

Relatório da caracterização dos padrões de vocalização dos cetáceos

Projeto Espírito Santos e Campos Fase IV.

Processo IBAMA n° 02001.004121/2015-31

Cliente CGG do Brasil
Participações Ltda S.A.
Embarcação Oceanic Champion
Licença No. 114/2017

Projeto Espírito Santos e
Campos Fase IV



Autores: Andrea Dalben

Revisor (es): Laura Viana;
Luis Felipe De Paula

Av. Rio Branco 277
Sala 907
Rio de Janeiro – 20040-009

Tel: (21) 3559 - 3621
Fax : (21) 3559 3621

Sumário

I.	Introdução	3
II.	Métodos	4
III.	Resultados	8
III.1	- Odontoceti não identificados e Delphinidae	11
III.1.a.	Delphinidae	13
III.1.b.	<i>Pseudorca crassidens</i>	21
III.1.c.	<i>Stenella attenuata</i>	26
III.1.d.	<i>Grampus griseus</i>	32
III.1.e.	<i>Globicephala sp</i>	33
III.1.e.	<i>Steno bredanensis</i>	35
III.1.f.	<i>Stenella sp</i>	36
III.2.	<i>Megaptera novaeangliae</i>	37
III.3.	<i>Physeter macrocephalus</i>	40
IV.	Discussão	41
V.	Conclusão	49
VI.	Equipe Técnica	51
VII.	Referências bibliográficas	52
VIII.	Anexos.....	54
	Anexo 1. Sonoteca digital: Registros acústicos, Cópias de tela, Slide shows e Clipes.	54
	Anexo 2. Metadados Sonoteca Digital.	54
	Anexo 3. Planilha Geral.	54
	Anexo 4. Intervalo entre pulsos – Estalidos.	54
	Anexo 5. Frequência e duração – Assovios.	54
	Anexo 6. Pico de frequência e Frequência centróide - Estalidos.	54
	Anexo 7. Frequência e Duração - <i>Megaptera novaeangliae</i> analisados.	54
	Anexo 8. Certificado de Regularidade do Cadastro Técnico Federal.	54

Índice de Tabelas

Tabela 1. Tabela contendo a porcentagem de registros acústicos dentro de cada grupo taxonômico (Reg.%), os tempos mínimo, médio, máximo e total de duração dos encontros acústicos, além da porcentagem de tempo de gravação correspondente a cada grupo taxonômico.	9
Tabela 2. Tabela contendo o número de registros e a porcentagem de registros por grupo taxonômico pertencente a cada categoria de qualidade de gravação.	10
Tabela 3. Tabela contendo a porcentagem de registros contendo sinais acústicos pertencentes a cada categoria de qualidade de gravação.	11
Tabela 4. Tabela contendo o número de registros e a porcentagem por espécie ou grupo taxonômico.	13
Tabela 5. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de <i>Pseudorca crassidens</i> (CHP070B): Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência mínima, frequência máxima, frequência inicial, frequência final, banda de frequência e duração dos assoviros analisados.	22
Tabela 6. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de <i>Pseudorca crassidens</i> (CHP070B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPAD) dos parâmetros: número de quebras, número de pontos de inflexão e número de alças dos assoviros analisados.	23
Tabela 7. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de <i>Pseudorca crassidens</i> (CHP070B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s) dos estalidos analisados.	25
Tabela 8. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de <i>Pseudorca crassidens</i> (CHP070B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros duração da sequência e intervalo entre pulsos dos sinais explosivos analisados.	26
Tabela 9. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de <i>Stenella attenuata</i> (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência mínima, frequência máxima, frequência inicial, frequência final e duração dos assoviros analisados, assim como comparação entre os registros acústicos.	28
Tabela 10. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de <i>Stenella attenuata</i> (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros número de quebras, número de pontos de inflexão e número de alças dos assoviros analisados, assim como comparação entre os registros acústicos ..	29
Tabela 11. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de <i>Stenella attenuata</i> (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s), dos estalidos analisados no registro acústico MAP242.	31
Tabela 12. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de <i>Stenella attenuata</i> (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores médios, mínimos, máximos e	

desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros duração da sequência e intervalo entre pulsos, dos sinais explosivos analisados no registro acústico MAP242..... 32

Tabela 13. Análise do registro acústico MAP205, concomitante com avistagem de *Globicephala sp* (CHP095): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s) dos estalidos analisados..... 34

Tabela 14. Análise do registro acústico MAP320, concomitante com avistagem de *Steno bredanensis* (CHP140B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s) dos estalidos analisados. 36

Tabela 15. Análise do registro acústico MAP136, concomitante com avistagem de *Stenella sp* (CHP064B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s), dos estalidos analisados..... 36

Tabela 16. Análise dos registros acústicos classificados como *Megaptera novaeangliae*: Porcentagem de registros contendo sinais acústicos pertencentes à cada categoria de qualidade de gravação 38

Tabela 17. Análise dos registros acústicos classificados como *Megaptera novaeangliae*: Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão dos parâmetros de frequência mínima, frequência máxima e duração..... 39

Tabela 18. Análise dos registros acústicos classificados como *Physeter macrocephalus*: Número de registros e a porcentagem de registros acústicos de acordo com a qualidade do registro e do tipo de sinal registrado..... 40

Tabela 19. Análise dos registros acústicos classificados como *Physeter macrocephalus*: Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide, pico de frequência e intervalo entre pulsos..... 41

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de dispersão das variáveis duração das detecções acústicas e número dos registros acústicos. Eixo x representa as detecções consideradas e o eixo y representa o tempo de duração de cada detecção acústica. 9

Figura 2. Espectrograma contendo exemplo de feeding buzz utilizado para reconhecer atividade de forrageio entre odontocetos. Eixo X refere-se ao tempo (minutos: segundos) e eixo y à frequência (kHz) 12

Figura 3. Gráfico de barras contendo as médias das frequências máximas e mínimas registradas nos encontros acústicos com mais de cinquenta assovios. O eixo x representa o número de identificação dos registros acústicos para referência e o eixo y representa a frequência dos assovios em Hz. 14

Figura 4. Gráfico de barras representando a duração média dos assovios nos registros acústicos com mais de 50 assovios. O eixo x representa o número de identificação dos registros acústicos para referência e o eixo y, a duração em segundos.	14
Figura 5. Gráfico de barras contendo as médias de frequência centróide e pico de frequência para os registros acústicos com mais de 100 estalidos. O eixo x representa o número da identificação dos registros para referência e o eixo y representa a frequência em Hz.	15
Figura 6. Gráfico de correlação entre as médias de frequências máximas dos assovios e as médias das frequências centróide dos estalidos nos registros acústicos contendo os dois tipos de sinais. 16	
Figura 7. Valores de média de pico de frequência e frequência centróide para os estalidos registrados em encontros acústicos contendo mais de 30 assovios e estalidos. O eixo x representa os números de identificação dos registros acústicos analisados para referência e o eixo y representa a frequência em Hz.	17
Figura 8. Valores de média da frequência máxima para assovios registrados em encontros acústicos contendo mais de 30 assovios e estalidos. Eixo x representa os números dos registros acústicos analisados e o eixo y representa a frequência em Hz.	17
Figura 9. Análise de agrupamento realizado com as médias das frequências máximas dos assovios e a frequência centróide dos estalidos, representadas pelo eixo x, entre os registros acústicos de delfínídeos contendo mais de 30 assovios e estalidos. O eixo y representa o número de identificação do registro para referência. Adicionalmente, identifica-se: MAP158= Pseudorca crassidens; MAP242= Stenella attenuata	18
Figura 10. Espectrograma dos registros acústicos MAP158 e MAP368 exemplificando sinais semelhantes encontrados nos registros acústicos agrupados em conjunto. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.	19
Figura 11. Espectrograma do registro acústico MAP158 exemplificando os sinais explosivos ocorridos simultaneamente aos assovios, característica presente em todos os registros acústicos do primeiro grupo. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.	19
Figura 12. Espectrograma dos registros acústicos MAP242 e MAP382 exemplificando sinais semelhantes encontrados nos registros acústicos agrupados em conjunto. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.	20
Figura 13. Frequência de vocalização dos odontocetos identificados: A seção em azul apresenta a porcentagem de registros com média de frequência máxima de assovios maior que 10kHz e/ou estalidos com mais de 30kHz, enquanto que a em laranja apresenta o percentual de registros com frequências mais baixas. A seção em cinza representa os registros que não puderam ser analisados.....	21
Figura 14. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de Pseudorca crassidens (CHP070B): Gráfico de dispersão contendo as médias de frequências máximas e mínimas dos assovios analisados. O eixo x representa os assovios analisados e o eixo y representa a frequência em Hz.	22
Figura 15. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de Pseudorca crassidens (CHP070B): Porcentagem de assovios analisados pertencentes à cada categoria de forma espectrográfica.	24

Figura 16. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de Pseudorca crassidens (CHP070B): Espectrograma com exemplo de assovios repetidos. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz. 24

Figura 17. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de Pseudorca crassidens (CHP070B): Diagrama de dispersão das frequências centróides dos estalidos analisados. 25

Figura 18. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de Pseudorca crassidens (CHP070B): Espectrograma com exemplo dos sinais explosivos característicos deste registro. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz. 26

Figura 19. Registro fotográfico da avistagem CHP115 (João Luiz R Lamas, 2017) 27

Figura 20. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de Stenella attenuata (CHP115 e CHP112, respectivamente): Gráfico de dispersão contendo as médias de frequências máximas e mínimas dos assovios analisados. O eixo x representa os assovios analisados e o eixo y representa a frequência em Hz 27

Figura 21. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de Stenella attenuata (CHP115 e CHP112, respectivamente): Porcentagem de assovios analisados pertencentes a cada categoria de forma espectrográfica. 30

Figura 22. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de Stenella attenuata (CHP115 e CHP112, respectivamente): Espectrograma do registro acústico MAP242 ilustrando a grande variedade de formas de assovios característicos deste registro. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz. 31

Figura 23. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de Stenella attenuata (CHP115 e CHP112, respectivamente): Espectrograma do registro acústico MAP242 com exemplo dos sinais explosivos. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz. 32

Figura 24. Análise do registro acústico MAP282, concomitante com avistagem de Grampus griseus (CHP135): Espectrograma com exemplo de estalidos com banda de frequência de amplitude alternada. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz. 33

Figura 25. Registro fotográfico da avistagem CHP095 (Ivan H. Kawata) 34

Figura 26. Análise do registro acústico MAP205, concomitante com avistagem de Globicephala sp (CHP095): Valores de frequência centróide e pico de frequência dos estalidos analisados. 35

Figura 27. Registro fotográfico da avistagem CHP140B (João Luiz R Lamas, 2018) 35

Figura 28. Análise dos registros acústicos classificados como Megaptera novaeangliae: Espectrograma do registro acústico MAP040 com exemplo sinais com padrão repetitivo e ritmado característico das canções de Megaptera novaeangliae. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz. 38

Figura 29. Análise dos registros acústicos classificados como Megaptera novaeangliae: Diagrama de dispersão contendo os valores médios das frequências máximas e mínimas. 39

Figura 30. À esquerda espectrograma concatenado de diversos registros acústicos de Grampus
griseus e à direita, gráfico contendo análise espectral evidenciando a variação na amplitude nas
diferentes bandas de frequência. Fonte: Soldevilla et al 2008..... 46

Figura 31. Espectrograma do registro acústico MAP040 contendo unidades de canto semelhantes à
registrada por Cerchio et al (2000) em águas pelágicas no México (recorte de espectrograma
cinza). 48

Lista de Siglas

CLIQ – cliques, estalidos

DESVPAD – Desvio Padrão

DesvPad FC – Desvio padrão da frequência centróide (kHz)

DesvPad Dur – Desvio padrão do parâmetro duração dos sinais (s),

DesvPad FMAX Desvio padrão do parâmetro frequência máxima (Hz),

DesvPad FMIN – Desvio padrão do parâmetro frequência mínima (Hz),

DesvPad PF – Desvio padrão do pico de frequência (kHz)

DesvPad T (s) – Desvio padrão do parâmetro duração (s).

FCmd – Frequência centróide média (kHz)

FCmin – Frequência centróide mínima (kHz)

FCmx – Frequência centróide máxima (kHz)

FMAXm – Frequência máxima mínima (Hz),

FMAXmx - Frequência máxima máxima (Hz),

FMAX md - Frequência máxima média (Hz),

FMINmin – Frequência mínima mínima (Hz),

FMINmd - Frequência mínima média (Hz),

FMINmx - Frequência mínima máxima (Hz),

Id MAP – Identificação feita pelos operadores do monitoramento acústico passivo

Id OB – Identificação feita pelos observadores de Biota

IEP – intervalo entre pulsos

Id pós análise – Identificação feita durante a análise dos dados bioacústicos

MAP – Número do registro acústico,

N – Número dos sinais analisados,

PFmd – Pico de frequência médio (kHz)

PFmin – Pico de frequência mínimo (kHz)

PFmx - Pico de frequência máximo (kHz)

Q – Qualidade do registro

Reg. – Registros acústicos

s – segundos

SD – Tipo de sinal detectado

SE – Sons Explosivos

SRA – Sem registro acústico

ST – Sinal Tonal

Tmd – Duração média (s)

Tmin – Duração mínima (s),

Tmx– Duração máxima (s),

I. Introdução

O monitoramento acústico passivo (MAP) de cetáceos, em especial de odontocetos, é um método eficaz de se evitar a execução de uma atividade potencialmente danosa enquanto o animal estiver dentro das zonas de exclusão estabelecidas. Atualmente esta ferramenta de mitigação é utilizada em diversos países como complemento ao monitoramento visual de cetáceos em diferentes atividades, como por exemplo durante a instalação de estruturas subaquáticas com o uso de “bate-estacas” (*pile driving*), pesquisas sísmicas marítimas e dragagens.

Uma das grandes vantagens do MAP como ferramenta de mitigação é que a sua utilização permite a continuidade do monitoramento das áreas de exclusão inclusive em situações onde o monitoramento visual fica prejudicado ou mesmo impossibilitado (condições oceanográficas, durante a noite). Além disso, o conjunto de arquivos de áudio gerados no decorrer da atividade resulta em uma boa oportunidade para que se possa melhor conhecer, não apenas o comportamento acústico, mas também algumas características ecológicas das espécies ou grupos taxonômicos que ocorreram na área durante o projeto de pesquisa sísmica.

Para muitas espécies de odontocetos, por exemplo, é possível sugerir comportamento de forrageio com base exclusivamente em seu comportamento acústico, pois, assim como os morcegos, os odontocetos quando ecolocalizam emitem um sinal conhecido por *feeding buzzes* à medida que se aproximam e capturam a presa (Madsen *et al.*, 2005). Já para os mysticetos, a análise dos dados de monitoramento acústico em diferentes anos sobre uma mesma área pode, por exemplo, trazer inferências sobre a taxa de alteração das canções de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no decorrer do tempo. Vale a pena ressaltar que os dados gerados durante as pesquisas sísmicas são normalmente provenientes de águas oceânicas onde, por razões logísticas e financeiras, as instituições de pesquisa têm pouco acesso.

No entanto, a identificação taxonômica através do MAP na maior parte das vezes é difícil devido à lacuna de conhecimento sobre a vocalização das diferentes espécies em distintas localidades. Sem embargo, o desenvolvimento da bioacústica no Brasil, e no mundo, vem ocorrendo de maneira rápida e o volume dados gerados desde que o MAP passou a ser exigido a bordo das embarcações sísmicas aumenta a cada dia, assim como o número de profissionais capacitados a trabalhar na área.

Atualmente, a identificação de uma variedade de chamados de mysticetos tem tido sucesso, e seus sinais hoje são inclusive automaticamente detectados em gravações de longo-termo (e.g. Sirović *et al.*, 2009). Além disso, alguns poucos odontocetos como *Grampus griseus* e *Pseudorca crassidens* possuem uma elevada taxa de identificação correta utilizando métodos acústicos (e.g. Oswald *et al.*, 2003, Madsen *et al.* 2004, Soldevilla *et al.*, 2010). No entanto, apesar do esforço de diversos pesquisadores (Bazua-Duran & Au, 2002, Gruden *et al.*, 2016), a discriminação acústica entre a maioria das espécies da família Delphinidae segue difícil.

O relatório em questão é apresentado em atendimento à solicitação do Parecer Técnico nº 41/2017-COEXP/CGMAC/DILIC e tem por objetivo realizar uma análise exploratória dos registros e caracterizar as vocalizações contidas nos registros acústicos gerados durante o projeto de pesquisa sísmica marítima Espírito Santo e Campos Fase IV, nas Bacias do Espírito Santo e Campos, realizado pela empresa CGG. O projeto foi conduzido em 177 dias de aquisição de dados sísmicos, distribuídos em três etapas intervaladas, contemplando no total o período entre julho de 2017 e julho de 2018, e gerou 416 detecções acústicas de cetáceos.

II. Métodos

As detecções acústicas do projeto Espírito Santo e Campos Fase IV foram classificadas originalmente pelos operadores MAP em: *Megaptera novaeangliae* (baleia-jubarte); *Physeter macrocephalus* (cachalote); Mysticeti – para os mysticetos não identificados; Odontoceti – para os odontocetos não identificados.

Com o intuito de realizar uma análise exploratória das detecções acústicas como um todo e caracterizar de forma mais detalhada as vocalizações contidas nos registros acústicos com avistagem concomitante, as gravações geradas foram analisadas quanto a seus parâmetros de tempo e frequência através do programa RAVEN PRO 1.5.

Devido ao grande volume de dados, as análises espectrográficas dos registros acústicos de odontocetos não identificados entre MAP001 e MAP313 foram feitas por um segundo profissional da área de bioacústica (ver item VI – Equipe Técnica). Os demais registros foram analisados pela técnica responsável pelo relatório.

Além disso, as gravações também foram categorizadas de acordo com a qualidade dos sinais registrados, estando esta qualidade diretamente ligada à relação sinal/ruído obtida no momento da gravação.

Para os odontocetos, a categorização da qualidade do sinal registrado foi feita de duas formas: (1) análise da qualidade de registro para os diferentes tipos de sinais dentro de um mesmo encontro acústico (assovios, estalidos e sons pulsados); (2) análise da qualidade do registro como um todo, incluindo os diferentes tipos de sinais. Desta forma, um registro acústico poderia conter estalidos de excelente qualidade, no entanto assovios pouco visíveis no espectrograma. A fim de manter um aspecto conservador sobre a análise da qualidade do registro, a análise geral da qualidade da gravação recebeu sempre a mesma qualidade do sinal com maior relação sinal/ruído. Para mysticetos, somente foi considerada a qualidade geral do registro.

As seguintes diretrizes foram seguidas para categorizar os registros acústicos:

- Q1 - Excelente sinal/ruído: Diversos sinais podem ser visualizados no espectrograma em sua totalidade e os parâmetros de frequência e tempo do sinal se distinguem claramente do ruído.
- Q2 - Boa relação sinal/ruído: Os sinais podem ser visualizados no espectrograma facilmente, no entanto algumas características de frequência e/ou tempo são perdidas.
- Q3 - Baixa relação sinal/ruído: Os sinais não podem ser visualizados em sua totalidade e os parâmetros de frequência e/ou tempo do sinal não se distinguem claramente do ruído.
- Q4: Insuficiente relação sinal/ruído: São visíveis apenas partes ou fragmentos dos sinais, as características de frequência e tempo se perdem quase que por completo em meio ao ruído.

Com relação aos parâmetros de frequência e tempo, o tipo de análise variou de acordo com o sinal registrado. Para a caracterização dos assovios de cada contorno foram extraídas as seguintes variáveis: frequência mínima, frequência máxima e duração do sinal. Nos casos em que a detecção acústica foi concomitante a uma avistagem pelos observadores de biota, além das variáveis acima citadas também foram quantificadas as seguintes variáveis: frequência inicial, frequência final, número de harmônicos, número de pontos de inflexão, número de alças, número de quebras e presença de assovios repetidos. Além disso, os assovios também foram separados de acordo com sua forma espectrográfica nas seguintes categorias: ascendente, descendente, ascendente-descendente, côncavo, descendente-ascendente, convexo, assovio de frequência constante, senoidal, segmentado ou chirps (assovios com duração inferior a 0,3s).

No caso dos assovios, foram selecionados para análise apenas os assovios não sobrepostos ou sobrepostos por no máximo dois outros assovios. No caso de assovios sucessivos (separados por menos de 1s), os seguintes critérios foram utilizados para considerá-los um único assovio: (1) A lacuna entre eles deveria ser de no máximo 200ms; (2) a lacuna também deveria ser menor que a duração do assovio; (3) deveria haver uma diferença menor que 3kHz entre o fim de um assovio e o início de outro; (4) a variação de intensidade entre assovios deveria ser menor que duas vezes a intensidade do assovio menos intenso. No caso de dúvida, o assovio não foi utilizado nas análises.

Tanto as variáveis quanto as categorias foram selecionadas por serem consistentes e comparáveis a estudos prévios (e.g., Bazúa-Durán & Au, 2004; Azevedo & Van Sluys, 2005, Baron *et al.*, 2008). De forma geral, para a análise de assovios foram utilizados os registros acústicos obtidos com taxa de amostragem de 96kHz e a análise dos contornos foi feita em um espectrograma com FFT de 1024, sobreposição de 70% em janelas de 4 segundos.

No que tange aos sons pulsados, estes foram detectados visualmente através da análise dos espectrogramas (FFT de 512 pontos e sobreposição de 50%), em janelas entre 1 e 2 segundos, gerados a partir dos dados gravados com taxa de amostragem de 350kHz. Dentre os estalidos registrados, somente foram analisados aqueles nos quais foi possível separar a qual sequência de cliques o sinal fazia parte.

As análises realizadas para os estalidos variaram de acordo com a relação sinal/ruído apresentada pelo sinal. Para os estalidos com suficiente relação sinal/ruído (Q1 e Q2), foram analisadas as variáveis pico de frequência, frequência centróide e intervalo entre pulsos (IEP). Para os estalidos com baixa relação sinal/ruído, somente a variável IEP foi mensurada. As sequências de estalidos com intervalos inferiores a 0,017s, aqui também chamadas de sons explosivos, foram revisadas visualmente através do espectrograma a fim de investigar sobre possíveis comportamentos de forrageio através da ocorrência de *feeding buzzes* (sequência de estalidos bem próximos uns dos outros, IEP inferior a 0,017s, emitida após uma cadeia de estalidos com intervalo entre pulsos decrescente) (Madsen *et al.*, 2005, Todd *et al.*, 2009, Wahlberg *et al.*, 2011).

Para os sons tonais de mistictetos foram analisados os parâmetros de frequência máxima, frequência mínima e duração mínima. Além disso, os registros foram avaliados visualmente no espectrograma em busca de padrões rítmicos e repetitivos que pudessem caracterizar o registro

como canto (Payne & McVay, 1971). Nos casos em que os sinais encontrados eram semelhantes ao canto, mas não possuíam o padrão rítmico característico, os registros foram classificados como unidades de canto e para aqueles que não possuíam nenhuma semelhança com as unidades de canto, ou que devido à baixa relação sinal/ruído apenas fragmentos da unidade pudessem ser identificados, foram classificados como som tonal. É importante ressaltar que neste relatório apenas é possível inferir quais registros pertencem à categoria canto, mas que, no entanto, devido à característica oportunista da amostragem, não é possível saber se a falta de repetição e estrutura rítmica do registro é legítima, ou se apenas foram registradas as unidades de canto emitidas com maior amplitude e a falta de padrão e rítmico é devido à baixa relação sinal/ruído.

Após as análises acima descritas, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a bioacústica dos cetáceos com possível ocorrência na área em que a atividade em questão foi realizada.

A fim de refinar a classificação taxonômica dos registros classificados como Odontoceti, os registros contendo assovios foram reavaliados e foi concluído que pertencem à família Delphinidae, sendo reclassificados. Além disso, o intervalo entre pulsos dos registros acústicos de odontocetos não identificados foram verificados e os registros acústicos com IEP igual ou inferior à 0,1 segundos também foram reclassificados para a família Delphinidae. O terceiro passo foi verificar o formato de onda dos diferentes estalidos contidos nos registros, no caso de os estalidos possuírem de maneira geral apenas duas ou três oscilações, o registro também era reclassificado para a família Delphinidae (Madsen *et al.*, 2005; Au *et al.*, 2008). Com base em Soldevilla *et al.* (2008), registros acústicos contendo bandas de frequências alternadas em amplitude, com picos em 19kHz, 28kHz e 36kHz foram classificadas como *Grampus griseus*.

Com base nos valores médios de frequência máxima dos assovios e/ou médias de frequência centróide dos estalidos, os registros acústicos com assovios de frequência média máxima superior a 10kHz e/ou estalidos com frequência centróide média superior a 30kHz foram categorizados como odontocetos de alta frequência e os com frequências comparativamente mais baixas foram categorizados como odontocetos de baixa frequência.

A fim de verificar a relação entre a frequência máxima média dos assovios e a frequência centróide média dos estalidos, foi realizada uma análise de correlação no programa *Statistica 7*. Na tentativa de identificar as espécies registradas nas detecções acústicas, ainda no programa *Statistica 7*, os registros acústicos contendo mais de 30 assovios e mais de 50 estalidos foram

comparados entre si através de uma análise de agrupamento (*complete linkage* e *euclidean distances*) a fim de encontrar semelhanças entre eles, e com a literatura. Os grupos formados tiveram seus espectrogramas comparados a fim de buscar semelhanças entre os registros agrupados em conjunto e validar o método.

Nos casos em que ocorreu a identificação visual, os resultados foram comparados à literatura para verificar se o padrão vocal era semelhante ao que se conhece do repertório da espécie em outros locais. Os registros acústicos com avistagem concomitante também foram comparados aos registros sem espécie identificada para auxiliar na identificação dos mesmos.

III. Resultados

Ao total foram analisadas 416 detecções acústicas totalizando 19h16min54s de arquivos de áudio, as quais tiveram duração entre poucos segundos e 7h44min (Figura 1). Com o intuito de criar uma sonoteca digital e facilitar a análise desta durante futuros trabalhos de mesmo cunho, os registros acústicos analisados, bem como as tabelas obtidas no programa Raven Pro 1.5 e as cópias de tela originadas durante as análises, foram disponibilizadas no Anexo 1.

Ainda no Anexo 1, para as detecções contendo sinais acústicos com boa relação sinal/ruído e frequência dentro do espectro audível, foram disponibilizados clipes de áudio contendo os sinais mais característicos de cada detecção. Para cada clipe gerado foram disponibilizados os seguintes arquivos: (1) Vídeos no formato MP4, (2) Arquivos de áudio contendo os dados brutos em formato WAV, (3) Arquivos de áudios editados para redução do ruído entregues em formato MP3 para possível uso na internet, (4) Arquivos animados em formato GIF gerados a partir de cada clipe para possível uso na internet e (5) Cópias de tela associadas a cada clipe. Para as detecções com boa relação sinal/ruído, mas com sinais fora do espectro do audível, foram gerados arquivos MP4 através das cópias de tela obtidas através das análises no programa Raven Pro 1.5. Os metadados referentes às detecções estão sumarizados no Anexo 2.

Com relação à duração das detecções foi possível notar que o tempo individual e total das gravações variou de acordo com o grupo taxonômico analisado (**Tabela 1**). Sendo assim, apesar da porcentagem das detecções acústicas de *Megaptera novaeangliae* representar somente 29% dos registros, devido à longa duração dos encontros acústicos, 60% do total das horas de registro são referentes a essa espécie. Em contraponto, apenas 38% do tempo de gravação total corresponde ao grupo odontoceti, os quais representaram 70% do número de registros.

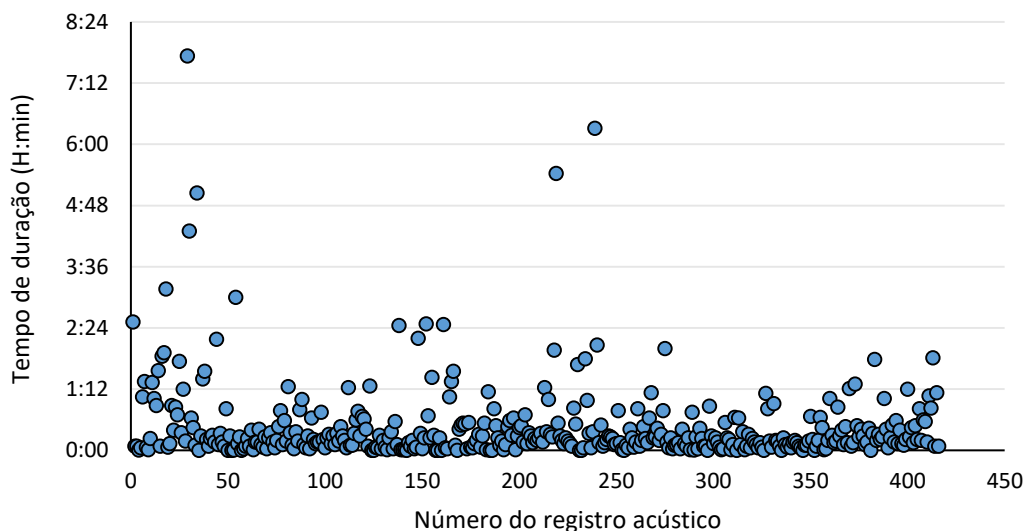


Figura 1. Diagrama de dispersão das variáveis duração das detecções acústicas e número dos registros acústicos. Eixo x representa as detecções consideradas e o eixo y representa o tempo de duração de cada detecção acústica.

Tabela 1. Tabela contendo a porcentagem de registros acústicos dentro de cada grupo taxonômico (Reg.%), os tempos mínimo, médio, máximo e total de duração dos encontros acústicos, além da porcentagem de tempo de gravação correspondente a cada grupo taxonômico.

	Reg. %	Mínimo (h:min:s)	Média (h:min)	Máximo (h:min)	Total (h:min)	Total (%)
Odontoceto/Delphinidae	70%	00:00:01	00:12	06:19	73:08:17	38%
<i>Megaptera noavaeangliae</i>	29%	00:00:01	00:15	07:44	114:11:37	60%
<i>Pyseter macrocephalus</i>	1%	00:05:00	00:50	01:49	3:57:00	2%

Com relação à qualidade das gravações, dentre as 416 detecções acústicas realizadas, 7% geraram gravações acústicas de excelente qualidade (Q1), 32% geraram gravações da categoria Q2, ou seja, gravações com boa relação sinal/ruído, 37% geraram gravações de baixa

relação sinal/ruído (Q3) e 15% geraram gravações com sinais demasiadamente fracos para serem analisados (Q4). Essa porcentagem variou de acordo com o grupo analisado, sendo que os grupos baleia-jubarte e cachalote foram os que geraram a maior porcentagem de gravações com baixa relação sinal-ruído (Q3 e Q4). Além disso, em 8% das detecções o registro acústico não pode ser obtido, seja pelo fato do sinal não ter se repetido após o(a) operador(a) MAP ter iniciado a gravação (MAP017, MAP041, MAP080, MAP080, MAP084, MAP090, MAP093, MAP094, MAP097, MAP105, MAP109, MAP121, MAP123, MAP140, MAP146, MAP152, MAP198, MAP209, MAP210, MAP233, MAP275, MAP276 e MAP292, MAP327, MAP307, MAP334, MAP335, MAP340, MAP341, MAP348, MAP358, MAP388 e MAP391), ou ainda no caso em que o(a) operador(a) esquece de acionar a gravação a tempo (MAP220, MAP279 e MAP393). É possível notar que a maior porcentagem de casos onde o registro acústico não pode ser obtido foram para os grupos odontoceti e *M. novaeangliae* (Tabela 2). Para maiores detalhes ver Planilha Geral (Anexo 3).

Tabela 2. Tabela contendo o número de registros e a porcentagem de registros por grupo taxonômico pertencente a cada categoria de qualidade de gravação.

GRUPO TAXONOMICO	Q1	Q2	Q3	Q4	SRA	Total
<i>Megaptera novaeangliae</i> (%)	3%	10%	35%	40%	12%	100%
<i>Megaptera novaeangliae</i> (N)	4	12	42	48	14	120
Odontoceti	7%	45%	35%	3%	10%	100%
Odontoceti (n)	19	131	103	10	28	291
<i>Physeter macrocephalus</i>	20%	0%	20%	60%	0%	100%
<i>Physeter macrocephalus</i> (N)	1	0	1	3	0	5

III.1 - Odontoceti não identificados e Delphinidae

Ao total foram analisados 291 registros de odontoceti não identificados, totalizando aproximadamente 114h11min de gravação. Com relação à qualidade dos registros, pode-se notar que esta variou de acordo com a categoria de sinal captado, sendo que a maior porcentagem de registros de boa qualidade (Q1 e Q2) ocorreu na categoria Cliques, onde 52% dos sinais registrados geraram gravações de qualidade Q1 ou Q2. A categoria assovio foi a que gerou gravações com uma maior porcentagem de gravações com baixa relação sinal/ruído, onde 75% das gravações foram classificadas com Q3 ou Q4. Além disso, não foi possível obter o registro acústico para 10% das detecções em que foram registrados cliques (Tabela 3).

Tabela 3. Tabela contendo a porcentagem de registros contendo sinais acústicos pertencentes a cada categoria de qualidade de gravação

Qualidade do sinal	Cliques (%)	Assovios (%)	Som explosivo (%)
Q1	7%	8%	7%
Q2	45%	13%	23%
Q3	35%	57%	34%
Q4	3%	21%	22%
SRA	10%	1%	14%

Com relação às análises dos registros onde foram detectados sons explosivos, apenas 17 registros acústicos apresentaram um padrão claro de *feeding buzz* (MAP009, MAP050, MAP098, MAP110, MAP158, MAP189, MAP191, MAP228, MAP230, MAP234, MAP240, MAP318, MAP319, MAP328, MAP343, MAP357 e MAP366) (Figura 2). Os demais registros foram caracterizados por sinais do tipo *buzzes* e/ou *bursts* isolados provavelmente utilizados com a função de comunicação entre os indivíduos, ou ainda estavam demasiadamente sobrepostos com outras sequências de cliques para que qualquer sugestão de função pudesse ser inferida.

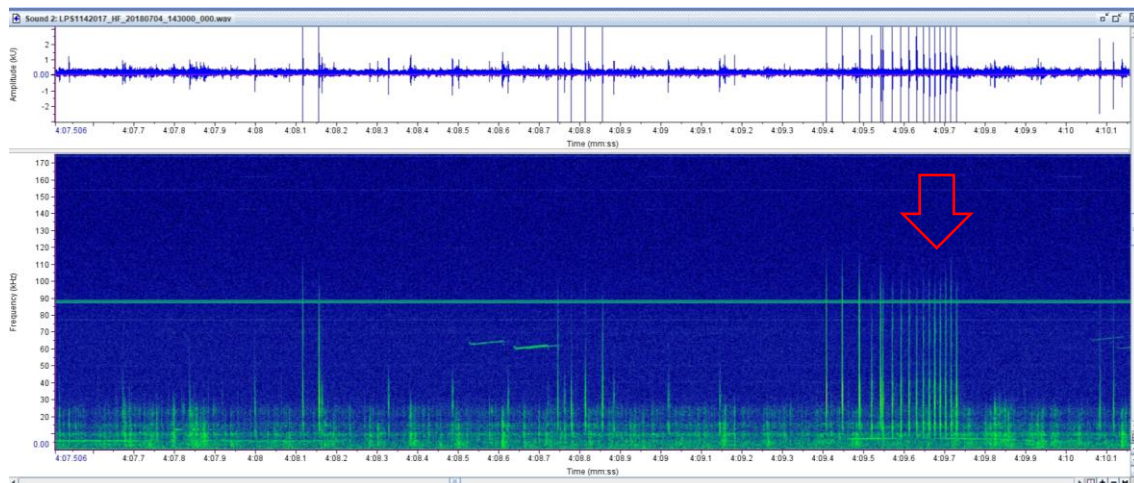


Figura 2. Espectrograma contendo exemplo de feeding buzz utilizado para reconhecer atividade de forrageio entre odontocetos. Eixo X refere-se ao tempo (minutos: segundos) e eixo y à frequência (kHz)

Com relação à identificação taxonômica dos registros acústicos do grupo Odontoceti, após a observação da presença de assovios, da análise do intervalo de tempo (Anexo 4) entre os cliques de uma mesma cadeia e dos formatos de onda dos estalidos, 257 (88%) dos registros anteriormente classificados como odontoceti foram reclassificados como pertencentes à família delphinidae e somente 20 (7%) permaneceram como odontoceti não identificado (**Tabela 4**). Além disso, cerca de 3% dos encontros acústicos puderam ser identificados visualmente pelos observadores de biota, sendo o resultado das análises dos parâmetros acústicos condizente com a literatura consultada, são eles: *Globicephala* sp (MAP205), *Grampus griseus* (MAP282), *Pseudorca crassidens* (MAP158), *Stenella attenuata* (MAP016, MAP242, MAP249 e MAP348), *Stenella* sp e *Steno bredanensis* (MAP320) (MAP136). Também foi possível reconhecer 23 registros acústicos (MAP004, MAP240, MAP248, MAP252-MAP256, MAP259-MAP261, MAP264, MAP267, MAP273, MAP274, MAP282, MAP283, MAP298, MAP303, MAP306, MAP317, MAP362 e MAP364) com padrões de estalidos bastante semelhantes ao descrito na literatura para a espécie *G. griseus* e ao registro acústico MAP282, sendo por esse motivo aqui considerado como tal. Com relação ao registro acústico MAP202 concomitante com avistagem do gênero *Globicephala* (CHP094), o número de sinais captados foi insuficiente para tecer qualquer comentário.

Tabela 4. Tabela contendo o número de registros e a porcentagem por espécie ou grupo taxonômico.

Espécie ou grupo taxonômico	Número de registros	Porcentagem
Delphinidae	243	84%
<i>Grampus griseus</i>	23	8%
Odontoceti	19	7%
<i>Pseudorca crassidens</i>	1	<1%
<i>Stenella attenuata</i>	4	1%
<i>Stenella sp</i>	1	<1%
<i>Steno bredanensis</i>	1	<1%
Total Geral	291	100%

III.1.a. Delphinidae

Com relação aos parâmetros de frequência e duração dos assovios analisados com mais de cinquenta assovios, a maior parte dos encontros acústicos são caracterizados por assovios com frequência máxima inferior à 10kHz (Figura 3) e duração ao redor de 0,5s (Figura 4). Para maiores detalhes sobre os parâmetros de frequência e tempo, para todos os 74 registros acústicos em que foram registrados assovios, ver Anexo 5.

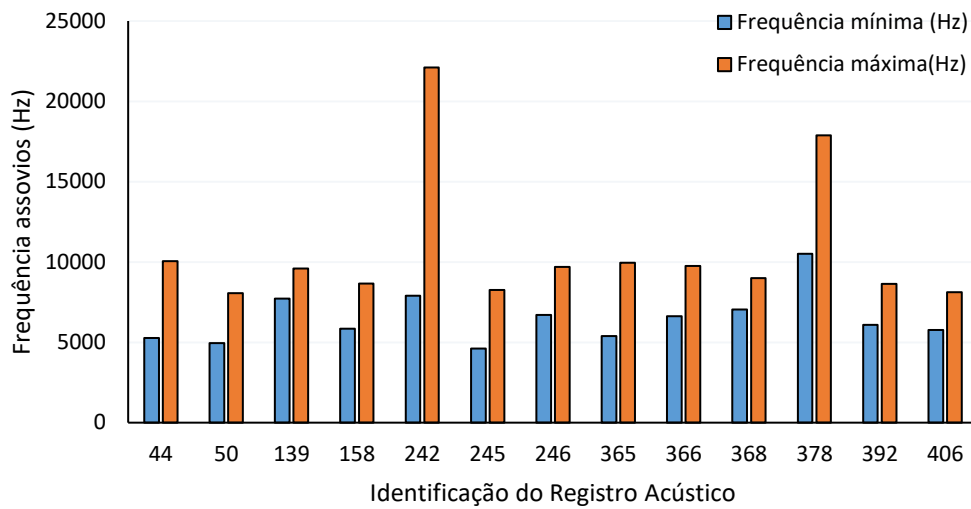


Figura 3. Gráfico de barras contendo as médias das frequências máximas e mínimas registradas nos encontros acústicos com mais de cinquenta assovios. O eixo x representa o número de identificação dos registros acústicos para referência e o eixo y representa a frequência dos assovios em Hz.

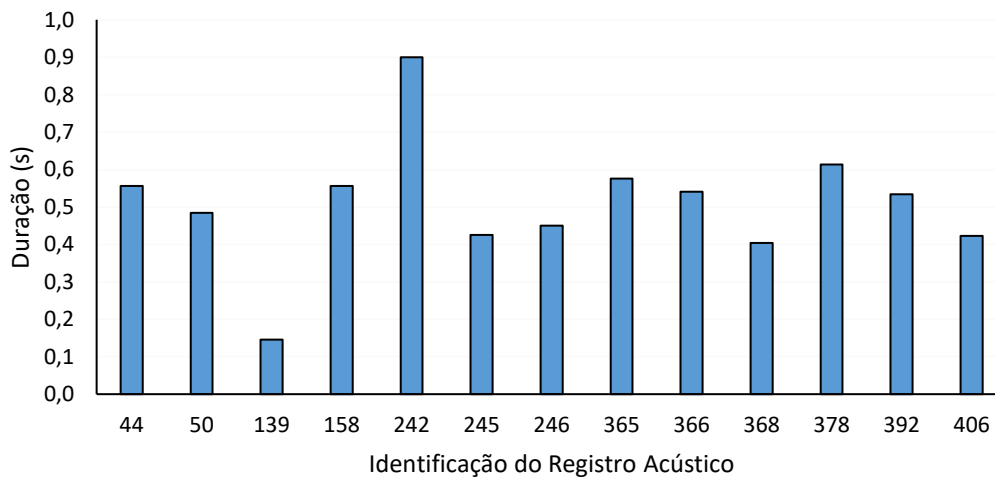


Figura 4. Gráfico de barras representando a duração média dos assovios nos registros acústicos com mais de 50 assovios. O eixo x representa o número de identificação dos registros acústicos para referência e o eixo y, a duração em segundos.

Com relação aos parâmetros dos estalidos dos registros acústicos analisados em que foram encontrados mais de cem estalidos com boa relação sinal/ruído, a maior parte dos encontros acústicos foi caracterizada por médias de pico de frequência e frequência centróide acima de 30kHz, sendo que em apenas seis registros a média da frequência centróide foi inferior a 30kHz

(Figura 5). Para maiores detalhes sobre os parâmetros de frequência dos registros onde foram registrados estalidos com suficiente relação sinal/ruído, ver Anexo 6

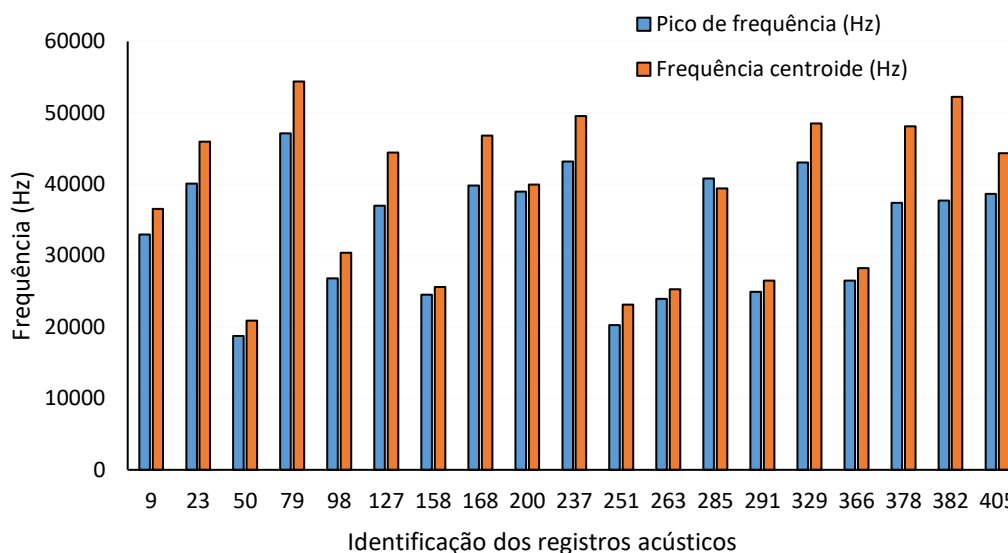


Figura 5. Gráfico de barras contendo as médias de frequência centróide e pico de frequência para os registros acústicos com mais de 100 estalidos. O eixo x representa o número da identificação dos registros para referência e o eixo y representa a frequência em Hz.

Ao se analisar somente as detecções acústicas contendo assovios e estalidos, foi possível notar uma correlação linear forte e estatisticamente significativa entre a média da frequência máxima dos assovios e a frequência centróide dos estalidos (Figura 6), indicando que animais com assovios com frequência máxima relativamente mais alta tendem a emitir estalidos com a frequência centróide também relativamente mais alta.

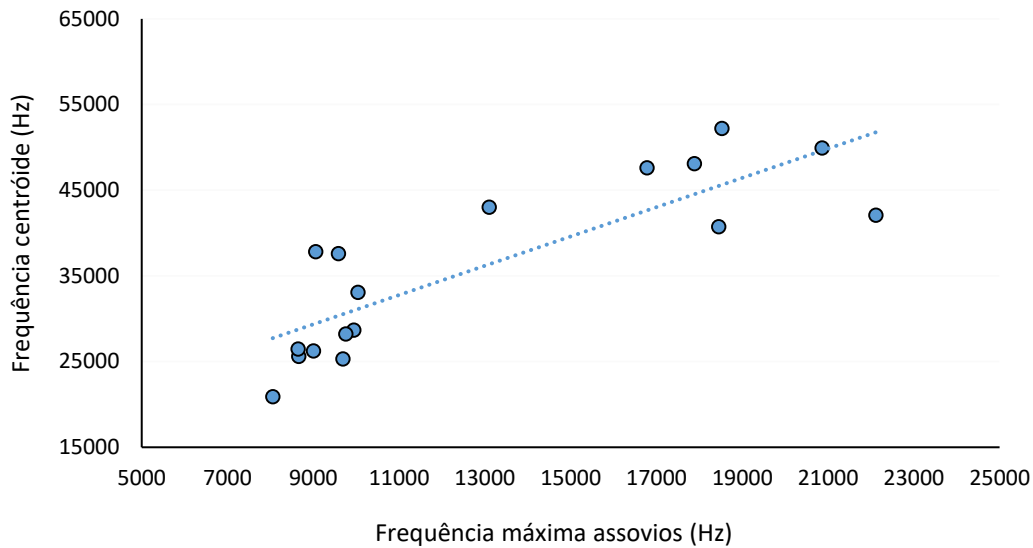


Figura 6. Gráfico de correlação entre as médias de frequências máximas dos assovios e as médias das frequências centróide dos estalidos nos registros acústicos contendo os dois tipos de sinais.

Ao se refinar a análise anterior e observar somente os registros acústicos contendo mais de 30 assovios e estalidos, é possível notar que os encontros acústicos caracterizados por assovios com frequência máxima inferior a 10kHz tendem a apresentar estalidos com médias de frequência de pico e centróide comparativamente mais baixas do que aqueles registros caracterizados por assovios com frequências comparativamente mais elevadas (Figura 7 e Figura 8).

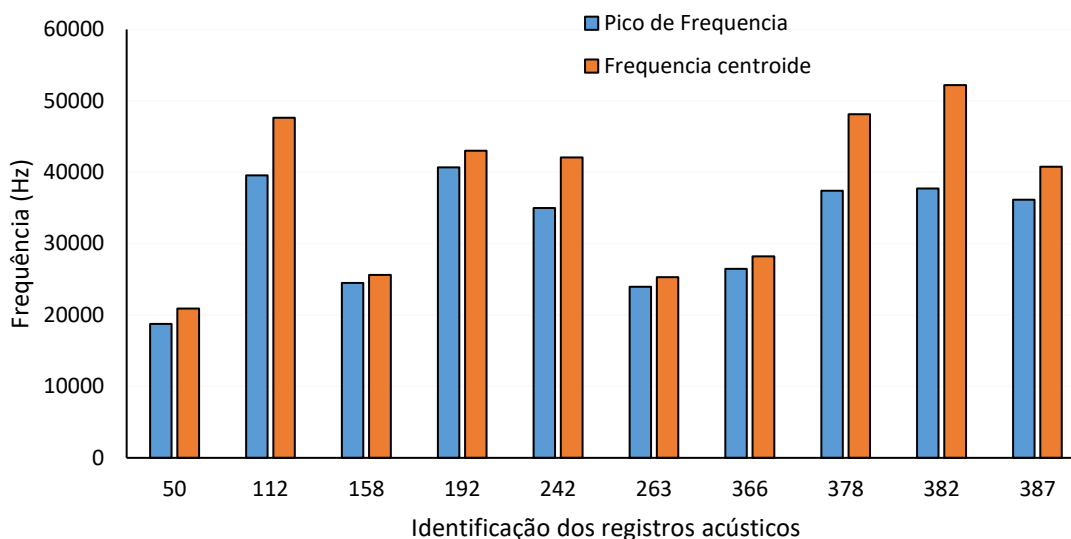


Figura 7. Valores de média de pico de frequência e frequência centróide para os estalidos registrados em encontros acústicos contendo mais de 30 assovios e estalidos. O eixo x representa os números de identificação dos registros acústicos analisados para referência e o eixo y representa a frequência em Hz.

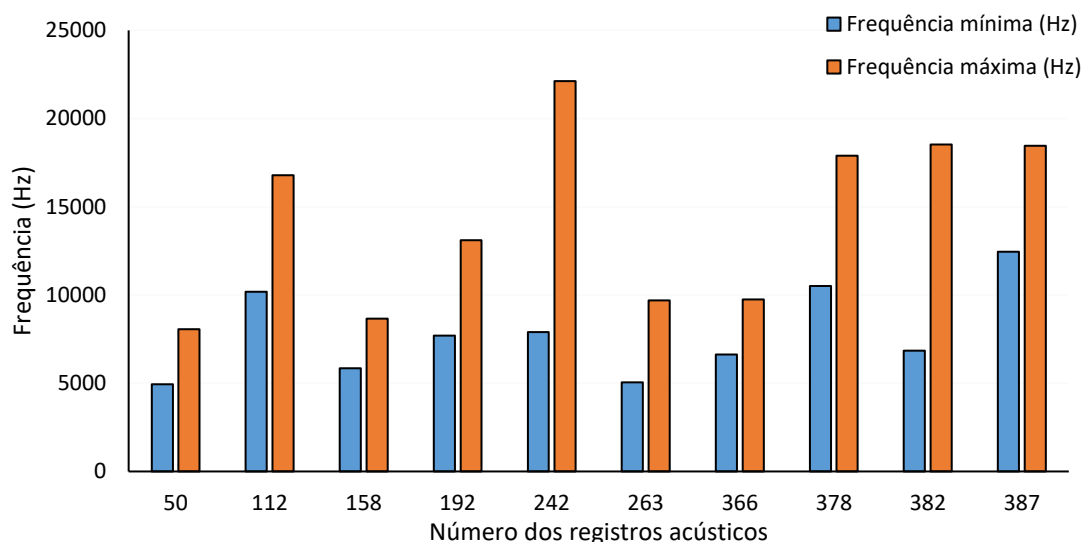


Figura 8. Valores de média da frequência máxima para assovios registrados em encontros acústicos contendo mais de 30 assovios e estalidos. Eixo x representa os números dos registros acústicos analisados e o eixo y representa a frequência em Hz.

Ao se realizar uma análise de agrupamento sobre esses dados é possível notar a formação de dois grupos: um constituído por encontros acústicos contendo assovios e estalidos com frequências comparativamente baixas, em que também foi agrupada a MAP158, concomitante a uma avistagem de *P. crassidens*; e outro grupo formado por registros contendo sinais acústicos

em uma frequência relativamente mais alta, em que também foi agrupada a MAP242, concomitante a uma avistagem de *S. attenuata* (Figura 9).

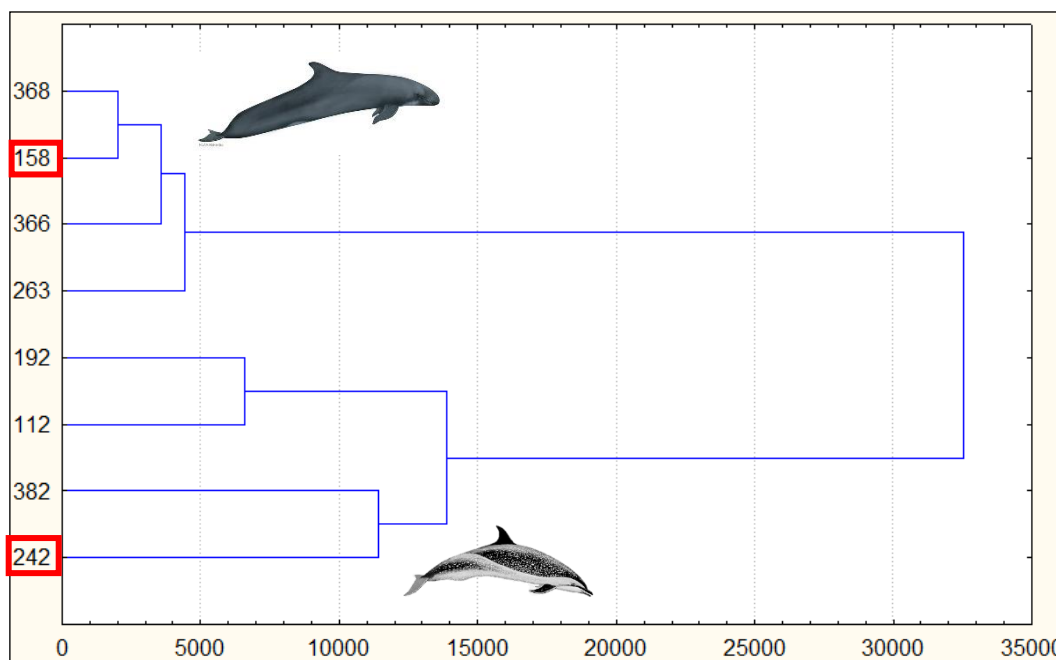
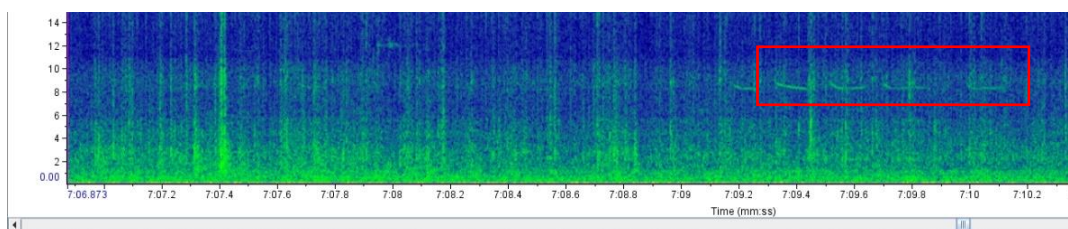


Figura 9. Análise de agrupamento realizado com as médias das frequências máximas dos assovios e a frequência centróide dos estalidos, representadas pelo eixo x, entre os registros acústicos de delfínídeos contendo mais de 30 assovios e estalidos. O eixo y representa o número de identificação do registro para referência. Adicionalmente, identifica-se: MAP158= *Pseudorca crassidens*; MAP242= *Stenella attenuata*

As semelhanças entre os grupos formados pela análise de agrupamento também se mantêm quando se faz uma análise visual dos espectrogramas, em que os registros agrupados em conjunto com a MAP158 (*P. crassidens*) apresentaram assovios simples, com poucos ou nenhum ponto de inflexão e banda de frequência estreita, sendo muitos deles de frequência constante (Figura 10).



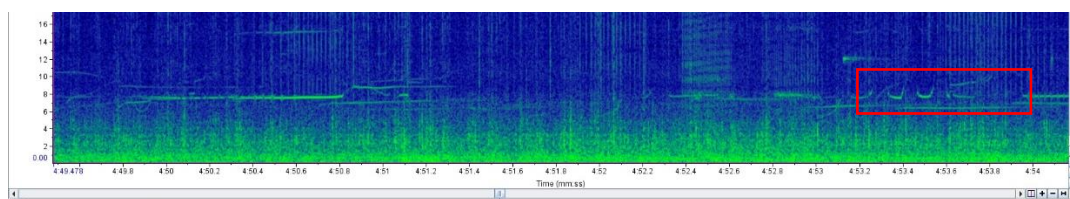


Figura 10. Espectrograma dos registros acústicos MAP158 e MAP368 exemplificando sinais semelhantes encontrados nos registros acústicos agrupados em conjunto. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Outra semelhança encontrada durante a análise espectrográfica deste primeiro grupo foi a presença de sinais pulsados do tipo explosivo ocorrendo simultaneamente aos assovios (Figura 11)

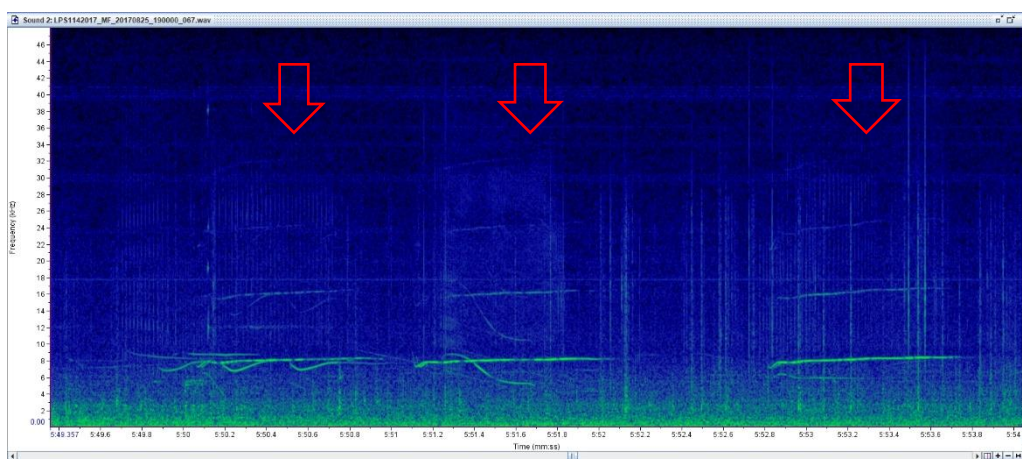
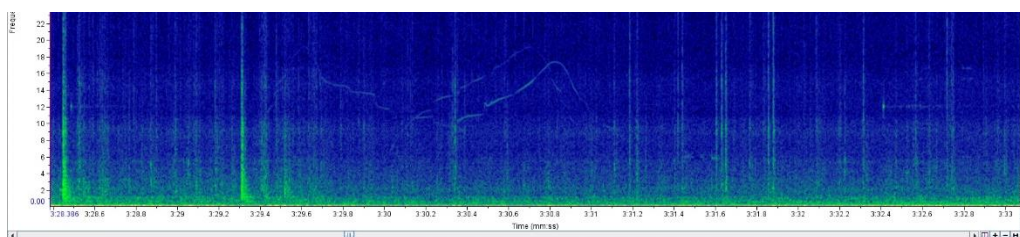


Figura 11. Espectrograma do registro acústico MAP158 exemplificando os sinais explosivos ocorridos simultaneamente aos assovios, característica presente em todos os registros acústicos do primeiro grupo. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Também foram encontradas semelhanças espectrográficas entre os registros agrupados em conjunto com a MAP242 (*S. attenuata*), os quais apresentaram assovios com banda de frequência de maior amplitude, com pelo menos um ponto de inflexão e diversas quebras (Figura 12).



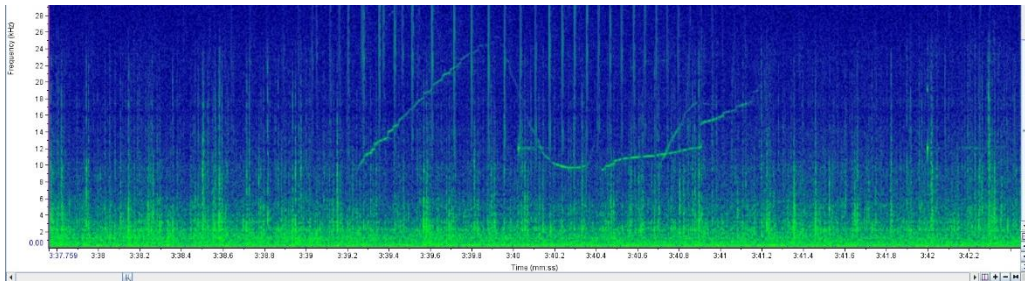


Figura 12. Espectrograma dos registros acústicos MAP242 e MAP382 exemplificando sinais semelhantes encontrados nos registros acústicos agrupados em conjunto. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Com base nos valores médios de frequência máxima dos assovios e/ou médias de frequência centróide dos estalidos, os registros acústicos foram categorizados como odontocetos de alta frequência, os quais foram mais frequentes, representando 46% dos registros acústicos, e odontocetos de baixa frequência, representando 14% dos registros. Além disso, em 40% dos casos não foi possível categorizar o registro devido à ausência de assovios ou uma baixa relação sinal/ruído dos estalidos detectados, impossibilitando a análise dos parâmetros de frequência do mesmo (Figura 13).

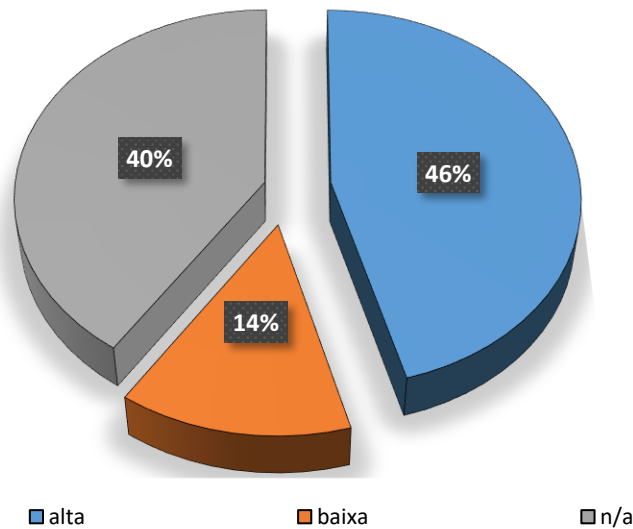


Figura 13. Frequência de vocalização dos odontocetos identificados: A seção em azul apresenta a porcentagem de registros com média de frequência máxima de assovios maior que 10kHz e/ou estalidos com mais de 30kHz, enquanto que a em laranja apresenta o percentual de registros com frequências mais baixas. A seção em cinza representa os registros que não puderam ser analisados.

III.1.b. *Pseudorca crassidens*

Ao total foram analisados 261 assovios registrados no encontro acústico MAP158, concomitante com avistagem de *P. crassidens* (CHP070B). Os assovios analisados apresentaram frequência mínima entre 2 e 10kHz e máxima entre 6 e 12kHz, no entanto a maior parte dos assovios variou entre 5 e 10kHz (Figura 14). A frequência média dos assovios variou entre 5,8 e 8,6kHz e a duração média foi de aproximadamente 0,5s (Tabela 5).

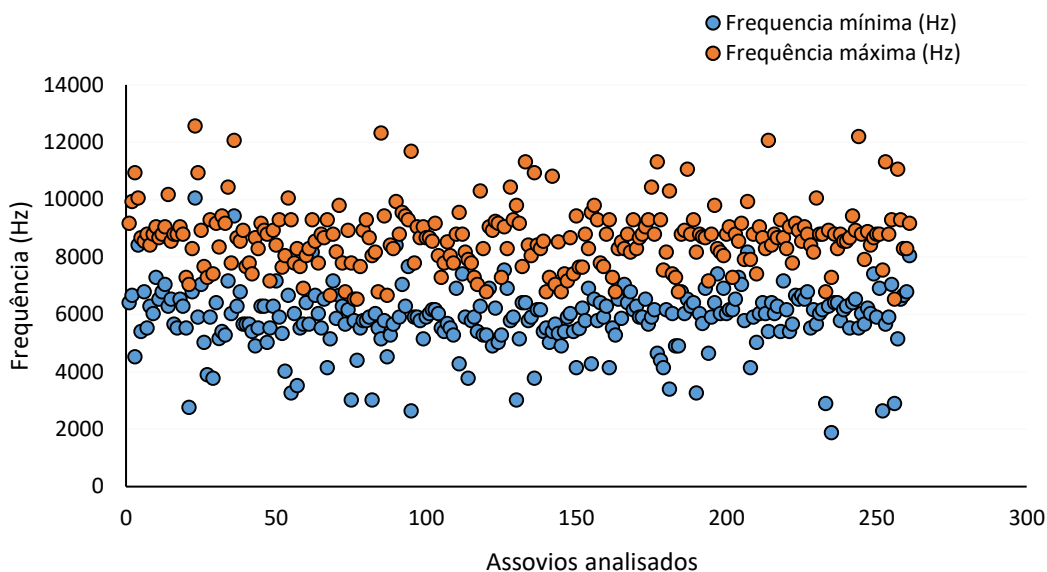


Figura 14. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Gráfico de dispersão contendo as médias de frequências máximas e mínimas dos assovios analisados. O eixo x representa os assovios analisados e o eixo y representa a frequência em Hz.

Tabela 5. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência mínima, frequência máxima, frequência inicial, frequência final, banda de frequência e duração dos assovios analisados.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência mínima	5841	1886	10057	1090
Frequência máxima	8663	6537	12571	1081
Frequência inicial	6832	3775	8860	1187
Frequência final	7050	1016	10333	1778
Banda de frequência	2822	754	9051	1317
Duração	0,479	0,136	0,971	0,226

Com relação à forma espectrográfica, os assovios apresentaram forma geral simples, com no máximo quatro pontos de inflexão e nenhuma quebra (Tabela 6). Em torno de 60% dos assovios analisados apresentaram pouca ou nenhuma variação na frequência (categoria: frequência constante), 26% apresentaram duração inferior a 0,3s (categoria: chirp) (Figura 15) e apenas 25% apresentaram harmônicos.

Tabela 6. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPAD) dos parâmetros: número de quebras, número de pontos de inflexão e número de alças dos assovios analisados.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Quebras	0	0	0	n/a
Pontos de inflexão	0,7	0,0	4,0	1,3
Alças	0,2	0,0	2,0	0,6

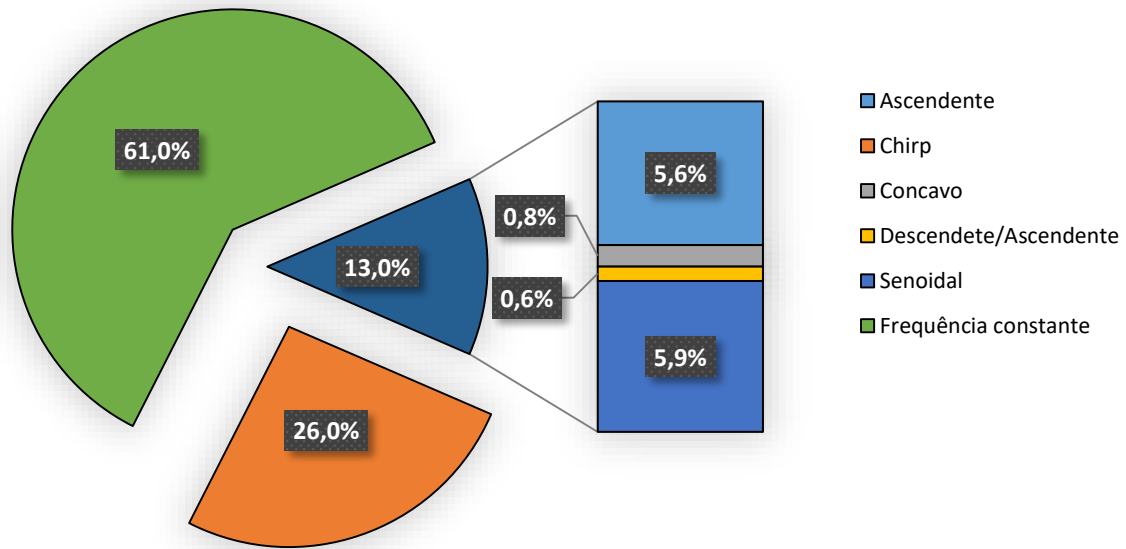


Figura 15. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Porcentagem de assovios analisados pertencentes à cada categoria de forma espectrográfica.

Outra característica que deve ser ressaltada foi a elevada taxa de repetição encontrada neste registro, em que 94% dos assovios foram repetidos (Figura 16).

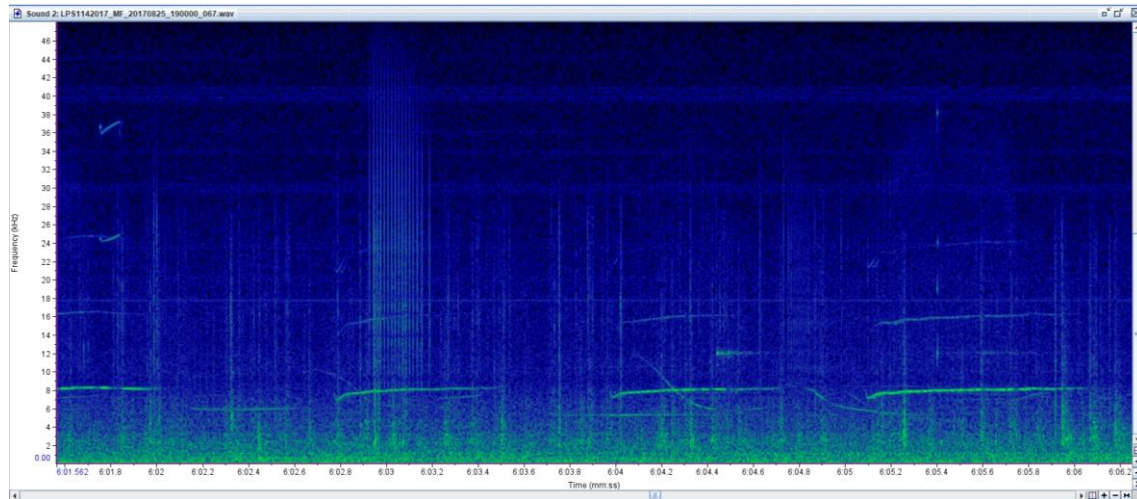


Figura 16. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Espectrograma com exemplo de assovios repetidos. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Com relação aos estalidos, o intervalo entre pulsos variou entre 0,02 e 0,40s, a média da frequência centróide foi de aproximadamente 25kHz e a frequência de pico foi de aproximadamente 24kHz (Tabela 7).

Tabela 7. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s) dos estalidos analisados.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência Centróide (kHz)	25609	11279	60840	7265
Pico de Frequência (Hz)	24511	2734	64258	9309
Intervalo entre pulsos (s)	0,06	0,02	0,42	0,07

Ao se analisar o gráfico de dispersão, é possível notar que os valores da variável frequência centróide são mais baixos no início do encontro acústico, praticamente dobram de valor com o decorrer do tempo, para depois retornar ao valor inicial (Figura 17).

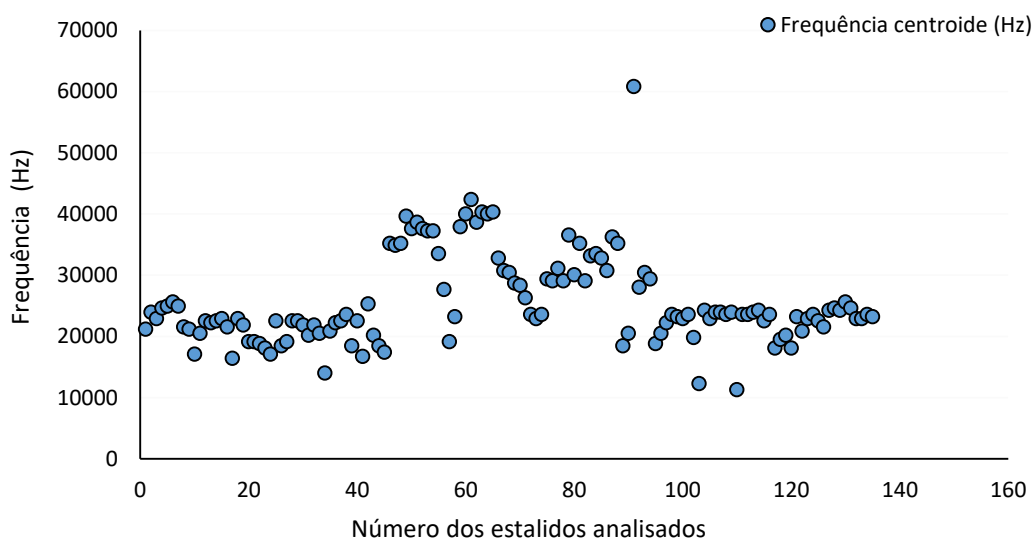


Figura 17. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Diagrama de dispersão das frequências centróides dos estalidos analisados.

Durante o registro acústico MAP158 foram encontradas ao menos 74 sequências de sinais pulsados pertencentes à categoria sons explosivos (Figura 18). A duração média dessas sequências foi de aproximadamente 0,3s, com intervalos entre pulsos variando entre 0,02 e 0,002s (Tabela 8). Vale citar que no presente registro também foram encontradas diversas

seqüências de estalidos contendo entre 5 e 8 pulsos, com intervalos constantes de aproximadamente 20ms.

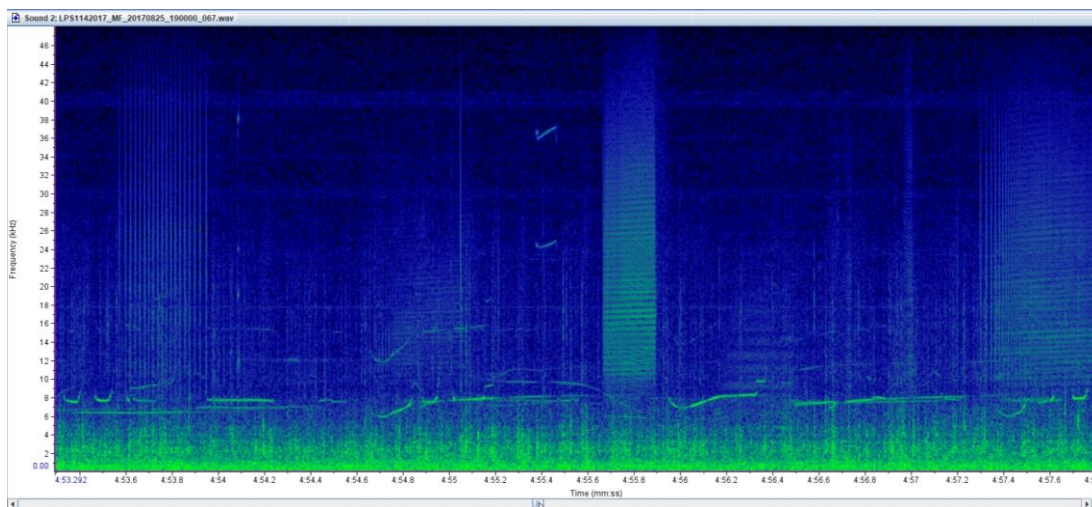


Figura 18. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Espectrograma com exemplo dos sinais explosivos característicos deste registro. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Tabela 8. Análise do registro acústico MAP158 concomitante com a avistagem de *Pseudorca crassidens* (CHP070B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros duração da seqüência e intervalo entre pulsos dos sinais explosivos analisados.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Duração da seqüência (s)	0,34	0,15	0,74	0,13
Intervalo entre pulsos (s)	0,01	0,00	0,02	0,00

III.1.c. *Stenella attenuata*

Ao total foram analisados 172 assovios registrados nos encontros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com as avistagens de *S. attenuata* (CHP115 e CHP122, respectivamente) (Figura 19). Os assovios analisados apresentaram frequência mínima entre aproximadamente 4 e 15kHz e máxima entre 10 e 33kHz, no entanto a maior parte dos assovios variou entre 5 e 30kHz (Figura 20). A frequência média dos assovios variou entre 7,9 e 21,7kHz e a duração média foi de aproximadamente 0,9s (Tabela 9).



Figura 19. Registro fotográfico da avistagem CHP115 (João Luiz R Lamas, 2017)

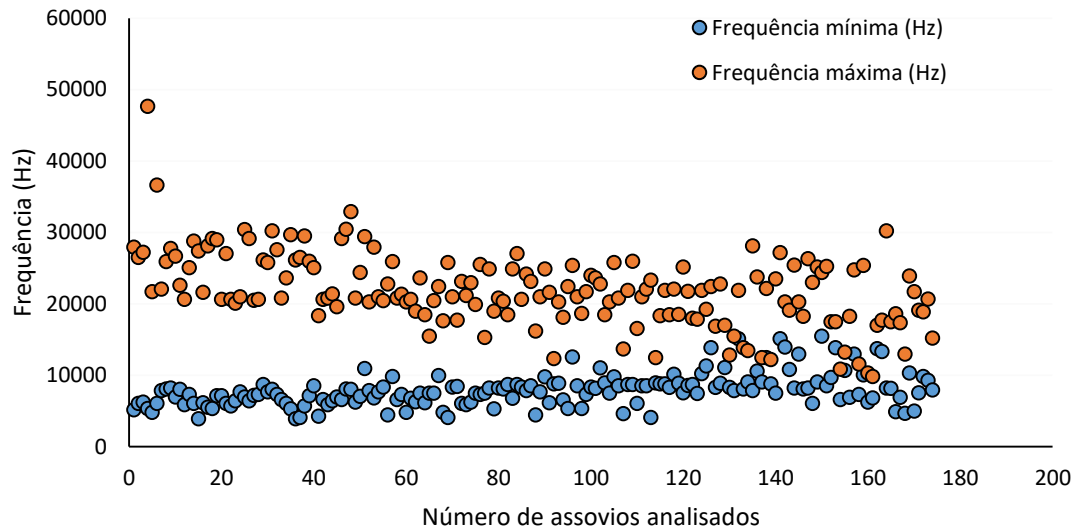


Figura 20. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Gráfico de dispersão contendo as médias de frequências máximas e mínimas dos assovios analisados. O eixo x representa os assovios analisados e o eixo y representa a frequência em Hz

Tabela 9. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência mínima, frequência máxima, frequência inicial, frequência final e duração dos assovios analisados, assim como comparação entre os registros acústicos.

Parâmetros e registros acústicos	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência mínima - Comparativo	7898	3911	15462	2276
Frequência mínima - Registro MAP242	7926	3911	15462	2291
Frequência mínima - Registro MAP249	7448	4651	10308	2070
Frequência máxima - Comparativo	21677	9805	32889	4618
Frequência máxima - Registro MAP242	21868	9805	32889	4633
Frequência máxima - Registro MAP249	18579	12948	23885	3133
Frequência inicial - Comparativo	10731	3897	58781	8265
Frequência inicial - Registro MAP242	9153	3897	20021	3275
Frequência inicial - Registro MAP249	16255	6371	58781	15806
Frequência final - Comparativo	12838	4061	25030	5825
Frequência final - Registro MAP242	12507	4061	25030	5992
Frequência final - Registro MAP249	13998	5178	21426	5321
Banda de frequência - Comparativo	13779	2514	24889	5242
Banda de frequência - Registro MAP242	13943	2514	24889	5316
Banda de frequência - Registro MAP249	11131	7291	16711	2885
Duração - Comparativo	0,9	0,1	2,1	0,4
Duração - Registro MAP242	0,9	0,1	2,1	0,4

Duração - Registro MAP249	0,8	0,4	1,2	0,3
---------------------------	-----	-----	-----	-----

Com relação à forma espectrográfica, os assovios apresentaram forma relativamente mais complexas, com um máximo de 17 quebras (Tabela 10), bem como forma espectrográfica bastante variada, com predominância das categorias segmentados (23%), ascendentes/descendentes (28%) e convexos (29%) (Figura 21).

Tabela 10. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros número de quebras, número de pontos de inflexão e número de alças dos assovios analisados, assim como comparação entre os registros acústicos

Parâmetros e registros acústicos	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Quebras - Comparativo	4,2	0,0	17,0	4,9
Quebras – Registro MAP242	4,9	0,0	17,0	5,3
Quebras – Registro MAP249	2,0	0,0	5,0	1,9
Pontos de inflexão - Comparativo	0,8	0,0	2,0	0,6
Pontos de inflexão – Registro MAP242	0,9	0,0	2,0	0,6
Pontos de inflexão – Registro MAP249	0,5	0,0	1,0	0,5
Alças - Comparativo	0,4	0,0	2,0	0,6
Alças – Registro MAP242	0,5	0,0	2,0	0,6
Alças – Registro MAP249	0,0	0,0	0,0	0,0

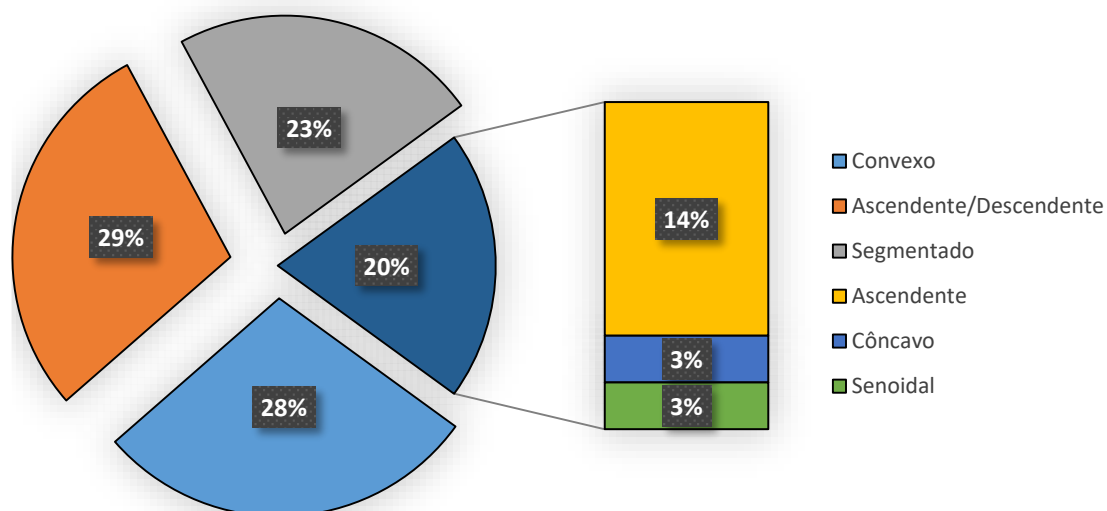


Figura 21. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Porcentagem de assovios analisados pertencentes a cada categoria de forma espectrográfica.

A taxa de repetição dos assovios também foi alta, com 77% de assovios repetidos. Com relação à presença de harmônicos, 57% dos assovios apresentaram um ou mais harmônicos (Figura 22).

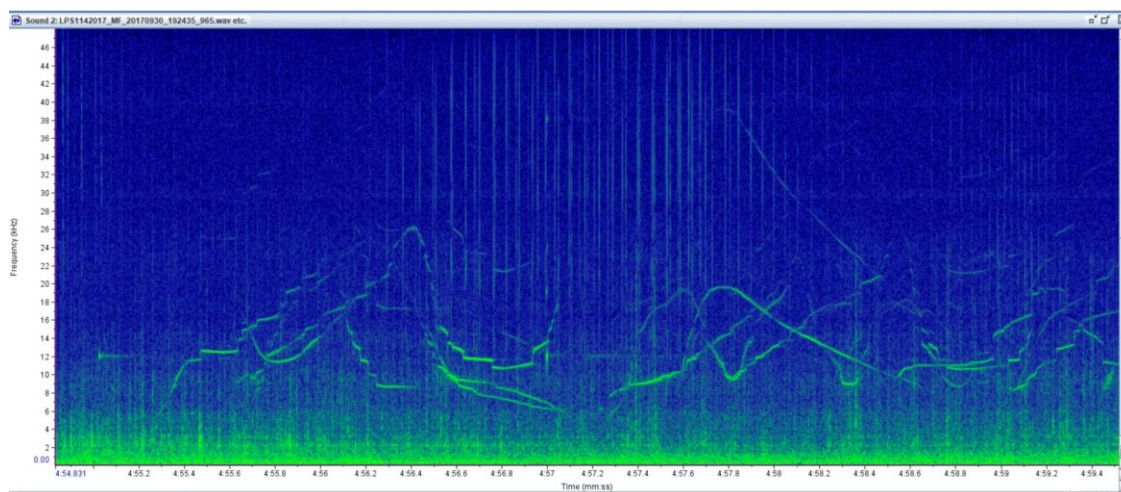


Figura 22. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Espectrograma do registro acústico MAP242 ilustrando a grande variedade de formas de assovios característicos deste registro. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Ao total foram analisados 73 estalidos, para os quais o intervalo entre pulsos variou entre 0,02 e 0,30s, a média da frequência centróide foi de aproximadamente 43kHz e a frequência de pico foi de aproximadamente 38kHz (Tabela 11).

Tabela 11. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s), dos estalidos analisados no registro acústico MAP242.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência Centróide (kHz)	40111	17432	69385	13356
Pico de Frequência (Hz)	37855	7178	87158	19832
Intervalo entre pulsos (s)	0,09	0,02	0,35	0,06

Durante o registro acústico MAP242 também foram encontradas ao menos cinco sequências de sinais pulsados pertencentes à categoria sons explosivos, em que o intervalo entre pulsos foi igual ou menor que 0,017s (Figura 23). A duração média dessas sequências foi de aproximadamente 0,9s, com intervalos entre pulsos variando entre 0,02 e 0,007s (Tabela 12).

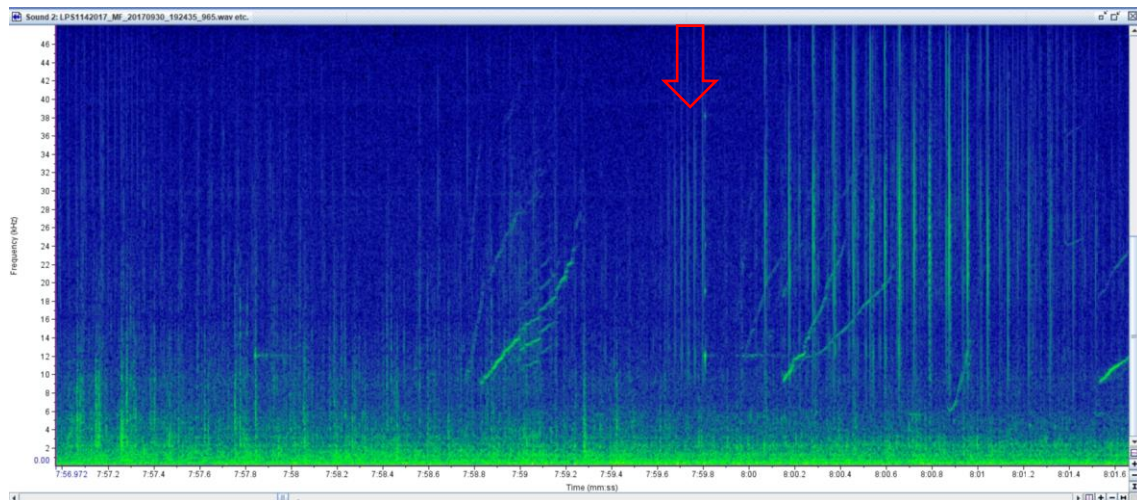


Figura 23. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Espectrograma do registro acústico MAP242 com exemplo dos sinais explosivos. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Tabela 12. Análise dos registros acústicos MAP242 e MAP249, concomitantes com avistagens de *Stenella attenuata* (CHP115 e CHP112, respectivamente): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros duração da sequência e intervalo entre pulsos, dos sinais explosivos analisados no registro acústico MAP242.

Parâmetros analisados	Media	Mínimo	Máximo	DesvPad
Sequência	0,9074	0,433	1,277	0,291
Intervalo entre pulsos	0,012	0,007	0,019	0,004

III.1.d. *Grampus griseus*

Ao se realizar a análise espectrográfica do registro acústico MAP282, concomitante a uma avistagem de *Grampus griseus* (CHP135) foi possível observar uma variação de amplitude em bandas alternadas de frequências (25kHz, 29kHz e 33kHz). O padrão de bandas de frequência alternadas em amplitude já foi descrito para a espécie (Soldevilla *et al*, 2008). Essas variações de amplitude mantiveram-se constantes nas mesmas bandas de frequência nos diferentes cliques e também ao se comparar os sinais nos diferentes canais (Figura 24).

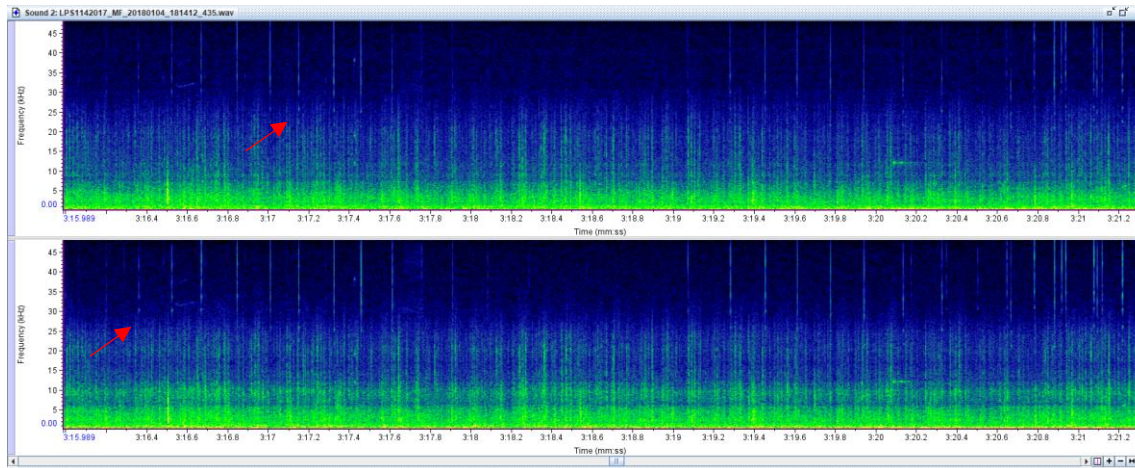


Figura 24. Análise do registro acústico MAP282, concomitante com avistagem de *Grampus griseus* (CHP135): Espectrograma com exemplo de estalidos com banda de frequência de amplitude alternada. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

III.1.e. *Globicephala sp*

Ao se realizar a análise espectrográfica dos registros acústicos MAP202 e MAP205, concomitantes com as avistagens de *Globicephala sp* (CHP94 e CHP95, respectivamente), em relação aos assovios, em ambos os casos somente foi possível encontrar um fragmento de assovio com baixa relação sinal/ruído com duração de 0,5s e frequência mínima de 11 e 9kHz, e máxima de 17 e 13kHz, respectivamente. Com relação aos sinais pulsados ao total foram analisados 38 estalidos registrados no encontro acústico MAP205, concomitante com a avistagem de *Globicephala sp* (CHP095) (Figura 25). O intervalo entre pulsos variou entre 0,06 e 0,69s e a média da frequência centróide foi de aproximadamente 40kHz e a frequência de pico foi de aproximadamente 35kHz (Tabela 13). No entanto é interessante notar a distribuição bimodal dos parâmetros de frequência (Figura 26).



Figura 25. Registro fotográfico da avistagem CHP095 (Ivan H. Kawata)

Tabela 13. Análise do registro acústico MAP205, concomitante com avistagem de *Globicephala sp* (CHP095): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s) dos estalidos analisados.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência Centróide (kHz)	40566	19482	61182	11802
Pico de Frequência (Hz)	35259	19141	48193	8054
Intervalo entre pulsos (s)	0,16	0,06	0,69	0,12

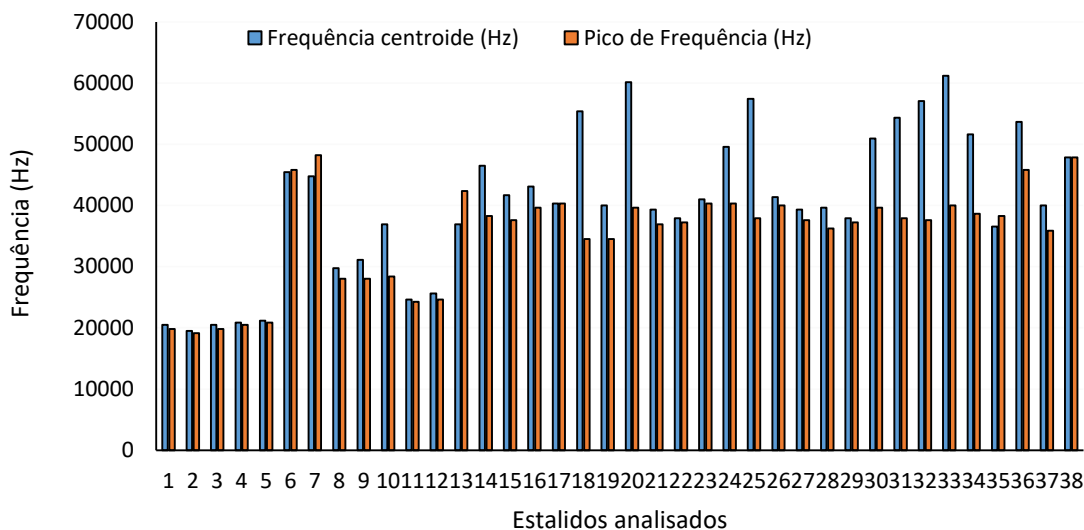


Figura 26. Análise do registro acústico MAP205, concomitante com avistagem de *Globicephala sp* (CHP095): Valores de frequência centróide e pico de frequência dos estalidos analisados.

III.1.e. *Steno bredanensis*

O registro acústico MAP320 ocorreu de forma concomitante à avistagem de *Steno bredanensis* (CHP140B) (Figura 27), no entanto somente foram registrados quatro estalidos com relação sinal/ruído suficiente para analisar os parâmetros de frequência (Tabela 14).



Figura 27. Registro fotográfico da avistagem CHP140B (João Luiz R Lamas, 2018)

Tabela 14. Análise do registro acústico MAP320, concomitante com avistagem de *Steno bredanensis* (CHP140B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s) dos estalidos analisados.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência Centróide (kHz)	34265	32129	36231	1817
Pico de Frequência (Hz)	32556	29736	35205	2711
Intervalo entre pulsos (s)	0,28	0,02	0,44	0,23

III.1.f. *Stenella sp*

O registro acústico MAP136 ocorreu de forma concomitante à avistagem de *Stenella sp* (CHP064B), no entanto somente foram registrados três estalidos com relação sinal/ruído suficiente para analisar os parâmetros de frequência (Tabela 15).

Tabela 15. Análise do registro acústico MAP136, concomitante com avistagem de *Stenella sp* (CHP064B): Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide (Hz), pico de frequência (Hz) e intervalo entre pulsos (s), dos estalidos analisados.

Parâmetros analisado	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência Centróide (kHz)	51839	48193	58106	5451
Pico de Frequência (Hz)	40560	37256	43750	3249
Intervalo entre pulsos (s)	0,31	0,14	0,69	0,17

III.2. *Megaptera novaeangliae*

Ao total foram analisados 110 registros acústicos classificados pelos operadores MAP como *M. novaeangliae* e 9 registros acústicos classificados pelos operadores MAP como Mysticeti, totalizando 10h38min de gravação. O tempo de gravação dos registros variou de 1s a 7h44min, sendo a média de 24min.

Dentre os registros classificados como Mysticeti, dois deles foram concomitantes com avistagens de *Balaenoptera* sp (CHP077 e CHP089) e um deles com mysticeto não identificado (CHP102). No entanto, após realizar a análise espectrográfica destes registros pode-se concluir que com exceção dos registros MAP147, MAP166 e MAP173, os quais apresentaram relação sinal ruído demasiado baixa impossibilitando qualquer tipo de análise, os demais registros (MAP194-196; MAP206, MAP227 e MAP411) foram todos identificados como provenientes da espécie *Megaptera novaeangliae*. Além disso, devido à frequência em que foram emitidos e à alta incidência de detecções acústicas de *M. novaeangliae* nesta mesma faixa de frequência, mesmo os registros MAP147, MAP166 e MAP173 foram classificados como *M. novaeangliae* para fins de análise.

Com relação à qualidade da gravação 45% dos registros de *M. novaeangliae* apresentaram uma relação sinal/ruído demasiada baixa (Q4), sendo pouco audíveis e difíceis de serem visualizados no espectrograma para que o sinal pudesse ser analisado de acordo com sua função e por este motivo foram categorizados como som tonal ou unidade de canto.

Apesar da baixa relação sinal/ruído encontrada na maior parte dos registros acústicos, em 42% dos casos (Tabela 16) foi possível encontrar no espectrograma padrões claros de repetição e ritmo os quais caracterizam o canto da *M. novaeangliae* (Figura 28).

Tabela 16. Análise dos registros acústicos classificados como *Megaptera novaeangliae*: Porcentagem de registros contendo sinais acústicos pertencentes à cada categoria de qualidade de gravação

	Q1	Q2	Q3	Q4	Total
Canto	4%	9%	28%	0%	42%
Canto (N)	4	10	30	0	44
Unidades de canto (%)	0%	0%	5%	26%	31%
Unidades de canto (N)	0	0	5	28	33
Som tonal (%)	0%	2%	7%	19%	33%
Som tonal (N)	0	2	7	20	29
Total%	4%	11%	40%	45%	100%
Total N	4	12	42	48	106

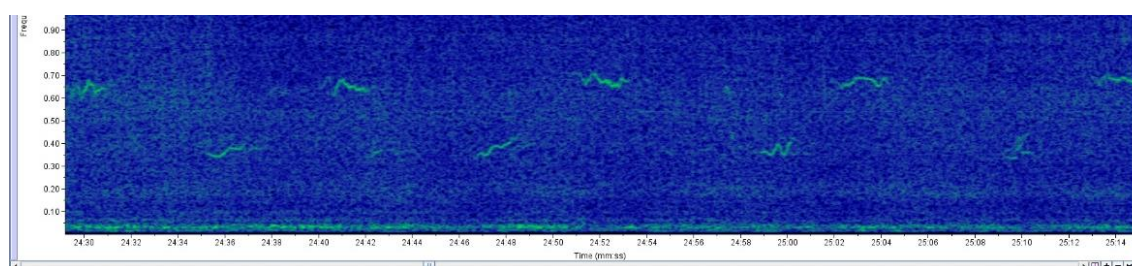


Figura 28. Análise dos registros acústicos classificados como *Megaptera novaeangliae*: Espectrograma do registro acústico MAP040 com exemplo sinais com padrão repetitivo e ritmado característico das canções de *Megaptera novaeangliae*. O eixo x representa o tempo em “minutos:segundos” e o eixo y representa a frequência em kHz.

Ao todo foram analisados 8519 sinais acústicos os quais variaram em frequência entre 123 e 1580Hz e duração entre 0,1 e 5,2s, com médias de frequência mínima e máxima entre 467 e

578Hz e média de duração de 1,5s (Figura 29, Tabela 17), com harmônicos até 12kHz. Para maiores detalhes consultar Anexo 7.

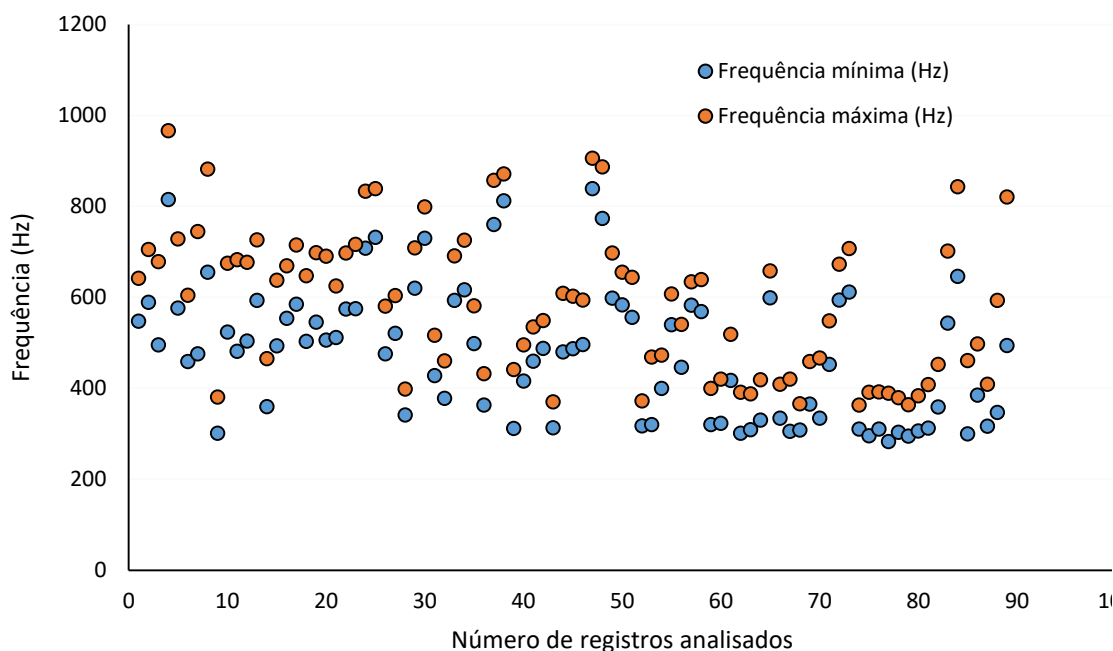


Figura 29. Análise dos registros acústicos classificados como *Megaptera novaeangliae*: Diagrama de dispersão contendo os valores médios das frequências máximas e mínimas.

Tabela 17. Análise dos registros acústicos classificados como *Megaptera novaeangliae*: Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão dos parâmetros de frequência mínima, frequência máxima e duração.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência mínima	467	123	1330	187
Frequência máxima	578	185	1580	200
Duração	1,5	0,1	5,2	0,7

III.3. *Physeter macrocephalus*

Ao todo foram registrados cinco encontros acústicos com a espécie *P. macrocephalus*, nos quais foram analisadas 3h57min de gravações. Os encontros tiveram duração média de 50min, mas variou entre cinco minutos e 1h49min. Dentre as gravações, somente uma teve suficiente relação sinal ruído para que os parâmetros de frequência pudessem ser analisados (Q1 ou Q2), a maioria delas foi de qualidade Q4, para as quais nenhuma análise foi possível (Tabela 18).

Tabela 18. Análise dos registros acústicos classificados como *Physeter macrocephalus*: Número de registros e a porcentagem de registros acústicos de acordo com a qualidade do registro e do tipo de sinal registrado.

Qualidade Registro	Cliques (%)	Cliques (N)	Cliques e sons explosivos (%)	Cliques e sons explosivos (N)
Q1	0	0	20%	1
Q2	0	0	0	0
Q3	20%	1	0	0
Q4	60%	3	0	0
N/A	0	0	0	0

Com relação à detecção acústica MAP051 o intervalo entre pulsos foi de aproximadamente 0,8s e a média da frequência centróide e do pico de frequência foi de 10kHz, podendo variar entre 5kHz e 14kHz; e 4 e 15kHz, respectivamente (Tabela 19). Ainda no registro MAP051 foi possível reconhecer uma sequência de pulsos com intervalos variando entre 0,03 e 0,1s. Este tipo de sinal é conhecido por *creak* e é utilizado durante o forrageamento.

Tabela 19. Análise dos registros acústicos classificados como *Physeter macrocephalus*: Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão (DesvPad) dos parâmetros frequência centróide, pico de frequência e intervalo entre pulsos.

Parâmetros analisados	Média	Mínimo	Máximo	DesvPad
Frequência Centróide (kHz)	10434	5063	14250	2067
Pico de Frequência (Hz)	10207	4875	15188	2240
Intervalo entre pulsos (s)	0,8	0,7	1,0	0,1

IV. Discussão

De forma geral foi interessante notar que apesar de corresponder a somente uma pequena parcela dos encontros acústicos (28%), os registros de *Megaptera novaeangliae*, corresponderam a 60% das horas de áudio analisadas. Isso se deve ao comportamento acústico desta espécie, na qual o macho é conhecido por cantar canções longas e complexas (Payne & McVay, 1971), especialmente nas áreas reprodutivas. Além disso, diferente dos golfinhos, que se utilizam principalmente de frequências mais altas e comumente são apenas detectados à menos de 1 km, as baleias-jubarte utilizam uma frequência mínima relativamente mais baixa e por este motivo seus sinais sofrem uma menor perda por atenuação (Thorp *et al.*, 1967). Dessa forma, seus sinais são transmitidos por maiores distâncias, permitindo que a baleia continue sendo detectada mesmo a medida que a embarcação e/ou ela se afasta, aumentando assim a possibilidade de tempo de detecção.

Com relação à qualidade das gravações de áudio, pode-se afirmar que uma fração considerável das gravações (8%) foram de excelente qualidade (Q1), com elevada relação sinal/ruído fazendo com que os sinais acústicos fossem facilmente visualizados e analisados através do espectrograma. Inclusive é interessante destacar que dois registros acústicos de qualidade Q1 foram de espécies identificadas visualmente pelos observadores de biota (MAP158/ CHP070B – *Pseudorca crassidens* e MAP242/CHP115 – *Stenella attenuata*) e cinco delas foram de *M. novaeangliae*, dentre as quais uma delas teve 07h44min de duração. Esta categoria de gravação possui um forte potencial para trabalhos acadêmicos e consequente aprofundamento de nosso conhecimento sobre o comportamento acústico das espécies da área oceânica brasileira.

A relação sinal/ruído e a consequente qualidade de registro dos áudios variou de acordo com o grupo taxonômico analisado, ou melhor dizendo, com a frequência utilizada com o grupo taxonômico analisado. O ruído gerado por toda operação sísmica é variável nas diferentes bandas de frequência, sendo normalmente bastante elevado nas frequências mais baixas, em que contribuem para o ruído, além das fontes sísmicas, o motor, as hélices e o próprio ruído gerado pelo arrasto dos hidrofones. Este ruído diminui gradativamente até em torno de 30kHz, em que acima dessa frequência são detectados apenas sinais intermitentes como as fontes sonoras, os equipamentos acústicos de navegação dos cabos sísmicos e possíveis ecosondas, os quais por sua natureza intermitente possuem pouco potencial de mascaramento. Sendo assim, é esperado que se obtenha gravações com uma melhor relação sinal/ruído (qualidade) com aqueles animais que se utilizam de uma banda de frequência em que o ruído é menor, neste caso os integrantes da família Delphinidae, os quais normalmente se utilizam de frequências superiores à 5 kHz.

É importante ressaltar que apesar do baixo número de registros acústicos em que foi possível encontrar sinais característicos de forrageio, não significa que os animais não apresentaram este comportamento. Os sinais emitidos pelos cetáceos ainda são pouco estudados, portanto não se sabe ao certo se todas as espécies utilizam este tipo de sinal, e mesmo as que o utilizam, não se sabe se o fazem sempre que forrageiam. Além disso, este relatório foi conservador para reconhecer uma sequência de cliques como *feeding buzz*, apenas considerando aqueles em que não restavam dúvidas de que os estalidos com menor intervalo entre pulsos pertenciam à mesma sequência daqueles emitidos com um intervalo entre pulsos maior. Por estes motivos, as gravações com atividade de forrageio podem ser maiores do que as estimadas aqui.

Com relação à identificação taxonômica dos registros acústicos, pode-se afirmar que houve avanço pois 88% dos registros anteriormente classificados como odontoceti foram reclassificados como pertencentes à família delphinidae. Além disso, como dito anteriormente, foi possível obter bons registros acústicos, com boa relação sinal/ruído e um bom número de sinais (estalidos e assovios) para *Pseudorca crassidens* e *Stenella attenuata*, enriquecendo assim o conhecimento sobre o comportamento acústico dessas espécies. Além disso, o registro acústico da espécie *Grampus griseus*, devido às características marcantes de seus estalidos, forneceu uma ferramenta de comparação importante para aumentar a confiabilidade nos registros acústicos de *G. griseus* identificados, sem o auxílio da identificação pelos observadores de biota.

Com relação aos delfinídeos, é interessante notar que apesar de apenas 14% serem gerados por odontocetos que se utilizam de frequências relativamente mais baixas, quando consideradas apenas as detecções com mais de 50 assovios, a maior parte dos registros são caracterizados por assovios com frequência máxima inferior a 10kHz. Talvez isso se deva à correlação negativa existente entre a frequência máxima de vocalização e o tamanho do animal, considerando que odontocetos maiores tendem a possuir um maior nível da fonte fazendo com que seus sinais possam ser captados por maiores distancias (Parvin *et al.*, 2007). Com relação aos estalidos, a maior parte dos trabalhos encontrados na literatura descrevem o que é chamado de características de cliques “no eixo” (tradução do inglês *on axis*) (Atem *et al.*, 2009; Baumann-Pickering *et al.*, 2010). No entanto, durante o monitoramento em tempo real são captados principalmente estalidos fora do eixo (Baumann-Pickering *et al.*, 2015), e apesar de haverem métodos descritos na literatura para reconhecer quais estalidos possuem maiores chances de terem sido captados no eixo de transmissão (Madsen *et al.*, 2004), o número desses sinais é baixo. Por esses motivos, no presente relatório foram analisados estalidos com boa relação sinal ruído, e sempre que possível escolhendo aquele com características mais próximas do eixo. Os estalidos captados fora do eixo possuem ênfase nas frequências mais baixas do espectro, fazendo com que boa parte dos registros possua uma média entre 35 e 45kHz, no entanto foi interessante notar que foi possível distinguir ao menos seis registros com médias de pico de frequência e frequência centróide ao redor de 25kHz, possivelmente indicando a presença de animais maiores (*e.g. Blackfish*).

Ainda com relação aos delfinídeos, foi interessante observar que existe uma forte correlação positiva entre frequência máxima dos assovios e frequência centróide dos estalidos, o que auxiliou a separar os registros de delfinídeos em dois subgrupos: os que se utilizam de alta frequência (golfinhos) e os que se utilizam de uma frequência relativamente mais baixa (*blackfish*). Ainda mais interessante foi que ao realizar uma análise de agrupamento considerando a frequência máxima dos assovios e a frequência centróide dos estalidos (N>30 para assovios e N>50 para estalidos) foi possível observar a formação desses mesmos dois grupos, os de baixa frequência ou *blackfish*, em que também foi agrupado o registro de *P. Crassidens*, e o de alta frequência ou golfinhos, em que foi agrupado o registro de *S. attenuata*. Ainda de acordo com a análise de agrupamento foi interessante notar que registros acústicos agrupados juntos possuem grande semelhança espectrográfica também, ressaltando o potencial do método para diferenciar as espécies ou grupos de espécies acusticamente.

A espécie *P. crassidens* pode ser encontrada em todos os oceanos tropicais ou temperados quentes, geralmente entre as latitudes de 50S e 50N (Taylor et al., 2008). Estes animais possuem assovios característicos, com uma banda de frequência estreita e poucos pontos de inflexão ou quebras, por isso são animais com grande potencial para serem identificados acusticamente ao nível de espécie (Oswald et al., 2003; Weir et al., 2013).

Conforme esperado, os resultados das análises dos assovios contidos no registro MAP158 concomitante com avistagem de *P. crassidens* revelaram assovios majoritariamente simples, com banda de frequência estreita, sem quebras e com poucos pontos de inflexão. No entanto, as médias de frequências mínimas (5,8kHz) e máximas (8,6kHz) dos assovios apresentaram frequências intermediárias entre o registrado por Oswald et al (2003) no Oceano Pacífico tropical (entre 4,7 e 6kHz), e o registrado por Weir et al (2013) na costa oeste na África (entre 7,3 e 8,4kHz). O padrão encontrado no presente relatório também é similar ao encontrado para a espécie no relatório da caracterização das vocalizações geradas no Projeto FZA-M-320 (processo nº 02022.000714/2014-07), com média de frequência variando entre 4,9 e 8,9 kHz, duração de 0,6s, com poucos ou nenhum ponto de inflexão e na sua maioria de frequência constante (referência ao Registro Acústico MAP Foz065).

É interessante destacar que apesar da banda de frequência dos assovios analisados na MAP158 (2,8kHz – presente estudo) ser menor do que nos estudos citados (1kHz) (Oswald et al., 2003; Weir et al., 2013), uma variação de frequência no assovio de menos de 3kHz ainda deve permitir a consideração como um assovio com banda de frequência estreita, mantendo a característica da espécie. Além disso, este pode ser apenas um reflexo do pequeno número de assovios analisados (N=20) durante o trabalho de Weir et al. (2013), com o qual os dados do presente relatório mais se assemelharam.

Com relação aos estalidos, Madsen et al. (2004) estudou os clicks de ecolocalização de *P. crassidens* no Oceano Índico e encontrou que estas produziam sinais de curta duração (30ms) com picos de frequência ao redor de 26 e 79kHz e frequência centróide entre 30-70kHz. O presente relatório registrou frequência centróide, entre 11 e 60kHz, e pico de frequência entre 2 e 64kHz, com média ao redor de 24kHz. É importante ressaltar que o trabalho citado trabalhou apenas com estalidos detectados no eixo, enquanto a presente caracterização foi feita através da análise dos estalidos “mais próximos do eixo possível”. Assim como Madsen et al (2004), durante a presente análise foram encontradas sequências de estalidos bastante curtas,

contendo entre 5 e 8 pulsos, com intervalos constantes de aproximadamente 20ms. No Hawaii, Baumann-Pickering *et al.* (2015) registrou picos de frequência entre 8 e 33kHz, com média em 21kHz e frequência centróide entre 17 e 33kHz com média em 25kHz. O padrão encontrado no presente relatório também é similar ao encontrado para a espécie durante o relatório da sonoteca do Projeto FZA-M-320 (registro Foz017), o qual encontrou valores médios de frequência centróide de 33kHz, com variação entre 21 e 37kHz e média de pico de frequência de 33kHz, com variação entre 21 e 37kHz.

Ainda com relação à caracterização do comportamento acústico dos registros acústicos ocorridos durante as avistagens, os assovios analisados durante os registros acústicos de *Stenella attenuata* apresentaram frequência média mínima de 8kHz, máxima de 21kHz e duração média de aproximadamente 0,9s. No Oceano Pacífico, Oswald *et al* (2003) reportou uma variação entre 8 e 19kHz, também com uma duração média de 0,9s. O padrão encontrado no presente relatório também é similar ao encontrado para a espécie durante o relatório da sonoteca do Projeto FZA-M-320, com média de frequência variando entre 11 e 17kHz, com duração de 0,6s (referência ao Registro Acústico MAP Foz054_a). Além dos valores médios de frequência e duração, a forma espectrográfica dos assovios também se assemelha aos descritos na literatura, com diversos pontos de inflexão e ampla banda de frequência (Gruden et al 2016). Assim como Oswald *et al* (2003), os assovios foram caracteristicamente marcados por muitas quebras, com um máximo de 17 quebras. Com relação aos estalidos, a frequência centróide encontrada para a espécie manteve-se entre 17 e 69kHz e a frequência de pico entre 7 e 87kHz. O único trabalho encontrado para *Stenella attenuata* registrou frequência de pico em torno de 69kHz e frequência centróide ao redor de 83kHz.

Com relação ao registro acústico concomitante com a avistagem de *Grampus griseus*, não foi possível analisar os parâmetros de frequência centróide e pico de frequência pois os estalidos não apresentaram relação sinal/ruído suficiente. No entanto, foi possível observar amplitudes mais altas nas seguintes bandas de frequências: 25kHz, 29kHz e 33kHz, sendo que entre essas bandas a amplitude do sinal foi consideravelmente mais baixa, formando entalhes de frequência que podem ser facilmente visualizados no espectrograma, trazendo a impressão visual de pequenos pontos na base do estalido. Esse padrão de bandas de frequências alternadas em amplitude já foi descrito para a espécie: Soldevilla *et al.* (2008) encontraram esses pequenos picos nas frequências de 19kHz, 28kHz e 36kHz, sendo ainda destacado que picos entre 24 e 35kHz servem como caráter distintivo para a espécie (Figura 30). Apesar do registro analisado

no presente relatório ter pouca importância quanto à caracterização dos sinais acústicos utilizados pela espécie em águas brasileiras, esta confirmação visual da espécie fortalece a confiabilidade nos casos em que a identificação foi feita somente através dos registros acústicos (MAP004, MAP240, MAP248, MAP252-MAP256, MAP259-MAP261, MAP264, MAP267, MAP273, MAP274, MAP282, MAP283, MAP298, MAP303, MAP306, MAP317, MAP362 e MAP364).

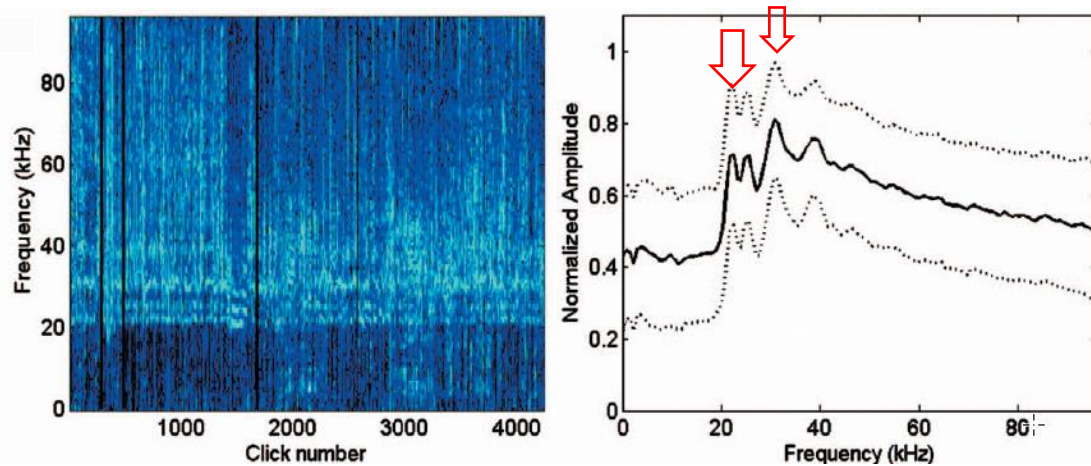


Figura 30. À esquerda espectrograma concatenado de diversos registros acústicos de *Grampus griseus* e à direita, gráfico contendo análise espectral evidenciando a variação na amplitude nas diferentes bandas de frequência. Fonte: Soldevilla *et al* 2008.

Com relação ao registro acústico concomitante com a avistagem de *Globicephala sp*, o número de assovios, bem como a relação sinal/ruído dos mesmos não foram suficientes para que se possa fazer qualquer comparação válida. No entanto com relação aos estalidos foi observado uma frequência centróide variando entre 20 e 48kHz, com média em 40kHz e pico com média em 40kHz. Baumann-Pickering *et al* (2015) encontraram para *G. macrorhynchus* pico de frequência variando entre 8 e 39 kHz, com média 22kHz e frequência centróide variando entre 19 e 35kHz, com média em 35kHz. Os valores registrados no presente relatório são um pouco mais elevados do que o encontrado para a espécie durante o relatório da sonoteca do Projeto FZA-M-320 (referência ao Registro Acústico MAP Foz054), o qual encontrou valores médios de frequência centróide de 31kHz, com variação entre 20 e 41kHz e média de pico de frequência de 29kHz, com variação entre 20 e 41kHz.

Com relação aos registros acústicos de *Steno bredanensis* e *Stenella sp.*, o número de sinais, bem como a relação sinal/ruído dos mesmos não foi suficiente para que se possa fazer qualquer caracterização ou comparação válida.

A baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) é uma das espécies que mais emitem sons entre os mysticetos. Elas produzem duas diferentes categorias de sons: canções e sons sociais. As canções são sinais acústicos emitidos em padrões rítmicos, complexos e estereotipados que costumam variar gradualmente entre os anos (Payne *et al.* 1983, Cato 1991). Atualmente acredita-se que as canções são emitidas somente pelos machos especialmente durante a migração em áreas reprodutivas. Os sons sociais por outro lado, são emissões sonoras isoladas, ou breves sequências de sinais emitidos sem uma estrutura rítmica previsível. Esses sons sociais são bem menos estudados do que o canto e não são restritos aos machos, mas também utilizados por fêmeas (Dunlop *et al.*, 2008; Zoidis *et al.*, 2008) e filhotes (Zoidis *et al.*, 2008).

Com relação aos registros acústicos de *M. novaeangliae*, pode-se dizer que foi possível identificar a estrutura rítmica do canto em pelo menos 42% dos casos, apesar da baixa relação sinal/ruído da maior parte das gravações, no entanto a comparação com trabalhos de canto em águas brasileiras fica comprometida por dois motivos principais: (1) os registros acústicos aqui analisados possuem elevado nível de ruído na frequência do sinal estudado, portanto, na maior parte dos casos somente foi possível observar a estrutura rítmica do canto, ou seja, unidades de canto semelhantes que se repetiam por diversas vezes em um intervalo de tempo previsível. Os dois estudos encontrados para comparação analisaram as formas espectrográficas da canção, mas não fazem menção ao ritmo da canção. (2) Além disso, as canções são conhecidas por sofrerem alterações ano a ano (Payne *et al.* 1983, Cerchio *et al.* 2001), podendo até mesmo mudar completamente de um ano para o outro (Noad *et al.*, 2000), no entanto os trabalhos encontrados com canto de *M. novaeangliae* em águas brasileiras de Souza-Lima (2007) oferecem poucos detalhes para comparação. Ainda assim, houve uma sequência de unidades de canto muito similar ao “tema quatro” registrado por Arraut & Vielliard (2004) e outra muito similar à uma unidade de canto registrada em águas pelágicas do México por Cerchio *et al.* (2000) (Figura 31).

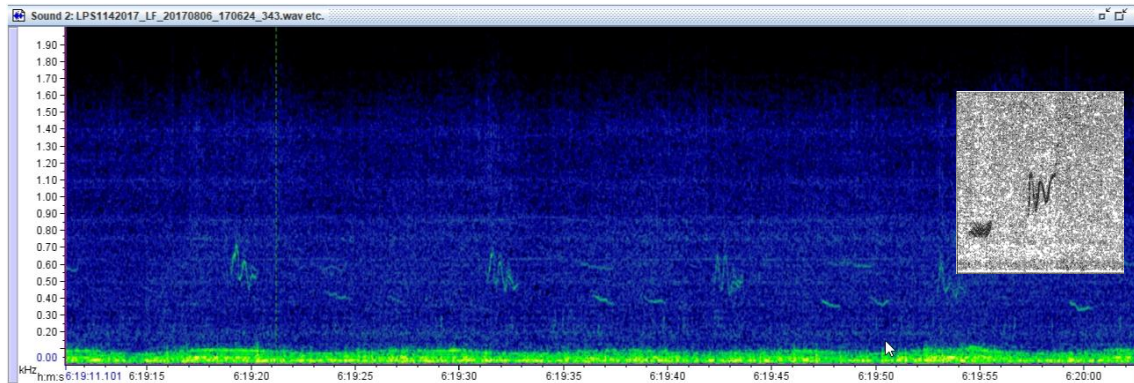


Figura 31. Espectrograma do registro acústico MAP040 contendo unidades de canto semelhantes à registrada por Cerchio *et al* (2000) em águas pelágicas no México (recorte de espectrograma cinza).

A frequência fundamental aqui encontrada com médias de frequência mínima e máxima entre 467 e 578Hz está de acordo com o que já foi registrado para a espécie tanto em águas brasileiras como mundialmente (Dunlop *et al.*, 2007), no entanto foi encontrado somente um registro com harmônicos (MAP201). Considerando que os harmônicos possuem uma menor amplitude que os fundamentais, esta ausência de harmônicos nos presentes registros pode ser apenas um reflexo do elevado nível de ruído na frequência analisada.

Muitos dos estudos sobre a canção de *M. novaeangliae* envolveram principalmente análises sobre a sequência na qual as unidades de canto são emitidas, frases, temas e ciclos das canções (e.g., Payne & McVay, 1971; Miller *et al.*, 2000). Outros trabalhos estudaram as características das unidades de canto, quantificando as características da frequência e duração dos sinais (e.g., Hafner *et al.*, 1979; Helweg *et al.*, 1998; MacKnight *et al.*, 2001). No entanto, poucos foram os trabalhos – e nenhum no Brasil, que analisaram a estrutura temporal da canção, buscando padrões no ritmo (Handel *et al.*, 2009) e no intervalo de silêncio entre as unidades (Mercado *et al.*, 2005), por isso não foi possível realizar este tipo de comparação com os dados analisados.

Finalmente, os registros de *Physeter macrocephalus* foram poucos e somente um gerou uma gravação com suficiente relação sinal/ruído para que os parâmetros de frequência pudessem ser analisados (MAP051). Neste registro, a média do pico de frequência e da frequência centróide foi de 10kHz, com intervalo entre pulsos de 0,8s. Mohl *et al* (2003) registrou cliques de *P. macrocephalus* considerados “no eixo” com frequência centróide de 15kHz. Essa diferença é esperada considerando que os estalidos analisados no presente relatório provavelmente estão

fora do eixo. No trabalho de Mohl *et al.* (2003), os estalidos registrados fora do eixo também apresentaram frequência centróide ao redor de 10kHz.

V. Conclusão

Acredita-se que este relatório cumpriu a função de realizar uma análise exploratória sobre os registros acústicos obtidos durante o projeto de pesquisa sísmica Espírito Santo e Campos Fase IV, executado pela CGG, contemplando no total o período entre julho de 2017 e julho de 2018.

Durante o referido projeto foi possível obter bons registros acústicos de assovios e estalidos para pelo menos duas espécies (*Pseudorca crassidens* e *Stenella attenuata*), o que sem dúvida somará para o conhecimento sobre o padrão acústico dessas espécies, especialmente em águas brasileiras.

Também se destacou o registro acústico com avistagem concomitante de *Grampus griseus*, em que apesar do pequeno número de estalidos e da baixa relação sinal/ruído foi possível confirmar o padrão de bandas de frequência com amplitudes alternadas já descrito para a espécie em outras regiões (Soldevilla *et al.*, 2008). Esta confirmação aumenta a confiabilidade na identificação dos demais seis registros em que a espécie foi identificada somente com meios acústicos (MAP004, MAP254, MAP259, MAP317, MAP362 e MAP364).

Além disso, 88% dos registros de odontoceti não identificados puderam ser reclassificados com segurança para a família Delphinidae.

Outro ponto interessante foi a análise de agrupamento realizada, a qual corrobora o padrão observado de que os registros acústicos obtidos se dividem em dois subgrupos, um de delfínídeos de pequeno porte que se utilizam de frequências relativamente mais altas e outro grupo de delfínídeos de maior porte que se utilizam de frequências relativamente mais baixas (*blackfish*).

Essa separação é importante considerando que o nível da fonte utilizado pela espécie é dependente de seu tamanho, portanto, de maneira geral, a detecção de sinais (assovios ou estalidos) de alta frequência estará relacionada a presença de espécies de pequeno porte (e.g. *Stenella* sp) (Mattews *et al.*, 1999), as quais emitem seus sinais com o nível da fonte mais baixo e por este motivo não podem ser detectadas à grandes distâncias (Parvin *et al.*, 2007). Esse tipo

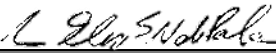



de conhecimento pode ser útil para a tomada de decisão durante o monitoramento acústico de cetáceos em operações de pesquisa sísmica.

E por fim, com relação aos registros de *M. novaeangliae*, apesar da baixa relação sinal/ruído, mesmo sem que a totalidade das unidades de canto pudesse ser observada no espectrograma, em pelo menos 37% dos casos foi possível reconhecer a estrutura rítmica e padronizada característica do canto. No entanto, isso não significa que os demais registros não possam ser categorizados como canto também, pois devido à natureza oportunista da amostragem, nos casos em que poucos sinais são registrados, não é possível saber se a falta de registro é legítima devido ao silêncio do animal, ou se apenas o animal passou a emitir sinais com um nível da fonte mais baixo e o sinal não foi reconhecido devido à insuficiente relação sinal/ruído.

VI. Equipe Técnica

Para certificado de regularidade da equipe envolvida ver Anexo 8.

Tabela 7. Equipe Técnica envolvida na elaboração do relatório dos padrões de vocalização dos cetáceos, Projeto Espírito Santo e Campos Fase IV. (*) Profissão não possui Conselho de Classe

Profissional	Luis Felipe Serra Nogueira de Paula
Empresa	TOVERI Gerenciamento de Projetos Integrados Ltda.
Função	Gerente Geral
Formação	Economista
Registro no Conselho de Classe	(*)
CPF:	072.931.397-21
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	5815749
Assinatura	
Profissional	Andrea Dalben Soares
Empresa	TOVERI Gerenciamento de Projetos Integrados Ltda.
Função	Técnica Responsável
Formação	Oceanóloga, Msc Ecologia.
Registro no Conselho de Classe	*
CPF:	110.547.828-90
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	549136
Assinatura	
Profissional	Laura de Britto Pereira Viana
Empresa	TOVERI Gerenciamento de Projetos Integrados Ltda.
Função	Coordenadora de Projeto
Formação	Bióloga
Registro no Conselho de Classe	91725/02
CPF:	124.304.467-58
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	4892741
Assinatura	
Profissional	Daiane Anzolin
Empresa	TOVERI Gerenciamento de Projetos Integrados Ltda.
Função	Auxiliar nas análises espectrográficas
Formação	Bióloga
Registro no Conselho de Classe	063431/03-D
CPF:	826.148.570-68
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	3672045
Assinatura	

VII. Referências bibliográficas

- Arraut, E. M. & Vielliard, J. M. E. 2004. 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*, 76(2): 373-380.
- Atem, A.C.G., Rasmussen, M.H., Whalberg, M., Petersen & Miller, L.E., 2009. Changes in click source levels with distance to targets: studies of free-ranging white-beaked dolphins *Lagenorhynchus albirostris* and captive harbour porpoises *Phocoena phocoena*. *The International Journal of Animal Sound and its Recording*, Vol. 19, pp. 49–65.
- Au, W.W.L & Hastings, M.C., 2008. *Principles of Marine Bioacoustics*. Springer
- Baumann-Pickering, S.; Roch, M.A.; Wiggins, S.M.; Schnitzler, H.U. & Hildebrand, J.A., 2015 Acoustic behavior of melon-headed whales varies on a diel cycle. *Behav Ecol Socio biol* 69:1553–1563
- Baumann-Pickering, S.; Wiggins, S.M.; Hildebrand, J.A.; Roch, M.A.; Schnitzler, H. U. 2010 Discriminating features of echolocation clicks of melon-headed whales (*Peponocephala electra*), bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), and Gray's spinner dolphins (*Stenella longirostris longirostris*). *J Acoust Soc Am* 128:2212–2224
- Cato, D. H., Paterson, R., & Paterson, P. 2001. "Vocalisation rates of migrating humpback whales over 14 years," *Mem. Queensland Mus. (special issue on humpback whales)* 47(2), 481–489.
- Cerchio, S., & Dahlheim, M. 2001. "Variations in feeding vocalizations of humpback whales *Megaptera novaeangliae* from southeast Alaska," *Bioacoustics* 11, 277–295.
- Dunlop, R. A., Noad, M. J., Cato, D. H. & Stokes, D. 2007. The social vocalization repertoire of east Australian migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *J. Acoustic. Soc. Am.* 122, 2893–2905.
- Dunlop, R. A., Cato, D. H. & Noad, M. J. 2008 Non-song acoustic communication in migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Mar. Mamm. Sci.* 24, 613–629.
- Hafner, G. W., Hamilton, C. L., Steiner, W. W., Thompson, T. J., and Winn, H. E. 1979. "Signature information in the song of the humpback whale," *J. Acoust. Soc. Am.* 66, 1–6.
- Handel, Stephen & Todd, Sean & Zoidis, Ann. (2009). Rhythmic structure in humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) songs: Preliminary implications for song production and perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Helweg, D. A., Cato, D. H., Jenkins, P. F., Garrigue, C., & McCauley, R.D. 1998. "Geographic variation in South Pacific humpback whale songs," *Behavior* 135, 1–27.
- MacKnight, F. L., Cato, D. H., Noad, M. J., & Grigg, G. C. (2001). "Qualitative and quantitative analyses of the song of the east population of humpback whales," *Mem. Queensland Mus.* 47(2), 527–535.

- Madsen PT, Kerr I, Payne R., 2004. Echolocation clicks of two free-ranging, oceanic delphinids with different food preferences: false killer whales *Pseudorca crassidens* and Risso's dolphins *Grampus griseus*. J Exp Biol 207:1811–1823
- Madsen, P. T., Johnson, M., de Soto, N. A., Zimmer, W. M. X. & Tyack, P., 2005. Biosonar performance of foraging beaked whales (*Mesoplodon densirostris*). J. Exp. Biol. 208, 181-194.
- Matthews, J. N.; Rendell, L. E.; Gordon, J. C.D & Macdonald, D.W 1999. A review of frequency and time parameters of cetacean tonal calls, Bioacoustics: *The International Journal of Animal Sound and its Recording*.
- Mercado, E. I., Herman, L. M., and Pack, A. A., 2005. "Song copying by humpback whales: Themes and variations," Anim. Cognition 8, 93–102.
- Miller, P. J. O., Bionsoni, N., Samuels, A., and Tyack, P. L. (2000). "Whale songs lengthen in response to sonar," Nature 405, 903.
- Møhl B, Wahlberg M, Madsen PT, Heerfordt A, Lund A. The monopulsed nature of sperm whale clicks. J. Acoust Soc Am 2003; 114:1143–54
- Noad, M.J., Cato, D.H., Bryden, M.M., Jenner, M.N. & Jenner, C S. 2000. Cultural revolution in whale songs. Nature, 408:537
- Oswald, J. N., Barlow, J., e Norris, T. F. 2003. "Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean," Marine Mammal Sci. 19, 20–37.
- Parvin, S.J. ; Nedwell J R & Harland E., 2007. Lethal and physical injury of marine mammals, and requirements for Passive Acoustic Monitoring. Subacoustech Report No. 565R0212. Disponível em www.subacoustech.com
- Payne, R. & McVay, S., 1971. Songs of humpback whales. Science 173:585-597.
- Payne, R. & Guinee, L.N. 1983. Humpback whale (*Megaptera novaengliae*) songs as an indicator of "stocks". In: Communication and behavior of whales: AAAS Selected Symposium 76 (Ed. by R. Payne), pp. 333-358. Boulder, CO: Westview Press.
- Soldevilla, M. S., Henderson, E. E., Campbell, G. S., Wiggins, S. M., Hildebrand, J. A., and Roch, M. A. 2008. "Classification of Risso's and Pacific white-sided dolphins using spectral properties of echolocation clicks," J.Acoust. Soc. Am. 124, 609–624.
- Sousa-Lima, R. S. 2007. Acoustic Ecology of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. Ph.D. Dissertation, Field of Zoology, Cornell University. 205 pp.
- Thorp, W.H., 1967, "Analytic description of the low-frequency attenuation coefficient," The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 42, no. 1, pp. 270–270.
- Todd VLG, Pearse WD, Tregenza NC, Lepper PA, Todd IB (2009) Diel echolocation activity of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) around North Sea offshore gas installations. ICES J Mar Sci 66:734–745

Wahlberg, M., Jensen, F. H., Soto, N. A., Beedholm, K., Bejder, L., Oliveira, C., Madsen, P. T. (2011). Source parameters of echolocation clicks from wild bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus* and *Tursiops truncatus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130, 2263.

Zoidis, A. M., Smultea, M. A., Frankel, A. S., Hopkins, J. L., Day, A., McFarland, A. S., Whitt, A. D., and Fertl, D. (2008). "Vocalizations produced by humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) calves recorded in Hawaii," *J. Acoust. Soc. Am.* 123, 1737–1746.

VIII. Anexos

Anexo 1. Sonoteca digital: Registros acústicos, Cópias de tela, Slide shows e Clipes.

Anexo 2. Metadados Sonoteca Digital.

Anexo 3. Planilha Geral.

Anexo 4. Intervalo entre pulsos – Estalidos.

Anexo 5. Frequência e duração – Assovios.

Anexo 6. Pico de frequência e Frequência centróide - Estalidos.

Anexo 7. Frequência e Duração - *Megaptera novaeangliae* analisados.

Anexo 8. Certificado de Regularidade do Cadastro Técnico Federal.