualizados na enseada são reavistados na laguna como relata o estudo com foto-identificação realizado na área [22].

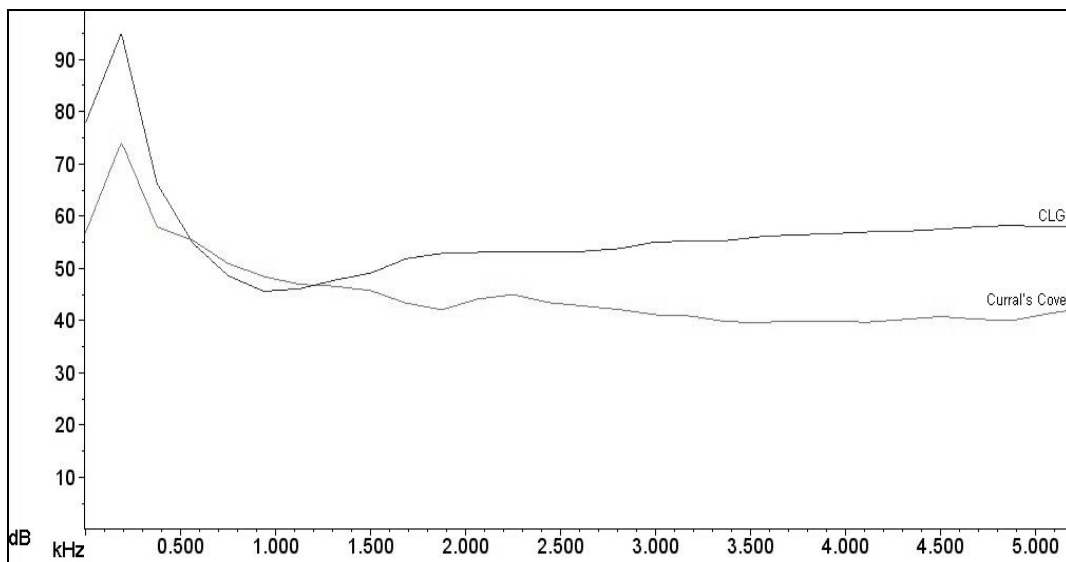


Figura 2: Espectro de energia dos ruídos naturais do Complexo Lagunar de Guaraíras (linha superior) e Enseada do Curral (linha inferior) registrado entre outubro de 2012 a março de 2013 e outubro 2013 a março 2014. Eixo x frequência dos ruídos em kHz e eixo y intensidade dos ruídos em dB re 1V/ $\mu$ Pa. CLG = Complexo Lagunar de Guaraíras.



Como os indivíduos de *S. guianensis* são registrados nos dois locais e também existe uma semelhança no tamanho do grupo, é possível que as diferenças nos parâmetros sonoros entre o ambiente de enseada e laguna seja reflexo do potencial adaptativo da espécie onde os mesmos indivíduos podem ajustar os sons emitidos às características do ambiente, caracterizando a plasticidade acústica. Essa hipótese foi levantada por Deconto & Monteiro-Filho [8] e sugere que temperatura, salinidade e turbidez são alguns dos fatores que podem influenciar os parâmetros acústicos de *S. guianensis*, assim como ocorre com a plasticidade comportamental [31].

Para ajustar as emissões sonoras ao ambiente, *S. guianensis* aumenta as frequências de assobios assim como a frequência inicial dos estalidos. Esse aumento de frequências pode estar relacionado com a precisão dos sons a menores distâncias durante a comunicação e captura de presa no Complexo Lagunar de Guaraíras, visto que a turbidez na laguna é maior que na enseada, provavelmente devido ao aporte de sedimentos fluviais [32]. Com a água mais turva, a visibilidade fica prejudicada o que força a comunicação e orientação ficarem baseada no som. Entretanto, a frequência central dos estalidos apresenta valores menores no Complexo Lagunar de Guaraíras o que permite ao som viajar distâncias maiores [28]. Com isso, os golfinhos rastreiam a área a longas distâncias visto que existem grandes quantidades de bancos de areia no local [19], evitando assim encalhes acidentais, além de aumentar a detectabilidade de cardumes na ausência da visão, semelhante ao que ocorre durante as atividades noturnas (Capítulo 2).

A capacidade do equipamento de registrar as frequências mais altas que são descritas para estalidos de *S. guianensis* pode ser um limitante para registrar a faixa acústica que esse som pode abranger (May-Collado and Wartzok 2010). Entretanto, como se trabalhou com médias e essa variável segue uma tendência, mesmo que os

valores reais das frequências centrais dos estalidos nos dois ambientes fossem maiores que o valor observado, dificilmente as médias dos valores desse parâmetro no Complexo Lagunar de Guaraíras ultrapassaria as médias registradas na Enseada do Curral.

A variação nos parâmetros de frequência de assobios e estalidos também pode ser resultado de fatores ambientais como o ruído de fundo do ambiente [30, 33, 34, 35]. O Complexo Lagunar de Guaraíras apresenta maiores frequências e intensidade de ruídos, principalmente, no intervalo de 2,51 – 5 kHz. Se considerarmos que em estudos anteriores alguns sons sofreram alterações na presença de ruídos de fundo, como no caso de *Delphinapterus leucas* que apresentou aumento na frequência de estalidos no Hawaii [36] e de *Delphinus delphis* que em dois locais próximos nas Ilhas Britânicas apresentou aumento das frequências de assobios [37], o mesmo pode estar ocorrendo na Laguna onde algumas frequências dos ruídos de fundo podem estar forçando a mudança de faixa de frequência das categorias sonoras de *S. guianensis*, principalmente quando se trata da frequência inicial dos estalidos.

As mudanças nos assobios, assim como nos estalidos também podem estar relacionados com outras características do meio, como temperatura e salinidade, fatores que podem influenciar a propagação e degradação do som [38, 39]. As temperaturas em área de estuário ou de laguna são mais variáveis que águas costeiras devido à entrada de água doce, pois rios e córregos são mais sujeitos as mudanças de temperatura do que o mar [40]. Além disso, a variação da salinidade no Complexo Lagunar de Guaraíras é maior que a Enseada do Curral visto que é uma área que está sujeita a um regime de salinidade que sofre modificação a cada maré, pois recebe o aporte fluvial [20, 21, 40]. Soma-se a isso o fato da perda na transmissão da propagação do som em águas costeiras depender da profundidade da água [41]; e a diferença do fundo, tanto física quanto

química, também poder influenciar a diferença nos parâmetros sonoros [38]. Assim, se considerarmos que o Complexo Lagunar de Guaraíras é caracterizado pela presença de bancos de areias e canais, com variações de profundidade, formados por sedimentos arenosos de granulometria média e fina seguida por deposições de lama [19] e, que a enseada não apresenta mudanças bruscas de profundidade e apresenta um fundo de areia [21], essas diferenças no fundo, somadas às diferenças de densidade da água (somatória da turbidez, salinidade e temperatura) podem forçar o ajuste sonoro para a comunicação, localização de presa e orientação no local, semelhantes às respostas já documentadas para *Eubalaena glacialis* na costa leste dos EUA [4]. Em ambos os casos as diferenças estão relacionadas às características de propagação do som no habitat e aos ruídos naturais e antropogênicos [4].

O grito é uma categoria bastante diversa de sons, que são utilizados por *S. guianensis* durante os momentos de socialização e alimentação [11, 17]. Na região, esse som é muito utilizado durante comportamento de socialização, em que ocorre alto contato físico (observação pessoal) e, por ser utilizado a curtas distâncias está menos sujeito às pressões do meio e, portanto, passam a ser mais conservativos. Além disso, na Laguna o comportamento de socialização é menos frequente [42], o que resultou em poucas emissões dessa categoria.

O nicho acústico pode ser considerado como toda a faixa acústica que uma espécie pode utilizar para sua comunicação sonora. No Complexo Lagunar de Guaraíras, o nicho acústico apresenta maiores dimensões que na Enseada do Curral devido às variações de salinidade, turbidez e temperatura que ampliam o nicho original. O nicho da laguna, contudo, está ocupado com maiores valores de pico de frequência e frequência central dos ruídos entre 2,51 a 5 kHz, o que força os golfinhos a utilizar sons fundamentais com frequências mais altas, fugindo de um nicho já ocupado pelos ruídos.

Isto parece ter ocorrido com assobios e estalidos que mesmo que já tenham sido registrados em baixas frequências [11] foram sempre emitidos com frequências mais altas que as dos ruídos.

Portanto, em latitudes semelhantes *S. guianensis* responde de maneira diferente de acordo com as características do meio onde está inserido. Provavelmente, o ruído natural mais intenso e com pico de frequência e frequência central mais alto no Complexo Lagunar de Guaraíras dentro da faixa de 2,51 – 5 kHz seja responsável pelo ajuste dos parâmetros neste ambiente, além de fatores que podem afetar a propagação do som como, profundidade, estrutura do fundo, salinidade, temperatura e a turbidez da água. Dessa forma, é possível confirmar que *S. guianensis* responde de maneira adaptativa as condições do meio, suportando a hipótese de plasticidade acústica para a espécie.

## **5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Naguib M (1998) Perception of degradation in acoustic signals and its implications for ranging. *Behavior Ecology Sociobiology* 42: 139-142.
2. Ey E, Fischer J (2009) The Acoustic adaptation hypothesis – A review of the evidence from birds, anurans and mammals. *Bioacoustics* 19: 21-48.
3. Podos J, Southall JA, Rossi-Santos MR (2004) Vocal mechanics in Darwin's finches: correlation of beak gape and song frequency. *The Journal of Experimental Biology* 207: 607-619.
4. Parks SE, Urazghildiiev I, Clark CW (2009) Variability in ambient noise levels and call parameters of North Atlantic right whales in three habitat areas. *Journal of the Acoustic Society America* 125: 1230-1239.

5. Tyack P (2000) Functional aspects of cetacean communication. In: Mann J, Connor RC, Tyack PL, Whitehead H, editors. *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. Chicago: The University of Chicago Press. pp. 270-307.
6. Esch HC, Sayigh LS, Blum JE, Wells RS (2009) Whistles as potential indicators of stress in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of Mammalogy* 90: 638-650.
7. May-Collado LJ, Wartzok D (2008) A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. *J Mammal* 89: 1229-1240.
8. Deconto LS, Monteiro-Filho ELA (2013) High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. *J Acoust Soc Am* 134: 3899-3904.
9. Scarpaci C, Bigger SW, Corkeron PJ, Nugegoda D (2001) Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increase whistling in the presence of “swim-with-dolphin” tour operation. *Journal of cetacean Research and Management* 2: 183-185.
10. Williams R, Trites AW, Brain DE (2002) Behavioral responses of Killer whale (*Orcinus orca*) to whale-watching boats: opportunistic observations and experimental approaches. *Journal of Zoology London* 256: 255-270.
11. Monteiro-Filho ELA, Monteiro KDKA (2001) Low frequency sounds emitted by *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 79: 59-66.
12. Azevedo AF, Simão SM (2002) Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. *Aquatic Mammals* 28: 261-266.

13. Erber C, Simão SM (2004) Analysis of whistles produced by the Tucuxi Dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil, An Acad Bras Cienc 76: 381-385.
14. Pivari D, Rosso S (2005) Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil. J Acoust Soc Am 118: 2725-2731.
15. Azevedo AF, van Sluys M (2005). Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: Comparisons among populations. Journal of the Acoustic Society America 117: 1456-1464.
16. Rossi-Santos MR, Podos J (2006) Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. Behaviour 143: 347-364.
17. May-Collado LJ, 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 America 125: 1202-1213.
18. Rossi-Santos MR, Monteiro-Filho ELA (2008) Panorama atual dos estudos de bioacústica com o boto-cinza. In: Rossi-Santos MR, Reis MSS, editors. II workshop do nordeste: pesquisa e conservação de *Sotalia guianensis*. Florianópolis: Editora da UES., Brasil. pp. -144.
19. Melo FTL 2000. O complexo lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairás. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Brazil.
20. Almeida LR, Costa IS, Eskinazi-Sant'Anna EM (2012) Composition and abundance of zooplankton community of an impacted estuarine lagoon in Northeast Brazil. Braz J Biol 72: 13-24.
21. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente [IDEMA] (2003). Relatório final dos estudos para implementação da ZEE dos estuários do Rio Grande do Norte e seus entornos. Natal: IDEMA.

22. Paro AD (2010) Estimativa populacional e uso do hábitat do Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) no litoral sul do Rio Grande do Norte. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Brazil.
23. Ananias SMA, Jesus AH, Yamamoto ME (2008) Recorrência e fidelidade espacial do Boto-cinza *Sotalia guianensis* na enseada do Curral, Pipa/RN, avaliada através da foto-identificação. In: Jesus AH, Medeiros PIAP, Silva FJL, editors. Boto-cinza *Sotalia guianensis*. Mossoró: Editora UERN. p. 61-68.
24. DHN (2012) Marinha do Brasil. Diretoria de hidrografia e navegação. Available <https://www1.mar.mil.br/dhn/>. Last access: 02.jan.2012.
25. DHN (2013) Marinha do Brasil. Diretoria de hidrografia e navegação. Available <https://www1.mar.mil.br/dhn/>. Last access: 02.jan.2013.
26. DHN (2014) Marinha do Brasil. Diretoria de hidrografia e navegação. Available <https://www1.mar.mil.br/dhn/>. Last access: 02.jan.2014.
27. May-Collado LJ, Wartzok D (2010). Sounds produced by the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador. *Lat Am J Aquat Mammals* 8: 131–136.
28. Berta A, Sumich LS, Kovacs KM, Folkons PA, Adam PJ (2006) *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. New York: Academic Press. 560 p.
29. Oswald JN, Rankin S, Barlow J (2008) To whistle or not to whistle? Geographic variation in the whistling behavior of small odontocetes. *Aquatic Mammals* 34: 288-302.
30. Wang DW, Würsig B, Evans WE (1995) Whistles of bottlenose dolphins: Comparisons among populations. *Aquat Mamm* 21: 65–77.

31. Monteiro-Filho ELA (2008) Comportamento de pesca. In: Monteiro-Filho ELA, Monteiro KDKA, editors. *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza*. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica LTDA. pp. 77-90.
32. Vital H, Gomes MP, Tabosa WF, Frazão EP, Santos CLA, Plácido-Júnior JS (2010) Characterization of the Brazilian continental shelf adjacent to Rio Grande do Norte State, NE Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 43-54.
33. Rendell LE, Matthews JN, Gill A, Gordon JCD, Macdonald DW (1999) Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. *Journal of Zoology London* 249: 403–410.
34. Morisaka T, Shinohara M, Nakahara F, Akamatsu T (2005) Geographic variations in the whistles among three Indo-Pacific bottlenose dolphin *Tursiops aduncus* populations in Japan. *Fisheries Science* 71: 568-576.
35. Baron SC, Martinez L, Garrison LP, Keith EO (2008) Differences in acoustic signals from Delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. *Mar Mamm Sci* 24: 42–56.
36. Au WWL, Donald AC, Penner RH, Scrone BL (1985) Demonstration of adaptations in beluga whale echolocation signals. *J Acoust Soc Am* 77: 726-730.
37. Ansmann IC, Goold JC, Evans PGH, Simmonds M, Keith SG (2007) Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphin, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. *J Mar Biol Ass UK* 87: 19-26.
38. Urlick RJ (1983) *Principles of underwater sound*. 3 ed. Los Altos Hills: Peninsula Publishing. 444 p.
39. Richardson WJ, Greene-Jr CR, Malme CI, Thomson DH (1995) *Marine Mammals and Noise*. New York: Academic Press.



40. Nybakken JW, Bertness MD (2004) *Marine Biology: an ecological approach*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings. 592 p.
41. Au WWL, Hastings MC 2008 *Principles of Marine Bioacoustics*. New York: Springer. 680 p.
42. Oliveira TRM, Medeiros PIAP, Yamamoto ME (2008b) Utilização do complexo lagunar de Guaraíras, Tibau do Sul/RN, pelo boto-cinza *Sotalia guianensis*. In: Jesus AH, Medeiros PIAP, Silva FJL, editors. *Boto-cinza Sotalia guianensis*. Mossoró: Editora UERN. pp. 79-88.

## 6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados coletados sobre acústica de *S. guianensis* foi possível encontrar subsídios que fortalecem a hipótese de plasticidade acústica levantada por outros autores como Rossi-Santos & Monteiro-Filho (2008) e Deconto & Monteiro-Filho (2013) visto que a espécie já demonstra plasticidade comportamental descrita na área de estudo e em outras regiões em resposta a fatores naturais (Guilherme-Silveira & Silva 2007, 2009; Monteiro-Filho 2008) e antropogênicos (Santos-Jr et al. 2006; Valle & Melo 2006; Tosi & Ferreira 2008)

Considerando fatores naturais, foi possível observar que os parâmetros dos sons emitidos por *S. guianensis* na Enseada do Curral em Pipa sofrem ajustes de acordo com as condições impostas pelo ambiente tanto ao longo do dia como também ao longo do ano. Dentre as variáveis analisadas, os assobios e estalidos se comportam de formas diferentes entre a estação chuvosa e de estiagem, enquanto o grito apresenta-se inalterado.

A maioria dos parâmetros de assobios apresentou diminuição na frequência durante a estação chuvosa situação que pode estar relacionada à maior turbidez da água (Scudelari et al. 2005). Com frequências mais baixas os sons emitidos podem viajar distâncias maiores possibilitando uma melhor comunicação dos indivíduos nesse período devido a pouca visibilidade.

De forma contrária, os parâmetros de frequência de estalidos aumentam na estação chuvosa a fim de melhorar a precisão desse som utilizado para capturar presas. Durante essa estação ocorre um aumento da presença de indivíduos na área, possivelmente devido ao aumento da disponibilidade de presas (Santos et al. 2002;

Pansard et al. 2011). Como a visão fica prejudicada, é importante que o som seja preciso para que a captura tenha sucesso (Richardson et al. 1995).

Na estação de sizígia um novo setor na praia fica disponível para os golfinhos, entretanto a área pode ser de risco, pois a coluna d'água é menor. Durante essa estação os peixes também podem utilizar esse novo local, dessa forma os golfinhos precisam se organizar para a melhor estratégia de encurralamento das presas (Monteiro-Filho 2008). Assobios de baixa frequência são importantes para a comunicação à longa distância desses indivíduos, entretanto o estalido que auxilia a captura deve ser preciso, ou seja, apresenta maiores frequências, pois o risco de encalhe durante o forrageio nesse local aumenta (Monteiro-Filho 2008). Essa é a forma que *S. guianensis* ajusta seus sons nesse momento.

Gritos não sofrem modificações entre estações do ano e maré. É possível que a estratégia utilizada para esse som por *S. guianensis* seja a utilização da própria variabilidade de contornos e harmônicos. Além disso, é um som muito utilizado durante socialização caso em que ocorre muito contato físico, não sendo necessários ajustes físicos do som.

Durante a variação do ciclo diário da maré todos os sons sofrem modificações. Durante a maré vazante sons de frequências mais altas são mais interessantes devido à propagação. Adicionalmente, durante a vazante a área de escape dos peixes é menor ocorrendo aumento do comportamento de alimentação (Azevedo et al. 2007; Silva et al. 2008). Sons para organizar as estratégias de forrageio e a própria captura.

As emissões de *S. guianensis* também sofrem modificações entre os períodos do dia. No período noturno, a visibilidade diminui consideravelmente e em resposta os golfinhos aumentam a taxa de ocorrência de assobios e estalidos para suprir a ausência

de luz (Oswald et al. 2008). De forma contrária gritos não foram emitidos durante a noite e poucos exemplares foram registrados durante o dia, provavelmente devido as estratégias escolhidas pelos indivíduos no local (Monteiro-Filho 1995).

Os parâmetros de frequência dos assobios sofreram redução durante o período noturno permitindo a comunicação entre os indivíduos a distâncias maiores. Essa característica pode estar relacionada à baixa iluminação ou mesmo devido à dependência que a propagação do som tem das condições ambientais, como a salinidade que varia ao longo do dia (Richardson et al. 1995). De forma semelhante, frequência central e pico de frequência de estalidos sofrem redução possivelmente para rastreamento de obstáculos e presença de presas (Carlström 2005). Por outro lado, a frequência mínima aumenta e estaria sendo utilizado para precisar a captura em si (Wartzok & Ketten 1999).

Além dessas variações, *S. guianensis* apresentou modificações nos parâmetros acústicos das suas categorias sonoras quando inserido em ambientes diferentes. A confiabilidade dessas variações ocorre, pois grande parte dos golfinhos que são visualizados na Enseada do Curral são reavistados no Complexo Lagunar de Guaraíras (CLG; Paro 2010), ou seja, é provável que seja uma população que frequenta os dois ambientes.

A forma como *S. guianensis* responde ao habitat é aumentando as frequências dos assobios e da frequência inicial dos estalidos quando está utilizando o CLG. Esse ambiente apresenta alta turbidez, diminuindo a possibilidade da utilização da visão e assim a precisão do som para a comunicação e a captura das presas é importante. Entretanto, a frequência central sofreu redução o que pode auxiliar o rastreamento da

área devido a grande quantidade de bancos de areia e a detecção a longas distâncias de cardumes.

Além da turbidez, outros fatores podem afetar essa modificação nos parâmetros acústicos como os ruídos de fundo naturais relatados também para outras espécies (Au et al. 1985; Ansmann et al. 2007). As características do meio como salinidade e temperatura, fatores que são bastantes variáveis no CLG devido ao aporte de água doce e salgada variarem ao longo do dia. Além disso, também podem ter influência nas modificações dos parâmetros de frequência de assobios e estalidos, assim como, a profundidade e propriedade do fundo que pode influenciar na propagação do som e consequentemente nas suas características.

A população de *S. guianensis* da região de Tibau do Sul apresenta fortes indícios de possuir características adaptativas influenciadas pelo meio onde está inserida ao invés de características populacionais (dialetos) devido à localização geográfica. A partir de análises, considerando diferentes variáveis, foi possível perceber que a modificação no meio seja por luminosidade, sedimentos em suspensão, propriedades físicas do local entre outros, a espécie em questão ajusta suas emissões sonoras para melhor adaptação ao momento e o local.

Entendendo a acústica e suas variações, é possível compreender as diferentes relações como, por exemplo, de fatores ambientais e predador-presa. Concluímos então que *S. guianensis* apresenta plasticidade acústica na região do litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte e sugerimos que estudos semelhantes realizados em outras localidades podem reforçar essa plasticidade da espécie como um todo.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alcock, J.** 1993. *Animal behavior: an evolutionary approach*. 5° ed. Massachusetts: Sinauer Associates.

**Alves G.J. & Neto, J.P.** 2010. Comunicação animal. *Revista CFMV*, **49**, 24-34.

**Ansmann, I. C., Goold, J. C., Evans, P. G. H., Simmonds, M. & Keith, S. G.** 2007. Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphin, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **87**, 19-26.

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

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

**Azevedo, A. F., Oliveira, A. M., Viana, S. C. & Van Sluys, M.** 2007. Habitat use by marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **87**, 201-205.

**Au, W. W. L., Donald, A. C., Penner, R. H. & Scrone, B. L.** 1985. Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. *J. Acoust. Soc. Am.*, **77**, 726-730.

**Baron, S.C., Martinez, L., Garrison, L.P. & Keith, E.O.** 2008. Differences in acoustic signals from Delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. *Mar. Mamm. Sci.*, **24**, 42-56.

**Bradbury, J.W. & Vehrencamp, S.L.** 1998. Introdução. In: *Principles of Animal Communication* (Org J.W. Bradbury & S.L. Vehrencamp), pp.1-11. Massachusetts: Sinauer.

- Berta, A., Sumich, L.S., Kovacs, K.M., Folkons, P.A. & Adam, P.J.** 2006. *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. New York: Academic Press.
- Caldwell, D.K. & Caldwell, M.C.** 1970. Echolocation-type signals by two dolphins, genus *Sotalia*. *Q. J. Fla. Acad. Sci.*, **33**, 124-131.
- Carlström, J.** 2005. Diel variation in echolocation behavior of wild harbor porpoise. *Marine Mammal Science*, **21**, 1-12.
- Davis, R. A. & Hayes, M. O.** 1984. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, **60**, 313-329.
- Deconto, L. S. & Monteiro-Filho, E. A. L.** 2013. High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. *J. Acoust. Soc. Am.*, **134**, 3899-3904.
- Duffus, D.A. & Dearden, P.** 1993. Recreational use, valuation, and management, of Killer Whales (*Orcinus orca*) on Canada's Pacific coast. *Environmental Conservation*, **20**, 149-156.
- Erbe, C., King, A.R., Yedlin, M. & Farmer, D.M.** 1999. Computer models for masked hearing experiments with beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *J. Acoust. Soc. Am.*, **105**, 2697-2978.
- 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**, 381-385.

**Esch, H.C., Sayigh, L.S., Blum, J.E. & Wells, R.S.** 2009. Whistles as potential indicators of stress in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *J. Mammal.*, **90**, 638-650.

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

**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, *J. Acoust. Soc. Am.*, **126**, 1563–1569.

**Flores, P.A.C. & Da Silva, V.M.F.** 2009. Tucuxi and Guiana Dolphin. In: *Encyclopedia of Marine Mammals* (Org. por W.F. Perrin, B. Wursig & J.G.M. Thewissen), pp. 1188-1192. New York: Academic Press.

**Guilherme-Silveira, F. R. & Silva, F. J. L.** 2007. Behavioural seasonality of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis*, on the north-eastern Brazilian coast. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **87**, 1791-1792.

**Guilherme-Silveira, F. R. & Silva, F. J. L.** 2009. Diurnal and tidal pattern influencing the behavior of *Sotalia guianensis*, on the north-eastern Brazilian coast. *Marine Biodiversity Records*, **2**, e122.

**Herzing, D. L.** 1996. Whistles and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aqua. Mamm.*, **22**, 61–79.



- Higham, J.E.S. & Lusseau, D.** 2007. Urgent Need for empirical research into whaling and whale watching. *Conservation Biology*, **21**, 54-558.
- Kamminga, C., Va Hove, M.T., Engelsma, F.J. & Terry, R.P.** 1993. Investigations on cetacean sonar X: A comparative analysis of underwater echolocation clicks of *Inia* spp and *Sotalia* spp. *Aqua. Mamm.*, **19**, 31-43.
- Kinzey, W.G.** 1983. Activity pattern of the Titi Monkeys, *Callicebus personatus*. *Primates*, **24**, 337-343.
- Krebs, J.R. & Davies, N.B.** 1996. *Introdução à ecologia comportamental*. São Paulo: Atheneu.
- McGregor, P.K.** 2005. Communication. In: *The behavior of animals: mechanisms, function and evolution* (org. por J.J. Bolhuis e L.A. Giraldeau), p. 226-250. Oxford: Blackwell Publishing.
- May-Collado, L.J. & Wartzok, D.** 2008. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. *J. Mammal.*, **89**, 1229-1240.
- May-Collado, L.J. & Wartzok, D.** 2009. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: The importance of broadband recording systems. *J. Acoust. Soc. Am.*, **125**, 1202-1213.
- Monteiro-Filho, E. L. A.** 1995. Pesca interativa entre o golfinho *Sotalia fluviatilis guianensis* e a comunidade pesqueira da região de Cananéia. *Bol. Inst. Pesca*, **22**, 15-23.
- Monteiro-Filho, E.L.A.** 2000. Group organization of the *Sotalia fluviatilis guianensis* in an estuary of southeaster Brazil. *Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, **52**, 97-101.

- 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. *Canadian Journal of Zoology*, **79**, 59-66.
- Monteiro-Filho, E. L. A.** 2008. Comportamento de pesca. In: *Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza* (Org. por E. L. A. Monteiro-Filho & K. D. K. A. Monteiro, p. 277. Páginas & Letras Editora e Gráfica LTDA, São Paulo.
- Morisaka, T. & Connor, R.C.** 2007. Predation by Killer Whale (*Orcinus orca*) and the evolutions of whistle loss and narrow-band high frequency clicks in odontocetes. *European Society for Evolutionary Biology*, **20**, 1439-1458.
- Murray, S.O., Mercado, E. & Roitblat, H. L.** 1998. Characterizing the graded structure of false killer whale (*Pseudorca crassidens*) vocalizations. *J. Acoust. Soc. Am.*, **104**, 1679-1688.
- Nowacek, D.P., Thorne, L.H., Johnston, D.W. & Tyack, P.L.** 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Rev*, **37**, 81-115.
- Oswald, J. N., S. Rankin & J. Barlow.** 2008. To whistle or not to whistle? Geographic variation in the whistling behavior of small odontocetes. *Aquatic Mammals* 34: 288-302.
- Oliveira, D.A.G. e Ades, C.** 2004. Long-distance calls in Neotropical Primates. *Anais da academia Brasileira de Ciências*. **76**, 393-398.
- Pansard, K.C.A., Gurgel, H.C.B., Andrade, L.C.A. & Yamamoto, M.E.** 2011. Feeding ecology of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) on the coast of Rio Grande do Norte, Brazil. *Mar. Mamm. Sci.*, **27**, 673-687.

- Parks, S.E., Urazghildiiev, I. & Clark, C.W.** 2009. Variability in ambient noise levels and call parameters of North Atlantic right whales in three habitat areas. *J. Acoust. Soc. Am.*, **125**, 1230-1239.
- Paro, A. D.** 2010. Estimativa populacional e uso do hábitat do Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) no litoral sul do Rio Grande do Norte. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Pivari, D. & Rosso, S.** 2005. Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil. *J. Acoust. Soc. Am.*, **118**, 2725-2731.
- Rendell, L. E., Matthews, J. N., Gill, A., Gordon, J. C. D. & Macdonald, D.W.** 1999. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. *Journal of Zoology London*, **249**, 403–410.
- Richardson, W. J., Greene, Jr., C. R., Malme, C. I., & Thomson, D.H.** 1995. *Marine Mammals and Noise*. New York: Academic Press.
- 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*, **10**, 377-383.
- Rosas, F.C.W. & Monteiro-Filho, E.L.A.** 2008. Reprodução e Crescimento. In: *Biologia, ecologia e conservação do Boto-cinza* (Org. por E.L.A. Monteiro-Filho & K.D.K.A. Monteiro), pp. 51-65. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica.
- Rossi-Santos, M.R. & Podos, J.** 2006. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. *Behaviour*, **143**, 347-364.

**Rossi-Santos, M.R. & Monteiro-Filho, E.L.A.** 2008. Panorama atual dos estudos de bioacústica com o boto-cinza. In: *II workshop do nordeste: pesquisa e conservação de Sotalia guianensis*. (Org. por M.R. Rossi-Santos & M.S.S. Reis), pp. Editora da UESC, Florianópolis, Brasil.

**Santos, M. C. O., Rosso, S. Santos, R. A., Lucato, S. H. B. & Bassoi, M.** 2002. Insights on small cetacean feeding habits in southeastern Brazil. *Aquatic Mammals*, **28**, 38-45.

**Santos-Jr, E., Pansard, K.C., Yamamoto, M.E. & Chellappa, S.** 2006. Comportamento do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae) na presença de barcos de turismo na Praia de Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **23**, 661-666.

**Sauerland, M. & Dehnhardt, G.** 1998. Underwater audiogram of a Tucuxi (*Sotalia fuviatilis guianensis*). *J. Acoust. Soc. Am.*, **103**, 1199-1204.

**Scudelari, A. C., Braga, K. G., Costa, F. A. A & Santos Jr, O. F.** 2005. Estudos dos processos erosivos instalados na praia de Pipa-RN. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* **9**, 31-37.

**Silva, F. J. L., Câmara, M. H. F., Silva, I. M. F., Firmino, A. S. L., Alencar, V. L. S., Feitosa, I. C. S. and Rodrigues, D. L. C.** 2008. Uso de habitat pelo boto-cinza *Sotalia guianensis*: Sazonalidade de frequência e comportamento na praia de São Cristovão (Areia Branca – RN). In: *Boto-cinza Sotalia guianensis* (Org. por A. H. Jesus, P. I. A. P. Medeiros & F. J. L. Silva), p. 121. Editora UERN, Mossoró.

- Stafford, K. M., Fox, C. G. & Clark, D.** 1998. Long-range acoustic detection and localization of blue whale calls in the northeast Pacific Ocean. *J. Acoust. Soc. Am.*, **104**, 3616–3625.
- Steiner, W.W.** 1981. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western North Atlantic Dolphin species. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **9**, 241-246.
- Tosi, C.H. & Ferreira, R.G.** 2008. Behavior of estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphiidae), in controlled boat traffic situation at southern coast of Rio Grande do Norte, Brazil. *Biodivers. Conserv.*, **18**, 67-78.
- Urlick, R.J.** 1983. *Principles of underwater sound*. 3<sup>o</sup> ed. California: Peninsula Publishing.
- Valle A.L. & Melo F.C.C.** 2006. Alterações comportamentais do golfinho *Sotalia guianensis* (Gervais, 1953) provocadas por embarcações. *Biotemas*, **19**, 75–80.
- Vielliard, J.** 2004. A diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira. I Seminário Música Ciência Tecnologia: Acústica musical. USP, São Paulo.
- Wang, D. Wursig, B. & Evans, W.E.** 1995. Whistles of bottlenose dolphins: comparisons among populations. *Aqua. Mamm.*, **21**, 65–77.
- Wartzok, D. & Ketten, D.R.** 1999. Marine mammal sensory systems. In: *Biology of Marine Mammals*. (Org. por J. Reynolds & S. Rommel), p. 117-175. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Wenz, G.H.** 1962. Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, **4**, 1936-1956.

**Wyatt, T.D.** 2003. *Pheromones and animal behavior: Communication by smell and taste*. New York: Cambridge University Press.