



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM BIOLOGIA**

CLARA RESENDE PIRES

**Caracterização acústica dos assovios do
golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata* - Gray, 1864)
(Delphinidae: Cetacea), na Baía de Santos, Brasil, Oceano Atlântico Sul**

Cruz das Almas - Bahia, Brasil

2019

CLARA RESENDE PIRES

Caracterização acústica dos assovios do golfinho-pintado-Pantropical
(*Stenella attenuata* - Gray, 1864) (Delphinidae: Cetacea), na Bacia de Santos, Brasil,
Oceano Atlântico Sul

Trabalho de Conclusão apresentado
ao curso de Bacharelado em Biologia
da Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia – UFRB, como
requisito final para a obtenção do
Título de Bacharel em Biologia.

Orientador: Dr. Marcos R. Rossi-Santos

Cruz das Almas – Bahia

2019

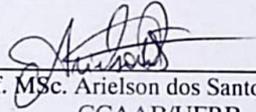
CLARA RESENDE PIRES

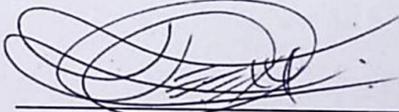
Caracterização acústica dos assovios do golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata* – Gray, 1864) (Delphinidae: Cetacea), no Oceano Atlântico Sul.

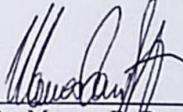
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências do Curso de Graduação de Bacharelado em Biologia, para obtenção do título de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos R. Rossi-Santos

APROVADO: 14 de fevereiro de 2019


Prof. MSc. Arielson dos Santos Protázio
CCAAB/UFRB


Dr. Leonardo Liberali Wedekin
Socioambiental Consultores Associados


Prof. Dr. Marcos R. Rossi-Santos
CCAAB/ UFRB
Orientador

Cruz das Almas – Bahia

2019

Eu dedico este trabalho aos maiores amores de minha vida: minha mãe, meu pai e meu irmão!

E à Natureza, fonte suntuosa de vida!

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, me apoiaram e me acompanharam nesta trajetória.

Ao meu orientador, Dr. Marcos Rossi-Santos, por me conceder a oportunidade de estudar e trabalhar em prol de seres magníficos como os cetáceos, e por experiências únicas em alto mar!

Aos meus maravilhosos e amados pais, que sempre fizeram o possível para me darem todo o apoio e suporte necessário para que eu prosseguisse com minha caminhada. A todo amor concedido!

Aos meus colegas de laboratório, pela família que nos tornamos e por sermos, além de amigos, “co-orientadores” e “psicólogos” um dos outros.

A todos os meus amigos que permitiram que minha vida ocorresse de forma mais divertida, leve e descontraída, pela ajuda em momentos difíceis e de “segurarmos a barra” juntos, pelos desabafos, pelas companhias em noites viradas, fosse estudando, fosse festejando... Enfim, por todos os momentos que, por mais simples que parecessem, foram memoráveis! E, em especial, pela força que Cristiane e Ruanna me deram nestes últimos tempos!

A empresa Socioambiental Consultores Associados Ltda., pela oportunidade de estágio no Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos.

E, finalmente, a todos os docentes que tive o prazer de conhecer e receber seus ensinamentos, por me mostrarem como a Biologia pode ser tão complexa e tão encantadora, como todos os seres tem seu importante papel na engrenagem da vida!

Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata*). Foto: Chris Morgan.....16
- Figura 2:** Mapa da distribuição mundial do golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata*).
Fonte: Jefferson et al., 2008.....16
- Figura 3:** Mapa da área de estudo - Bacia de Santos, Brasil. Fonte: Petrobras, 2015.....19
- Figura 4:** Vista geral da embarcação *Sea Route*, utilizada para coleta de dados embarcados nos dois primeiros anos do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS). Fonte: Petrobras, 2018.....19
- Figura 5:** Observadores em esforço na torre de observação da embarcação *Sea Route* durante Campanha de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. Fonte: Petrobras, 2018.....20
- Figura 6:** Cabo de reboque, com destaque para o hidrofone. Fonte: Petrobras, 2016.....21
- Figura 7:** Operadores na Estação de Monitoramento Acústico Passivo (MAP), localizada na ponte de comando da embarcação *Sea Route*, durante a Campanha de MAP. Fonte: Petrobras, 2017.....21
- Figura 8:** Visualização de um assovio gerado em um espectrograma, servindo como imagem ilustrativa para 9 dos 10 parâmetros acústicos extraídos de cada assovio analisado, onde cada parâmetro é representado por números: 1 – Amplitude de frequência (kHz); 2 – Frequência inicial (kHz); 3 - Frequência mínima (kHz); 4 – Degrau; 5 – Harmônico; 6 – Ponto de inflexão; 7 - Frequência máxima (kHz); 8 – Frequência final e 9 – Tempo de duração (s). O parâmetro de número 10 é a inclinação inicial/final do assovio (positiva ou negativa)26
- Figura 9:** Mapa com a distribuição das detecções (grupos) de *Stenella attenuata*, na Bacia de Santos (região sudeste), durante o monitoramento acústico passivo (MAP), realizado pelo PMC-BS. Dos 11 grupos registrados para a espécie, apenas 5 deles foi possível de se extrair assovios de boa qualidade e com RSR alta, possibilitando suas respectivas análises. É possível notar que os grupos ocorreram, em sua maioria, na região do talude continental brasileiro.....28
- Figura 10:** Exemplos de espectrogramas apresentando a caracterização visual do padrão de modulação da frequência fundamental, representativo de uma das cinco categorias encontradas para os assovios (n=83) de *Stenella attenuata* observados na Bacia de Santos. A, B, C e D: múltiplo; E: ascendente. Eixo x = tempo (s), eixo y = frequência (kHz).....31
- Figura 11:** Exemplos de espectrogramas apresentando a caracterização visual do padrão de modulação da frequência fundamental, representativo de duas das cinco categorias encontradas para os assovios (n=83) de *Stenella attenuata* observados na Bacia de Santos. A e B: ascendente; C, D e E: ascendente-descendente (ou cônvexo). Eixo x = tempo (s), eixo y = frequência (kHz).....32

Figura 12: Exemplos de espectrogramas apresentando a caracterização visual do padrão de modulação da frequência fundamental, representativo de duas das cinco categorias encontradas para os assovios (n=83) de *Stenella attenuata* observados na Bacia de Santos. A: descendente-ascendente (ou côncavo); B: descendente. Eixo x = tempo (s), eixo y = frequência (kHz).....33

Figura 13: Mapa de interferência humana nos oceanos do mundo, com cores representando os diferentes níveis, que variam de muito baixo (azul) a muito alto (vermelho). A – Níveis de interferência em todos os oceanos; B – Destaque dos níveis de interferência em uma determinada região do Oceano Pacífico e C – Destaque dos níveis de interferência para o Oceano Atlântico (costa brasileira). Imagens: Halpern et al., 2008.....42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Valores para mínima, máxima, média, desvio-padrão e coeficientes de variação para os resultados de 8 parâmetros extraídos de 83 assovios de *Stenella attenuata*. Os assovios apresentaram larga amplitude de frequências, com mínima de 4.2kHz e máxima de 31kHz. A frequência final foi, em média, maior que a frequência inicial. Foi possível detectar que os parâmetros referentes à modulação do sinal (nº de degraus e nº de PI) e a duração foram os que apresentaram maiores coeficientes de variação, dentro da mesma população.....29
- Tabela 2:** Valores de média, desvio-padrão e amplitude (mín – máx), para os resultados de 8 parâmetros extraídos de assovios de *Stenella attenuata* deste presente estudo (único que reportou valores mín e máx) e os encontrados durante a revisão bibliográfica. Os parâmetros apresentaram similaridade entre os estudos, com exceção para a duração, a qual apresentou os valores mais altos, para o presente estudo.....38

[Artigo a ser submetido à publicação no periódico *The Journal of the Acoustical of America*]

RESUMO

PIRES, C. R. Bacharel em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, fevereiro de 2019. Caracterização acústica dos assovios do golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata* – Gray, 1864) (Delphinidae: Cetacea), na Bacia de Santos, Brasil, Oceano Atlântico Sul.

Orientador: Marcos Roberto Rossi-Santos.

O golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata*) é uma espécie de delfínídeo oceânico pouco conhecida, em termos de repertório acústico. O presente estudo teve como objetivo aprofundar o conhecimento sobre os assovios produzidos pela espécie na região da Bacia de Santos, Brasil (população Atlântico Sul). Os dados foram provenientes do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS), coletados a partir de um arranjo de hidrofones APC 42-1021 (taxa de amostragem: 192kHz) rebocado por uma embarcação, associado à confirmação visual da espécie. Foram identificados 83 assovios, em uma hora e dezessete minutos de esforço de gravação, dos quais foram extraídos 10 parâmetros acústicos: frequências mínima, máxima, inicial e final (kHz), amplitude de frequência (kHz), duração (s), nº de pontos de inflexão, nº de degraus, presença/ausência de harmônicos, inclinação inicial/final. Também foram analisados os contornos visuais dos sinais, divididos em 6 categorias: ascendente, descendente, múltiplo, ascendente-descendente, descendente-ascendente e constante. A duração dos assovios apresentou valores entre 0,098s e 1,650s (média $1,3s \pm 1,43$), a frequência inicial variou entre 4,67kHz e 22kHz (média $10kHz \pm 3,52$), frequência final de 5,72kHz a 30kHz (média $15kHz \pm 5,9$). Já a frequência mínima apresentou valores entre 4,22kHz e 12,63kHz (média $8kHz \pm 1,5$), e a frequência máxima de 11,12kHz a 31kHz (média $19,7kHz \pm 3,5$). A amplitude de frequência apresentou valores mínimo e máximo de 14,31kHz e 22,71kHz, respectivamente (média de $11,65kHz \pm 3,4$). O nº de pontos de inflexão variou entre 0 e 4 (média $1,48 \pm 1,18$), nº de degraus de 0 a 15 (média $2,3 \pm 2,3$) e cerca de 37% dos assovios apresentaram harmônico (1 por sinal). Dos assovios, 82% possuíam inclinação inicial positiva e 64% apresentaram inclinação final positiva, com 38,5% classificados como múltiplos, sendo a categoria de contorno predominante na população. Na comparação dos resultados do presente estudo (Atlântico Sul) com trabalhos realizados em outros locais (Pacífico Norte/Sul), os dados apresentaram pouca variação. A exceção foi a duração, a qual foi maior no presente estudo (média de $1,3s \pm 1,43$) quando comparado aos estudos da espécie no Pacífico (média entre 053s – 09s). Este é um trabalho pioneiro para a costa brasileira, logo se demonstra a viabilidade de um estudo sistemático mais abrangente na região para maior aprofundamento do conhecimento dos assovios da espécie.

Palavras-chave: *Stenella attenuata*; assovio; caracterização acústica; bioacústica

[Artigo a ser submetido à publicação no periódico *The Journal of the Acoustical of America*]

ABSTRACT

PIRES, C. R. Biologist's Bachelor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, february of 2019. Acoustic characterization of the Pantropical spotted dolphin's (*Stenella attenuata* – Gray, 1864) (Delphinidae: Cetacea) whistles of Bacia de Santos, Brazil, Atlantic South Ocean. Advisor: Marcos Roberto Rossi-Santos.

The Pantropical spotted dolphin (*Stenella attenuata*) is a species oceanic delfin little known in terms of acoustic repertoire. The present study had as objective to enhance the knowledge about the whistles produced by the species in the region of the Bacia de Santos, Brazil (South Atlantic population). The data came from the Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS), collected from a hydrophone arrangement APC 42-1021 (sampling rate: 192kHz) towed by a vessel, associated to the visual confirmation of the species. 83 whistles were identified in one hour and seventeen minutes of recording effort, of which 10 acoustic parameters were extracted: minimum, maximum, beginning and ending frequencies (kHz), frequency range (kHz), duration (s), number of inflection points, number of steps, presence/absence of harmonics, initial/final slope. The visual contours of the signals also were analyzed, divided into 6 categories: ascending, descending, multi, ascending-descending, descending-ascending and constant. The duration of the whistles ranged from 0.098 to 1.650s (mean $1.3s \pm 1.43$), the beginning frequency ranged from 4.67kHz to 22kHz (mean $10kHz \pm 3.52$), ending frequency from 5.72kHz to 30kHz (mean $15kHz \pm 5.9$). The minimum frequency presented values between 4.22kHz and 12.63kHz (mean $8kHz \pm 1.5$), and the maximum frequency from 11.12kHz to 31kHz (mean $19.7kHz \pm 3.5$). The frequency range presented minimum and maximum values of 14.31kHz and 22.71kHz, respectively (mean of $11.65kHz \pm 3.4$). The number of inflection points ranged from 0 to 4 (mean 1.48 ± 1.18), number of steps from 0 to 15 (mean 2.3 ± 2.3) and about 37% of the whistles presented harmonic (1 by signal). Of the whistles, 82% had a positive initial slope and 64% presented a positive final slope, with 38.5% classified as multi, being the dominant contour category in the population. In the comparison of the results of the present study (South Atlantic) with studies done in other locations (North/South Pacific), the data presented little variation. The exception was duration, which was higher in the present study (mean of $1.3s \pm 1.43$) when compared to the specie's study in the Pacific (mean between 053s - 09s). This is a pioneering study for the Brazilian coast, thus demonstrating the viability of a more comprehensive systematic study in the region to further enhance the knowledge of the specie's whistle.

Key-words: *Stenella attenuata*; whistle; acoustic characterization; bioacoustics

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	12
II. METODOLOGIA	17
A. ÁREA DE ESTUDO	18
B. COLETA DE DADOS EM CAMPO	18
C. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE DADOS	22
D. SONOTECA	23
E. ANÁLISES ACÚSTICAS	24
F. ANÁLISES DOS CONTORNOS	26
III. RESULTADOS	26
IV. DISCUSSÃO	32
V. CONCLUSÕES	41
VI. REFERÊNCIAS	42

I. INTRODUÇÃO

A comunicação animal ocorre entre animais na defesa de territórios e recursos, na busca por alimento e parceiros, fuga de predadores, identificação social, exigindo tipos especializados de respostas dirigidas a outros indivíduos por meio de “sinais” (Barnard, 2004; Tomecek, 2009), onde um indivíduo, no caso o emissor, envia informações para outro indivíduo, o receptor, por meio destes sinais (Searcy e Nowicki, 2005), sendo que o sucesso na reprodução das espécies representa a principal força motriz na comunicação animal (Tomecek, 2009).

Uma ação, no caso, a transmissão de sinais, é entendida como um benefício quando a mesma aumenta o “fitness” do indivíduo no sentido da representação dos seus genes para as gerações subsequentes (Searcy e Nowicki, 2005). A comunicação ocorre por diversos canais sensoriais, como visual, químico, acústico e tátil, sendo o uso da comunicação acústica um dos mais comuns no reino animal, devido a eficiência de sua transmissão (Tomecek, 2009).

No campo do estudo do comportamento animal, a bioacústica utiliza-se do som para descrições precisas dos sinais de comunicação, as quais formam a base para avaliação dos repertórios sonoros de diferentes indivíduos e de espécies, e por relacionar a variabilidade na estrutura do sinal à variação em outros atributos fenotípicos do sinalizador (Hopp et al., 1998), para análises filogenéticas, sendo as características acústicas utilizadas para gerar hipóteses sobre a história evolutiva da estrutura do sinal dentro de um grupo animal (Irwin, 1988; Cocroft e Ryan, 1995), e também para correlações entre as diferentes estruturas do som com os contextos sociais e ecológicos envolvidos na sua produção (Hopp et al., 1998).

Nos oceanos, principalmente em áreas costeiras e regiões estuarinas, o uso da visão é limitado, porém devido as propriedades físicas da água, este tipo de ambiente apresenta características que favorecem a propagação do som, tornando este um dos principais sentidos para a sobrevivência de muitos mamíferos aquáticos (Tyack, 2000). Sob condições de

propagação favoráveis, sons subaquáticos podem ser gerados e escutados até milhares de quilômetros (km) a partir do ponto de origem (Todd et al., 2015).

Muitos mamíferos aquáticos possuem o som como principal sentido, como os cetáceos (baleias, botos e golfinhos) que utilizam diferentes frequências de sons para explorar o ambiente, seja para forrageio e navegação, detecção de ameaças/obstáculos, reprodução e para comunicação, com uma variedade de atividades dentro de um grupo social, como ações coesivas, advertências e cuidado parental, apresentando alta plasticidade vocal (Tyack, 2000). Os cetáceos apresentam ampla distribuição pelos ambientes aquáticos, porém são pouco estudados devido à dificuldade de coleta de dados em campo (Tyack, 2000).

Os animais da Ordem Cetacea exercem funções vitais para o equilíbrio do ambiente em que vivem, controlando a estrutura e a dinâmica populacional do ecossistema, atuando tanto como espécies reguladoras quanto fornecedoras de *nutrientes* para diversos ciclos biológicos e são predadores de topo de cadeia, sendo apontados como bioindicadores da saúde de ambientes aquáticos, vulneráveis aos efeitos de contaminantes e a mudanças ambientais (Katona e Whitehead, 1988; Lodi e Borobia, 2013).

Dentre os cetáceos, a Sub-ordem Odontoceti é constituída por animais altamente sociais e gregários, que formam grupos de fissão-fusão ou estáveis, necessitando assim investir em sinais para comunicação a curtas distâncias (Sayigh, 2014). Os golfinhos (Sub-ordem Odontoceti; Família Delphinidae) apresentam um repertório sonoro diversificado, com complexidade acústico-comportamental através da variada produção sonora frente a diversos contextos (Herzing, 2000).

A detecção dos sons dos cetáceos pode ser aplicada em monitoramentos acústicos para pesquisas de mitigação em áreas sob interferência humana (Petrobras, 2018; Weir e Dolman, 2007), em estudos comportamentais (Hernandez et al., 2010; López, 2011; Petrella et al., 2012) na caracterização e comparação entre diferentes grupos e populações (Rendell et al., 1999;

Bazúa-Durán e Au, 2004; May-Collado e Wartzok, 2009), além da detecção automática, identificação acústica e reconhecimento de espécies (Steiner, 1981; Oswald et al., 2003; Gillespie et al., 2013), auxiliando para propósitos de estimativa de abundância, ocorrência e distribuição (Gordon et al., 2000; Mellinger et al., 2007; Van Parijs et al., 2009; Gerrodette et al., 2011; Gruden et al., 2015), logo contribuindo para o estudo visando a conservação das espécies marinhas.

Dentre os sinais acústicos emitidos pelos delfínídeos, são conhecidos 2 tipos: sons pulsados, como os cliques pulsados de ecolocalização e os sons pulsados explosivos (gritos) e os sons tonais, sendo este último representado pelos assovios, que são relacionados a comunicação, como em comportamentos de coesão social, organização de grupo e identificação individual, sendo sinais sociais (Janik, 2000; Herzing, 2000) e cuja produção e emissão é suscetível às condições do meio ambiente (Au e Hastings, 2008). As estruturas sociais também apresentam forte influência sobre as formas de comunicação acústica e sua variabilidade, sendo que animais mais sociais apresentam maior diversidade vocal (Henry et al., 2015).

A caracterização dos parâmetros acústicos dos assovios, além de ser útil para diferenciar grupos à nível de espécie (Steiner, 1981; Rendell et al., 1999), também é utilizado para identificação de diferenças intraespecíficas devido a influência de variações geográficas nos sinais (Azevedo e Van Sluys, 2005; Rossi-Santos e Podos, 2006; May-Collado e Wartzok, 2008), em comparações para detectar do uso de dialetos por grupos específicos de indivíduos, geralmente em espécies que apresentam grupos sociais mais estáveis, como é registrado para *Orcinus orca* (Ford, 1991; Yurk et al., 2002), e em comparações individuais dentro de um mesmo grupo, para detectar a presença de assovios assinatura, estudado principalmente na espécie *Tursiops truncatus* (Watwood et al., 2004; Nakahara e Miyazaki, 2011; Janik e Sayigh, 2013; King et al., 2013).

Os assovios possuem um papel importante para as interações sociais dos delfinídeos, cuja transmissão deve ser feita de maneira eficiente e a adaptação destes sons frente às diferentes condições ambientais torna-se essencial (Janik, 2009; Araújo, 2015), portanto os sinais devem ser os mais eficientes no ambiente em que o emissor e receptor vivem (Barnard, 2004). Assim, os animais podem vir a modificar o uso da comunicação e das estruturas do som emitido para maximizar a sua propagação no meio, evitando a perda de algum elemento ou mesmo todo o sinal, pois qualquer possibilidade de perda na vocalização poderá afetar a mensagem transmitida (May-Collado e Wartzok, 2008; Ey e Fischer, 2009; Amorim et al., 2016).

Regiões marinhas sob forte interferência antropogênica podem se tornar ambientes ruidosos para os golfinhos, causando impactos sob os mesmos, tanto físicos, como dano/perda auditiva, ou comportamentais, como afugentamento do seu habitat e alteração na produção e emissão dos sinais acústicos (Richardson et al., 1995).

Dentre os delfinídeos, o golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata*, Gray, 1864) consta na categoria “Pouco Preocupante” pela *The IUCN Red List of Threatened Species* (Hammond et al., 2012), sendo importante os estudos concentrados em lacunas do conhecimento da biologia da espécie, para a aquisição de informações indispensáveis para a conservação da mesma e de seu habitat.

O golfinho-pintado-Pantropical (Figura 1) ocorre em zonas tropicais, subtropicais e temperadas quentes de todos os oceanos, aproximadamente entre 30-40°N e 20-40°S (Jefferson et al., 2008) (Figura 2) com densidades populacionais máximas registradas em áreas de baixas latitudes (Hammond et al., 2012). Apesar de apresentar uma das distribuições mais amplas dentre os delfinídeos (*T. truncatus* possui a maior distribuição), há poucos estudos sobre a espécie, e em sua distribuição no oceano Atlântico Sul não há estudos sobre a sua bioacústica, sendo os estudos concentrados no Oceano Pacífico Oriental (Perrin, 2009).

Uma das principais ameaças à biologia da espécie é a mortalidade ocasionada pela pesca do atum, devido a associação do delfínídeo com o atum Albacora (*Thunnus albacares*), ocorrendo o emaranhamento nas redes de pesca, principalmente no Oceano Pacífico Oriental (Carretta et al., 2009), local onde a espécie é identificada como o golfinho mais comum, sendo reconhecida duas subespécies, *S. attenuata attenuata*, registrado como a forma oceânica, e *S. attenuata graffmani*, registrado como a forma costeira (Perrin, 1975) (Figura 2).

A ocorrência do golfinho-pintado-Pantropical está relacionada a variáveis ambientais como águas oceânicas profundas e temperaturas mais elevadas (Do Amaral et al., 2015). Na costa brasileira, é comumente reportado para a região Nordeste, apesar de também ser observado para a região Sudeste (Lodi e Borobia, 2013), na qual se situa a região marinha Bacia de Santos, área de coleta de dados do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS).

Assim, o presente estudo teve por objetivo caracterizar os parâmetros espectrais e temporais, assim como o contorno visual dos assovios de *S. attenuata*, na região da Bacia de Santos, Brasil (população do Oceano Atlântico Sul).



Figura 1: Golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata*). Foto: Chris Morgan.

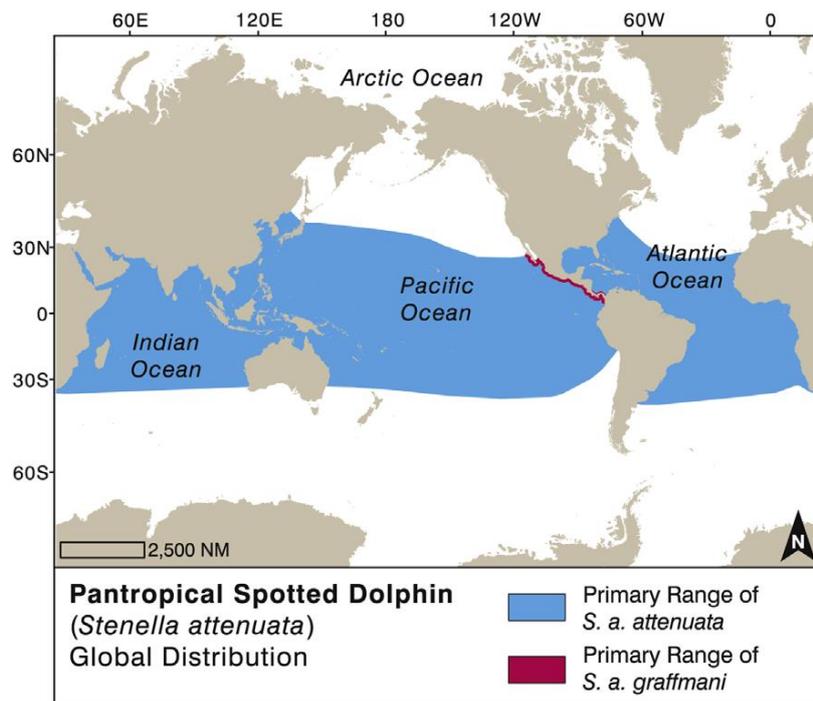


Figura 2: Mapa da distribuição mundial do golfinho-pintado-Pantropical (*Stenella attenuata*). Fonte: Jefferson et al., 2008.

II. METODOLOGIA

O PMC-BS é um projeto que trata sobre aspectos do estudo acústico-ecológico de mamíferos marinhos em ambientes sob forte pressão humana (como produção e extração de petróleo/gás), tendo como objetivo estabelecer bases metodológicas e de dados para o monitoramento de cetáceos em longo prazo na região marinha compreendida pela Bacia de Santos e, assim, avaliar potenciais impactos destas atividades sobre os cetáceos, empregando o uso de tecnologias inéditas no Brasil (Rossi-Santos, 2015a).

Para a realização deste programa inicial de 3 anos é empregada uma abordagem metodológica ampla, com múltiplas técnicas de pesquisa, fazendo uso de alta tecnologia, como telemetria, coleta de biópsias, avistagem aérea, avistagem embarcada e monitoramento acústico passivo (MAP) (Rossi-Santos, 2015a), sendo os dados do MAP os quais foram utilizados para o presente estudo.

A. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Bacia de Santos (BS), situada na região Sudeste da margem continental brasileira, entre os paralelos 23° e 28° Sul, ocupando cerca de 350.000 km². A BS inclui os litorais dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Figura 3), limitando-se ao Norte com a Bacia de Campos pelo Alto de Cabo Frio, e ao Sul com a Bacia de Pelotas pela Plataforma de Florianópolis (Moreira et al., 2007). É uma área de atuação da Petrobrás, com produção e extração de petróleo/gás, se caracterizando como um ambiente sob intensa interferência antropogênica.

B. COLETA DE DADOS EM CAMPO

O monitoramento acústico passivo foi executado durante cruzeiros em embarcação do tipo mini *supply*, de 23,7 m de comprimento e 6 m de boca, com casco composto por placas de ferro (Figura 4), simultaneamente associado à confirmação visual da espécie por operadores da Campanha de Avistagem, a partir de uma torre de observação (Figura 5), sendo estas atividades realizadas enquanto houvesse presença de iluminação natural e boas condições climáticas. Os dados acústicos foram obtidos através de um sistema de processamento ligado a um cabo de reboque com 2 pares de hidrofones (Figura 6). Em águas profundas, foi lançado 400 m do cabo de reboque, o qual permanecia a 25-30 m de profundidade. Quando atinge águas rasas (entre 40 e 20 m) apenas 150 m do cabo de reboque foi lançado, ficando o arranjo de hidrofones a profundidade média de 10-15 m. Quando a profundidade atinge menos de 20m, o cabo foi recolhido.

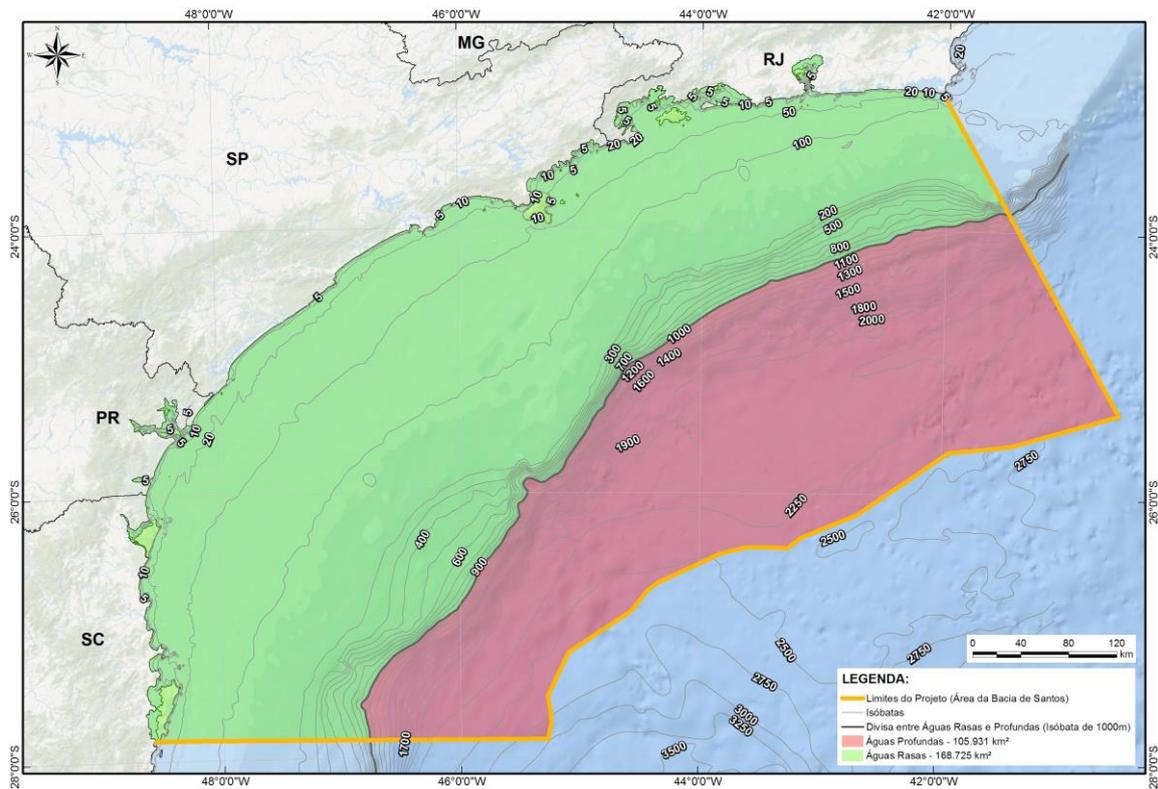


Figura 3: Mapa da área de estudo - Baía de Santos, Brasil. Fonte: Petrobras, 2015.



Figura 4: Vista geral da embarcação *Sea Route*, utilizada para coleta de dados embarcados nos três primeiros anos do Projeto Monitoramento de Cetáceos da Baía de Santos (PMC-BS). Fonte: Petrobras, 2018.

Dos 4 hidrofones utilizados, um par capta e processa frequências baixas a médias, possuindo taxa de amostragem de 192 kHz, e o outro par capta e processa frequências altas e ultrassônicas, possuindo taxa de amostragem de 500 kHz. Para o presente estudo, foram utilizados apenas os dados coletados pelo par de hidrofones com processamento para baixas a médias frequências (modelo APC 42-1021), com resposta de frequência de 96 kHz.

Os hidrofones foram conectados a um sistema de processamento que compõem a Estação de MAP, localizada na ponte de comando da embarcação (Figura 7), na qual uma equipe de dois operadores se revezou no monitoramento de três telas de computador, para a plotagem da fonte sonora e determinação da distância dos animais em relação à embarcação, utilizando os *softwares* PamGuard® e Ishmael®/WhaleTrack®, além do áudio que grava os sons do ambiente marinho ao redor, em tempo real.



Figura 5: Observadores em esforço na torre de observação da embarcação *Sea Route* durante Campanha de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. Fonte: Petrobras, 2018.



Figura 6: Cabo de reboque, com destaque para o hidrofone. Fonte: Petrobras, 2016.

Informações sobre o registro acústico foram preenchidas em uma planilha de detecção contendo diversas informações: nome do operador, hora inicial e final, posição geográfica inicial e final, profundidade inicial e final, condições ambientais (direção e intensidade do vento, tamanho das ondas, precipitação e o estado do mar na Escala Beaufort), velocidade e direção do navio, tipo de sinal acústico e o nível taxonômico mais próximo que o operador pode identificar com base nas características dos sinais acústicos.



Figura 7: Operadores na Estação de Monitoramento Acústico Passivo (MAP), localizada na ponte de comando da embarcação *Sea Route*, durante a Campanha de MAP. Fonte: Petrobras, 2017.

C. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE DADOS

Ao final de cada campanha embarcada, os dados foram armazenados em HDs portáteis e enviados para o Laboratório de Ecologia Acústica e Comportamento Animal (LEAC) da UFRB, onde são realizadas as seguintes etapas do processamento de dados:

1. *VALIDAÇÃO*: Consiste na conferência dos dados coletados, buscando confirmar a existência de sinais de cetáceos nos arquivos de áudio que correspondem aos registros de detecções acústicas feitas em campo. Esta validação foi realizada utilizando fone de ouvido para monitoramento aural e um *software* para gerar e visualizar os espectrogramas. Na validação confirmou-se o horário inicial e final da detecção, os tipos de sinais presentes, a identificação do táxon correspondente aos sinais detectados e a classificação da detecção, conforme descrito na etapa 2. Também foi verificado se houve avistagem de cetáceos registrada pelos observadores durante a detecção acústica, e em casos positivos, confirmou-se o grupo taxonômico identificado pela avistagem.

2. *CLASSIFICAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA*: Classifica as detecções de acordo com a quantidade e qualidade dos sinais de cetáceos registrados. Para os assobios, foi adotada uma escala, descrita no manual do programa WHALTRAK2.6®, composto pela taxa de ocorrência (quantidade de sinais) e a força do sinal. Esta escala é um indicativo da qualidade da detecção para aplicação das metodologias propostas para análise de dados.

3. *TRIAGEM*: É a organização e seleção dos dados e arquivos associados que confirmam as detecções acústicas de cetáceos registradas em campo. Os dados foram organizados em pastas: a pasta dos dados de MAP conteve as pastas de cada campanha de Avistagem e MAP (ex: PMC_BS_1, PMC_BS_2, PMC_BS_3, etc.).

Dentro destas pastas estão as pastas referentes a cada dia das respectivas campanhas (nomeadas pela data, ex: 20160513, 20160514, 20160515, etc.). Por fim, as detecções acústicas

ficaram dentro das pastas das respectivas datas que foram registradas, nomeadas de acordo com o código da detecção (ex: A1, A2, A3, etc.). Na pasta das detecções foram armazenados os arquivos de áudio (WAVE) que contém a detecção (conforme verificado na etapa de validação). Outros arquivos incluem as cópias de tela (imagem do espectrograma) feitas durante a detecção.

Após a etapa da triagem, os dados acústicos serão abertos no programa Raven Pro 1.5 (Cornell Laboratory of Ornithology, Cornell University, Ithaca, New York) sendo apresentados através de espectrogramas (gráfico visual do som, com eixo x em tempo e eixo y em frequência), assim para terem os parâmetros de frequência (Hertz) e duração (segundos) medidos em cada um dos sons biológicos de boa qualidade (contornos bem definidos). Desta forma, características acústicas (parâmetros) do sinal de interesse podem ser obtidas para a caracterização e descrição dos assovios da espécie.

D. SONOTECA

Os dados dos registros acústicos do golfinho-pintado-Pantropical foram armazenados em uma base de arquivo de sons (“Sonoteca”). Cada detecção tem um código e número para identificação (MAP_Número da Detecção) na sonoteca. As detecções estão associadas a diversos metadados coletados durante o registro. Os diferentes campos de preenchimento da planilha de catalogação dos arquivos sonoros poderão ser filtrados e selecionados para consulta e análise dos dados.

A criação, manutenção e alimentação contínua da sonoteca permitirá aprofundar os conhecimentos das características das vocalizações de *S. attenuata*. Estas informações permitirão customizar os classificadores a serem utilizados durante as transecções para a detecção através do MAP.

E. ANÁLISES ACÚSTICAS

No caso do presente estudo, o sinal biológico a ser estudado é o assovio, caracterizado como de banda estreita com características harmônicas, de frequência modular, sendo um som tonal com frequência fundamental que tipicamente varia de 2 a 30 kHz e com curta duração (Herzing, 2000; Lammers et al., 2003).

Após as campanhas embarcadas e posterior triagem dos dados, ao nível taxonômico escolhido, os arquivos de áudio não compactado - formato 16-bit e com extensão .wav - foram abertos no programa Raven Pro 1.5 (Cornell Laboratory of Ornithology, Cornell University, Ithaca, New York), usando configuração de janela Default 1.3 Power, Fast Fourier Transform (FFT) de 1024 pontos, com tamanho de janela de 60 segundos e em apenas 1 canal. Os parâmetros, de cada assovio, foram extraídos manualmente, por meio dos espectrogramas gerados para cada dado acústico, através do Raven Pro 1.5.

Todos os valores para frequência foram medidos em escala de Hertz e, para tempo, em escala de segundos. Apenas assovios com contorno definidos foram selecionados, com a relação sinal-ruído (RSR) devendo ser suficientemente alta para que o sinal de interesse se sobressaia ao ruído da paisagem acústica, com as escalas de tempo e frequência inequivocamente discernidas do ruído de fundo. E nos casos em que houve sobreposição de assovios, e que foi possível detectar, sem ambiguidade, o início e final de cada sinal de interesse.

Após a seleção dos assovios, foram extraídos 10 tipos de parâmetros (de cada sinal) (Figura 8), de fácil mensuração e que são comumente utilizados pelos estudos de caracterização de sons tonais (assovios), os quais foram escolhidos por serem consistentes com os estudos prévios sobre *S. attenuata* e demais espécies de delfinídeos, sendo citados e descritos abaixo.

Amplitude de frequência, que é a diferença entre a frequência máxima e mínima, equivalendo à variação de frequência (eixo y) que o evento atingiu, ao longo de sua duração no tempo. Frequência inicial e frequência final, que é o valor de frequência (eixo y) com o qual o assovio se inicia e finaliza, respectivamente. Frequência mínima, a qual equivale ao menor valor de frequência (eixo y) atingido pelo evento (assovio). Frequência máxima equivale ao maior valor de frequência (eixo y) atingido pelo evento.

Duração é o tempo que o evento atinge (ao longo do eixo x). Número de pontos de inflexão corresponde a mudança de inclinação do evento de positivo-negativo ou negativo-positivo, ao longo de sua duração. Número de degraus corresponde a uma abrupta mudança (“pulo”) de frequência (eixo y) do evento. Harmônico é um componente integral da onda sonora (do sinal acústico) com frequência múltipla da frequência fundamental. Inclinação inicial e final corresponde ao ângulo de modulação (positivo ou negativo) com o qual o assovio se inicia e finaliza, respectivamente.

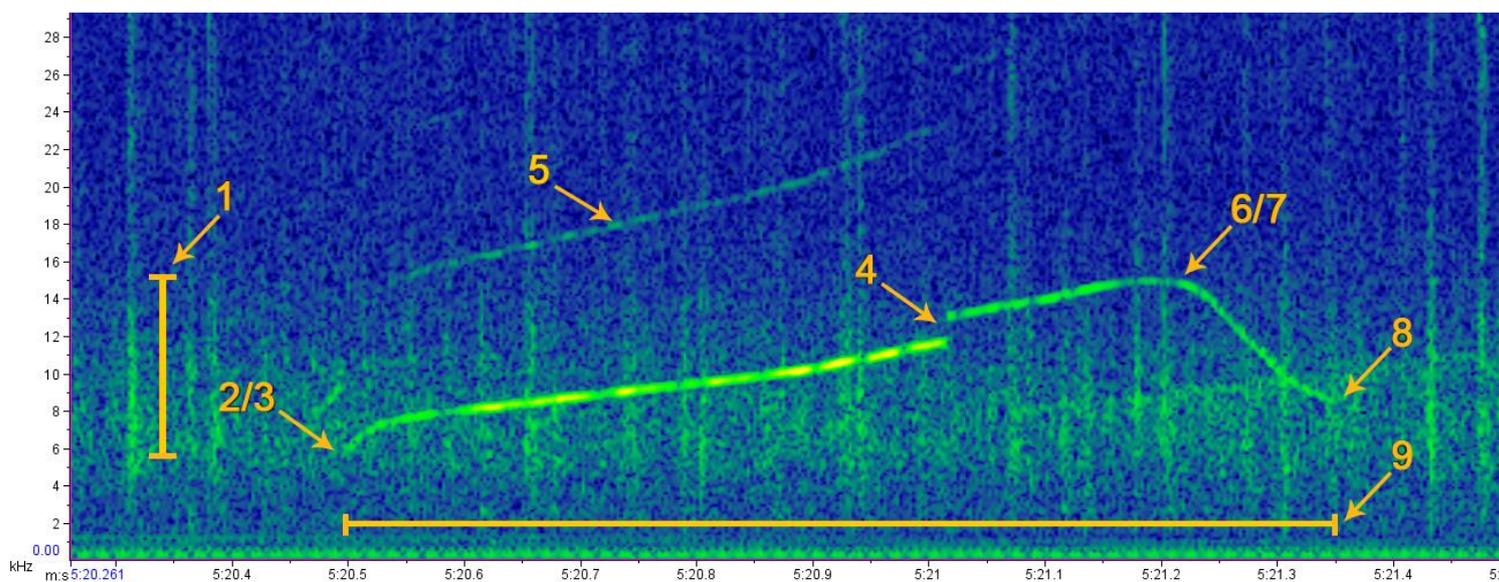


Figura 8: Visualização de um assovio gerado em um espectrograma, servindo como imagem ilustrativa para 9 dos 10 parâmetros acústicos extraídos de cada assovio analisado, onde cada parâmetro é representado por números: 1 – Amplitude de frequência (kHz); 2 – Frequência inicial (kHz); 3 - Frequência mínima (kHz); 4 – Degrau; 5 – Harmônico; 6 – Ponto de inflexão; 7 - Frequência máxima (kHz); 8 – Frequência final e 9 – Tempo de duração (s). O parâmetro de número 10 é a inclinação inicial/final do assovio (positiva ou negativa).

F. ANÁLISES DOS CONTORNOS

Além da extração de parâmetros de frequências e de duração, alguns autores também têm estudado o comportamento acústico dos assovios por meio do uso de classificações e categorias de contorno destes sinais (Bazúa-Dúran e Au, 2002; Cook et al., 2004), sendo útil em permitir uma visão geral do repertório sonoro e para estudos comparativos, apesar da limitação imposta pela natureza gradual dos assovios dos golfinhos (Bazúa-Dúran, 2001).

Assim, os assovios foram identificados e classificados em categorias amplas de acordo com os padrões de contorno da sua frequência fundamental, seguindo a metodologia adaptada por Azevedo et al. (2010): ascendentes (assovios ascendendo em frequência e sem ponto de inflexão), descendentes (assovios descendo em frequência e sem ponto de inflexão), ascendentes – descendentes ou convexo (ascendência inicial, 1 ponto de inflexão, e descendência em frequência), descendente – ascendente ou côncavo (descendência inicial, 1 ponto de inflexão, e ascendência em frequência), constante (assovios com variação de, no máximo, 1 kHz durante mais de 90% de duração), e múltiplo (com mais de 1 ponto de inflexão).

III. RESULTADOS

Totalizou-se 272 dias de amostragem, divididas em 7 campanhas embarcadas, 1 a cada semestre, sendo 2 campanhas por ano. Durante os esforços de gravação, dentre os cetáceos reconhecidos em nível de espécie, *S. attenuata* foi avistado poucas vezes, com apenas 11 grupos registrados, com a predominância de ocorrência na região do talude continental. Após todos os processos de validação, classificação quali-quantitativa e triagem totalizou-se 1 hora e 17 minutos de esforço de gravação, sendo detectados 83 assovios (de boa qualidade e com boa RSR), de 5 grupos (Figura 9). Todos os valores referentes são mostrados na Tabela I.

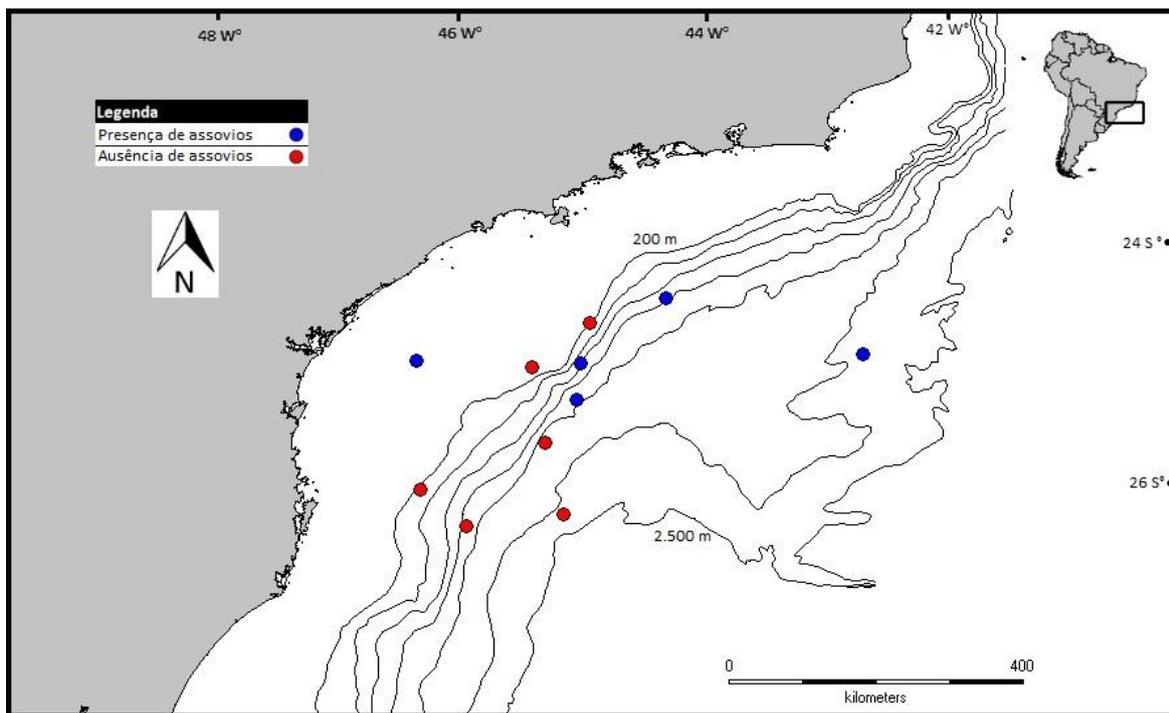


Figura 9: Mapa com a distribuição das detecções (grupos) de *Stenella attenuata*, na Bacia de Santos (região sudeste), durante o monitoramento acústico passivo (MAP), realizado pelo PMC-BS. Dos 11 grupos registrados para a espécie, apenas 5 deles foi possível de se extrair assovios de boa qualidade e com RSR alta, possibilitando suas respectivas análises. É possível notar que os grupos ocorreram, em sua maioria, na região do talude continental brasileiro.

Analisando o conjunto total de assovios verificou-se que a frequência mínima variou de 4,2 a 12,6 kHz. A frequência máxima apresentou variação entre 11,1 e 31 kHz. A frequência inicial apresentou valores extremos mínimos e máximos iguais a 4,7 e 22 kHz, e a frequência final de 5,7 e 30 kHz. A amplitude máxima de frequência observada dentro de um mesmo assovio foi de 22,7 kHz e a amplitude mínima foi de 1,4 kHz. A duração apresentou valores que se encontravam dentro da faixa temporal de 1,3s, com extremos de 0,098 a 1,650s. O número de degraus variou do mínimo de 0 (zero) ao máximo de 15 degraus, enquanto que número de pontos de inflexão apresentou variação entre 0 (zero) a 4 pontos.

TABELA I: Estatísticas descritivas (mínima, máxima, média, desvio-padrão e coeficientes de variação) para os resultados de 8 parâmetros extraídos de 83 assovios de *Stenella attenuata*. Os assovios apresentaram ampla amplitude de frequências, com mínima de 4,2 kHz e máxima de 31 kHz. A frequência final foi, em média, maior que a frequência inicial. Foi possível detectar que os parâmetros referentes à modulação do sinal (nº de degraus e nº de PI) e a duração foram os que apresentaram maiores coeficientes de variação, dentro da mesma população.

Estatísticas descritivas / Parâmetros acústicos	Mínima	Máxima	Média	Desvio-padrão	Coeficiente de variação
Frequência mínima (kHz)	4,2	12,6	8	1,5	18,6%
Frequência máxima (kHz)	11,1	31	19,7	3,5	17,7%
Frequência inicial (kHz)	4,7	22	10	3,52	34,9%
Frequência final (kHz)	5,7	30	15	5,9	39,2%
Amplitude de frequência (kHz)	1,4	22,7	11,6	3,4	29,1%
Duração (s)	0,098	1,650	1,3	1,43	110%
Nº de pontos de inflexão	0	4	1,48	1,18	79,7%
Nº de degraus	0	15	2,3	2,3	129,1%

Do total de assovios, 46% (n = 38) apresentaram frequência máxima acima de 20 kHz, possuindo valores ultrassônicos. Também foi possível detectar os valores não-lineares dos parâmetros da presença/ausência de harmônico e inclinação inicial/final do sinal. Verificou-se que cerca de 44,5% (n = 37) dos assovios apresentaram harmônico (sendo apenas 1 harmônico por assovio). Quanto às inclinações iniciais e finais, os assovios apresentaram 82% (n = 68) das inclinações iniciais com modulação positiva e, nas porções finais dos assovios, 64% (n = 53) também apresentaram este padrão.

Em média, a frequência final foi maior que a frequência inicial e, analisando o conjunto total dos assovios, geralmente os mesmos apresentaram ampla amplitude de frequência, com média de 11,6 kHz. Os parâmetros de frequência apresentaram pouca variação dentro da mesma população, enquanto que foi possível detectar que os parâmetros de nº de degraus, duração e nº de pontos de inflexão apresentaram os maiores coeficientes de variação, dentro da mesma população.

Na análise dos contornos, os 83 assovios foram caracterizados visualmente, sendo 38,5% (n = 32) classificados como múltiplos (Figura 10, A, B, C e D), 27,7% (n = 23) como ascendentes (Figura 10, E; Figura 11, A e B), 24% (n = 20) como ascendente-descendente (Figura 11, C, D e E), 7,2% (n = 6) como descendente-ascendente (Figura 12, A) e 2,4% (n = 2) como descendentes (Figura 12, B). Não houve assovios classificados como constantes. Dos assovios visualizados, 11 diferentes contornos se repetiram, pelo menos, uma vez, sendo os assovios da categoria múltiplo os que mais tiveram repetições, seguido da categoria ascendente. O contorno múltiplo representado pela figura 10, D foi visualizado 10 vezes, seguido do contorno ascendente representado pela figura 10, E, visualizado 7 vezes, sendo que ambos os registros pertencem a dois grupos diferentes.

Quanto às inflexões, de todos os assovios analisados, um total de 31,3% (n = 26) apresentaram 1 ponto de inflexão, 20,5% (n = 17) com 2 pontos de inflexão, 15,7% (n = 13) com 3 pontos de inflexão e 2,4% (n = 2) apresentaram 4 pontos de inflexão. A presença de harmônicos foi, em maior parte, relacionada a categoria de assovios ascendentes, com 56,5% (n = 13) desta categoria apresentando harmônico, seguido da categoria múltiplo, com 43,7% (n = 14) dos assovios pertencentes à essas categorias apresentando harmônico.

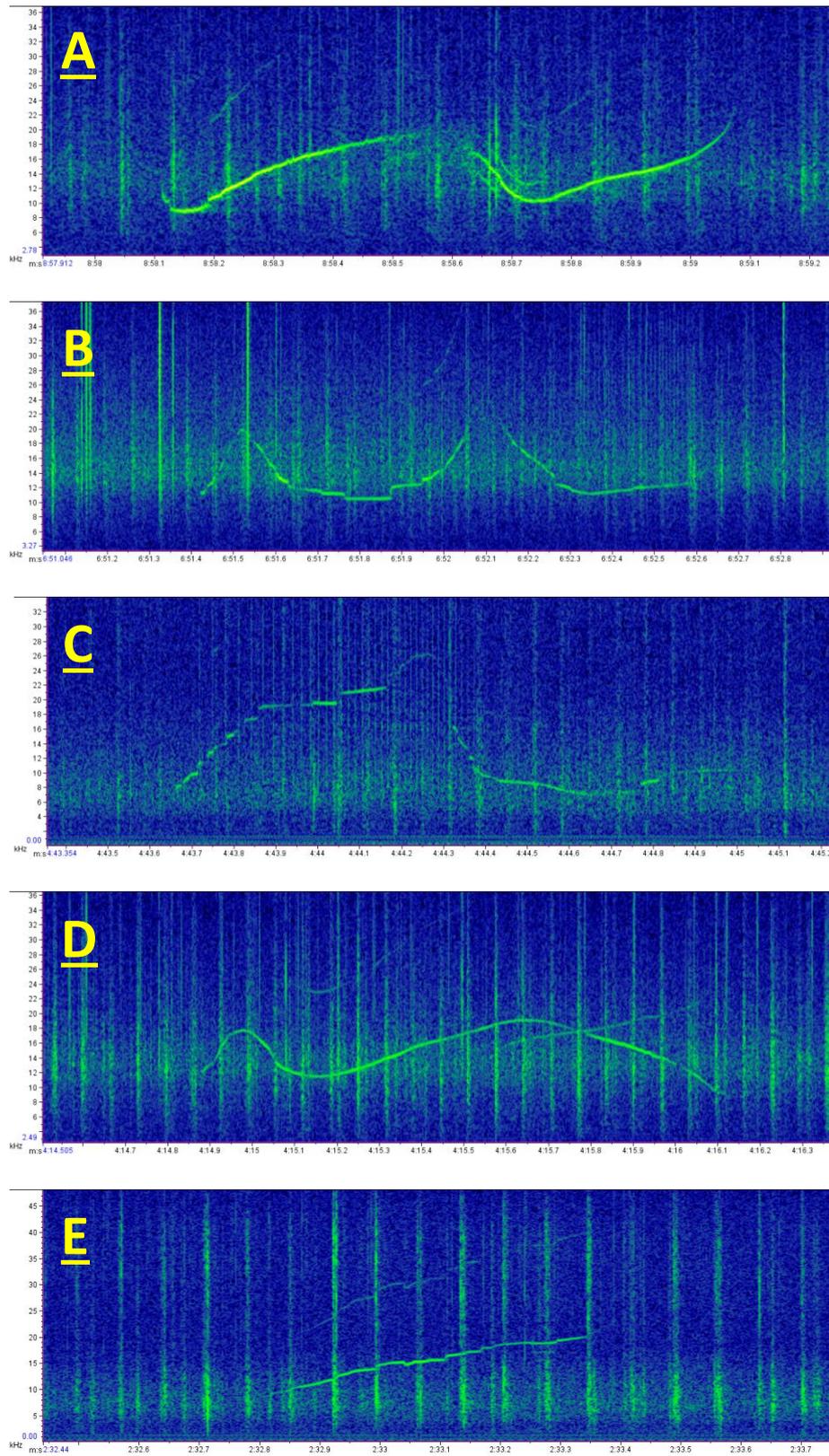


Figura 10: Exemplos de espectrogramas apresentando a caracterização visual do padrão de modulação da frequência fundamental, representativo de duas das cinco categorias encontradas para os assóvios ($n=83$) de *Stenella attenuata* observados na Baía de Santos. A, B, C e D: múltiplo; E: ascendente. Eixo x = tempo (s), eixo y = frequência (kHz).

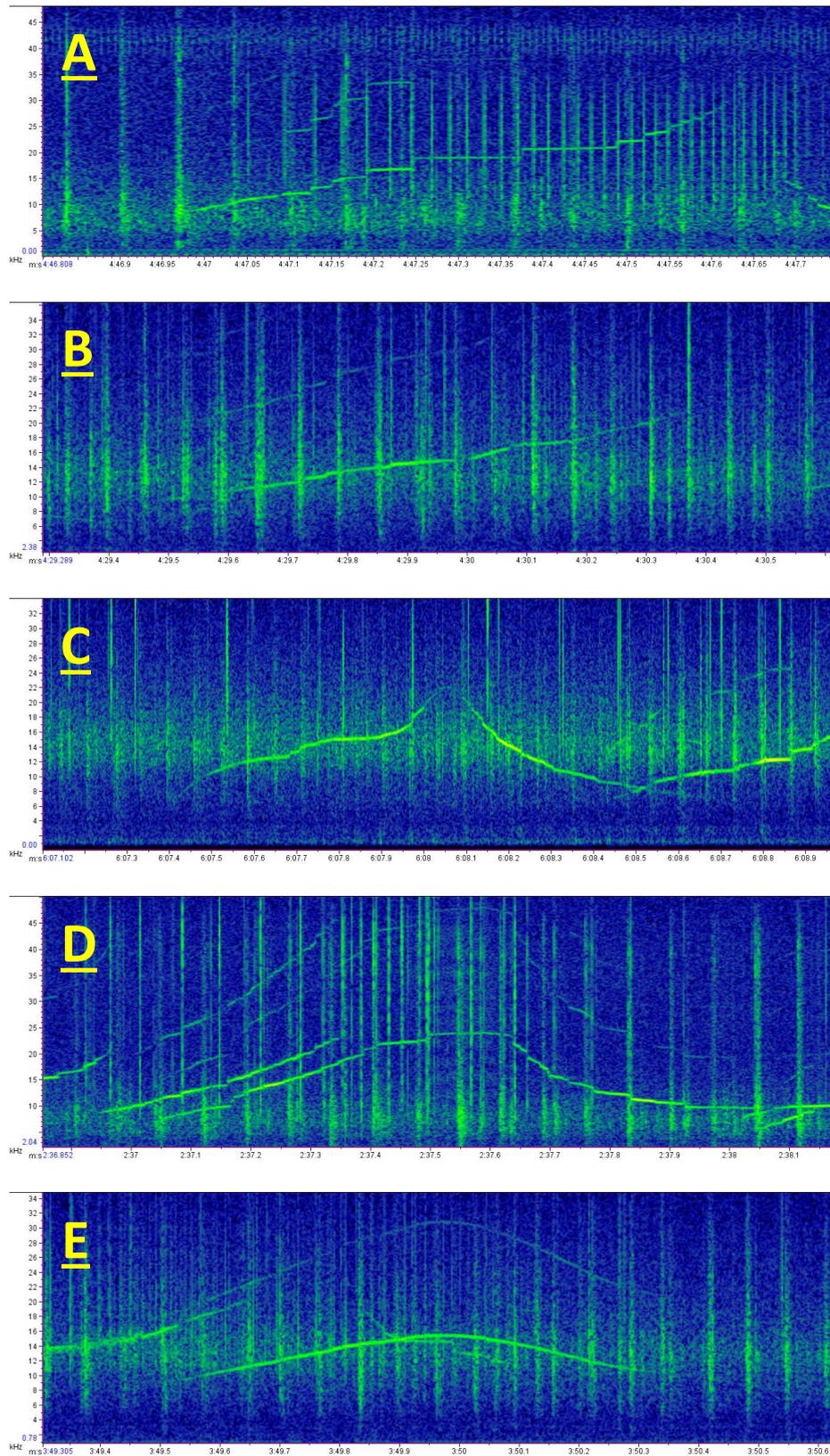


Figura 11: Exemplos de espectrogramas apresentando a caracterização visual do padrão de modulação da frequência fundamental, representativo de duas das cinco categorias encontradas para os assovios ($n=83$) de *Stenella attenuata* observados na Baía de Santos. A e B: ascendente; C, D e E: ascendente-descendente (ou côncavo). Eixo x = tempo (s), eixo y = frequência (kHz).

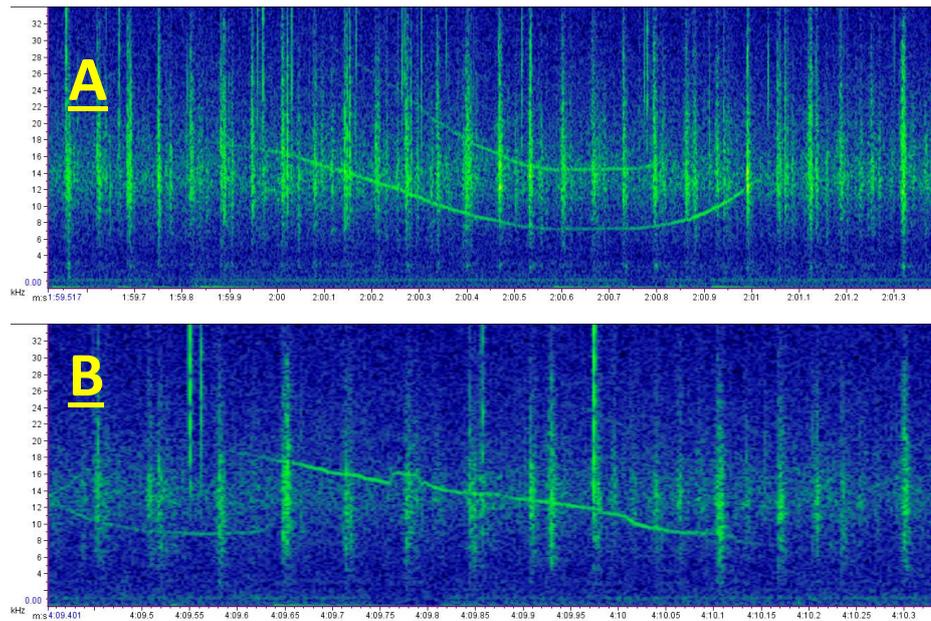


Figura 12: Exemplos de espectrogramas apresentando a caracterização visual do padrão de modulação da frequência fundamental, representativo de duas das cinco categorias encontradas para os assovios (n=83) de *Stenella attenuata* observados na Baía de Santos. A: descendente-ascendente (ou côncavo); B: descendente. Eixo x = tempo (s), eixo y = frequência (kHz).

IV. DISCUSSÃO

A variação geográfica pode influenciar para que populações intraespecíficas apresentem variações nos seus sinais acústicos, como já reportado para outras espécies do gênero *Stenella* (Bazúa-Durán e Au, 2004; Baron et al., 2008; Papale et al., 2013; Azzolin et al., 2013). Estas diferenças geográficas nos sons podem ser o resultado de diferenças entre populações que não mantêm contato e apresentam diferenças nos seus sinais de comunicação (Au e Hastings, 2008; Araújo, 2015), podendo auxiliar na identificação de diferentes populações.

Assim, para fim de realizar uma comparação intraespecífica de populações estudadas no mundo, foi realizado um levantamento bibliográfico. Foram encontrados 7 estudos que analisaram os sons de *S. attenuata* (Wang et al., 1995a; Oswald et al., 2003; Schotten, 2004; Oswald et al., 2004; Oswald et al., 2007; Gruden et al., 2015; Silva et al., 2016). Para a costa brasileira não foram encontrados estudos de caracterização de assovios da espécie e, para

abrangência mundial, apenas 5 dos estudos já citados (Wang et al., 1995a; Oswald et al., 2003; Oswald et al., 2004; Oswald et al., 2007; Silva et al., 2016), analisaram os assovios, com a extração de parâmetros acústicos, em similaridade com o presente estudo.

Dos 10 parâmetros escolhidos para análise neste trabalho, apenas 8 deles (Tabela II) também foram analisados pelos 5 estudos já citados, sendo então os utilizados para verificação de possíveis diferenças intraespecíficas. Oswald et al. (2003, 2004 e 2007) e Silva et al. (2016) não informaram sobre a quantidade e/ou presença/ausência de harmônicos e inclinação inicial/final. Os mesmos apresentaram similaridade na resposta de frequência dos equipamentos com a do presente estudo. Wang et al. (1995a) analisou a inclinação inicial/final e registrou a presença/ausência de harmônicos, porém sem informar a quantidade por sinal. Já a resposta de frequência utilizada por Wang et al. (1995a) foi inferior aos outros estudos prévios e a do presente estudo, apresentando limite superior de apenas 25 kHz.

Após a comparação intraespecífica entre os resultados das médias e desvio-padrão dos 8 parâmetros acústicos apresentadas pelo presente estudo, realizado no Atlântico Sul, e as dos estudos prévios (que informaram a localidade), realizados no Pacífico Norte/Sul, apesar da variação geográfica, foi possível detectar similaridade entre os valores, tanto para parâmetros de frequência quanto de modulação, com pouca variação entre eles, assim como também possuíram a frequência final, em média, maior que a inicial. A exceção foi o parâmetro de duração do presente estudo, que apresentou valores maiores que os demais.

Para o parâmetro de número de degrau, Oswald et al. (2003, 2007) apresentaram valores maiores, porém os mesmos utilizaram de metodologias quantitativas diferentes das do presente estudo, o que talvez explique essa variação, enquanto que Wang et al. (1995a) apenas informaram a presença/ausência para este parâmetro acústico, sem quantificá-lo. O menor valor registrado para frequência máxima foi em Wang et al. (1995a), possivelmente devido a resposta

de frequência do equipamento ser inferior aos demais, podendo também limitar os valores de frequência final, além de que o mesmo estudo registrou o menor valor para pontos de inflexão, o que pode ser relacionado a menor duração destes assovios entre todos os estudos.

Foi apresentado para o boto cinza (*Sotalia guianensis*), na costa do Brasil, que quanto mais ao norte, ou seja, menores latitudes, os assovios tendem a possuírem maiores valores para frequência inicial e mínima (Rossi-Santos e Podos, 2006), podendo ser verificado esse padrão também para *S. attenuata* em Silva et al. (2016), realizado no Havaí, o qual apresentou valores um pouco maiores para estes dois parâmetros acústicos, assim como Wang et al. (1995a), realizado na Costa Rica, também apresentou um certo aumento para frequência inicial. Já os estudos de Oswald et al. (2003, 2004, 2007) não apresentaram tal padrão para estes valores de frequência possivelmente devido ao fato de terem sido realizados em uma área muito extensa, abrangendo uma ampla faixa de latitude.

As variações dos parâmetros de modulação (degraus e pontos de inflexão) podem ser relacionadas com a hipótese de que os mesmos são mais suscetíveis às variações de comportamento e às condições ambientais (Baron et al., 2008; Deconto e Monteiro-filho, 2013; Azzolin et al., 2013). Em Hernandez et al. (2010), foi sugerido que os parâmetros de nº de degraus, pontos de inflexão e duração transmitem importantes informações entre os indivíduos, pois apresentaram alta variabilidade intrapopulacional, assim como no presente estudo.

A variação de duração, dentro e entre populações, e até mesmo a variação dos parâmetros de modulação de frequência (nº de pontos de inflexão e nº de degraus), dentro de uma mesma população, pode ser relacionada com a hipótese de que estes parâmetros são produzidos para enviar informações sobre estado emocional e identificação individual, como também são influenciados por diferentes atividades comportamentais, assim apresentando alta variabilidade

intraespecífica (Steiner, 1981; Wang et al., 1995b; Rendell et al., 1999; Oswald et al., 2003; Ansmann et al., 2007; May-Collado et al., 2007; Azzolin et al., 2013).

Em Azzolin et al. (2013), o parâmetro de duração também foi o único que apresentou variação quando se mediu a questão de distância geográfica entre populações diferentes. Em Bazúa-Durán (2001) e Amorim et al. (2016), o parâmetro de duração também foi diferente entre populações e foi sugerido que seja associado com indivíduos engajados em diferentes atividades. Bazúa-Durán e Au (2004) registraram aumento na duração devido aos animais estarem engajados em diferentes atividades e em Petrella et al. (2012), os assovios tiveram maior duração quando os animais se encontravam em estado de deslocamento.

As características e taxas dos assovios também podem ser influenciadas pelo tamanho de grupo (Petrella et al., 2012), como em relação ao parâmetro de duração (Herzing, 2000), onde grupos menores investem mais energia na comunicação, emitindo assovios mais longos (Bazúa-Durán, 2001; Azzolin et al., 2013), podendo ser aplicado ao presente estudo, no qual o maior grupo de *S. attenuata* (registrado acusticamente) possuiu apenas 20 indivíduos, se diferenciando da média de 120 indivíduos por grupo, registrada para o Oceano Pacífico (Perrin, 2009).

Já a similaridade entre os valores dos parâmetros de frequência entre as populações pode ser relacionada com a hipótese de que estes tipos de parâmetros apresentam alta variação interespecífica, porém com baixa variação intraespecífica (Steiner, 1981; Wang et al., 1995b), o que pode ser verificado no presente estudo. Esta variabilidade interespecífica é influenciada pelo tamanho do corpo dos animais e pode auxiliar na diferenciação de espécies (Matthews et al., 1999; May-Collado et al., 2007).

Apesar da alta variação interespecífica, Oswald et al. (2007) aponta que devido a sobreposição de valores de frequência entre espécies (por causa do alto desvio-padrão dos valores dos parâmetros de frequência de algumas espécies, como *T. truncatus*) implica que a

mensuração dessas variáveis, por si só, não é suficiente para separar as espécies através das vocalizações, sendo necessária a extração de outros tipos de parâmetros e outros tipos de análises, a exemplo dos parâmetros de modulação de frequência e análise do contorno visual dos assovios (Gruden et al., 2015).

TABELA II: Comparação das estatísticas descritivas (média, desvio-padrão, mínima e máxima), para os resultados de 8 parâmetros extraídos de assovios de *Stenella attenuata* deste presente estudo e os encontrados durante o levantamento bibliográfico. Os parâmetros apresentaram similaridade entre os estudos, com exceção para a duração, a qual apresentou valores mais altos, para o presente estudo.

Estudos / Parâmetros acústicos	Wang et al., 1995a n° de assovios: 144 n° de grupos: -	Oswald et al., 2003 n° de assovios: 97 n° de grupos: 7	Oswald et al., 2004 n° de assovios: 100 n° de grupos: 5	Oswald et al., 2007 n° de assovios: 399 n° de grupos: 26	Silva et al., 2016 n° de assovios: 746 n° de indivíduos*: 5	Presente estudo n° de assovios: 83 n° de grupos: 5
Frequência mínima (kHz)	8,73 ± 2,04 (3,13 – 14,77)	8,2 ± 1,7 -	9,0 ± 3,9 -	8,41 ± 2,39 -	9,7 ± 2,8 -	8 ± 1,5 (4,2 – 12,6)
Frequência máxima (kHz)	15,72 ± 2,12 (7,73 – 21,4)	18,7 ± 3,0 -	19,4 ± 5,2 -	17,99 ± 4,69 -	19,8 ± 4,2 -	19,7 ± 3,5 (11,1 - 31)
Frequência inicial (kHz)	11,04 ± 3,72 (3,13 – 18,47)	9,5 ± 2,9 -	10,4 ± 4,5 -	9,92 ± 3,94 -	11,2 ± 3,9 -	10 ± 3,52 (4,7 – 22)
Frequência final (kHz)	14,66 ± 3,21 (4,3 – 21,4)	15,3 ± 5,2 -	16,8 ± 6,4 -	14,92 ± 5,66 -	16,8 ± 5,3 -	15 ± 5,9 (5,7 – 30)
Amplitude de frequência (kHz)	-	10,6 ± 3,3 -	-	-	10,1 ± 4,9 -	11,6 ± 3,4 (1,43 – 22,7)
Duração (s)	0,53 ± 0,27 (0,09 – 1,95)	0,9 ± 0,4 -	0,63 ± 0,40 -	0,75 ± 0,38 -	0,7 ± 0,5 -	1,3 ± 1,43 (0,098 – 1,65)
N° de pontos de inflexão	0,7 ± 0,92 (0 – 4)	1,9 ± 1,8 -	1,2 ± 1,8 -	1,29 ± 1,45 -	1,2 ± 1,2 -	1,48 ± 1,18 (0 – 4)
N° de degraus	0,88 ± 0,32 (0 – 1)	4,3 ± 4,5 -	2,8 ± 3,4 -	3,06 ± 3,84 -	-	2,3 ± 2,97 (0 – 15)

* Assovios obtidos por meio de DTAG's implantadas em 5 indivíduos

Dos 7 estudos supracitados, encontrados durante levantamento bibliográfico, apenas Gruden et al. (2015) analisaram o contorno visual dos assovios de *S. attenuata*, porém caracterizando o padrão oscilatório dos mesmos, baseando-se na quantidade de ciclos dos sinais, cuja metodologia difere da empregada no presente estudo. Assim sendo, não foi encontrado estudo prévio que tenha realizado análise visual de contorno em categorias (como a já descrita no presente estudo) para a referida espécie.

A população do golfinho-pintado-Pantropical da Bacia de Santos apresentou um repertório de assovios no qual houve predominância de um padrão de modulação múltiplo, representando 38,5% (n = 32) do total de assovios, dos quais 90,6% (n = 29) possuem inclinação inicial positiva, seguido pela categoria de modulação ascendente, representando 27,7% (n = 23) do total, podendo relacionar com o resultado de que, em média, a frequência final foi maior que a frequência inicial, como geralmente é registrado em delfinídeos (Matthews et al., 1999; Bazúa-Dúran e Au, 2002; Bazúa-Durán e Au, 2004; Azevedo e Van Sluys, 2005; Camargo et al., 2006; Azevedo et al., 2010).

No entanto, o que diferenciou para o presente estudo foi o domínio da categoria de assovios múltiplos, quando comparado aos demais estudos de delfinídeos, que em sua maioria houve predomínio do contorno ascendente (Bazúa-Durán e Au, 2002; Watwood et al., 2004; Erber e Simão, 2004; Azevedo et al., 2010), sendo poucos estudos que também registraram uma maior quantidade de assovios da categoria múltiplo (Azevedo et al., 2007). A categoria constante (a qual não foi visualizada no presente estudo) na maioria das análises de contorno é a menos registrada (Bazúa-Durán e Au, 2002; Camargo et al., 2006; Azevedo et al., 2007).

O significado biológico de cada categoria de contorno ainda precisa ser melhor compreendido (Bazúa-Dúran e Au, 2002), com as categorias sendo associadas aos diferentes tipos e intensidades de atividades comportamentais, como assovios ascendentes apresentando

relação com comportamentos sociais, como na comunicação entre mãe e filhote (Hawkins e Gartside, 2010; López, 2011; Bueno, 2015; Kuczaj et al., 2015) e assovios múltiplos apresentando relação com atividades de alta intensidade (Azevedo et al., 2010), como de predação (López, 2011) e de sinais de contato durante deslocamento (Hawkins e Gartside, 2010).

Para os grupos da população da Bacia de Santos, registrados acusticamente, houve apenas 2 grupos de *S. attenuata* com filhote (sendo apenas 1 por grupo), podendo explicar o fato da menor presença da categoria de assovios ascendentes para esta população. Devido a predominância de assovios múltiplos, há a possibilidade de que os indivíduos pudessem se encontrar em estado comportamental de deslocamento (Hawkins e Gartside, 2010) durante o momento das gravações dos dados acústicos.

O fato de cerca da metade dos assovios terem apresentado harmônico, sendo apenas 1 por sinal e boa parte deles com baixa intensidade, pode corroborar com a hipótese de que os animais estivessem em deslocamento e, assim, em distanciamento da embarcação durante as gravações, pois uma das hipóteses sobre a funcionalidade dos harmônicos é que sua presença em maior quantidade e com maior intensidade é relacionado com a direcionalidade e proximidade do animal emissor à fonte receptora, no caso, o hidrofone (Lammers e Au, 2003).

O aumento da duração dos assovios também pode ser resultado de uma plasticidade comportamental acústica frente às condições do meio no qual estão inseridos, seja fatores abióticos que aumentem o ruído da paisagem acústica, como intensidade dos ventos, temperatura e profundidade (Baron et al., 2008; Azzolin et al., 2013), ou seja para evitar o mascaramento pelo ruído da área de estudo ocasionado pelo aumento da interferência humana (como já verificado para este tipo de parâmetro e, também, para os de frequência) (Lesage et al., 1999; Foote et al., 2004; May-Collado e Wartzok, 2008; May-Collado e Quiñones-Lebrón,

2014) na área da Bacia de Santos. Esta região apresenta maiores níveis de interferência humana que as regiões do Pacífico (Halpern et al., 2008), como se pode verificar na Figura 12, onde a costa do Brasil (principalmente regiões sul e sudeste) demonstra um nítido aumento em comparação com os níveis de interferência humana do Oceano Pacífico.

A sobreposição de nicho acústico, por meio do ruído da paisagem acústica (Pijanowski et al., 2011) pode ter influenciado para a diferenciação da duração para a população do Atlântico Sul. Como a faixa de ruído geralmente ocupou o mesmo nicho acústico dos assovios, abrangendo amplitude de frequência similar à que os delfínidos do presente estudo emitiram seus sinais, possivelmente os animais tenham investido em maior duração dos assovios, ao invés de modular valores de frequência. Tal faixa de ruído também é proveniente da própria embarcação utilizada neste presente estudo, a qual permanecia em deslocamento e com os motores ligados, durante todo o monitoramento, ao contrário dos estudos prévios de *S. attenuata*, os quais desligavam os motores durante as gravações.

Ruídos ocasionados por atividades humanas podem causar danos físicos ou mudanças comportamentais temporários ou até mesmo permanentes, nos cetáceos (Graya, 2011), devido ao fato de que estes ruídos podem alcançar a mesma faixa de frequência de suas emissões sonoras e da capacidade auditiva destes animais, provocando o mascaramento dos sinais (Goold e Fish, 1998; Rossi-Santos, 2015b) e, conseqüentemente, diminuindo a eficácia da comunicação e, também, podendo ocasionar danos auditivos nos indivíduos.

Assim é possível que ocorra, gradativamente, alterações nas características de emissão dos assovios destes mamíferos aquáticos, como na amplitude de frequência (frequência mínima e frequência máxima) e duração do evento, relacionado com o aumento na poluição sonora nos oceanos, originada pela exploração, extração ou transporte de minerais, e tráfego de embarcações (Hotchkin e Parks, 2013; Tyack e Janik, 2013). A plasticidade do comportamento

acústico, frente às variações ambientais, indica a capacidade de se alterar os sinais para amenizar a atenuação durante a propagação do som e, assim, manter a eficácia da comunicação entre indivíduos (Araújo, 2015).

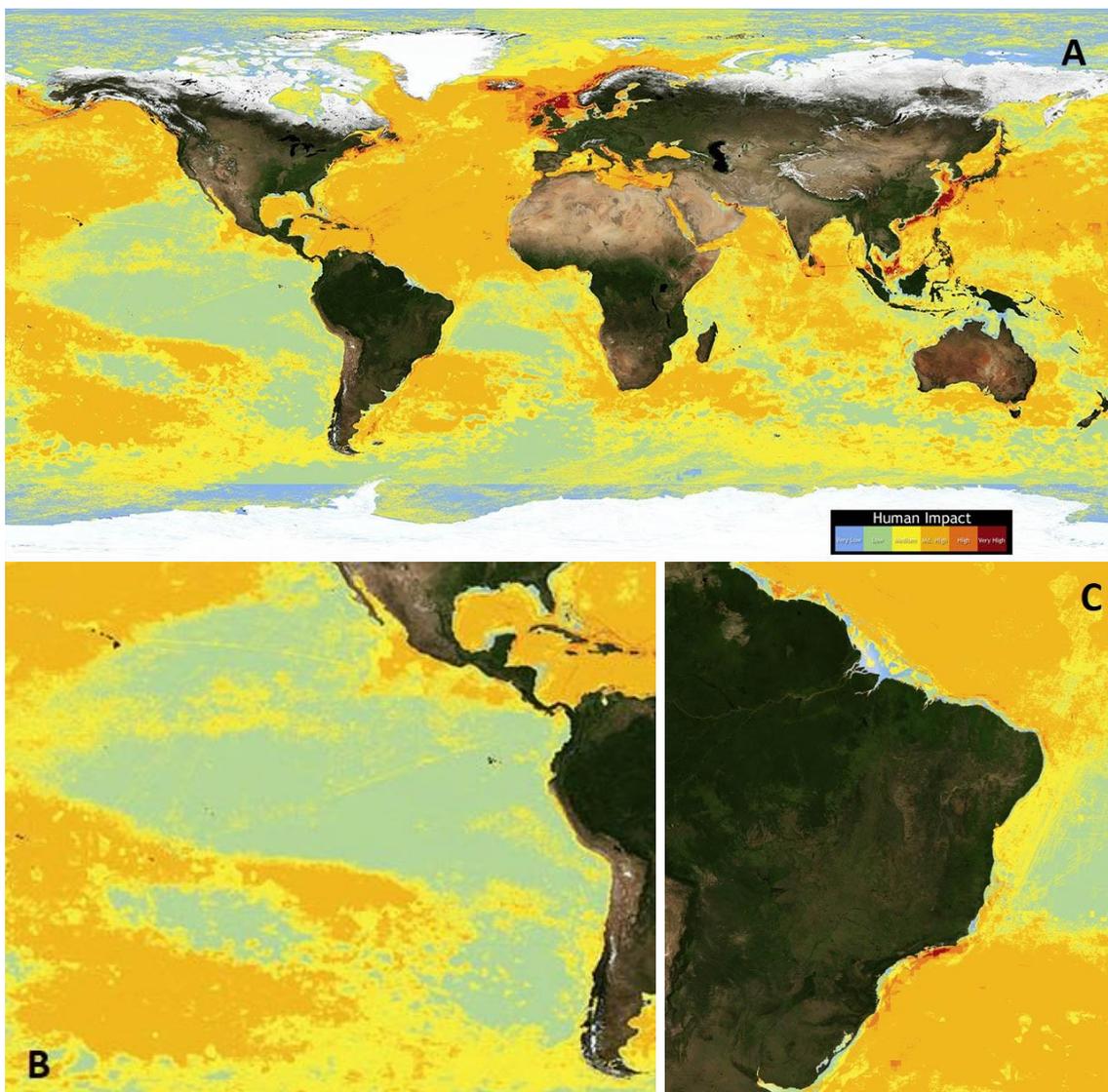


Figura 13: Mapa de interferência humana nos oceanos do mundo, com cores representando os diferentes níveis, que variam de muito baixo (azul) a muito alto (vermelho). A – Níveis de interferência em todos os oceanos; B – Destaque dos níveis de interferência em uma determinada região do Oceano Pacífico e C – Destaque dos níveis de interferência para o Oceano Atlântico (costa brasileira). Imagens: Halpern et al., 2008.

V. CONCLUSÕES

- Foi obtida a primeira caracterização dos assovios de *Stenella attenuata*, tanto para parâmetros espectrais, temporais e de contorno, para a costa do Brasil (população Oceano Atlântico Sul);
- Para a análise de contorno, os assovios foram, em maior parte, caracterizados como múltiplos, seguido de ascendentes, possivelmente devido à pouca presença de filhotes nos grupos ou, também, pelos animais se encontrarem em estado de deslocamento;
- O parâmetro de duração apresentou maior valor para o presente estudo, possivelmente devido ao elevado ruído antropogênico da área de estudo, pelos animais estarem engajados em atividades comportamentais como de deslocamento ou, também, devido aos reduzidos tamanhos de grupos da área de estudo.

VI. REFERÊNCIAS

- Amorim, T. O. S.; Andriolo, A.; Reis, S. S.; Dos Santos, M. E. Vocalizations of amazon river dolphins (*Inia geoffrensis*): Characterization, effect of physical environment and differences between populations. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 139, No. 3, 2016.
- Ansmann, I.C.; Goold, J.C.; Evans, P.G.H.; Simmonds, M.; Keith, S.G. Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. **J. Mar. Biol. Ass. U. K.**, Vol. 87, 2007.
- Araújo, L. F. B. **Variação ambiental e geográfica nos assobios de tucuxi (*Sotalia fluviatilis*)**. Dissertação (Mestrado), INPA, 2015.
- Au, W. W. L.; Hastings, M. C. **Principles of marine bioacoustics**. Springer, 2008.
- Azevedo, A. F.; Flach, L.; Bisi, T. L.; Andrade, L. G.; Dorneles, P. R.; Lailson-Brito, J. Whistles emitted by Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) in southeastern Brazil. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 127, No. 4, 2010.
- Azevedo, A. F.; Van Sluys, M. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: Comparisons among populations. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 117, No. 3, 2005.
- Azevedo, A.F.; Oliveira, A.M.; Rosa, L.D.; Lailson-Brito, J. Characteristics of whistles from residente bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Southern Brazil. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 121, No. 5, 2007.

Azzolin, M.; Papale, E.; Lammers, M. O.; Gannier, A.; Giacoma, C. Geographic variation of whistles of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) within the Mediterranean Sea. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 134, No. 1**, 2013.

Barnard, C. **Animal Behaviour**: Mechanism, development, function and evolution. Pearson Education Limited, 2004.

Baron, S. C.; Garrison, A. M. L. P.; Keith, E. O. Differences in acoustic signals from delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. **Mar. Mam. Sci., Vol. 24, No. 1**, 2008.

Bazúa-Durán, C.; Au, W. W. L. Geographic variations in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the Main Hawai'ian islands. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 166, No. 6**, 2004.

Bazúa-Durán, C.; Au, W. W. L. The Whistles of hawaiian spinner dolphins. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 112, No. 6**, 2002.

Bazúa-Durán, M. C. **The whistles of Hawai'ian spinner dolphins (*Stenella longirostris*): Description and Geographic Variations**. Thesis (PhD), University of Hawaii, 2001.

Bueno, S. M. **Análise do repertório acústico atual do grupo de golfinhos *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Cetacea, Delphinidae) residentes na Barra da Laguna de Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil**. Monografia (Graduação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

Caldwell, M.; Caldwell, D. K. Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). **Nature**, Vol. 207, No. 4995, 1965.

Camargo, F. S.; Rollo, M. M. Jr.; Giampaoli, V.; Bellini, C. Whistle variability in South Atlantic spinner dolphins from the Fernando de Noronha Archipelago off Brazil. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 120, No. 6, 2006.

Carretta, J. V.; Forney, K. A.; Lowry, M. S.; Barlow, J.; Baker, J. U.S. Pacific marine mammal stock assessments: 2009. **Public., Agencies Staff U.S. Depart. Com.**, Vol. 114, 2009.

Cocroft, R.B.; Ryan, M.J. Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. **Anim. Behav.**, Vol. 49, 1995.

Cook, M. L. H.; Sayigh, L. S.; Blum, J. E.; Wells, R. S. Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Proc. R. Soc. Lond. B**, Vol. 271, 2004.

Deconto, L. S.; Monteiro-Filho, E. L. A. High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 134, No. 5, 2013.

Do Amaral, K. B.; Alvares, D. J.; Heinzemann, L.; Borges-Martins, M.; Siciliano, S.; Moreno, I. B. Ecological niche modeling of *Stenella* dolphins (Cetartiodactyla: Delphinidae) in the southwestern Atlantic Ocean. **J. Exp. Mar. Bio. Eco.**, Vol. 472, 2015.

- Erber, C.; Simão, S. M. Analysis of whistles produced by the tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba bay, Brazil. **An. Acad. Bras. Cienc., Vol. 76, No. 2**, 2004.
- Ey, E.; Fischer, J. The “acoustic adaptation hypothesis” – a review of the evidence from birds, anurans and mammals. **Bio.: Int. J. Anim. So. Rec., Vol. 19**, 2009.
- Foote, A. D.; Osborne, R. W.; Hoelzel, A. R. Environment: whale-call response to masking boat noise. **Nature, Vol. 428**, 2004.
- Ford, J.K.B. Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal Waters of British Columbia. **Can. J. Zoo., Vol. 69**, 1991.
- Gerrodette, T.; Taylor, B.L.; Swift, R.; Rankin, S.; Jaramillo-Legorreta, A.M.; Rojas-Bracho, L. A combined visual and acoustic estimate of 2008 abundance, and change in abundance since 1997, for the vaquita, *Phocoena sinus*. **Mar. Mam. Sci., Vol. 27, No. 2**, 2011.
- Gillespie, D.; Caillat, M.; Gordon, J.; White, P. Automatic detection and classification of odontocete whistles. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 134, No. 3**, 2013.
- Goold, J. C.; Fish, P. J. Broadband spectra of seismic survey air-gun emissions, with reference to dolphin auditory thresholds. **J. Acoust. Soc. Am., No. 4**, 1998.

Gordon, J. C. D.; Matthews, J. N.; Panigada, S.; Gannier, A.; Borsani, J. F.; Notarbartolo di Sciara. Distribution and relative abundance of striped dolphins, and distribution of sperm whales in the Ligurian Sea cetacean sanctuary: results from a collaboration using acoustic monitoring techniques. **J. Cet. Res. Man., Vol. 2, No. 1**, 2000.

Graya, H.; Waerebeek, K. V. Postural instability and akinesia in a pantropical spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in proximity to operating airguns of a geophysical seismic vessel. **J. Nat. Cons., Vol. 19**, 2011.

Gruden, P.; White, P. R.; Oswald, J. N.; Barkley, Y.; Cerchio, S.; Lammers, M.; Baumann-Pickering, S. Differences in oscillatory whistles produced by spinner (*Stenella longirostris*) and Pantropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins. **Mar. Mam. Sci.**, 2015.

Halpern, B. S.; Walbridge, S.; Selkoe, K. A.; Kappel, C. V.; Micheli, F.; D'agrosa, C.; ... e Fujita, R. A global map of human impact on marine ecosystems. **Sci., Vol. 319**, 2008.

Hammond, P. S., Bearzi, G., Bjørge, A., Forney, K. A., Karkzmarski, L., Kasuya, T., Perrin, W. F., Scott, M. D., Wang, J. Y., Wells, R. S. e Wilson, B. *Stenella attenuata*. 2012. **The IUCN Red List of Threatened Species 2012**: e.T20729A17821189. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T20729A17821189.en>> Acessado em 26 de janeiro de 2019.

Hawkins, E.R.; Gartside, D.F. Whistle emissions of indo-pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) differ with group composition and surface behaviors. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. **127**, No. **4**, 2010.

Henry, L.; Barbu, S.; Lemasson, A.; Hausberger, M. Dialects in Animals: Evidence, Development and Potential Functions. **Anim. Behav. Cog.**, Vo. 2, No. 2, 2015.

Hernandez, E.N.; Solangi, M.; Kuczaj II, S.A. Time and frequency parameters of bottlenose dolphin whistles as predictors of surface behavior in the Mississippi sound. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. **127**, No. **5**, 2010.

Herzing, D. L. Acoustics and social behavior of wild dolphins: implications for a sound society. *In: **Hearing by Whales and Dolphins.*** (Eds.) Au, W. W. L.; Popper, A. N.; Fay, R. R. Springer, 2000.

Hopp, S.L.; Owren, M.J.; Evans, C.S. **Animal Acoustic Communication:** sounds analysis and research methods. Springer, 1998.

Hotchkin, C.; Parks, S. The Lombard effect and other noise-induced vocal modifications: insight from mammalian communication systems. **Bio. Rev.**, 2013.

Irwin, R.E. The Evolutionary importance of behavioural development: the ontogeny and phylogeny of bird song. **Anim. Behav.**, Vol. **36**, No. **3**, 1988.

Janik, V. M. Acoustic communication in delphinids. *In: Advances in the Study of Behavior.*

(Eds.) Naguib, M.; Zuberbuuimhler, K.; Clayton, N. S.; Janik, V. M. Elsevier, Vol. 40, 2009.

Janik, V.M. Source levels and the estimated active space of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) whistles in the Moray Firth, Scotland. **J. Comp. Phys. A, Vol. 186**, 2000.

Janik, V.M.; Sayigh, L.S. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. **J. Comp. Phy. A, Vol. 199**, 2013.

Jefferson, T. A.; Weber, M. A.; Pitman, R. L. Marine mammals of the world: a comprehensive guide to their identification. **Acad. Press - Elsevier, 2ª Edição**, 2008.

Katona, S.; Whitehead, H. Are Cetacea ecologically important? **Ocean. Mar. Bio. An. Rev., Vol. 26**, 1988.

King, S.L.; Sayigh, L.S.; Wells, R.S.; Fellner, W.; Janik, V.M. Vocal copying of individually distinctive signature whistles in bottlenose dolphins. **Proc. R. Soc. Lond. B, Vol. 280**, 2013.

Kuczaj, S. A. II; Eskelinen, H. C.; Jones, B. L.; Borger-Turner, J. L. Gotta go, mom's calling: dolphin (*Tursiops truncatus*) mothers use individually distinctive acoustic signals to call their calves. **Anim. Behav. Cog., Vol. 2, No. 1**, 2015.

Lammers, M. O.; Au, W. W. L.; Herzing, L. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. **J. Acoust. Soc. Am.**, **Vol. 114**, 2003.

Lammers, M.O.; Au, W.W.L. Directionality in the whistles of hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*): a signal feature to cue direction of movement? **Mar. Mam. Sci.**, **Vol. 19, No. 2**, 2003.

Lesage, V.; Barrette, C.; Kingsley, M. C. S.; Sjare, B. The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence river estuary, Canada. **Mar. Mam. Sci.**, **Vol. 15, No. 1**, 1999.

Lodi, L.; Borobia, M. **Baleias, botos e golfinhos do Brasil**: guia de identificação. 1ª edição. Rio de Janeiro – RJ: Technical Books Editora, 2013.

López, B. D. Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: influence of behaviour. **Mam. Bio.**, **Vol. 76**, 2011.

Matthews, J. N.; Rendell, L. E.; Gordon, J. C. D.; Macdonald, D. W. A review of frequency and time parameters of cetacean tonal calls. **Bio.: Int. J. Anim. So. Rec.**, **Vol. 10, No. 1**, 1999.

May-Collado, L. J.; Agnarsson, I.; Wartzok, D. Reexamining the relationship between body size and tonal signals frequency in whales: a comparative approach using a novel phylogeny. **Mar. Mam. Sci.**, 2007.

May-Collado, L. J.; Quiñones-Lebrón, S. G. Dolphin changes in whistle structure with watercraft activity depends on their behavioral state. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 135, No. 4, 2014.

May-Collado, L. J.; Wartzok D. A characterization of guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: the importance of broadband recording systems. **J. Acoust. Soc. Am.**, Vol. 125, No. 2, 2009.

May-Collado, L. J.; Wartzok, D. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. **J. Mam.**, Vol. 89, No. 5, 2008.

Mellinger, D.K.; Stafford, K.M.; Moore, S.E.; Dziak, R.P; Matsumoto, H. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. **Oceanography**, Vol. 20, No. 4, 2007.

Moreira, J. L. P.; Madeira, C. V.; Gil, J. A.; Machado, A. P. M. Bacia de Santos: **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Vol. 15, No. 2. Rio de Janeiro, 2007.

Nakahara, F.; Miyazaki, N. Vocal exchanges of signature whistles in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **J. Ethol.**, Vol. 29, 2011.

Oswald, J. N.; Barlow, J.; Norris, T. F. Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean. **Mar. Mam. Sci.**, Vol. 19, No. 1, 2003.

- Oswald, J. N.; Rankin, S.; Barlow, J. The effect of recording and analysis bandwidth on acoustic identification of delphinid species. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 116, No. 5**, 2004.
- Oswald, J. N.; Rankin, S.; Barlow, J.; Lammers, M. O. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 122, No. 587**, 2007.
- Papale, E.; Azzolin, M.; Cascão, I.; Gannier, A.; Lammers, M. O.; Martin, V. M.; Oswald, J.; Perez-Gil, M.; Prieto, R.; Silva, M. A.; Giacoma, C. Geographic variability in the acoustic parameters of striped dolphin's (*Stenella coeruleoalba*) whistles. **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 133, No. 2**, 2013.
- Perrin, W. F. Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific. **J. Fish. B. Can., Vol. 32, No. 7**, 1975.
- Perrin, W. F. Pantropical spotted dolphin: *Stenella attenuata*. In: Encyclopedia of Marine Mammals. (Eds.) Perrin, W. F.; Wursig, B.; Thewissen, J. G. M. **Acad. Press - Elsevier, 2ª Edição**, 2009.
- Petrella, V.; Martinez, E.; Anderson, M.G.; Stockin, K.A. Whistle characteristics of common dolphins (*Delphinus* sp.) in the Hauraki Gulf, New Zealand. **Mar. Mam. Sci., Vol. 28, No. 3**, 2012.
- Petrobras. **Projeto de monitoramento de cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS: 2º relatório anual – Ciclos 1 a 6. EeP, Volume Único**, 2018.

Pijanowski, B. C.; Villanueva-Rivera, L. J.; Dumyahn, S. L.; Farina, A.; Krause, B. L.; Napoletano, B. M.; Gage, S. H.; Pieretti, N. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. **BioScience**, Vol. 61, No. 3, 2011.

Rendell, L. E.; Matthews, J. N.; Gill, A.; Gordon, J. C. D.; Macdonald, D. W. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. **Zoo. Soc. Lond.**, Vol. 249, 1999.

Richardson, W. J.; Greene, C. R.; Malme, C. I.; Thomson, D. H. Marine mammals and noise. **Acad. Press**, 1995.

Rossi-Santos, M. R. **Monitoramento acústico-ecológico de cetáceos em ambientes sob exploração antropogênica**. Projeto de Pesquisa, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2015a.

Rossi-Santos, M. R. Oil industry and noise pollution in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*): Soundscape ecology of the southwestern Atlantic breeding ground. **J. Coast. Res.**, Vol. 31, No. 1, 2015b.

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

Sayigh, L. S. Cetacean acoustic communication. *In: Biocommunication of Animals*. (Eds.) Witzany, G. Springer, 2014.

Schotten, M.; Au, W. W. L.; Lammers, M. O.; Aubauer, R. Echolocation recordings and localization of wild spinner dolphins (*Stenella longirostris*) and Pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) using a four hydrophone array. **University of Chicago Press**, I.L. Chicago, 2004.

Searcy, W. A.; Nowicki, S. **The Evolution of Animal Communication: Reliability and Deception in Signalling Systems**. Princeton University Press, 2005.

Silva, T. L.; Mooney, T. A.; Sayigh, L. S.; Tyack, P. L.; Baird, R. W.; Oswald, J. N. Whistle characteristics and daytime dive behavior in pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in Hawai'i measured using digital acoustic recording tags (DTAGs). **J. Acoust. Soc. Am., Vol. 140, No. 1**, 2016.

Steiner, W. W. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western north Atlantic dolphin species. **Behav. Eco. Sociobio., Vol. 9**, 1981.

Todd, V. L. G.; Todd, I. B.; Gardiner, J. C.; Morrin, C. N. **Marine Mammal Observer and Passive Acoustic Monitoring Handbook**. Pelagic Publishing, 2015.

Tomecek, S. M. **Animal Behavior: Animal Communication**. Infobase Publishing, 2009.

Tyack, P. L. Functional aspects of cetacean communication. *In: Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales.* (Eds.) Mann, J.; Connor, R. C.; Tyack, P. L.; Whitehead, H. The University of Chicago, 2000.

Tyack, P. L.; Janik, V. M. Effects of noise on acoustic signal production in marine mammals.

In: Animal communication and noise. (Eds.) Brumm, H. Springer, 2013.

Van Parijs, S.M.; Clark, C.W.; Sousa-Lima, R.S.; Parks, S.E.; Rankin, S.; Risch, D.; Van Opzeeland, I.C. Management and research applications of real-time and archival passive acoustic sensors over varying temporal and spatial scales. **Mar. Eco. Prog. S., Vol. 395,** 2009.

Wang, D.; Würsig, B.; Evans, W. E. Comparisons of whistles among seven odontocete species.

Sens. Syst. Aq. Mam., 1995a.

Wang, D.; Würsig, B.; Evans, W. E. Whistles of bottlenose dolphins: comparisons among populations. **Aq. Mam., Vol. 21, No. 1,** 1995b.

Watwood, S.L.; Tyack, P.L.; Wells, R.S. Whistle sharing in paired male bottlenose dolphins,

Tursiops truncatus. **Behav. Eco. Sociobio., Vol. 55,** 2004.

Weir, C.R.; Dolman, S.J. Comparative review of the regional marine mammal mitigation guidelines implemented during industrial seismic surveys, and guidance towards a worldwide standard. **J. Int. Wildl. L. Pol., Vol. 10, No. 1,** 2007.

Yurk, H.; Barrett-Lennard, L.; Ford, J.K.B.; Matkin, C.O. Cultural transmission within maternal lineages: vocal clans in resident killer whales in Southern Alaska. **Anim. Behav., Vol. 63,** 2002.