

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**BIOLOGIA ANIMAL**

**DISSERTAÇÃO**

**Caracterização das subunidades das emissões sonoras de *Megaptera  
novaeangliae* (Borowski, 1781) na costa do Brasil**

**Sérgio Carvalho Moreira**

**Fevereiro de 2016**  
**Seropédica, RJ**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**Caracterização das subunidades das emissões sonoras de *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) na costa do Brasil**

*Aluno*  
*Sérgio Carvalho Moreira*

*Sob a Orientação da*  
*Prof<sup>ª</sup> Dra. Sheila Marino Simão*

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2016

599.525

M838c

T

Moreira, Sérgio Carvalho, 1970-  
Caracterização das subunidades das  
emissões sonoras de *Megaptera novaeangliae*  
(Borowski, 1781) na costa do Brasil /  
Sérgio Carvalho Moreira - 2016.  
58 f.: il.

Orientador: Sheila Marino Simão.  
Dissertação (mestrado) - Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de  
Pós-Graduação em Biologia Animal.  
Bibliografia: f. 36-63.

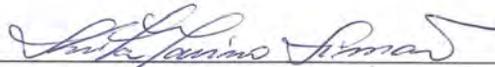
1. Baleia-jubarte - Teses. 2. Som  
produzido por animais - Teses. 3.  
Comunicação animal - Teses. 4. Mamífero  
aquático - Teses. 5. Mamífero marinho -  
Teses. I. Simão, Sheila Marino, 1958-. II.  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Biologia  
Animal. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

Sérgio Carvalho Moreira

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-graduação em Biologia Animal na UFRRJ

Dissertação Aprovada em 24 / 02 / 2016



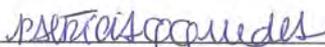
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Sheila Marino Simão - UFRRJ



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rodrigo Hipólito Tardin Oliveira (titular) - UNIGRANRIO



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hélio Ricardo da Silva (titular) - UFRRJ



\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Patrícia Gonçalves Guedes (suplente) - Museu Nacional/UFRRJ



“Eu não quero acreditar, eu quero saber.”

Carl Sagan

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento especial ao *Instituto Baleias Jubarte* por ceder banco de dados acústico. Em especial, agradeço aos seus Pesquisadores Márcia Engel e Dr. Milton Marcondes cuja colaboração foi vital para a realização deste estudo.

À minha Orientadora, Profa. Dra. Sheila Marino Simão, Amiga de longa data e trajetória, pelo incentivo ao meu retorno ao seu laboratório. Sem seu apoio e confiança não estaria aqui.

À minha família pelo apoio incondicional aos meus projetos, mesmo que pudessem parecer surreais. Sem a ajuda do meu pai Jorge e da minha mãe Dora não teria conseguido realizar o sonho de ser biólogo. Amo muito vocês.

Aos membros da banca que gentilmente aceitaram o convite, Professores Doutores Carlos Esbérard, Hélio Silva, Patrícia Guedes e Rodrigo Tardin.

Aos amigos do Laboratório de Bioacústica e Ecologia de Cetáceos, agradeço as excelentes ideias surgidas nas conversas informais e que resultaram na criação desse estudo.

Aos amigos que fiz no curso de mestrado. Agradeço a amizade e o apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida no primeiro ano desse estudo e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) que me premiou como bolsista “Aluno Nota 10”. Estes apoios foram fundamentais para o bom andamento da pesquisa.

A todos amigos e familiares que me ajudaram ao compartilhar ideias, alegria, carinho e compreensão.

Aos amigos da equipe *Cordelle Team* e em especial aos treinadores Carlos Cordelle Junior e Victor Grey, pelo suporte na promoção em minha saúde.

Aos amigos Professores Doutores Ana Tourinho, Janaína Fernandes, Patrícia Guedes e Wolney Martins, pelas sugestões, revisões, incentivo e apoio.

## RESUMO

Moreira, Sergio Carvalho. Caracterização das subunidades das emissões sonoras de *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) na costa do Brasil. 58f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Neste estudo foi abordada a segmentação da canção de baleias jubarte com base na definição das subunidades. As emissões sonoras das jubarte foram identificadas e caracterizadas de modo a estruturar o primeiro banco de dados de sons de mamíferos marinhos do Atlântico Sul Ocidental. Constatou-se a importância dessas subunidades por apresentarem um grau de variação pequeno, ajudando na identificação da espécie em sistemas de Monitoramento Acústico Passivo Autônomo (MAPA). Os registros das vocalizações das baleias foram realizados pela equipe do Instituto Baleia Jubarte (IBJ) de 2006 a 2013, na região de Abrolhos, Bahia, Brasil. Foram realizadas sete leituras das subunidades através do software Raven 1.4, avaliando-se: (1) Alta da frequência (Hz); (2) Média da potência (dB); (3) Energia (dB); (4) Frequência central (Hz); (5) Frequência máxima (Hz); (6) Delta do tempo (s); e (7) Delta da frequência (Hz). Foram calculados a média, o desvio padrão, o valor mínimo, e o valor máximo. Realizadas análises multivariadas das variâncias com o valores do teste *Post Hoc* onde  $p > 0,05$  não representa variação significativa ao ano. Nos anos de 2006, 2007, 2009 e 2011 houve qualidade satisfatória para realizar as análises, o que correspondeu a 14% do total das gravações, com 4:06:54h de gravações. Os registros analisados foram adquiridos nos meses de maior ocorrência de jubarte. 862 subunidades foram identificadas e analisadas. As subunidades identificadas foram A, B e C. A subunidade A ( $n = 156$ ; 18%), anteriormente encontrada em uma área de alimentação no nordeste da Islândia (2011), no Alasca (2012) e na região de Abrolhos, em todos anos estudados. A subunidade B ( $n = 205$ ; 24%), com ocorrência em áreas de alimentação da Islândia (2000) e no Alasca (2012) e na área de reprodução no Havá (1991) e na região de Abrolhos foram registradas em todos anos pesquisados. A subunidade C ( $n = 501$ ; 51%) foi anteriormente registrada nas áreas de reprodução de Madagascar (2009), Havá (1989 e 1991), México (2006), Austrália (2009) e Nova Caledônia (2010) e na área de alimentação da Antártica (2010). Algumas subunidades não apresentaram diferenças significativas em alguns anos estudados. As subunidades são preservadas ao longo dos anos principalmente nos parâmetros alta frequência, frequência central, frequência máxima, delta de tempo e delta da frequência. O parâmetro delta do tempo demonstrou também a sua média e desvio padrão mais uniforme, indicando que este deve ser usado como caráter diferenciador nas análises de emissões sonoras de jubarte. A subunidade C apresentou uma grande distribuição geográfica principalmente no Hemisfério Sul. A comparação das subunidades encontradas com as registradas na literatura demonstra que elas são adequados marcadores bioacústicos para a jubarte no uso de metodologia do MAPA. Os dados obtidos no presente estudo serão usados para iniciar o primeiro banco de dados de sons para mamíferos aquáticos no Atlântico Sul, denominado SONOTECA, em parceria com o SISISMMAM (Sistema Integrado de Som e Monitoramento de Mamíferos Marinhos) /IBAMA.

**Palavras-chave:** Bioacústica, Subunidade, *Megaptera novaeangliae*.

## ABSTRACT

Moreira, Sergio Carvalho. **Characterization of the subunits of the vocalizations of *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) on coast of Brazil.** 58p. Dissertation (Master in Animal Biology). Health and Biological Sciences Institute, Animal Biology Department, Rio de Janeiro Rural Federal University, Seropédica, RJ, Brazil.

This study addressed the segmentation of the song of humpback whales based on the definition of the subunits. The humpback whale vocalizations were identified and characterized in order to structure the first data bank of sounds of marine mammals of the Southwestern Atlantic. It was noted the importance of these subunits because they have a degree of small variation, assisting in the identification of the species for the Autonomic Passive Acoustic Monitoring System (MAPA). Records of vocalizations of whales were conducted by the Humpback Whale Institute team (IBJ), between 2006 and 2013, in the region of Abrolhos, Bahia State, Brazil. They held seven readings of the subunits through the Raven 1.4 software, by evaluating: (1) High frequency (Hz); (2) Average power (dB); (3) Energy (dB); (4) Center frequency (Hz); (5) Maximum frequency (Hz); (6) Delta Time (s); and (7) Delta frequency (Hz). There were calculated the average, standard deviation, minimum and maximum values. Multivariate analysis of variance with post-hoc test values were performed where  $p > 0.05$  did not represent a significant change in the years. In the years 2006, 2007, 2009 and 2011 there was satisfactory quality to perform the analyzes, which corresponded to 14% of total recordings in 4:06:54 hours. The records analyzed were purchased in the months of highest occurrence of humpback. 862 subunits were identified and analyzed. The identified subunits were A, B and C. The subunit A:  $n = 156(18\%)$ , previously found in a feeding area in the northeast of Iceland (2011), Alaska (2012) and in the region of Abrolhos in all years studied. The B subunit:  $n = 205(24\%)$ , occurring in feeding areas of Iceland (2000) and Alaska (2012) and the breeding area in Hawaii (1991). In Abrolhos region they were recorded in all years studied. The C subunit: 501(51%) was previously recorded in the breeding areas of Madagascar (2009), Hawaii (1989 and 1991), Mexico (2006), Australia (2009) and New Caledonia (2010) and in the feeding area Antarctica (2010). Some subunits showed no significant differences in some of the studied years. The subunits are preserved over the years especially in following parameters: high frequency, center frequency, maximum frequency, delta time and the delta frequency. The parameter delta time has also shown more uniform average and standard deviation, indicating that this should be used as a differentiating character in the analysis of humpback sound emissions. The C subunit had a wide geographic distribution, mainly in the Southern Hemisphere. Comparison of subunits found in the literature shows that they are suitable bioacoustic markers for humpback in the usage of MAPA methodology. The data obtained in this study will be used to start the first sound database for marine mammals in the South Atlantic, called SONOTECA, in partnership with the SISMMAM (Marine Mammals Sound and Monitoring Integrated System)/IBAMA.

Keywords: Bioacoustic, Subunit, *Megaptera novaeangliae*.

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b>	Valores das subunidades encontradas no ano .....	<b>21</b>
<b>Tabela 2:</b>	Valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade A com os anos separadamente, escolhidos para análise (2006, 2007, 2009 e 2011).....	<b>23</b>
<b>Tabela 3:</b>	Variabilidade dos parâmetros acústicos da subunidade A nos anos estudados (G.L. = 152).....	<b>23</b>
<b>Tabela 4</b>	Valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade B com os anos separadamente .....	<b>26</b>
<b>Tabela 5</b>	Variabilidade dos parâmetros acústicos da subunidade B nos anos estudados (G.L. = 198).....	<b>27</b>
<b>Tabela 6</b>	Valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade C com os anos separadamente, escolhidos para análise (2006, 2007, 2009 e 2011) .....	<b>30</b>
<b>Tabela 7</b>	Variabilidade dos parâmetros acústicos da subunidade C.. (G.L. = 497) .....	<b>30</b>

## Lista de quadros

<b>Quadro 1</b>	Principais estoques reprodutivos de baleias jubarte, conforme descritos pela IWC (REILLY <i>et al.</i> , 2008).....	<b>8</b>
<b>Quadro 2</b>	Anos de coleta e quantidade de registros sonoros adquiridos.....	<b>16</b>
<b>Quadro 3</b>	Total dos registros sonoros que apresentaram qualidade satisfatória para as análises neste estudo.....	<b>20</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Megaptera novaeangliae</i> (baleia jubarte) (retirada JEFFERSON <i>et al.</i> , 1993).....	<b>5</b>
<b>Figura 2</b>	Mapa de distribuição das regiões onde são encontradas as baleias jubartes. As elipses verdes representam as áreas de alimentação, as amarelas as áreas de reprodução e o círculo vermelho representa a população de jubartes do Mar da Arábia que não realiza migração. As setas representam os movimentos de migração.....	<b>7</b>
<b>Figura 3</b>	Mapa de localização das sete principais áreas de estoques reprodutivos da IWC. Estão representadas pelas letras do alfabeto e descritas no Quadro 1.....	<b>8</b>
<b>Figura 4</b>	Diagrama mostrando a localização da laringe de uma jubarte. A estrutura tubular de cor vermelha mostra o tubo respiratório, a estrutura de cor azul, o tubo digestivo, as estruturas brancas são cartilagens e o saco da laringe está representado na cor rosa. Durante a produção do som, o saco da laringe irradia o som a partir da parte ventral do corpo da baleia através do oceano (REINDENBERG e LAITMAN, 2007) .....	<b>11</b>
<b>Figura 5</b>	Diagrama com as divisões das emissões sonoras da baleia jubarte, definidas por PAYNE e MCVAY (1971).....	<b>12</b>
<b>Figura 6</b>	Espectrograma com detalhes do diagrama com as divisões das emissões sonoras da baleia jubarte, definidas por PAYNE e MCVAY (1971).....	<b>12</b>
<b>Figura 7</b>	Mapa da região de Abrolhos, onde ocorreram os registros das vocalizações das baleias jubarte. As áreas em vermelho demarcam as divisas do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos.....	<b>15</b>

<b>Figura 8</b>	Espectrograma de uma vocalização de jubarte. Em destaque no quadrado vermelho, a subunidade, a qual representa a menor porção encontrada em uma vocalização de jubarte.....	<b>17</b>
<b>Figura 9</b>	Exemplo de espectrograma com subunidades de baleia jubarte. O quadrado vermelho indica a subunidade.....	<b>18</b>
<b>Figura 10</b>	Espectrograma da subunidade A gerado com FFT de 2048 pontos, <i>Overlap</i> de 75% e janela de Hamming.....	<b>21</b>
<b>Figura 11</b>	Detalhe da subunidade A identificada neste estudo, gerado com FFT de 2048 pontos, <i>Overlap</i> de 75% e janela de Hamming.....	<b>22</b>
<b>Figura 12</b>	Distribuição percentual da subunidade A nos anos estudados.....	<b>22</b>
<b>Figura 13</b>	Espectrograma da subunidade B gerado com FFT de 2048 pontos, <i>Overlap</i> de 75% e janela de Hamming.....	<b>25</b>
<b>Figura 14</b>	Detalhe do espectrograma de uma subunidade B, gerado com FFT de 2048 pontos, <i>Overlap</i> de 75% e janela de Hamming.....	<b>25</b>
<b>Figura 15</b>	Distribuição das subunidades B nos anos estudados...	<b>26</b>
<b>Figura 16</b>	Espectrograma da subunidade C, gerado com FFT de 2048 pontos, <i>Overlap</i> de 75% e janela de Hamming.....	<b>28</b>
<b>Figura 17</b>	Detalhe do espectrograma de subunidade C gerado com FFT de 2048 pontos, <i>Overlap</i> de 75% e janela de Hamming.....	<b>29</b>
<b>Figura 18</b>	Distribuição das subunidades C nos anos estudados.....	<b>29</b>

**Figura 19** **A** - Espectrograma gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 85% e janela de Hamming, retirado de LIM (2014) encontrada em área de alimentação na Islândia, região subártico. **B** - Espectrograma gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming, foi retirado de FOURNET *et al.* (2014) encontrada na região do Alasca. Os autores classificaram este som como Social. **C** - Espectrograma Gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming. Subunidade A encontrada na área de estudo, área de reprodução. Portanto esta subunidade aparece tanto em área de alimentação e reprodução, sugerindo ser um bom marcador para espécie para uso do MAPA..... **33**

**Figura 20** **A**- Espectrograma adaptado de LIM. (2014), gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 85% e janela de Hamming. Demonstra uma semelhança da subunidade B encontrada neste estudo com a área de alimentação na Islândia, região subártica. **B** - Espectrograma adaptado de Fournet M *et al.* (2014). Demonstra a semelhança da subunidade B encontrada neste estudo com a área de alimentação no Alasca. Os autores a classificaram como som social. **C**- Espectrograma retirado do Cerchio S. *et al.* (2001b), gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming. Encontrado na região no Havaí, área de reprodução de baleias jubarte. **D** - Espectrograma Gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming. Subunidade B encontrada na área de estudo, área de reprodução Portanto esta subunidade aparece tanto em área de alimentação e reprodução, sugerindo ser um bom marcador para espécie para uso do MAPA..... **34**

**Figura 21** **A** - Figura adaptada de Pace (2010) (FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming) descrevendo as subunidades encontradas em regiões de reprodução: Madagascar, Haváí e México. **B** - Figura retirada de GARLAND *et al.* (2013) (FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Blackman-Harris) descrevendo a subunidade encontrada em regiões de reprodução na Austrália. **C** - Figura adaptada de GARLAND *et al.* (2013), (FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Blackman-Harris) descrevendo a subunidade encontrada em regiões de reprodução na Nova Caledônia. **D** - Figura retirada de GARLAND *et al.* (2013), (FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Blackman-Harris) descrevendo a subunidade encontrada na área de alimentação na Antártica. **E** - Espectrograma Gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming da subunidade C encontrada na área de estudo, área de reprodução (retângulos vermelhos). Esta subunidade estão presente nas áreas de alimentação e nas áreas de reprodução sendo esta um ótimo marcador bioacústico da espécie..... 35

**Figura 22** Localizações geográficas de ocorrência das subunidades das baleias jubarte nas áreas de alimentação (legendas em amarelo) e reprodução (legenda em vermelho) tanto descritas na literatura quanto analisadas neste estudo..... 36

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE QUADRO.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	4
1.1.1. Objetivo geral.....	4
1.1.2. Objetivo específico.....	4
1.2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
1.2.1 <i>Megaptera novaeangliae</i> (Borowski, 1781) – BALEIA JUBARTE .....	5
1.2.2 O SOM NO AMBIENTE AQUÁTICO.....	10
1.2.3 AS VOCALIZAÇÕES DAS BALEIAS JUBARTE.....	10
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.1.1 REGIÃO DE ABROLHOS - Banco de Abrolhos.....	14
2.2 GRAVAÇÕES SONORAS.....	15
2.3 ANÁLISE DAS EMISSÕES SONORAS.....	17
2.3.1. MEDIDAS QUANTITATIVAS.....	18
3. RESULTADOS.....	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS .....	20
3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS SUBUNIDADES.....	20
3.3 DESCRIÇÃO DAS SUBUNIDADES.....	21
3.3.1 SUBUNIDADE A.....	21
3.3.2 SUBUNIDADE B.....	25
3.3.3 SUBUNIDADE C.....	28
4. DISCUSSÃO.....	32
4.1 AS SUBUNIDADES ENCONTRADAS NA LITERATURA.....	32
4.1.1 AS SUBUNIDADES A .....	32
4.1.2 AS SUBUNIDADES B .....	33
4.1.3 AS SUBUNIDADES C .....	34
4.1.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS SUBUNIDADES.....	36
5. CONCLUSÕES.....	38
6. RECOMENDAÇÕES.....	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

## 1. INTRODUÇÃO

A comunicação em grupos de vertebrados superiores e em insetos que vivem em colônias desempenha um aspecto importante na vida do indivíduo nas respectivas comunidades. A comunicação é essencial para o agrupamento da coletividade (BRADBURY e VEHRENCAMP, 1998).

A ordem Cetácea é formada por mamíferos aquáticos com ampla distribuição pelos oceanos e rios. Destacam-se pela capacidade de emitir e perceber sons tonais numa ampla faixa de frequências, acompanhadas ou não de modulações de amplitude (AM) e de frequência (FM) (RICHARDSON *et al.*, 1995; TODD e MORRIN, 2015 ). Além desses sons, várias espécies de cetáceos da subordem Odontoceti podem emitir e identificar sons pulsantes, com frequências que chegam a ultrapassar 100kHz, destinados principalmente ao mapeamento do ambiente circunvizinho. O conjunto desses sons pulsantes é denominado biossonar ou emissões de ecolocalização (RICHARDSON *et al.*, 1995; ZIMMER, 2011).

Diferentes populações da mesma espécie apresentam repertórios distintos, que são considerados como dialetos, isto é, há uma base comum de sons com diferenças regionais. As estruturas variam conforme as localidades geográficas e podem apresentar semelhanças ou diferenças (WINN *et al.*, 1981; CLARK *et al.*, 1982; SAYIGH *et al.*, 1990; FORD, 1991; DING *et al.*, 1995; WATWOOD *et al.*, 2005; FIGUEIREDO e SIMÃO, 2009). Estas observações possibilitaram constatar afinidades entre emissões sonoras de cetáceos de determinadas áreas contíguas e certas diferenças marcantes no repertório da mesma espécie, mas de regiões geográficas distantes. Devido a esta capacidade de emissão e percepção de diferentes tipos de sons, desde a década de 1960 pesquisadores de todas as partes do mundo vêm estudando o papel por elas desempenhado na comunicação e nas relações sociais intra e interespecíficas dos Cetáceos.

O conhecimento em longo prazo dos repertórios das populações permitiu identificar a existência de dialetos e as semelhanças e diferenças entre esses dialetos indicam se houve troca de indivíduos. Foi assim que BERCHOK *et al.* (2006) identificaram o dialeto próprio em uma população de *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758) (baleia azul) na região estuarina do rio Saint Lawrence, Canadá, quando

comparado às vocalizações da mesma espécie em outras regiões do Atlântico Norte. A existência de uma população isolada caracteriza sua maior vulnerabilidade às ações antropogênicas impactantes, demandando maiores cuidados nos planos de manejo e conservação.

PAYNE e MCVAY (1971) identificaram e classificaram os sons de machos de baleias jubarte como formados por sons longos e complexos, apresentando características repetitivas, constituídos de uma organização hierárquica, isto é, são formados por UNIDADES, FRASES, TEMAS e CANÇÕES. Esta classificação é, atualmente, usada em vários estudos relacionados à identificação das emissões sonoras de baleias jubarte.

O Monitoramento Acústico Passivo Autônomo (MAPA) nas atividades de produção e exploração de petróleo consiste na mais relevante aplicabilidade que se pode dar a um banco de dados de emissões sonoras de mamíferos marinhos. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), por meio da Coordenação Geral de Petróleo e Gás (CGPEG), vinculada à Diretoria de Licenciamento (DILIC), por meio do Guia de Monitoramento da Biota Marinha, descreveu a necessidade do uso do MAPA como uma ferramenta obrigatória para minimizar os impactos provenientes da atividade de pesquisa sísmica marítima, em especial, nos mamíferos.

A pesquisa de prospecção sísmica marinha pode variar enormemente. Há, no entanto, dois tipos principais de métodos de pesquisa sísmica: o método bidimensional (Sísmica 2D) e o método tridimensional (Sísmica 3D). O processo de obtenção de dados sísmicos em si consiste no acionamento das fontes de energia sísmica, em intervalos regulares. Estas fontes disparam ar comprimido sob pressão (2000psi) que forma uma bolha de ar em volta da fonte de energia sísmica. Essa bolha de ar se rompe e gera uma série de ondas sonoras (pulsos sonoros) que viajam na água até o fundo do mar. Estas ondas sonoras penetram no subsolo marinho, retornam para a água e seguem até a superfície do mar, onde são captadas por hidrofones (microfones próprios para a água), que estão fixados ao longo do cabo sísmico e rebocado pelo navio sísmico. Estes hidrofones, altamente sensíveis, registram as informações refletidas que são processadas e geram perfis de imagem do subsolo marinho.

Os pulsos sonoros de alta intensidade, liberados pelos disparos de ar comprimido, são passíveis de provocar impactos: temporários ou permanentes; físicos, fisiológicos ou comportamentais aos cetáceos que permanecem nas proximidades das áreas em exploração (RICHARDSON, 1995; VILARDO, 2006; WEIR, 2008; GRAY e WAEREBEEK, 2011; PARENTES e ARAÚJO, 2012; BLACKWELL *et al.*, 2015). Para minimizar tal impacto, o IBAMA/CGPEC orienta seguir a metodologia descrita no Guia de Monitoramento da Biota (IBAMA, 2007), onde são colocados na embarcação sísmica observadores de bordo a fim de visualizar a aproximação dos cetáceos na área de 500 metros entorno do navio sísmico. Durante a operação, ao avistar um mamífero marinho na área de 500 metros, o observador deve avisar ao responsável pela operação e obrigar a interrupção dos disparos imediatamente. Entretanto, este procedimento de proteção aos animais não é realizado no período noturno, tampouco quando as condições meteorológicas se degradam, apresentado uma janela de tempo onde pode ocorrer possíveis impactos aos cetáceos e às demais formas marinhas. Portanto, faz-se necessário o uso de um sistema de monitoramento acústico passivo que funcione durante as 24 horas, independentemente das condições climáticas, podendo ser feito até mesmo de forma automática por meio de uma rede neural.

Um sistema de monitoramento da presença de mamíferos marinhos deve ser eficaz na determinação da distância na qual o animal se encontra, independentemente das condições de luminosidade e climáticas. Este sistema de localização não pode ser um sonar ativo, isto é, que emita um sinal pulsante para analisar o eco de retorno, pois assim seria introduzida no ambiente mais uma fonte de poluição sonora. É necessário que o sistema seja passivo e, por conseguinte, capaz de localizar e determinar a distância do animal à embarcação pela captação passiva das vocalizações emitidas (PACE *et al.*, 2010; ABBOT *et al.*, 2012).

O sistema MAPA precisa das características das emissões sonoras de cada espécie de mamíferos marinhos para realizar as detecções. É necessário um maior número de emissões sonoras registradas e analisadas, sendo assim possível realizar a localização, a comparação e a identificação corretas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar quantitativa e qualitativamente as emissões sonoras das baleias jubarte na região de Abrolhos ao longo de vários anos.

### **1.1.2. Objetivo específico**

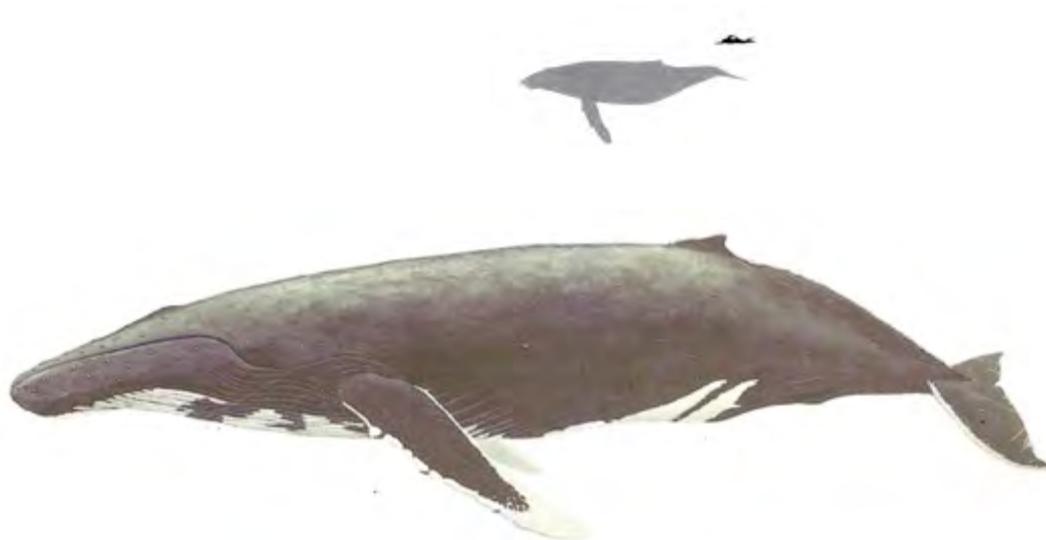
1. Descrever as subunidades das emissões sonoras das baleias jubarte encontradas na regiões de Abrolhos;
2. Comparar as subunidades encontradas na região de Abrolhos com outras diferentes localidades geográficas; e
3. Fornecer dados bioacústicos para estruturar futuramente o primeiro banco de dados de sons de mamíferos marinhos do Atlântico Sul Ocidental, denominado SONOTECA.

## 1.2 REVISÃO DA LITERATURA

A ordem Cetacea é formada pelas subordens Mysticeti e Odontoceti (Integrated Taxonomic Information System, 2015), que inclui os animais conhecidos como baleias, botos e golfinhos. As espécies de ambos os grupos apresentam estrutura social bem definida e interações comportamentais marcantes. A subordem Mysticeti é exclusivamente marinha. Das setes espécies que migram, seis ocorrem no Brasil.

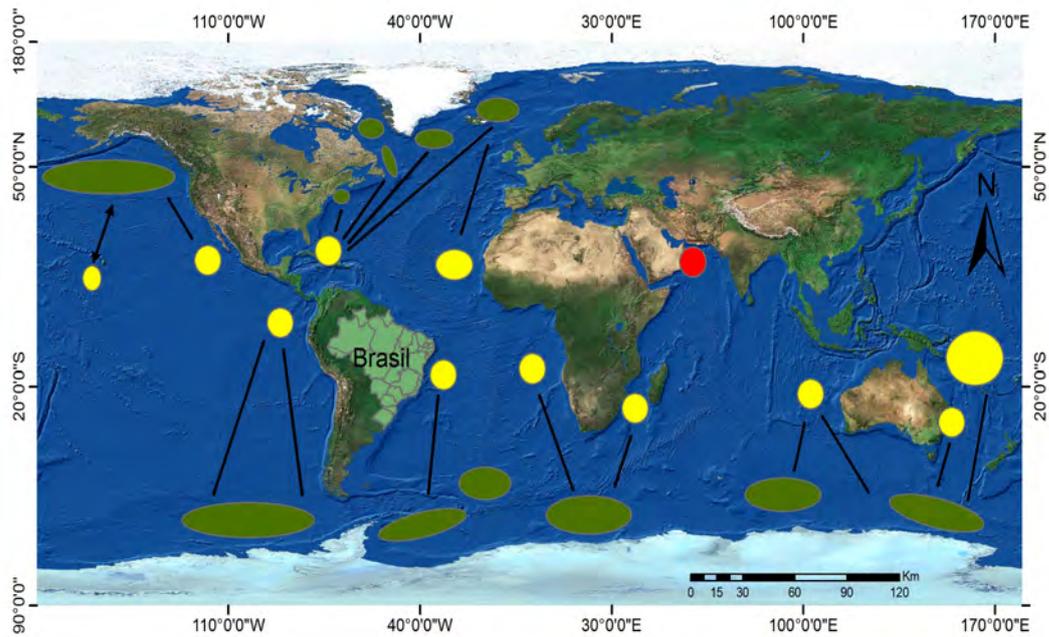
### 1.2.1 *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) – BALEIA JUBARTE

Esta baleia pertence à família Balaenopteridea, a qual possui o maior número de indivíduos vivos entre as baleias. As principais características desta família são corpo longo acima de 7 metros (média entre 10m e 19m) de comprimento e um formato hidrodinâmico, com longas dobras (pregas) que se estendem da ponta do rostro (focinho) até o umbigo (Figura 1). Apresentam estruturas flexíveis de queratina em forma de filamentos (linhas) ao invés de dentes, através das quais filtram a água do mar para extrair crustáceos e peixes pequenos, que compõem a maior parte de sua dieta. Estão presentes em águas polares e tropicais, habitando regiões costeiras e oceânicas. Apresentam comportamento migratório (JEFFERSON *et al.*, 1993; BASTIDA *et al.*, 2007).



**Figura 1:** *Megaptera novaeangliae* (baleia jubarte) (retirada JEFFERSON *et al.*, 1993).

O nome em inglês "humpback" descreve bem a forma da baleia quando ela submerge, lembrando a forma de uma corcunda. Mesmo sendo uma espécie cosmopolita, apresenta o seu próprio gênero, *Megaptera* (MEGA: grande e PTERA: asa, grandes asas), por causa de várias características anatômicas distintas, tal como as suas longas nadadeiras peitorais, que podem alcançar comprimentos de mais de 5m. Esta espécie apresenta uma característica singular no topo e nos lados da cabeça, que são fileiras irregulares de protuberâncias conhecidas como "tubérculos". São diferentes de outras baleias devido aos seus comportamentos exuberantes, tais como dar tapas com a longa nadadeira peitoral, rabanadas, saltos e, principalmente, pelas suas longas e características canções (JEFFERSON, 1993). Ocorrem nos Hemisférios Norte e Sul, onde realizam as suas migrações anuais Migram para latitudes subtropicais durante o inverno, chamadas áreas de reprodução e migram para águas em latitudes altas no verão, as áreas de alimentação (JEFFERSON, 1993; BASTIDA *et. al.*, 2014) (Figura 2). As vocalizações produzidas por baleias jubarte durante essas épocas de alimentação e reprodução são muito diferentes: na área de alimentação são emitidos alguns padrões sonoros em sequências simples; já na área de reprodução, produzem canções complexas (PAYNE E MCVAY, 1971; RICHARDSON, 1995; AU *et. al.*, 2006). Durante a época de reprodução, as baleias se reúnem em regiões de baixa latitude, em grandes números, e os machos executam canções prolongadas e complexas (PAYNE E MCVAY, 1971). Somente a população encontrada no Mar da Arábia não realiza migrações.(MAHANTY *et al.*, 2015; POMILLA *et al.*, (2014 ).

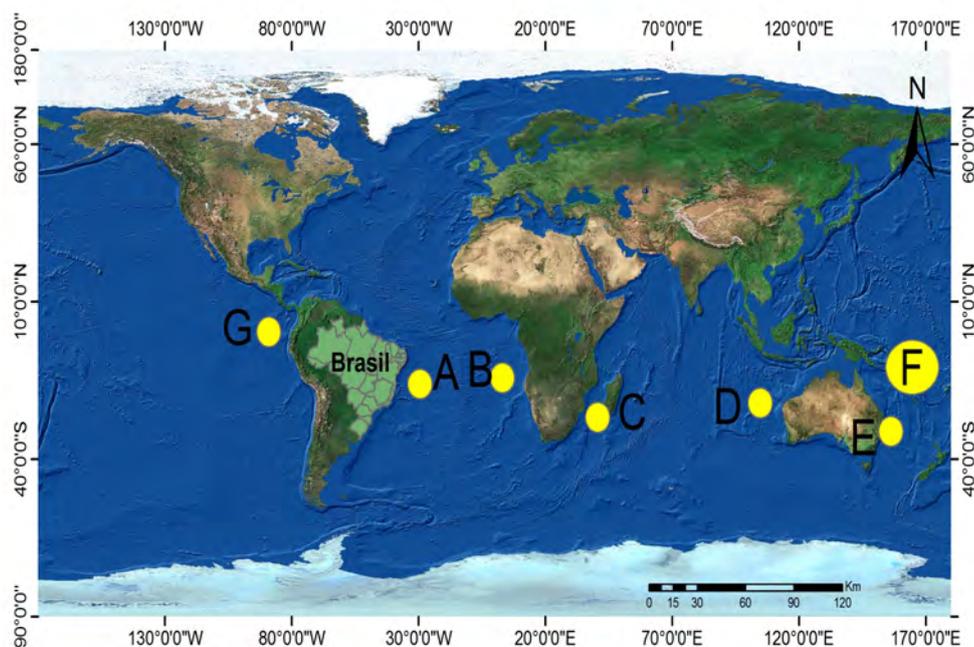


**Figura 2:** Mapa de distribuição das regiões onde são encontradas as baleias jubartes. As elipses verdes representam as áreas de alimentação, as amarelas as áreas de reprodução e o círculo vermelho representa a população de jubartes do Mar da Arábia, que não realiza migração. As setas representam os movimentos de migração. (referencia eu)

Segundo a Comissão Internacional de Baleias (International Whaling Commission - IWC), no Hemisfério Sul as baleias jubarte são divididas em seis áreas de ocorrências (I a VI). O IWC reconhece sete principais estoques reprodutivos, de A a G, e alguns são subdivididos (REILLY *et al.*, 2008) (Quadro 1; Figura 3).

**Quadro 1:** Principais estoques reprodutivos de baleias jubarte no hemisfério sul, conforme descritos pela IWC (REILLY *et al.*, 2008).

Grupo	Áreas
A	Sudoeste do Atlântico: costa do Brasil
B	Sudeste do Atlântico: costa da África Ocidental do Golfo da Guiné até África do Sul
C	Sudoeste do Oceano Índico: costas do leste da África do Sul, Moçambique, Madagascar (costa sul, oeste e leste), Mayotte, Ilhas Comores e outros grupos nas ilhas ocidentais do no Oceano Índico
D	Oceano Índico Sudeste: noroeste da Austrália
E	Sudoeste do Pacífico: nordeste da Austrália, Nova Caledônia, Tonga e Fiji
F	Centro do Pacífico Sul: Ilhas Cook e Polinésia Francesa
G	Sudeste do Pacífico: Equador, Galápagos, Colômbia, Panamá e Costa Rica



**Figura 3:** Mapa de localização das sete principais áreas de estoques reprodutivos no hemisfério sul do IWC. Estão representadas pelas letras do alfabeto e descritas no Quadro 1.

A população mundial da baleia jubarte tem aumentado e atualmente está estimada em cerca de 53.000 indivíduos, segundo o último relatório da IWC em 2015. Este número foi gerado através de meta-dados de trabalhos anteriores a 2010. Com base nisso, esta estimativa pode apresentar resultados defasados.

Pelo último censo aéreo realizado pelo Instituto Baleia Jubarte (IBJ), no ano de 2015, foi feita a uma estimativa de 17.010 baleias jubarte na costa brasileira, do Rio Grande do Norte até o Rio de Janeiro (Comunicação pessoal Dr. Milton Marcondes - Coordenador de Pesquisa do IBJ). Embora isto possa parecer um número grande em relação às outras espécies de cetáceos, estes mamíferos marinhos foram ameaçados até poucos anos atrás, devido à caça comercial de baleias. Desde a proibição da caça, as populações têm aumentado e são agora uma espécie com menor risco de extinção (ZERBINI *et al.*, 2006; ROSSI-SANTOS *et al.*, 2008; ANDRIOLO *et al.*, 2010). Estimativas populacionais mostraram um crescimento do estoque reprodutivo “A” de 7,3% a 8,6% por ano até 2008 (ANDRIOLO *et al.*, 2010). De acordo com o Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas da International Union for Conservation of Nature (IUCN), o seu status apresenta uma “Menor Preocupação” (LC - Least Concern) (REILLY *et al.*, 2008). No Brasil, na lista do Instituto Chico Mendes/Ministério do Meio Ambiente (ICMBio/MMA), apresenta também seu status de “Quase Ameaçadas” (NT), com atenção e cuidados (MMA, 2014). O impacto da caça à baleia em populações de baleias jubarte foi particularmente intenso no Oceano Atlântico.

A população que frequenta a costa do Brasil pertence ao estoque reprodutivo “A”. Segundo pesquisa realizada com monitoramento por satélite, estas baleias têm como destino de suas rotas de migração às proximidades das Ilhas Geórgia do Sul e Sandwich do Sul, na região Antártica (ZERBINI *et al.*, 2006 e ZERBINI *et al.*, 2011). Podem ser observadas nas proximidades do Arquipélago de Fernando de Noronha (3°51'S) e Trindade e Martins Vaz (20°30'S) (LODI, 1994). A maior densidade de indivíduos, bem como a percentagem mais elevada de grupos com filhotes recém-nascidos são encontrados na região de Abrolhos, no período de maio a dezembro (ZERBINI *et al.*, 2014).

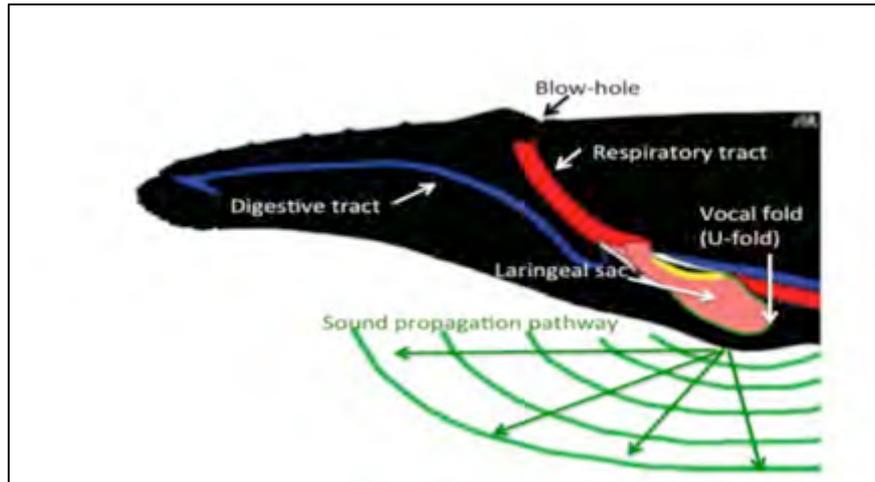
### **1.2.2 O SOM NO AMBIENTE AQUÁTICO**

O som pode se propagar na água de forma relativamente fácil e, por esta razão, é utilizado como a principal ferramenta de comunicação por muitas criaturas que habitam este ambiente. A velocidade do som na água é, geralmente, inferior a 1500m/s, o que significa que o som em água viaja cerca de 5 vezes mais rapidamente do que no ar. Além disso, som subaquático pode viajar distâncias maiores do que no ar, porque o mecanismo de perda de energia é menor. Isso permite que os animais possam se comunicar, mesmo quando estão em longas distâncias uns dos outros e também quando a visibilidade é muito limitada, devido às más condições de luz ou em água escuras (RICHARDSON *et al.*, 1995; HOPP *et al.*,1998).

### **1.2.3 AS VOCALIZAÇÕES DAS BALEIAS JUBARTE**

Os mecanismos de produção de som e recepção em cetáceos ainda são pouco conhecidos, particularmente em baleias, porque estes grandes animais não podem ser mantidos em cativeiro para estudos experimentais. As informações sobre a anatomia do ouvido e do aparelho vocal vem na sua maioria de animais encalhados.

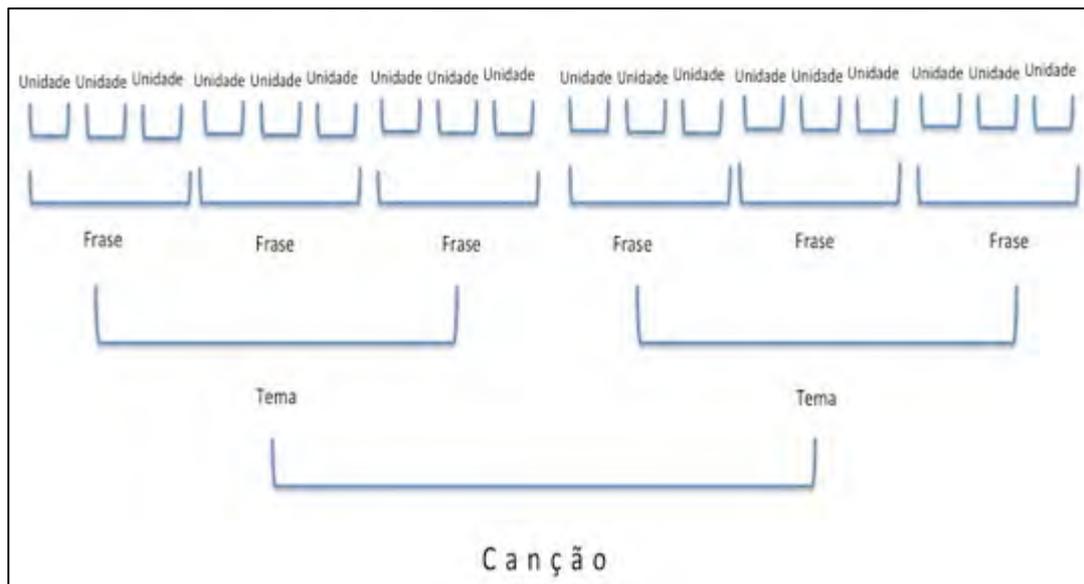
REINDENBERG e LAITMAN (2007) descreveram a anatomia do aparelho vocal de oito baleias jubarte de várias faixas etárias. A principal diferença com relação ao aparelho de mamíferos terrestres é que estas baleias não têm cordas vocais. Esta é a razão pela qual o mecanismo real para a produção de som não é ainda completamente compreendido. No entanto, os autores identificaram uma estrutura homóloga às cordas vocais e a chamaram de dobra U (Figura 4). Está localizada paralelamente ao fluxo de ar, em vez de perpendicularmente, ao contrário de mamíferos terrestres, e os sons podem ser gerados pelo ar que flui entre a superfície da laringe e o saco da laringe.



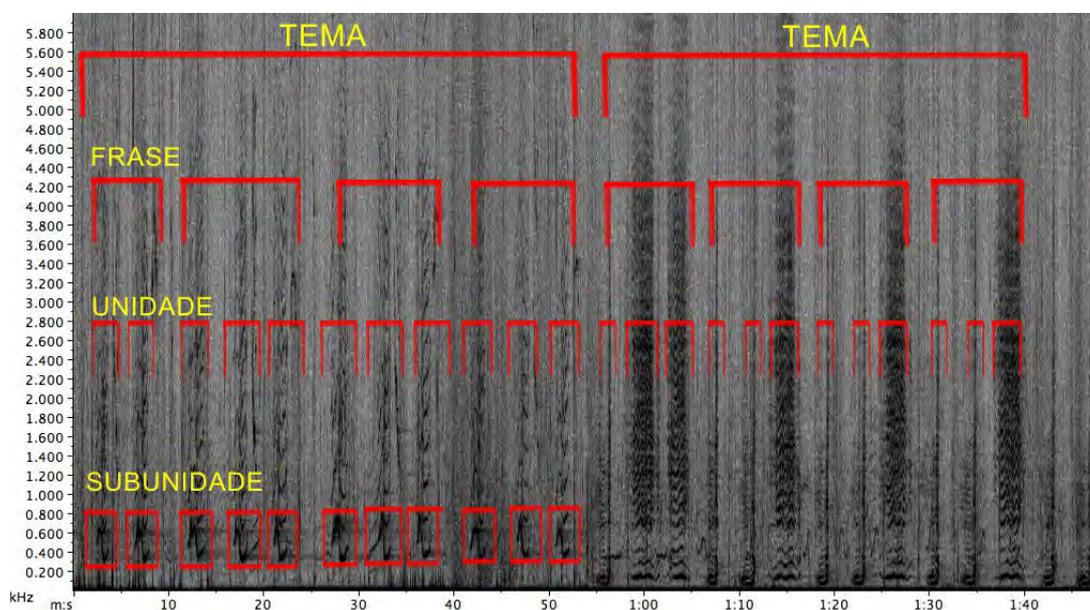
**Figura 4:** Diagrama mostrando a localização da laringe de uma jubarte. A estrutura tubular de cor vermelha mostra o tubo respiratório, a estrutura de cor azul, o tubo digestivo, as estruturas brancas são cartilagens e o saco da laringe está representado na cor rosa. Durante a produção do som, o saco da laringe irradia o som a partir da parte ventral do corpo da baleia através do oceano (REINDENBERG e LAITMAN, 2007).

A primeira gravação de vocalizações da espécie foi realizada em 1952 por SCHREIBER, usando um hidrofone instalado em uma plataforma submarina da Marinha Norte-Americana em Oahu, Hawai, EUA. Entretanto, ele não chegou a identificar a espécie emissora. Somente quando SCHEVILL organizou as gravações de SCHREIBER em 1964, reconheceu como sons de baleias jubarte. FRANCK WATLINGTON, em Bermudas, usou um hidrofone com uma instalação semelhante ao de SCHREIBER, durante a migração da primavera (1953 a 1954) no talude do Oceano Atlântico Norte (RICHARDSON *et al.*, 1995). Porém, somente em 1971, os pesquisadores PAYNE e MCVAY identificaram e classificaram os sons como sendo de machos de baleias jubarte, vocalizando sons longos e complexos, apresentando características repetitivas, constituídos com uma organização hierárquica, isto é, as “Unidades”, “Frases”, “Temas” e “Canções”. Esta classificação é atualmente usada em vários trabalhos relacionados a identificações das emissões sonoras de baleia jubarte (PAYNE e MCVAY, 1971).

O diagrama na Figura 5 mostra a terminologia usada para descrever as canções de baleias jubarte, conforme definido por PAYNE e MCVAY (1971) e na figura 6 exemplo de espectrograma com a terminologia de PAYNE e MCVAY (1971).



**Figura 5:** Diagrama com as divisões das emissões sonoras da baleia jubarte, definidas por PAYNE e MCVAY (1971).



**Figura 6:** Espectrograma com detalhes do diagrama com as divisões das emissões sonoras da baleia jubarte, definidas por PAYNE e MCVAY (1971).

Já foram descritos para a *M. novaeangliae* três tipos de vocalizações: (1) "Canções", que são emitidas no final do outono, inverno e primavera por baleias machos (WINN *et al.*, 1978; TYACK, 1981, 1983; SILBER, 1986; MOBLEY *et al.*, 1988; CERCHIO e DAHLHEIM, 2001a; e CERCHIO *et al.*, 2001b); (2) "Sons Sociais", produzidos por baleias em grupos de inverno e verão, de ambos sexos, não apresentando sons complexos (MOBLEY *et al.*, 1988; CERCHIO e DAHLHEIM,

2001a; FRAZER e MERCADO, 2000; SIMÃO e MOREIRA, 2005; DUNLOP *et al.*, 2007); e (3) “Sons de Alimentação”, sons de baleia jubarte de ambos os sexos, em grupos entre 7 a 9 indivíduos, em área de alimentação no verão (MOBLEY *et al.*, 1988).

A canção da baleia jubarte é muito complexa, com variados tipos de componentes (PAYNER e MACVAY, 1971; TYACK, 1981; TYACK e WHITEHEAD, 1983; HELWEG *et al.*, 1992; ARRAUT e VIELLARD, 2004; CHOLEWIAK *et al.*, 2014). As frequências variam de 20Hz a 4kHz e, ocasionalmente até 8kHz (RICHARDSON *et al.*, 1995; TODD e MORRIN, 2015), podendo variar de 140 a 174dB (FRANKEL, 1994 *apud* AU *et al.*, 2001; AU *et al.*, 2006). A duração pode variar de 12 a 25 minutos e a sua repetição pode durar até 22 horas (PAYNE e MCVAY, 1971). THOMPSON *et al.* (1986) gravaram sons de alimentação no verão em alta latitude no sudoeste do Alasca (USA), com faixa de frequências entre ~20 e 1.900Hz, duração média de 0,2 a 0,8s e amplitude de 175 a 192dB *re* 1µPa-m.

Os sons podem ser detectados pelo hidrofone a uma distância de 13 a 15km. WINN *et al.* (1973), MOBLEY *et al.* (1988) e TYACK (1981) atribuíram a maioria dos sons aos machos adultos solitários. Estudos sobre dispersão sonora das emissões das baleias jubarte por PAYNE e GUINEE (1983) demonstraram que estas emissões podem ser captadas a uma distância não maior que 20km, com base no modelo de propagação sonora de PAYNE e WEBB (1971). Entretanto, alguns autores verificaram que a propagação pode ocorrer a distâncias entre 30 e 40km (WINN e WINN, 1978; HELWEG, *et al.*, 1990).

HELWEG *et al.* (1998) compararam emissões sonoras produzidas por *M. novaeangliae* durante o período de migração nas localidades da Austrália e Nova Zelândia. Este estudo mostrou variações geográficas nas estruturas dos sons, dentro de uma população e entre as populações das duas áreas de reprodução. Entretanto, NOAD *et al.* (2000) demonstraram que uma canção de uma baleia jubarte no oeste da Austrália (Grupo IV) foi registada no leste da Austrália (Grupo V). Em apenas dois anos esta canção foi totalmente incorporada ao repertório das canções da jubartes da Austrália como um todo. Novas canções em grupos próximos estimularam mudanças rápidas como uma forma de competição (NOAD *et al.*, 2000). DARLING e SOUSA-LIMA (2005) compararam as emissões sonoras de jubarte da região do Banco de Abrolhos (Brasil) e com as do Cabo Lopez (Gabão) nos anos de 1999, 2001 e 2002. Os autores

verificaram existência de frases e unidades semelhantes entre as populações, justificando uma interação entre os indivíduos das populações em um determinado período dos ciclos migratórios.

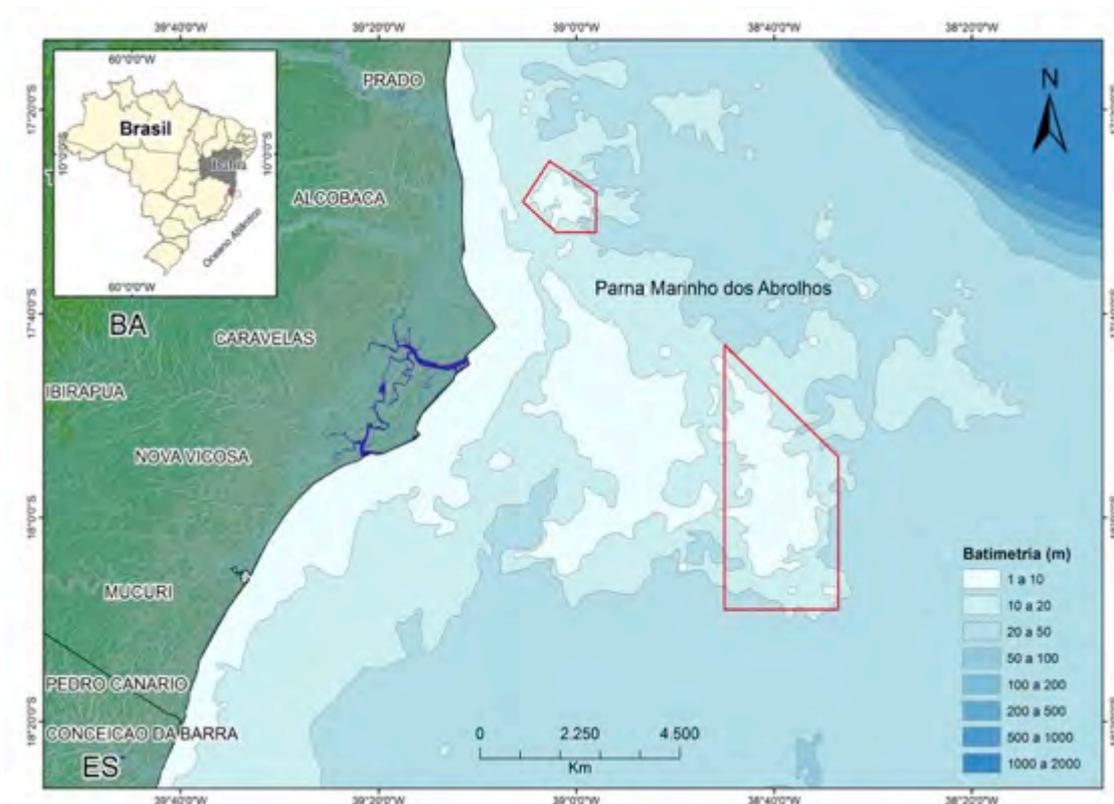
PACE *et al.* (2010) analisaram canções de baleias jubarte registradas na região de Madagascar, entre agosto de 2008 e 2009. As emissões sonoras foram segmentadas em subunidades. O resultado mostrou um aumento na capacidade de identificação da espécie por meio das vocalizações, pois as subunidades não apresentaram alterações no seu padrão estrutural. Os autores demonstraram que as subunidades são os segmentos mais curtos de uma vocalização que podem ser encontradas sozinhas ou associadas com uma ou mais subunidades para formar uma unidade; subunidades não variam significativamente as suas características ao longo da sua duração. A caracterização e descrição específicas das subunidades nas vocalizações de baleias jubarte do Brasil não foi encontrada nas bases consultadas, sendo o presente estudo a primeira avaliação do tipo, inédita.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. ÁREA DE ESTUDO**

#### **2.1.1 REGIÃO DE ABROLHOS - Banco de Abrolhos**

A região tem como seu limite sul a foz do Rio Doce (ES) e ao norte a foz do Rio Jequitinhonha (BA). A área está incluída no litoral do Estado da Bahia. Uma principal característica desta região é a presença de uma plataforma continental estreita, cuja extensão corresponde a aproximadamente 15km. A média de profundidade ao longo da plataforma é de 20 a 70m e a amplitude da maré varia entre 0,1 a 2,6m. Esta grande porção de águas rasas estende-se a distâncias de até 200km da costa, compreendendo uma área de aproximadamente 56.000km<sup>2</sup> (Figura 6), que abriga uma grande variedade de ambientes marinhos e costeiros, incluindo recifes de corais, bancos de algas calcárias, fundos de sedimentos finos, bancos de gramas marinhas, manguezais, restingas e praias. As águas possuem temperatura média anual de 25°C. Nesta região está localizado o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, com uma área de mais de 90 mil hectares, sob jurisdição da Marinha do Brasil.



**Figura 7:** Mapa da região de Abrolhos, onde ocorreram os registros das vocalizações das baleias jubarte. As áreas em vermelho demarcam as divisas do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos.

## 2.2 GRAVAÇÕES SONORAS

Os registros das vocalizações das baleias foram realizados pela equipe do Instituto Baleia Jubarte (IBJ) de 2006 a 2013. Os dados coletados não tiveram um protocolo de coleta, variando em tempo de gravações, tipo de equipamentos e número de animais na área de coleta. Conforme a finalização dos outros trabalhos em campo (foto-identificação, coleta de material genético) a embarcação, de madeira do tipo saveiro de 15m e motor a diesel de 250hp, desligava os motores e assim era possível realizar as gravações.

Ao longo dos anos, o equipamento de registros sonoros variou em função do crescente avanço tecnológico que derivou nos sistemas de aquisição de áudio e vídeo digitais. Entre os anos 2006 e 2007, as emissões foram registradas utilizando um sistema analógico gravador cassete Sony TCD-5M – resposta de frequência de 24kHz)

ou, eventualmente, um sistema analógico-digital (vídeo-câmera Sony VX-1000, Sony). A partir de 2008, passou-se a utilizar um sistema digital para registros sonoros um minigravador digital M-Audio MicroTrack II (Avid Technology, Inc.), com taxa de amostragem de 48kHz. Os sistemas de registros sonoros sempre estiveram plugados ao hidrofone HTI 94 SSQ (High Tech, Inc.), com resposta de frequência entre 2Hz – 30kHz. Mesmo com os diferentes equipamentos as gravações das emissões sonoras de jubarte apresentaram boa qualidade para o estudo.

Os registros sonoros foram realizados durante os cruzeiros de pesquisa na temporada de reprodução da baleia jubarte, entre julho, outubro e novembro. Os dados do sistema digital foram obtidos em formato sem compressão (.WAV). No Quadro 2 estão dispostos os registros da data e quantidade de material coletado.

**Quadro 2:** Anos de coleta e quantidade de registros sonoros adquiridos

Ano do registro	Mês do registro	Duração do registro (hh:mm:ss)	Tamanho do registro (Mb)
2006	julho	00:35:32	376,2
2007	julho	00:36:26	192,8
2009	setembro	05:05:19	13.451,9
2009	outubro	01:02:21	1.077,5
2010	agosto	02:46:31	4.230,6
2011	novembro	00:20:06	212,8
2013	outubro	00:39:24	330,2
2013	novembro	00:20:03	248,2
Total		11:25:42	20.120,2

Mb = Megabyte

Dentre os seis anos de abrangência da coleta somente em quatro foram possíveis realizar as análises com qualidade satisfatória. Nos anos de 2009 (setembro), 2010 (agosto) e 2013 (outubro e novembro), as gravações não apresentaram uma qualidade favorável às análises, devido ao ruído de fundo e presença de 2 ou mais vocalizações de jubarte, sobrepondo as subunidades, tendo isto impossibilidade uma correta identificação das subunidades.

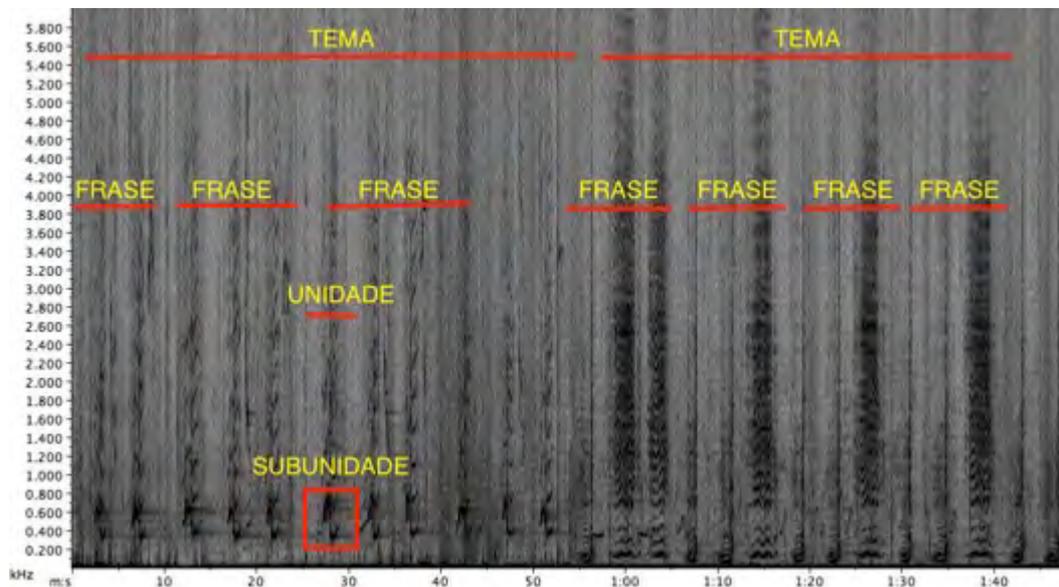
Os artigos selecionados para este estudo apresentaram somente os resultados das análises dos temas, frases e unidades. O estudo da subunidade é recente e com poucos resultados publicados para uma comparação mais detalhada com os resultados da

presente pesquisa. Neste trabalho utilizou-se a análise do espectrograma das características estruturais dos temas, frases e unidades. Estas características embasaram a seleção das subunidade aqui estudadas.

### 2.3 ANÁLISE DAS EMISSÕES SONORAS

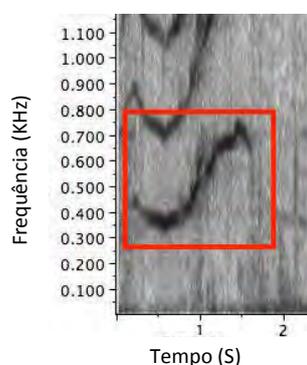
Todas as gravações foram analisadas no Laboratório de Bioacústica e Ecologia de Cetáceos (LBEC) do Departamento de Ciências Ambientais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As análises foram realizadas utilizando-se o programa Raven Pro 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology, NY, EUA), o qual fornece representações gráficas do sinal sonoro no domínio da frequência (espectrograma).

Somente as subunidades foram identificadas, classificadas e analisadas neste estudo, conforme a metodologia de PACE (2010). As subunidades são os segmentos mais curtos de uma vocalização que podem ser encontradas sozinhas ou associadas com uma ou mais subunidades para formar uma unidade (PACE, 2010). A Figura 7 representa um espectrograma com dois temas formados por frases e estas formadas por unidades. As unidades são “constituídas” pelas subunidades (PAYNE E MCVAY, 1971; PACE, 2010).



**Figura 8:** Espectrograma de uma vocalização de jubarte. Em destaque no quadrado vermelho, a subunidade, a qual representa a menor porção encontrada em uma vocalização de jubarte.

Foi realizado um levantamento bibliográfico a fim de identificar e comparar as subunidades na região de Abrolhos. Pace, 2010 encontrou subunidades na região de Madagascar, achou um total de 18 subunidades nos anos de 2007 e 2010 e comparou com outras regiões como México e Havaí (CERCHIO *et al.*, 2001a,b). Também houve levantamento bibliográfico com enfoque em outras região. Na Islândia (LIMA, 2004), Alasca (FOURNET *et al.*, 2014), Austrália, Nova Caledônia e Antártica (GARLAND *et al.*, 2013). A partir das subunidades encontradas nas referências bibliográficas, fez-se busca das mesmas nas gravações de Abrolhos. As subunidades encontradas foram selecionadas e somente aquelas que apresentaram boa relação sinal/ruído foram analisadas quantitativamente nos parâmetros sonoros. As subunidades foram encontradas por análise visual dos espectrogramas e em seguida foram separadas e identificadas com números e letras. Na Figura 9, um exemplo de uma subunidade encontrada neste estudo.



**Figura 9:** Exemplo de espectrograma com subunidades de baleia jubarte. O quadrado vermelho indica a subunidade.

### 2.3.1. MEDIDAS QUANTITATIVAS

Foram realizadas sete leituras dos parâmetros estruturais das subunidades, usando-se o software Raven 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology, NY, EUA). Os dados gerados das análises foram registrados em arquivos “.XLS” (Microsoft Excel 7.0).

Parâmetros medidos pelo Raven:

- 1- Alta da frequência em Hz (Frequência do limite superior da seleção)
- 2- Média da potência em dB (Os valores do espectro de potência são somados entre os limites de frequência inferior e superior da seleção, e o resultado é dividido pelo número de posições de frequências na seleção)
- 3- Energia em dB (Energia total dentro da seleção)
- 4- Frequência central em Hz (Frequência que divide a seleção em dois intervalos de frequência com igual energia).
- 5- Frequência máxima em Hz (A frequência onde ocorre com maior pico energia na seleção).
- 6- Delta do tempo em segundos (A diferença entre início e o término do tempo na seleção).
- 7- Delta da frequência em Hz (A diferença entre os limites de frequência superior e inferior da seleção.)

Foram calculados a média, o desvio padrão (Dp), o valor mínimo (Vmin) e o valor máximo (Vmax) de cada parâmetro.

Para mensurar as subunidades foram realizadas análises multivariáveis de variâncias com nível de significância de 5% e o teste de Tukey, foi aplicado para verificar se ocorreram variações significativas nos anos de estudo. Com o valor do teste *Post Hoc* onde o  $p < 0,05$  representa variação significativa ao ano e o  $p > 0,05$  não representa variação significativa ao ano. Os testes foram realizados pelo software *Statistica* (Stat Soft. Inc. OK, EUA).

Todas as subunidades encontradas foram comparadas com outras subunidades encontrada na literatura.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS

Foram coletados e armazenados 18GB de gravações, totalizando 7h 18min. Nos anos de 2010 e 2012 não ocorreram registros sonoros por problemas no equipamento acústico. Nos anos de 2006, 2007, 2009 e 2011 houve qualidade satisfatória para realizar as análises, o que corresponde 14% do total das gravações. Os registros analisados foram adquiridos nos meses de maior ocorrência de baleia jubarte na região do estudo. No Quadro 3 apresentam-se as gravações que foram usadas neste estudo.

**Quadro 3:** Total dos registros sonoros que apresentaram qualidade satisfatória para as análises neste estudo.

Ano do registro	Mês do registro	Duração do registro (hh:mm:ss)	Tamanho do registro (Mb)
2006	julho	00:35:32	376,2
2007	julho	00:36:26	192,8
2009	setembro	01:32:29	990,7
2009	outubro	01:02:21	1077,5
2011	novembro	00:20:06	212,8
Total		4:06:54	2850,0

Mb = Megabyte

#### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS SUBUNIDADES

As gravações apresentaram várias subunidades, porém somente foram selecionadas aquelas com as seguintes características: melhor qualidade no espectrograma; ausência de interferência com outras subunidades; e presença em maior quantidade. As subunidades também foram pré-selecionadas por apresentarem características ao espectrograma similares àquelas relatadas em outros artigos.

As subunidades que apresentaram estas características em todos os anos estudados foram A, B e C, com um total de 862. A subunidade C apresentou o maior número de registros, com o total de 58% (n= 501;  $X= 125,25 \pm 49,3$ ). No ano de 2009 ocorreu o maior número de subunidades. Neste mesmo ano a subunidade C apresentou,

também, o maior registro por ano, com 62% (n= 195; X= 105±80,7) Todas foram identificadas e estas foram analisadas e classificadas (Tabela 1)

**Tabela 1:** Valores das subunidades encontradas no ano.

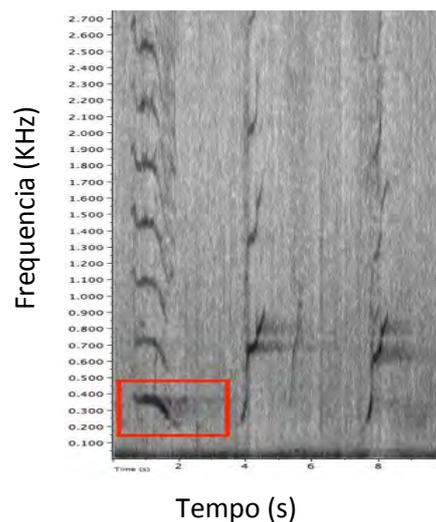
SUBUNIDADE ANO	2006	2007	2009	2011	Total por subunidade	%	Média
A	14	34	81	27	156	18	39,0±29,20
B	102	38	39	26	205	24	51,25±34,35
C	104	81	195	121	501	58	125,25±49,30

% = Valor em porcentagem sobre o total do ano.

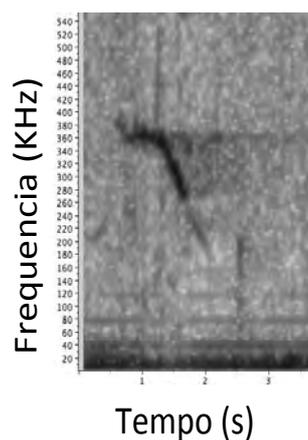
### 3.3 DESCRIÇÃO DAS SUBUNIDADES

#### 3.3.1 SUBUNIDADE A

Esta subunidade foi encontrada em todos os anos analisados (n=156). Nas Figuras 10 e 11 estão exemplos de espectrogramas da subunidade A.

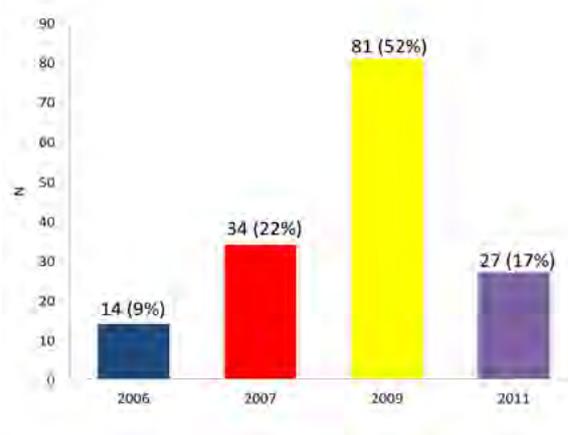


**Figura 10:** Espectrograma da subunidade A gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming.



**Figura 11:** Detalhe da subunidade A identificada neste estudo, gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming.

No ano de 2009 ocorreu o maior registro, com 52% (n= 81) (Figura 12).



**Figura 12:** Distribuição da subunidade A nos anos estudados.

Na Tabela 2 encontram-se as médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros desta subunidade.

**Tabela 2:** Valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade A com os anos separadamente, escolhidos para análise (2006, 2007, 2009 e 2011).

	Anos							
	2006		2007		2009		2011	
	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax
Alta frequência (Hz)	485,3±153,2	399,4 - 860,9	1092,7±56,3	1006,6 - 1238,9	787,5±162	179,4 - 1034,9	697,3±437,6	127,3 - 1293,1
Média da potência (dB)	100,4±1,7	97,5 - 103,7	69,5±3,0	60,8 - 74,2	122±3,4	112,5 - 130,8	79,5±7,8	65,0 - 91,5
Energia (dB)	127,3±1,8	124,5 - 130,3	99,4±3,5	90,8 - 104,8	150,2±3,4	139,4 - 158,5	104,3±7,4	91,5 - 117,3
Frequência central (Hz)	355,8±27,8	325,7 - 425,3	950,8±97,1	716,0 - 1187,0	544±145,7	23,4 - 767,6	540,8±370,8	99,6 - 1111,7
Frequência máxima (Hz)	357,7±26,1	312,2 - 411,8	943,7±127,4	543,7 - 1192,4	555,8±161,8	11,7 - 867,2	534,6±382,4	59,2 - 1144,0
Delta do tempo (s)	1,78±0,3	1,4 - 2,5	1,2±0,2	0,7 - 1,9	1,4±0,2	0,7 - 2,1	1,2±0,8	0,3 - 3,0
Delta da Frequência (Hz)	288,1±93,3	215,1 - 529,8	801,2±94,3	593,6 - 1019,5	511,4±131,5	102,0 - 756,3	390,8±243,0	95,5 - 846,8

M = Média; Dp = Desvio Padrão; Vmin = Valor mínimo; Vmax = Valor máximo.

Pelo teste *Post Hoc* foi verificada uma variação não significativa ( $p > 0,05$ ) nos anos de 2007, 2009 e 2011 para o parâmetro Delta do tempo. Nos anos de 2007 e 2009 com o valor de  $p > 0,442$ ; nos anos 2007 e 2011 com o valor de  $p > 0,950$ ; e nos anos de 2009 e 2011 com o valor  $p > 0,191$ . Na Tabela 3 estão descritos todos os valores analisados.

**Tabela 3:** Variabilidade dos parâmetros acústicos da subunidade A nos anos estudados (G.L. = 152).

Variabilidade da alta frequência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		485,31	1092,80	787,47	697,30
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,259
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,259	

Variabilidade da média da potência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		100,41	69,51	121,91	79,48
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	

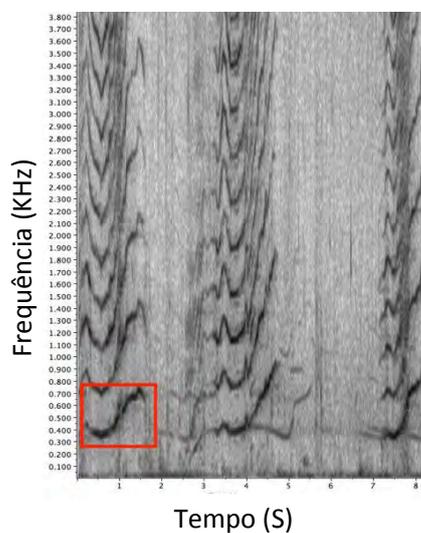
Tabela 3: Continuação

Variabilidade da energia (dB)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		127,34	99,47	150,17	104,33
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	
Variabilidade da frequência central (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		355,86	950,87	543,98	540,83
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,999
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,999	
Variabilidade da frequência máxima (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		357,79	943,75	555,78	534,64
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,967
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,967	
Variabilidade do delta do tempo (s)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		1,78	1,27	1,39	1,21
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		0,442	0,950
3	2009	$p < 0,05$	0,442		0,191
4	2011	$p < 0,05$	0,950	0,191	
Variabilidade do delta da frequência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		288,19	801,26	511,44	390,85
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,150
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	0,150	$p < 0,05$	$p < 0,05$	

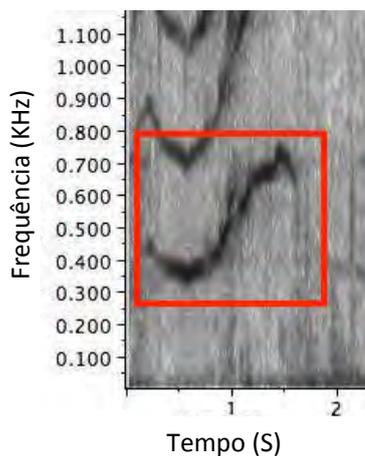
G.L= Grau de liberdade

### 3.3.2 SUBUNIDADE B

Foram encontradas 205 subunidades deste tipo em todos os anos analisados. Nas Figuras 13 e 14, estão dispostos exemplos de espectrogramas da subunidade B encontradas no presente estudo.

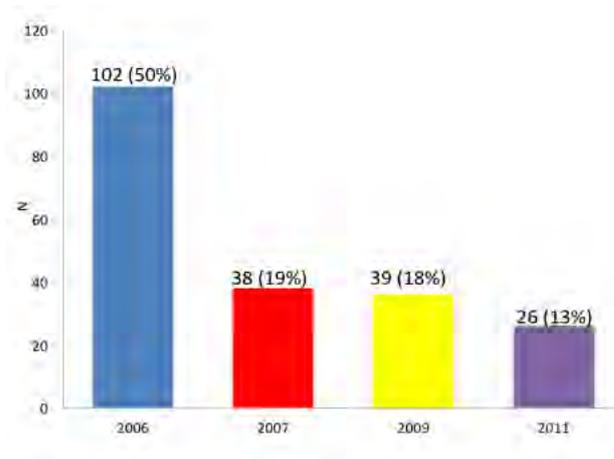


**Figura 13:** Espectrograma da subunidade B gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming.



**Figura 14:** Detalhe do espectrograma de uma subunidade B, gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming.

No ano de 2006 foi registrado o maior valor, 50% ( $n = 102$ ). Na Figura 15 estão os valores encontrados neste estudo.



**Figura 15:** Distribuição percentual da subunidade B nos anos estudados.

Na Tabela 4 estão os valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade B.

**Tabela 4:** Valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade B com os anos separadamente.

	Anos							
	2006		2007		2009		2011	
	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax
Alta frequência (Hz)	908,6±112,4	413,9 - 1187,2	1148,7±273,7	503,3 - 1716,4	475,7±116,7	324,1 - 955,3	756,6±1047,1	377,4 - 5861,9
Média da potência (dB)	97,6±3,1	87,0 - 103,4	71,3±3,5	61,7 - 79,4	124,5±6,4	112,3 - 134	85±8,4	68,4 - 97,5
Energia (dB)	125,8±3,8	114,4 - 131,9	99,9±3,1	90,6 - 104,9	150,3±7,5	136,8 - 161,1	112,7±7,8	96,0 - 122,9
Frequência central (Hz)	548,0±140,6	255,7 - 780,6	465,8±176,9	320,3 - 1130,5	307,93±103,2	11,7 - 550,8	337,6±120,3	253,0 - 775,2
Frequência máxima (Hz)	531,0±174,1	228,8 - 842,5	453,1±219,4	218,0 - 1219,3	296,2±116,8	5,9 - 574,2	329,7±86,6	253,0 - 557,2
Delta do tempo (s)	1,0±0,4	0,449 - 2,1	0,9±0,2	0,5 - 1,4	1,2±0,4	0,6 - 2,2	1,8±0,5	0,7 - 2,6
Delta da Frequência (Hz)	710,6±139,0	264,9 - 1100,4	933,8±304,6	374,3 - 1471,2	359,4±82,6	268,9 - 597	523,3±1077,6	153,5 - 5789,5

M = Média, Dp = Desvio Padrão, Valor mínimo = Vmin, Valor máximo = Vmax

Pelo teste *Post Hoc* (Tabela 5) também houve uma variação não significativa ( $p>0,05$ ) em determinados anos para alguns parâmetros. A frequência máxima apresentou uma variabilidade não significativa em todos anos estudados.

**Tabela 5:** Variabilidade dos parâmetros acústicos da subunidade B nos anos estudados (G.L. = 198)

Variabilidade da alta frequência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		908,61	1148,8	475,69	756,66
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,312
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	0,312	$p < 0,05$	$p < 0,05$	
Variabilidade da média da potência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		97,61	71,26	124,54	85,00
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	
Variabilidade da energia (dB)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		125,86	99,92	150,39	112,69
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	
Variabilidade da frequência central (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		548,04	465,80	307,94	337,60
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,843
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,843	
Variabilidade da frequência máxima (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		531,05	453,12	296,22	329,72
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,863
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,863	

Tabela 5: Continuação

Variabilidade do delta do tempo (s)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		1,02	0,86	1,55	1,81
1	2006		0,118	0,254	$p < 0,05$
2	2007	0,118		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	0,254	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	

Variabilidade do delta da frequência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		710,60	933,80	359,40	523,47
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,174
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,423
4	2011	0,174	$p < 0,05$	0,174	

G.L = Grau de liberdade

### 3.3.3 SUBUNIDADE C

A subunidade C esteve presente em todos os anos, com um total de 510 componentes. Nas Figuras 16 e 17 estão exemplos os espectrogramas da subunidade C encontradas na área de estudo.

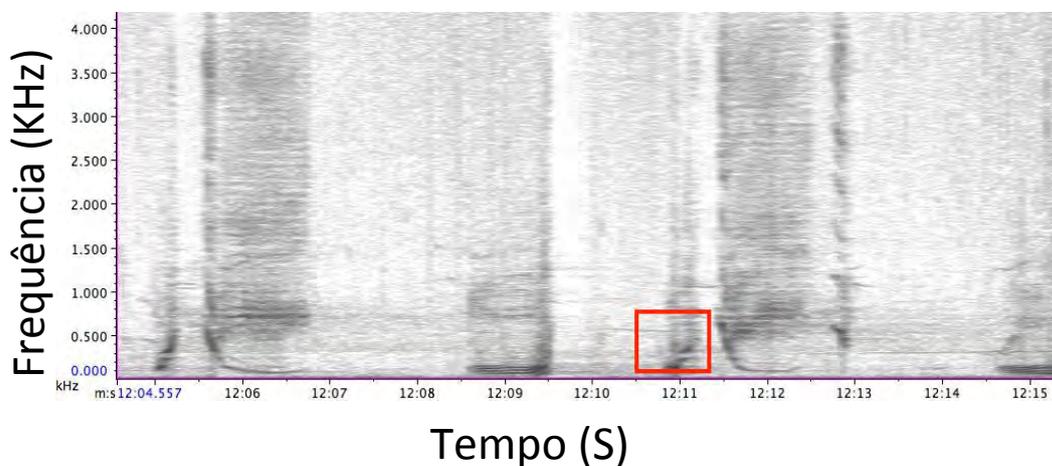
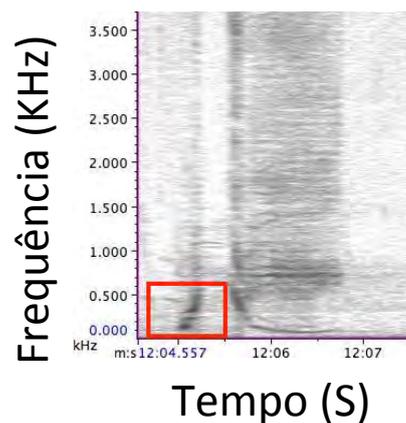
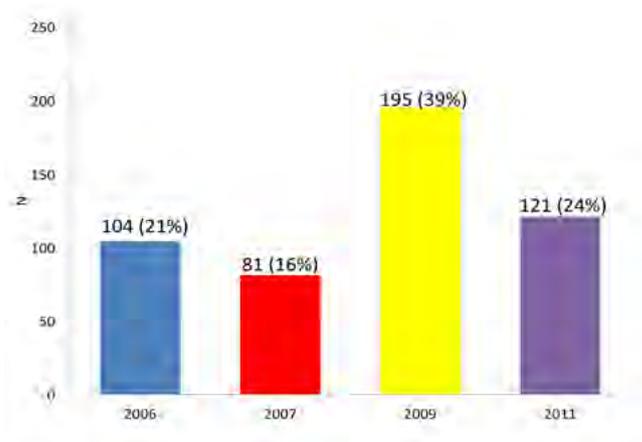


Figura 16: Espectrograma da subunidade C, gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming.



**Figura 17:** Detalhe do espectrograma de subunidade C gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming

No ano de 2009 foi encontrado o maior valor, 39% ( $n = 195$ ) de componentes. Na Figura 15 estão dispostas as quantidades de subunidades C encontradas nos anos analisados.



**Figura 18:** Distribuição das subunidades C nos anos estudados.

Na Tabela 6 estão os valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade C.

**Tabela 6:** Valores das médias, desvios padrões, mínimos e máximos dos parâmetros da subunidade C com os anos separadamente, escolhidos para análise (2006, 2007, 2009 e 2011).

	Anos							
	2006		2007		2009		2011	
	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax	M±Dp	Vmin - Vmax
Alta frequência (Hz)	562,5±116,3	347,7 - 889,7	624±234,0	183,1 - 2315,5	539,3±253,8	178,6 - 3225,6	535,2±227,2	388,3 - 900,3
Média da potência (dB)	98,1±4,9	82,1 - 105,6	78,4±4,5	56,9 - 86,8	107,5±19,5	102,8 - 142,1	102,2±20,1	51,9 - 101,9
Energia (dB)	121,8±4,5	104,7 - 128,7	99,2±4,5	78,2 - 105,7	128,9±19	130,2 - 165,9	123,2±19,9	75,5 - 120,4
Frequência central (Hz)	281,7±44,4	199,2 - 417,2	238,2±98,6	61,9 - 742,9	227,2±180,6	5,9 - 2566,4	241,6±161,5	191,9 - 492,6
Frequência máxima (Hz)	268,8±62,6	107,7 - 463	225,6±101,9	53,8 - 767,1	212,9±187,2	5,9 - 2578,1	226,8±167,1	180 - 522,2
Delta do tempo (s)	0,6±0,2	0,2 - 1,1	0,3±0,1	0,1 - 0,6	0,4±0,2	0,1 - 1,7	0,4±0,2	0,2 - 0,6
Delta da Frequência (Hz)	443,4±120,7	206,9 - 761,6	507,1±216,1	152,6 - 2068,9	448,2±211,1	135,3 - 2543,3	414,8±1992	176,7 - 649,2

M = Média, Dp = Desvio Padrão, Valor mínimo = Vmin, Valor máximo = Vmax

O teste *Post Hoc* (Tabela 7) mostrou na subunidade C uma variação não significativa ( $p > 0,05$ ) em determinados anos para alguns parâmetros. A alta frequência, a frequência central e a frequência máxima apresentaram uma variabilidade não significativa em todos os anos estudados..

**Tabela 7:** Variabilidade dos parâmetros acústicos da subunidade C. (G.L. = 497).

Variabilidade da alta frequência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		562,54	623,68	491,92	522,40
1	2006		0,249	$p < 0,05$	0,532
2	2007	0,249		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		0,638
4	2011	0,532	$p < 0,05$	0,638	
Variabilidade da média da potência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		98,08	78,43	124,56	85,57
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	
Variabilidade da energia (dB)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		121,83	99,22	145,07	105,43
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	

Tabela 7: Continuação

Variabilidade da frequência central (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		281,72	238,16	193,66	286,88
1	2006		0,2237	$p < 0,05$	0,994
2	2007	0,237		0,137	0,132
3	2009	$p < 0,05$	0,137		$p < 0,05$
4	2011	0,994	0,132	$p < 0,05$	
Variabilidade da frequência máxima (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		268,75	225,63	177,56	270,76
1	2006		0,275	$p < 0,05$	0,999
2	2007	0,275		0,111	0,211
3	2009	$p < 0,05$	0,111		$p < 0,05$
4	2011	0,998	0,211	$p < 0,05$	
Variabilidade do delta do tempo (s)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		0,59	0,27	0,30	0,33
1	2006		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
2	2007	$p < 0,05$		0,294	$p < 0,05$
3	2009	$p < 0,05$	0,294		0,244
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	0,244	
Variabilidade do delta da frequência (Hz)	Anos	{2006}	{2007}	{2009}	{2011}
		443,38	507,93	426,35	309,48
1	2006		0,095	0,879	0,095
2	2007	0,095		$p < 0,05$	$p < 0,05$
3	2009	0,879	$p < 0,05$		$p < 0,05$
4	2011	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	

G.L. = Grau de liberdade

## **4. DISCUSSÃO**

Conforme descrito por PACE *et al.* (2010), as subunidades são preservadas ao longo dos anos, assim como a localização geográfica.. Estas subunidades apresentam um papel importante para a identificação das emissões sonoras de baleias jubarte e para outros cetáceos (PACE *et al.*, 2010).

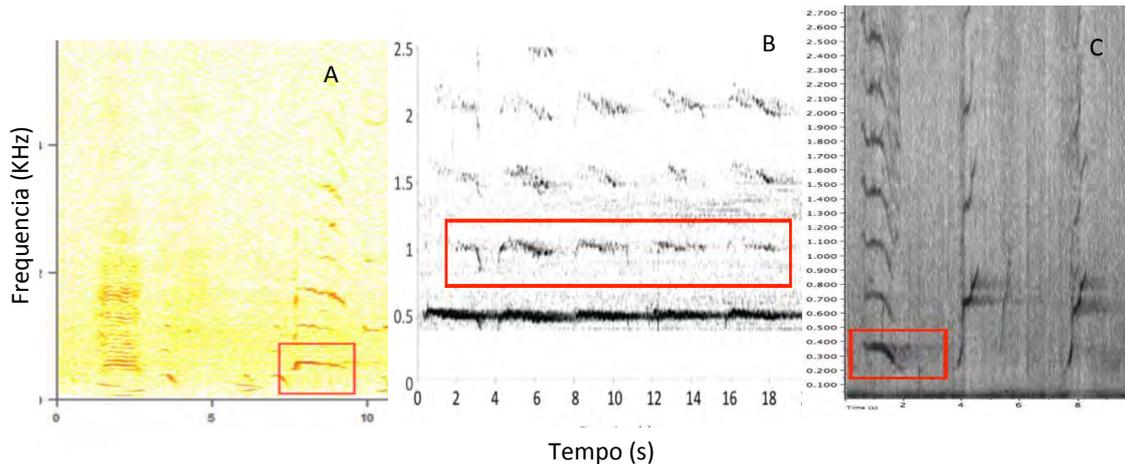
### **4.1 AS SUBUNIDADES ENCONTRADAS NA LITERATURA**

#### **4.1.1 AS SUBUNIDADES A**

LIM (2014) registrou em 2011, na área de alimentação na região subártica, no nordeste da Islândia, uma unidade que apresentou na sua primeira subunidade uma semelhança no espectrograma com a subunidade A aqui descrita. As subunidades da Islândia apresentaram-se na faixa de 1kHz e desse estudo apresentou características de espectrogramas em 2007 ao valor mínimo e máximo do parâmetro delta da frequência. Na Figura 19A.

FOURNET *et al.* (2014) no Alasca, EUA, em área de alimentação das baleias jubarte, registrou em 2012 uma unidade com subunidade semelhante à A (Figura 19B). A unidade do Alasca foi classificada pelos autores como um som associado a comportamento social. A subunidade dessa unidade apresentou-se no espectrograma na faixa de frequência abaixo de 1kHz (Figura 19B). Em todos os anos estudados a subunidade desse estudo apresentou características de espectrogramas, no parâmetro delta frequência, próximos à faixa relatada por FOURNET *et al.* (2014).

Na Figura 19C a subunidade A encontrada na área de estudo em todos os anos estudados. Infere-se que esta subunidade surge tanto em área de alimentação quanto em área de reprodução, sugerindo ser um bom marcador bioacústico da espécie para uso do MAPA.



**Figura 19:** **A** - Espectrograma gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 85% e janela de Hamming, retirado de LIM (2014) encontrada em área de alimentação na Islândia, região subártico . **B** - Espectrograma gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming, foi retirado de FOURNET *et al.* (2014) encontrada na região do Alasca. Os autores classificaram este som como Social. **C** - Espectrograma gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming, subunidade A encontrada na área de estudo, área de reprodução.

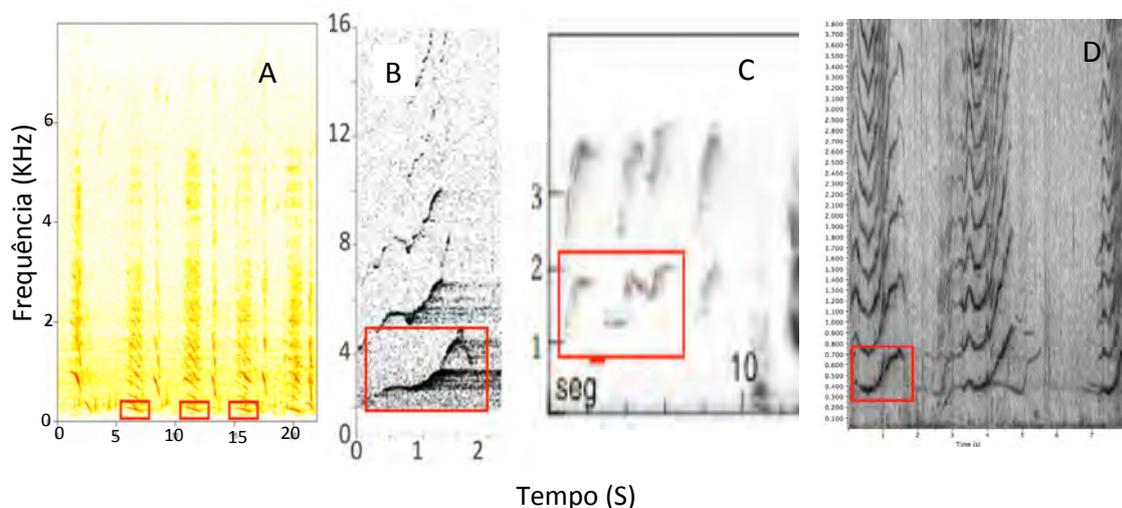
#### 4.1.2 AS SUBUNIDADES B

Em 2011, LIM (2014) também registrou na área de alimentação na região subártica, no nordeste da Islândia, uma subunidade semelhante no espectrograma à subunidade B. Na Figura 20A é possível observar o espectrograma com a subunidade na faixa abaixo de 1kHz. A subunidade desse estudo apresentou uma melhor semelhança nos anos de 2006, 2007 e 2009 para o parâmetro delta frequência.

FOURNET *et al.* (2014) também registraram em 2012, no Alasca, EUA, um unidade com subunidades semelhante à B, desse estudo (Figura 20B). A unidade do Alasca foi classificada pelos autores como som de comportamento social. Nesta região de alimentação as subunidades do Alasca apresentaram, no seu espectrograma, na faixa de 2kHz. Este resultado foi encontrado no ano de 2011 para o parâmetro delta frequência nesta pesquisa.

CERCHIO *et al.* (2001b) em 1991 identificaram em área de reprodução do Atlântico Norte, na região do Arquipélago do Havaí, próximo à Ilha Kauai, unidades que apresentaram subunidades semelhante à subunidade B. A subunidade do Havaí

apresentou o seu espectrograma na faixa acima de 1kHz. A subunidade B apresentou os valores mínimo e máximo dos parâmetros delta frequência acima de 1KHz nos anos 2007 e 2011 (Figura 20C). Na Figura 19D observa-se a subunidade B encontrada na área de estudo.



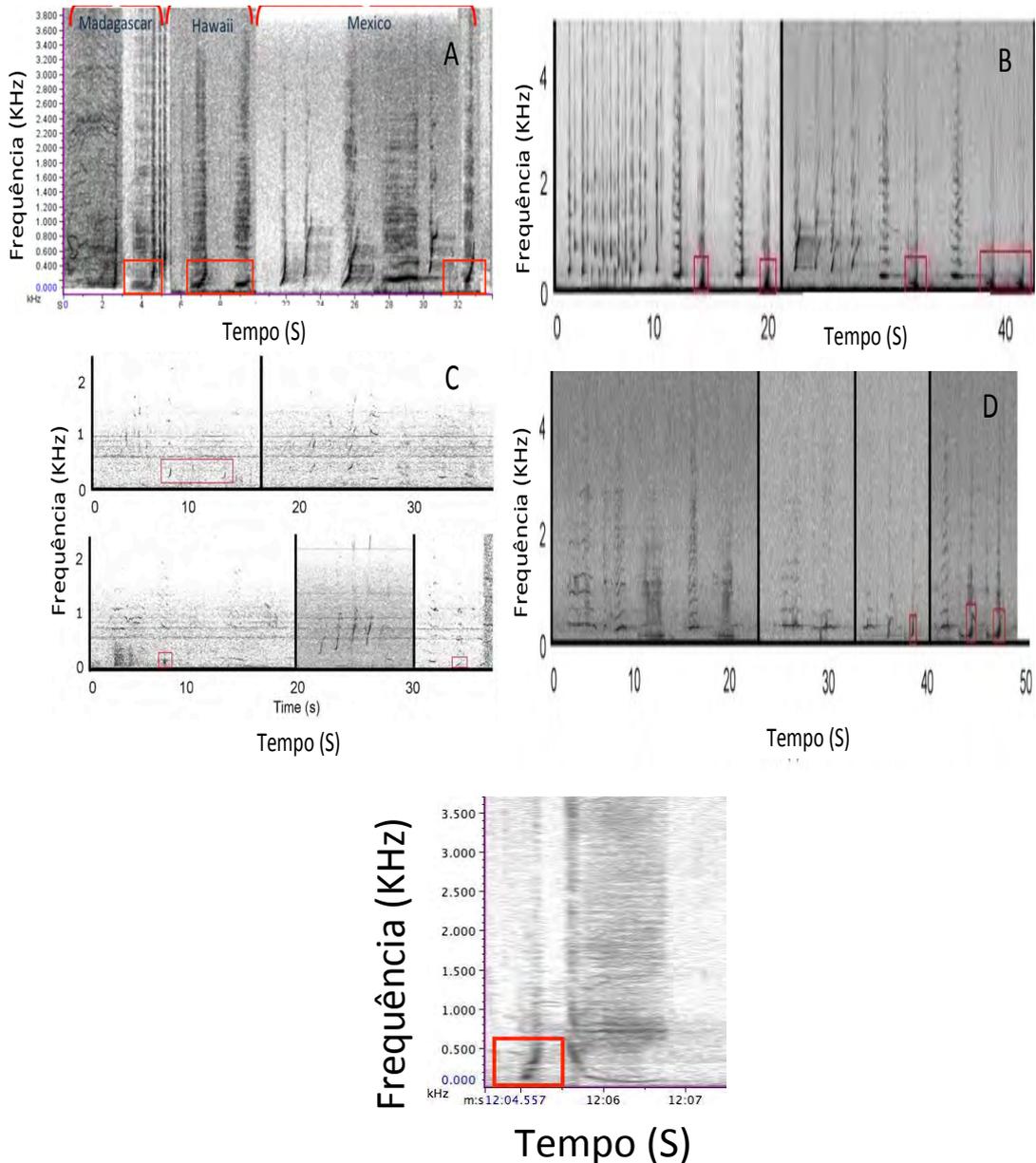
**Figura 20:** A- Espectrograma adaptado de LIM (2014), gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 85% e janela de Hamming. Demonstra uma semelhança da subunidade B encontrada neste estudo com a área de alimentação na Islândia, região subártica. B - Espectrograma adaptado de FOURNET *et al.* (2014). Demonstra a semelhança da subunidade B encontrada neste estudo com a área de alimentação no Alasca. Os autores a classificaram como som social. C- Espectrograma retirado do CERCHIO *et al.* (2001b), gerado com FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming. Encontrado na região no Havaí, área de reprodução de baleias jubarte. D - Espectrograma gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming, subunidade B encontrada na área de estudo, área de reprodução. Portanto esta subunidade aparece tanto em área de alimentação quanto de reprodução, sugerindo ser um bom marcador para espécie para uso do MAPA.

#### 4.1.3 AS SUBUNIDADES C

PACE (2010) comparou as vocalizações de baleias jubarte em três regiões de área de reprodução: Madagascar (2009), Havaí (1989 e 1991) e México (2006) e encontrou em todas elas semelhanças nas mesmas subunidades (Figura 21A) e que estão abaixo de 1kHz. Essas apresentam semelhança à subunidade C nos valores mínimo e máximo do parâmetro delta frequência, em todos os anos de estudo.

GARLAND *et al.* (2013) realizaram descrições das frases e unidades da baleia jubarte em área de reprodução da Austrália, em 2009 (Figura 20B) e Nova Caledônia,

em 2010 (Figura 21C), onde verificaram que as frases descritas naquelas regiões foram também encontradas na Antártica, em 2010 (Figura 21D), considerada área de alimentação. Essas subunidades apresentaram-se abaixo de 1kHz. Essas também são semelhantes à subunidade C em valores mínimo e máximo do parâmetro delta frequência em todos os anos de estudo.

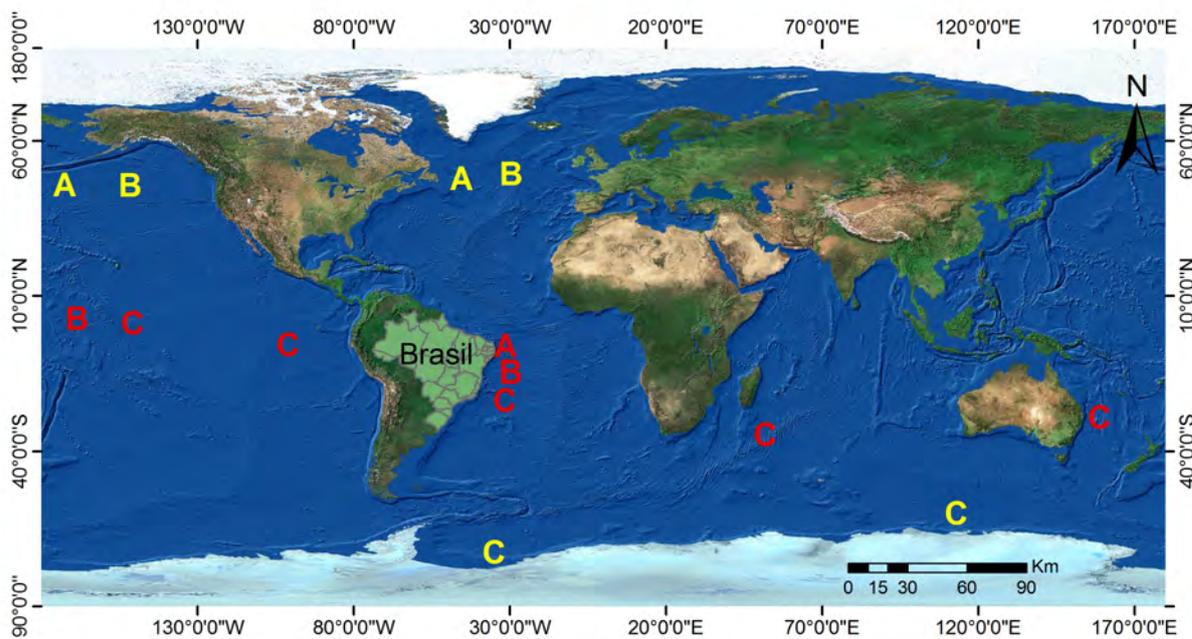


**Figura 21:** **A** - Figura adaptada de Pace (2010) (FFT de 2048 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming) descrevendo as subunidades encontradas em regiões de reprodução: Madagascar, Havaí e México. **B** - Figura retirada de GARLAND *et al.* (2013) (FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Blackman-

Harris) descrevendo a subunidade encontrada em regiões de reprodução na Austrália. **C** - Figura adaptada de GARLAND *et al.* (2013), (FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Blackman-Harris) descrevendo a subunidade encontrada em regiões de reprodução na Nova Caledônia. **D** - Figura retirada de GARLAND *et al.* (2013), (FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Blackman-Harris) descrevendo a subunidade encontrada na área de alimentação na Antártica. **E** - Espectrograma Gerado com FFT de 1024 pontos, *Overlap* de 75% e janela de Hamming da subunidade C encontrada na área de estudo, área de reprodução (retângulos vermelhos). Esta subunidade está presente nas áreas de alimentação e nas áreas de reprodução sendo esta um ótimo marcador bioacústico da espécie.

#### 4.1.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS SUBUNIDADES

Conforme descrito neste estudo e na literatura, as subunidades estudadas foram encontradas em várias localizações geográficas tanto em área de alimentação quanto de reprodução, conforme a Figura 22.



**Figura 22:** Localizações geográficas de ocorrência das subunidades das baleias jubarte nas áreas de alimentação (legendas em amarelo) e reprodução (legendas em vermelho) tanto descritas na literatura quanto analisadas neste estudo.

A subunidade A foi aquela que apresentou a menor ocorrência neste estudo. Em área de alimentação foi registrada na Islândia (LIM, 2014) e no Alasca (FOUNET *et al.*, 2014) e em área de reprodução em Abrolhos. A subunidade B teve a segunda maior ocorrência. Ocorreu em áreas de alimentação e de reprodução. Em área de alimentação foram registradas na Islândia (LIM, 2014) e no Alasca (FOUNET *et al.*, 2014). Em áreas de reprodução foram descritas no Havaí (CERCHIO *et al.*, 2000b) e na área do presente estudo, Abrolhos.

A subunidade C apresentou a maior distribuição neste estudo, tendo sido encontrada em: áreas de reprodução de Madagascar, Havaí e México (PEACE *et al.*, 2010) e Austrália e Nova Caledônia (GARLAND *et al.*, 2013); e na área de alimentação na Antártica (GARLAND *et al.*, 2013). Sua distribuição ocorreu, principalmente, nas áreas de alimentação e nas de reprodução do Hemisfério Sul, totalizando oito regiões.

A subunidade C apresentou um melhor resultado neste estudo. Ela apresentou no teste Tukey variações não significativas ( $p > 0,05$ ) para os parâmetros alta frequência, frequência central, frequência máxima, delta do tempo e delta da frequência. Isto sugere ser um bom marcador bioacústico para a espécie. Portanto, facilita seu uso pelo sistema MAPA.

O uso das subunidades para identificação das vocalizações de jubarte é recente no mundo e inédito no Brasil. Os resultados citados neste estudo tornaram possível identificar as subunidades em áreas de alimentação e reprodução, comparando com os artigos de outros autores, demonstrando que as subunidades apresentam características apropriadas para serem usadas em sistema de MAPA.

## **5. CONCLUSÕES**

Embora o significado biológico da comparação e o desempenho do sistema MAPA não esteja bem definido, este estudo apresenta resultados preliminares na descrição das subunidades em baleias jubarte brasileiras.

O estudo foi inédito, pois apresentou, pela primeira vez, uma visão geral sobre as subunidades encontradas nas canções de baleias jubarte, na região de Abrolhos, em época de reprodução e somente com machos sexualmente ativos. Foi mostrado que algumas subunidades foram compartilhadas entre outras populações de jubarte do Hemisfério Sul e Norte, tanto em áreas de reprodução quanto em área de alimentação.

Estes resultados possibilitarão iniciar a construção do primeiro banco de dados de sons, chamado SONOTECA, que será integrado ao sistema MAPA.

## **6. RECOMENDAÇÕES**

Os resultados deste estudo deverão alimentar o sistema SISISMMAM (Sistema Integrado de Som e Monitoramento de Mamíferos Marinhos) um banco de dados integrado ao SIMMAM (Sistema de Monitoramento de Mamíferos Marinhos), georeferenciado com bioinformações de localizações e emissões sonoras de mamíferos marinhos. Utilização desta ferramenta pelo O IBAMA para minimizar os impactos provenientes da atividade de pesquisa sísmica marítima em áreas de ocorrência de cetáceos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AU, W. W. L.; PACK, A. A.; LAMMERS, M. O.; HERMAN, L. M.; DEAKOS, M. H.; ANDREWS, K. Acoustic properties of humpback whale songs. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.120, p. 1103-1110. 2006
- AU, W. W. L.; FRANKEL, A; HELWE, A; CATO, D. H. Against the humpback whale sonar hypothesis. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, v.2, n. 26, p. 295-300. 2001.
- ARRAUT, E. M.; VIELLIARD, J. M. E. The song of the Brazilian population of humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the year 2000: individual song variations and possible implications. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.76, n. 2, p. 373-380, 2004
- ABBOT, T, A.; PREMUS, V. E.; ABBOT, P. A.; MAYER, O. A. Receiver operating characteristic for a spectrogram correlator-based humpback whale detector-classifier. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 132 n. 3, p. 1502-1510. 2012.
- ANDRIOLO, A.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C.C.A.; RUFINO, A.M. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: distribution and population size estimate. **Endangered Species Research**, v. 11, p 233-243, 2010. doi: 10.3354/esr00282.
- ANDRIOLO A.; ZERBINI, A. N.; MOREIRA S.; PIZZORNO J. L.; DANIEL DANILEWICZ D.; MAIA Y. G., MAMEDE N.; CASTRO F. R.; CLAPHAM P. What do humpback whales *Megaptera novaeangliae* (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) pairs do after tagging? **Zoologia**, v. 31, n. 2, p. 105–113, 2014
- BASTIDA, R.; RODRÍGUEZ, D.; SECCHI, E.; SILVA, V. **Mamíferos Acuáticos, Sudamerica Antártida**. 1 ed. Vazquez Mazzini Editores, Buenos Aires, 2007. p. 368.
- BERCHOK, C.; BRADLEY, D.; GABRIELSON, T. St. Lawrence blue whale vocalizations revisited: characterization of calls detected from 1998 to 2001. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.120, p. 2340–2354, 2006 (doi:10.1121/1.2335676).
- BLACKWELL, S. B.; NATIONS, C. S.; McDONALD, T. L.; THODE, A. M.; MATHIAS, D.; KIM, K. H.; GREENE, C. R., MACRANDER, A. M. Effects of Airgun Sounds on Bowhead Whale Calling Rates: Evidence for Two Behavioral Thresholds. **PLoS ONE**. v. 10, n. 6. 2015 (DOI: e0125720. doi:10.1371/journal.pone.0125720)

- BRADBURY, J. W.; VEHCAMP, S. L. (Eds.) **Principles of animal communication**. Sunderland, MA, 2 ed Sinauer Associates. 2011. p. 600.
- CLARK, C. W. The acoustic repertoire of the southern right whale, a quantitative analysis. **Animal Behaviour**, v.30, p. 1060-1071, 1982.
- CERCHIO, S.; M. DAHLHEIM. Variation in vocalizations of humpback whale *Megaptera novaeangliae* from southeast Alaska. **Bioacoustics**, v.11, p. 277-295, 2001a.
- CERCHIO, S.; JACOBSEN J. K.; NORRIS T. F. Temporal and geographical variation in songs of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages. **Animal Behaviour**, v. 62, p. 313-329, 2001b.
- CHOLEWIAK, D. M; SOUSA-LIMA, R. S.; CERCHIO, S. Humpback whale song hierarchical structure: Historical context and discussion of current classification issues. **Marine Mammal Science**, v. 29, p. E312–E332, 2013. doi: 10.1111/mms.12005.
- DARLING, J. D.; SOUSA-LIMA, R. S. Songs indicate interaction between humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) populations in the western and eastern south atlantic ocean. **Marine Mammal Science**, v. 21, n. 3, p. 557-566, 2005.
- DING, W.; WÜRSIG, B.; EVANS W. E.; Whistles of dolphins: Comparisons among populations. **Aquatic Mammals**, v. 21, n. 1, p 65-77, 1995.
- DUNLOP, R.; NOAD, M. J.; CATO, D. S. The social vocalization repertoire of east Australian migrating. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 122, n. 5, p. 2893-2905, 2007
- FIGUEIREDO, L. D.; SIMAO, S. M. Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 126, p. 1563-1569, 2009.
- FORD, J. K. B. Vocal tradition among resident killer whale (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia. **Canadian Journal of Zoology**, v. 69, p. 1454-1483, 1991.
- FOURNET, M.; MELLINGER, D. K. Vocal behavior of Southeast Alaskan humpback whales: Context matters. 168th ASA Meeting Acoustical Oceanography. 2pAB9. 2014. Disponível em: < <http://acoustics.org/2pab9-vocal-behavior-of-southeast-alaskan-humpback-whales-context-matters-michelle-fournet/> > Acesso em 20/nov/2015.
- FRAZER, N.; MERCADO, E. A Sonar Model for Humpback Whale Song. **IEEE Journal of Ocean Engineering**, v. 25, p. 160-182, 2000.

- GARLAND, E. C.; NOAD, M. J.; GOLDIZEN, A. W.; LILLEY, M. S.; REKDAHL, M. L. Quantifying humpback whale song sequences to understand the dynamics of song exchange at the ocean basin scale. **Journal of the Acoustical Society of America**, v.133, p. 560–569, 2013, doi:10.1121/1.4770232.
- GRAY, 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. **Journal for Nature Conservation**. v.19, p. 363-367, 2011.
- HELWEG, D. A.; HERMAN, L. M.; YAMAMOTO, S.; FORESTELL, P. H. Comparison of songs humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) recorded in Japan, Hawaii, and Mexico during the winter of 1989. **Scientific Report Cetacean Resort**. v. 1, p. 1-12, 1990.
- HELWEG, D. A.; FRANKEL, A. S.; MOBLEY, J. R. Jr.; HERMAN, L. M. Humpback whale song: Our current understanding. In: J. A. Thomas, R. A. Kastelein A. Ya. Supin (eds) **Marine Mammal Sensory System**. Plenum Press. New York,. p. 459-483. 1992.
- HELWEG, D. A.; CATO, D. H.; JENKINS, P. F.; GARIGUE, C; McCAULEY, R. D. Geographic variation in South Pacific humpback whale songs. **Behaviors**. v. 135, p. 1-27, 1998.
- HOPP, S. L.; OWREN, M. J.; EVANS, C. S. **Animal Acoustic Communication. Sound Analysis and Research Methods**. Springer, p. 421. 1998
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATUARAIS RENOVÁVEIS (IBAMA) - Guia de Monitoramento da Biota (IBAMA, 2007) Disponível em : < <http://www.ibama.gov.br/licenciamento/> > Acesso em 10/dez/15.
- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM. Disponível em: < [www.itis.gov](http://www.itis.gov) > Aceso em 21/jan/ 2016.
- JEFFERSON, T.A.; LEATHERWOOD, S.; Webber, M.A. **Species identification guide. Marine mammals of the world**. Rome, FAO, p. 320. 1993
- LODI, L. Ocorrência de baleias-jubarte, *Megaptera novaeangliae*, no Arquipelago de Fernando de Noronha, incluindo um resumo de registros de capturas no Nordeste do Brasil. **Biotemas** , v.7, n.1, 2, p.116-123. 1994
- LIM, R. **Songs of Humpback whales (Megaptera novaeangliae): Described during winter mating season on a subarctic feeding ground in northeast Iceland**. Tese (doutorado). Faculty Biology, Life and Environmental Science School of

Engineering and Natural Sciences University of Iceland Háskóli Íslands). 97p. 2014.

MAHANTY M.M., LATHA G., THITUNAVUKKARASU A. Analysis of humpback whale sounds in shallow waters of the Southeastern Arabian Sea: An indication of breeding habitat. **Journal of Bioscience**. v. 40, p. 407-417. 2015.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DO MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. Lista de espécies quase ameaçadas e com dados insuficientes. 2014. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies-dados-insuficientes.html> > Acesso em 12/dez/2015.

MOBLEY JR, J. R., HERMAN, L. M; FRANKEL, A. S..Responses of wintering humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) to playback of recordings of winter and summer vocalizations and of synthetic sound. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 23, p 211-223, 1988.

NOAD, M. J.; CATO, D. H.; BRYDEN, M. M.; JENNER, M. N.; JENNER, K. C. S. "Cultural revolution in whale songs," **Nature**. v. 408, p. 537-537, 2000.

PACE, F. **Automated classification of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) songs using Hidden Markov Models**. Tese (doutorado). University of Southampton of Engineering and the Environment, Institute of Sound and Vibration Research . 205p. 2010.

PACE, F.; BENARD, F.; GLOTIN, H.; ADAM, O.; WHITE, P. Subunit definition and analysis for humpback whale call classification. **Applied Acoustics**, v 71, p.1107–1112, 2010.

PARENTE, C. L.; ARAÚJO, M. E.. A aquisição sísmica marítima no Brasil e seus potenciais efeitos na ordem Cetacea. **Natural Resources**, Aquidabã, v.2, n.1, p.68- 82, 2012.

PAYNE, R.; GUINEE, L. N. Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) songs as an indicator of 'stocks'. In: R. Payne (ed) **Communication and Behavior of Whales**. Westview Press, Boulder, Col. p. 333-358. 1983.

PAYNE, R. S. E McVAY, S. Songs of humpback whales. **Science**, v. 173. p. 585-597, 1971.

PAYNE, R. & WEBB, D. Orientation by means of long range acoustic signaling in baleen whales. **Annals of New York Academy of Sciences** v.188, p 110-141, 1971.

- POMILLA C., AMARAL A.R., COLLINS T., MINTON G., FINDLAY K., LESLIE M., PONNAMPALAM L., BALDWIN R., ROSENBAUM H. The worlds most isolated and distinct whale population? Humpback whales of the Arabian Sea. **PLoS One**. v,9. 2014. (DOI: e114162)
- REILLY, S.B.; BANNISTER, J.L.; BEST, P.B.; BROWN, M.; BROWNELL JR. R.L.; BUTTERWORTH, D.S.; CLAPHAM, P.J.; COOKE, J.; DONOVAN, G.P.; URBÁN, J.; ZERBINI, A.N. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2015-4. Disponível em: <www.iucnredlist.org> Acesso em 12/dez/2015.
- REINDENBERG, J. S.; LAITMAN, J. T. Discovery of a low frequency sound source in Mysticeti (baleen whales): anatomical establishment of a vocal fold homolog. **The Anatomical Record**, v.290, p.745-759. 2007
- RICHARDSON, W. J.; GREENE JR, C. R; MALME, C. I.; THOMSON, D. H. **Marine Mammals and Noise**. San Diego, CA: Academic Press. p. 576. 1995
- ROSSI-SANTOS M.R., NETO E.S., BARACHO C.G., CIPOLOTTI S.R., MARCOVALDI, E. e ENGEL, M. H. Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006. **ICES Journal of Marine Science**, v. 65, p. 667–673. 2008.
- ROSSI-SANTOS, M. R. **Comportamento e ecologia acústica da baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na região nordeste do Brasil**. Tese (doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 173p. 2012
- SAYIGH, L. S.; TYACK, P. L.; WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: stability and mother-offspring comparisons. **Behavior Ecology and Sociobiology**, v. 26, p. 247-260, 1990.
- SILBER, G. Relationship of social vocalizations to surface behavior and aggression in the Hawaiian humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). **Canadian Journal of Zoology**, v. 64, p. 2075-2080. 1986
- SIMÃO, S.; MOREIRA, S. C. Vocalizations of a female Humpback Whale In Arraial Do Cabo (Rj, Brazil). **MARINE MAMMAL SCIENCE**, v. 21, n. 1, p. 150–153, 2005.
- THOMPSON, P. O.; W. C. CUMMINGS, AND S. J. HA. Sounds, source levels, and associated behavior of humpback whales, southeast Alaska. **Journal of the Acoustical Society of America**. v. 80, n. 3. p. 735-740, 1986.
- TODD, V. L. G.; TODD I. B.; GARDINER, J. C., MORRIN, E. C. N.; E-book. **Marine mammal observer and passive acoustic monitoring handbook**. (Eds.) Palagic. 2015.

- TYACK, P. Interactions between singing Hawaiian humpback whale and conspecifics nearby. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v. 8. p. 105-116, 1981.
- TYACK, P.; WHITEHEAD, H; Male competition in large group of wintering humpback whales. **Behaviour**. v. 83, p. 132-154, 1983.
- VILARDO, C. **Avaliação Ambiental de Pesquisas Sísmicas Marítimas no Brasil: Evolução e Perspectivas**. Dissertação (Mestrado). Área de Concentração Planejamento Ambiental / Programa de Planejamento Energético. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Rio de Janeiro. 228p. 2007.
- WEIR, C. R. Overt Responses of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*), Sperm Whales (*Physeter macrocephalus*), and Atlantic Spotted Dolphins (*Stenella frontalis*) to Seismic Exploration off Angola. **Aquatic Mammals**. v.34, n. 1, p. 71-83. 2008. (DOI 10.1578/AM.34.1.2008.71)
- WINN, H. E.; BISCHOFF, W. L.; TARUSKI, A. G. Cytological sexing of cetacea. **Marine Biology**. v. 23, p. 343-346, 1973.
- WINN, H. E.; THOMPSON, T. J.; CUMMINGS, W. C.; HAIN, J.; HUDNALL, J.; HAYS, H.; STEINER, W.W. Song of the humpback whale – population comparisons. **Behavior Ecology and Sociobiology** , v. 8, n. 1, p. 41-46, 1981.
- WINN, H. E.; WINN, L. K. Songs of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the West Indies. **Marine Biology** v. 47, p. 97-114, 1978.
- WATWOOD, S. L.; OWEN, E. C. G.; TYACK, P. L.; WELLS, R. S. Signature whistle use by temporarily restrained and free-swimming bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Animal Behaviour**, v. 69, p. 1373–1386, 2005.
- ZERBINI, A.N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M.P.; MOREIRA, S; PIZZORNO, J.L.; MAIA, Y.G.; VANBLARICOM, G.; DEMASTER, D.P. Migration and summer destinations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research and Management** , v.3, p.113-118, 2011.
- ZERBINI, A.N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M.P; PIZZORNO, J.L.; . GEYER, G; VANBLARICOM, G.R.; DEMASTER, D.P. Satellite-monitored movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 313, p. 295-304, 2006.
- ZIMMER, W. M. X.. **Passive Acoustic Monitoring of Cetaceans**. Cambridge, UK. Cambridge University Press, p. 356. 2011